

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS

"ESTUDIO DE LOS RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA
EN EL VALLE DEL ELQUI"

JORGE ORELLANA Q.
Ingeniero Civil

1 9 7 0

C797e
1572
c.1

C797e

1572

c.a

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS

"ESTUDIO DE LOS RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA
EN EL VALLE DEL ELQUI"



JORGE ORELLANA Q.
Ingeniero Civil

1 9 7 0

01572

INDICE DE MATERIAS

1.1.	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	1
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS SUBTERRANEOS EN EL DESARROLLO DE LA ZONA.....	2
1.3.	RESUMEN DEL ESTUDIO Y CONCLUSIONES.....	3
2.1.	ANTECEDENTES GENERALES.....	4
2.2.	RASGOS TOPOGRAFICOS.....	5
2.3.	CLIMA Y VEGETACION.....	6
2.4.	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.....	10
2.5.	OTROS ESTUDIOS REALIZADOS.....	14
3.1.	RECuento DE CAPTACIONES EXISTENTES.....	15
3.2.	EXPLOTACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA HOYA.....	20
3.3.	CARACTERISTICAS DE LAS NAPAS SUBTERRANEAS.....	22
3.4.	CARACTERISTICAS DE LOS ACUIFEROS.....	23
3.5.	NIVELES DE FLUCTUACION.....	28
3.6.	GRADIENTES HIDRAULICOS.....	30
3.7.	DISTRIBUCION DE LOS CAUDALES DE LAS NAPAS.....	31
3.8.	VOLUMENES DE ALMACENAMIENTO.....	34
4.1.	BALANCE HIDROLOGICO DE LOS RECURSOS DE AGUA DEL VALLE DEL RIO ELQUI.....	36
4.2.	ANALISIS DE LAS ZONAS DE INFILTRACION Y RECARGA.....	54
5.1.	CONCLUSIONES SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LAS NAPAS SUB- TERRANEAS.....	57
6.1.	VOLUMENES POSIBLE DE CAPTAR.....	59
6.2.	ESTUDIO DE INTERFERENCIA ENTRE CAPTACIONES.....	66
6.3.	ZONAS DE MAYOR INTERES.....	70
7.1.	PROPOSICIONES SOBRE CAPTACIONES CONCRETAS A EJECUTAR....	73
7.2.	CONTROLES FUTUROS A EJECUTAR Y REALIZACION DE NUEVOS ES- TUDIOS.....	73A
8.	ANEXOS	
	EVAPORACION DESDE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA.....	138
	DETERMINACION DEL CONSUMO EVAPOTRANSPIRATIVO EN TERRENOS DE RIEGO.....	143
9.	REFERENCIAS.....	147

CAPITULO 1

I N T R O D U C C I O N

=====

1.1

OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO:

Aguas subterráneas, en general, son todas aquellas aguas que se encuentran en el subsuelo saturando rellenos permeables y, cuyo origen reside principalmente en la infiltración de las aguas lluvias, ya sea directa o indirectamente, a través, por ejemplo, de la infiltración de corrientes superficiales provocadas por ellas.

La mayor o menor riqueza de una napa subterránea, queda determinada por la mayor o menor potencia y extensión que alcancen los rellenos a través de los cuales escurre, la permeabilidad de éstos y por la alimentación con que cuenta.

El estudio, realizado bajo el patrocinio del Departamento de Recursos Hidráulicos de la Corporación de Fomento, tiende a estimar los recursos y sus posibilidades de explotación en el Valle del Elqui.

Sin embargo, debe dejarse en claro que toda investigación encaminada al estudio de los recursos de una zona no intensamente explotada, se enfrenta a una información dispersa e incompleta, lo que requiere de estimaciones necesarias de verificar una vez que el aprovechamiento borbée el definitivo. Este estudio no es ajeno a tales estimaciones y deberán juzgarse con benevolencia, atendiendo al carácter global que él posee. En todo caso, se ha procurado que tales estimaciones estén avaladas por un método científico y sus alcances limitados por la prudencia.

La investigación se ha basado sólo en el conjunto de datos entregados por las perforaciones existentes o abandonadas, cuyos antecedentes permanecen, sin haberse intentado perforaciones o pruebas de agotamiento relacionadas directamente con esta memoria.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS
SUBTERRANEOS EN EL DESARROLLO DE LA ZONA:

Estando la economía del Valle del río Elqui, preferentemente dirigida hacia la agricultura, fruticultura y ganadería y, siendo el agua el factor que, junto con el suelo, decide más ampliamente el desarrollo de estos rubros; su conocimiento y estudio suponen un primer paso a dar en todo plan de crecimiento económico.

Como resultado de este análisis, las obras existentes y las que se emprendan en el futuro, producto del creciente interés que despierta la zona, requerirán de un abastecimiento de agua seguro y constante, cuya ausencia ha provocado limitaciones en el desarrollo agropecuario, como ha quedado demostrado durante la reciente sequía, y trastornaría seriamente todo plan que se emprenda. Es por ello, que se hace necesario cuantificar los recursos subterráneos del Valle del Elqui, determinando las zonas más favorables de explotación y, en general, trazar las bases de una política que conjugue los diversos aprovechamientos, dentro de los marcos de las posibilidades reales de explotación.

1.3. RESUMEN DEL ESTUDIO Y CONCLUSIONES:

El estudio que a continuación se presenta muestra las condiciones de existencia y escurrimiento de las aguas subterráneas en el Valle del Elqui.

El trabajo ha basado su apoyo en los sondeos existentes, logrando reconocer dos acuíferos de importancia: uno, relativamente superficial, de carácter libre y, otro, profundo, de carácter artesiano local. Las propiedades elásticas de ellos determinan su pobreza en los primeros sectores para luego indicar una mejoría a medida que se avanza aguas arriba, obteniéndose valores aceptables a partir de El Tambo, situado 50 Kms. al interior de La Serena.

Se ha intentado a través de balances hidrológicos indicar los distintos destinos del agua y dilucidar, a la vez, zonas de intercambio entre los escurrimientos subterráneos y superficiales. Ello ha permitido determinar que es precisamente a través de este mecanismo, en conjunto con el regadío, que se produce la recarga de los acuíferos, contribuyendo en forma aislada las contadas quebradas de importancia.

Finalmente, se estima para las distintas zonas del Valle, considerando el importante volumen de almacenamiento presente en la región, las capacidades posibles de comprometer mediante nuevas captaciones.

Basados en las condiciones hidrogeológicas reinantes y en las estimaciones anteriormente indicadas, se proponen sitios para la ubicación de nuevas captaciones.

C A P I T U L O 2

RECOPIACION DE ANTECEDENTES EXISTENTES

=====

2.1. ANTECEDENTES GENERALES:

UBICACION:

El Valle del río Elqui se encuentra situado entre los valles del río Huasco, por el Norte, y el Limarí, por el Sur.

Se extiende, aproximadamente, entre los paralelos 29°55' latitud norte y los 30°07' latitud sur y los meridianos 70°33' y 71°17' longitud oeste.

El área forma parte de la hoya hidrográfica del río Elqui, cuya extensión alcanza a 9.000 Km². Administrativamente pertenece a la Provincia de Coquimbo y abarca las Comunas de La Serena, Vicuña y Coquimbo. Su principal vía de acceso la constituye la Carretera Panamericana, separándolo 470 Km. de la ciudad de Santiago. Sus comunicaciones internas se realizan mediante caminos ripiados, constituyendo una excepción el camino La Serena-San Juan (Argentina), pavimentado en ciertos trechos. El ferrocarril Norte cruza la hoya por La Serena, además de existir una vía férrea que une La Serena con Rivadavia, situada 80 Km. al interior del Valle.

Su población, según el Censo de 1960, es de 117.341 habitantes, con las mayores densidades en las Comunas de La Serena y Coquimbo.

2.2. RASGOS TOPOGRAFICOS:

La hoya del río Elqui se incluye, por sus características de relieve, dentro de la región denominada de los Valles Transversales. Desaparecen aquí las tres unidades características del resto del país, es decir, Cordillera de la Costa, Valle Central y Cordillera de Los Andes, para alinearse los cordones andinos y costeros en dirección este-oeste, aproximadamente, separados por el Valle del río principal.

En la cabecera del Valle, los cordones de cerros alcanzan alturas que bordean los 2.000 m.s.n.m.. Hacia la costa van disminuyendo gradualmente de altura hasta alcanzar alturas de 300 a 400 m. s. n.m., en las cercanías de La Serena. Las cctas del Valle varían desde el nivel del mar en la Bahía de Coquimbo hasta 880 m. en Riviadavia, con una pendiente media de 1.1% hasta ese punto.

El ancho del Valle alcanza desde 1 a 1.5 Km. en las cercanías de La Serena hasta unos cientos de metros, en la confluencia de los ríos Turbio y Claro.

2.3. CLIMA Y VEGETACION:

Si se acepta, según Fuenzalida, que el clima de estepa comienza ya en la latitud de La Serena, el del Valle puede clasificarse como de estepa con nubosidad abundante. El Valle quedaría entonces definido por un incremento de las precipitaciones con respecto a los valles inmediatamente hacia el Norte, registrándose en La Serena un valor de 133.3 mm. que, normalmente, de acuerdo a la clasificación climática, debería aumentar hacia el interior.

Sin embargo, en el fondo del Valle, en la parte baja, no se detecta un aumento significativo, registrando Vicuña y Elqui apenas un valor mayor que el de La Serena. El hecho de comprobar aun un ligero déficit en las precipitaciones, quedaría compensado por la nubosidad y la alta humedad relativa que permiten el desarrollo de la vegetación. A lo largo del litoral, esta región recibe la influencia del mar, la cual penetra notablemente hacia el interior, gracias a la disposición de los ríos. La Cordillera de la Costa, que más al Norte se hace patente con bruscas elevaciones hasta los 1.000 m., no aparece en esta región y, por el contrario, los relieves se disponen en cordones perpendiculares a la dirección general del país. Es gracias a estas aberturas que la influencia del mar penetra hacia el interior y, así, en Vicuña pueden reconocerse perfectamente las características climáticas del litoral.

Por su alta nubosidad y humedad relativa, podría separarse de las estepas situadas más hacia el interior. La mayor humedad que caracteriza al clima, hace tan frecuentes las camanchacas como en el desierto y éstas acompañadas de nubes bajas, tan comunes en el litoral, son capaces de provocar verdaderas lluvias en el interior de los ambientes boscosos que por la costa se presentan ya un poco más al Sur de La Serena: Fray Jorge y Talinay.

La Serena, situada casi a 30º latitud y junto al mar, tiene una temperatura media anual de 14.8º. Se caracteriza por una gran

homogeneidad térmica, presentando una oscilación anual de apenas 6.6°. En forma similar, la oscilación diaria se mantiene dentro de círculos modestos alcanzando, en promedio, durante el año, a sólo 7.6°. Las heladas de invierno y primavera se presentan con bastante frecuencia y se ven intensificadas en la parte media y oriental del Valle.

Las temperaturas controladas en las diferentes estaciones que existen en la hoya, son las siguientes:

Cuadro Nº 1

Promedios Térmicos

Estación	Ubicación	Anual	Enero	Julio	Años de Observac.
La Serena	29°55'	14.8	18.3	11.7	87
Coquimbo	29°56'	14.8	17.7	12.1	56
Vicuña	30°02'	15.6	19.9	11.4	39

FUENTE: "Datos climáticos de Chile" - E. Almeyda.

Como corresponde a su latitud relativamente avanzada, los vientos dominantes son los del oeste y presentan su mayor frecuencia durante el período estival.

El Valle posee una precipitación anual promedio de 135 mm. y un período de sequía de 10 a 11 meses, cifras que son reflejo de los siguientes cuadros y del gráfico de isoyetas anuales.

Cuadro Nº 2

Estaciones	Ubicación	Años Observac.	Anual	Otoño %	Invierno %	Primavera %
Huanta	29°51'-70°23'	16	87	35 40	48 55	8 9
Rivadavia	29°58'-70°35'	37	135	30 22	85 63	14 10
Vicuña	30°02'-70°44'	39	145	32 22	99 68	13 9
Paihuano	30°02'-70°30'	38	97	24 25	65 67	6 6

Monte Grande	30°05' - 70°30'	5	105	23	22	65	62	10	10
Elqui	30°07' - 70°32'	25	145	38	26	95	66	8	6
La Serena	29°55' - 71°14'	87	133	24	18	85	64	13	10

Cuadro Nº 3.

Períodos de Sequía

Estación	Valor modal (meses)	Valor modal \pm 1	Nº Años	Años Obs.	%
Huanta	11	10-12	12	14	86
Elqui	11	10-12	20	23	87
Rivadavia	10	9-11	25	33	76
Vicuña	10	9-11	27	34	79
La Serena	11	10-12	27	34	79

FUENTE: Instituto de Recursos Naturales.

La vegetación que cubre el valle en su parte alta y media es principalmente el espino, asociado con árboles y arbustos de modesta altura entre los cuales, por ser los más importantes y abundantes, se destacan el huañil, el palqui, el boldo, el colliguay, el litre, el chacai, el maitén y el quillay. La cubierta de hierba en esta misma zona, está compuesta por numerosas gramíneas mezcladas con hierbas variadas como chilca, centella, culle colorado, magrillo y otras. En las planicies costeras del Valle, el aspecto general de la formación es el de una estepa enmarañada con cubierta de variedad muy rica donde son frecuentes la fucsia dorada, el lúcumo silvestre, el litre, el suspiro, la pasionaria y la manzanilla cimarrona.

En los sitios pantanosos de la costa, la vegetación se compone, especialmente, de especies higrófilas como el botón de oro, pangué, helecho y otros. Las quebradas aparecen caracterizadas por matorrales, entre los que se pueden citar el canelo, el boldo, el vo

qui y variados helechos.

A manera de conclusión, se incluyen los gráficos siguientes que caracterizan a La Serena y Vicuña, en cuanto a horas de sol, temperaturas y pluviometría se refiere.

Hidrografía:

El río Elqui constituye una hoya hidrográfica que abarca 9.000 Km². de superficie. En casi toda su extensión corre por valles bien conformados.

El río se encuentra constituido por dos tributarios principales: el Turbio y el Claro. El Turbio drena la parte septentrional de la porción cordillerana que desagüa al mar por el Elqui y tiene una hoya de 3.895 Km²., debiendo considerársele como el principal de los constituyentes. El río Claro confluye con el Turbio aproximadamente dos kilómetros aguas abajo de Rivadavia y, tanto en caudal como en extensión de su hoya, es notablemente inferior al anterior, alcanzando ésta a sólo 1.515 Km². de superficie.

Formado así el río Elqui, recibe más tarde aguas de algunas quebradas que no modifican su carácter. Entre ellas, las más importantes son las de Marquesa y Santa Gracia por el Norte, no alcanzando mayor importancia las contribuciones de las quebradas del lado Sur.

El río Turbio, nacido de la unión de los ríos Incahuasi y Toro, quien a su vez está formado por los ríos Vacas Heladas y La Laguna, en cuyo curso superior está ubicado el embalse La Laguna, de 40 millones de m³, posee un régimen típicamente nival. El máximo lo presenta el mes de Enero, con 9.5 m³/seg. y, el mínimo, se produce en Agosto, con 4.32 m³/seg. El descenso de los caudales es rápido, de tal manera que Marzo presenta ya 6.57 m³/seg., fecha a partir de la cual el descenso se hace menos pronunciado hasta alcanzar el mínimo.

Características hidrológicas mixtas presenta el Claro, que nace de la confluencia de los ríos Cochiguaz y Derecho. Desde luego,

las variaciones del caudal son notablemente menores y la curva correspondiente presenta una homogeneidad mucho más acentuada. El caudal medio de este río es de $3.9 \text{ m}^3/\text{s.}$ contra $6.48 \text{ m}^3/\text{s.}$ que presenta el Turbio. El máximo se presenta en Noviembre con $5.2 \text{ m}^3/\text{s.}$ y su mínimo en Septiembre.

Un segundo período de crecidas menores que las de Noviembre, ocurre en Junio con un mínimo secundario en Febrero.

El régimen del río Elqui es, por lo tanto, mixto, obteniéndose un caudal medio de $10 \text{ m}^3/\text{s.}$, con un mínimo en Agosto y un máximo en Diciembre ($14 \text{ m}^3/\text{s.}$).

2.4. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA:

2.4.1. GEOLOGIA:

La Bahía de Coquimbo se encuentra rodeada por una planicie de pocos metros de altura y casi 3 Km. de ancho, sobre la cual se elevan cinco distintas terrazas que se extienden río arriba hasta Marquesa. Se observa la influencia del hundimiento pliocénico que provocó la entrada del mar a los cursos inferiores a los valles en forma de largas bahías rellenas con arenas finas, arcillas y conchuela. De acuerdo a Brüggén, sólo el río Elqui, por provenir de la alta cordillera, fue capaz de compensar el hundimiento mediante una fuerte sedimentación, impidiendo a la vez la entrada del mar a su valle inferior. Así las terrazas de las cuales hablábamos, se encuentran sustentadas por sedimentos del Plioceno o posteriores, variando en textura desde la arcilla hasta grandes bolones. Los lechos son discontinuos e irregulares, caracterizados por una pobre clasificación de los materiales.

El antiguo lecho rocoso del río está relleno con aluvial del Plioceno y posterior a él, hasta profundidades superiores a 140 m.

El aluvial consiste principalmente en lentes heterogéneos y discontinuos de arcilla, limo, arena, grava y bolones. Los sedimentos

del Pleistoceno y posteriores permanecen en su mayor parte como forma
ción porfirítica.

La formación porfirítica consiste principalmente en lava porfirica de color gris oscuro, entremezclada con brechas, conglomerados metamórficos, piedra caliza y areniscas. Indicios de intrusión granodiorítica, andesítica y granítica, han sido descubiertos situándose este fenómeno en el Cretácico tardío o temprano Terciario. El área superior de drenaje del río Turbio fue intensamente afectada por glaciación en el Pleistoceno dando como resultado, junto al dominio de rocas iguales básicas e intermedias en el área, un sedimento con un alto porcentaje de coloides.

El lecho rocoso, supuesto de la época Jurásica y Cretácica, pudiendo contener lechos más antiguos, se encuentra intensamente plegado y dislocado situándose las mayores perturbaciones en el Terciario mediano y temprano.

En la zona Vicuña-Rivadavia, la estructura geológica comprende pliegues, fallas y discordancias. Se detecta un ancho sinclinal de rumbo general norte, afectando a todo el conjunto de formaciones, además de otros pliegues menores de rumbo variable entre Noreste y Noroeste.

Procesos intensos de fallamiento han originado dos fallas principales de dirección aproximada norte, separadas entre sí 15 Km. y de gran desplazamiento vertical y horizontal; sistemas de fallas secundarias de rumbo noreste y noroeste, se detectan junto a una falla de rumbo general Este. Las discordancias originadas sucesivamente desde el Paleozoico hasta el Cretácico, se manifiestan en la estructura de la región, principalmente en las quebradas La Plata y Calvario.

La zona de Quebrada Marquesa se caracteriza por presentar las rocas estratificadas una estructura principal de plegamiento consistente en un anticlinal ancho, cuyo eje de dirección general Nornoroeste, atraviesa la parte central de la región; las fallas que afectan a la

formación son principalmente de gran ángulo.

Los desplazamientos verticales producidos por ellas son muy variables y alcanzan hasta un máximo de 1.500 a 2.000 m. aproximadamente.

2.4.2. GEOMORFOLOGIA:

El estudio geomorfológico del área requiere su división en las siguientes zonas:

Zona Costera:

El paisaje geomorfológico está formado por terrazas marinas del cuaternario, presentando hasta cinco niveles diferentes bien delimitados. Las terrazas superiores se internan hacia el Este por el curso del río y están constituidas por arenas gruesas con niveles de grava con una composición generalmente heterogénea. Las terrazas bajas presentan problemas de drenaje dada la cercanía del nivel base, estando constituidas por grava y arenas de constitución mixta.

Zona Intermedia:

El Valle del río Elqui se presenta marcado en un relieve abrupto, constituido por la Cordillera de la Costa, formada principalmente por granitos que aportan material meteorizado hacia las partes bajas, dando una característica litológica a los sedimentos. El río va perdiendo importancia hacia el Este, disminuyendo el desarrollo de las terrazas, que se presentan asimétricas, producto de una al parecer reciente actividad tectónica, la misma tal vez, que afectó en el Cuaternario medio o inferior a la Zona Costera, produciendo el levantamiento de las terrazas. Las unidades geomorfológicas mixtas se van haciendo más comunes y es corriente observar las terrazas aluviales mezcladas con piedmonts, conos y wash, como consecuencia de las lluvias características de esta zona y de una avanzada erosión.

A medida que se avanza hacia el curso superior del río, los

rasgos aluviales del paisaje comienzan a desaparecer y el curso de agua muchas veces corre por valles encajonados. La litología varía apareciendo rocas efusivas principalmente del tipo basáltico. En zonas reducidas, como en las vecindades de Vicuña, el valle se amplía, desarrollando terrazas de cierta importancia, pero con una topografía ondulada y con bastante desarrollo de piedmonts, como consecuencia de una fuerte erosión, constituyendo depósitos mixtos de composición heterogénea, predominando arenas y gravas.

Zona Superior:

Las zonas de cultivo de esta zona se desarrollan en conos y piedmonts. Las terrazas aluviales se hacen escasas, desapareciendo totalmente en muchos lugares.

2.5. OTROS ESTUDIOS REALIZADOS:

Dentro de los estudios específicamente dedicados al Valle y sus recursos hidráulicos subterráneos, debe señalarse como el más extenso, el realizado por el Bureau of Reclamation, entre los años 1950-1954, a petición del gobierno chileno. El estudio, tendiente a programar un plan de desarrollo de aguas subterráneas, ha suscitado numerosas controversias por lo que su consulta se ha hecho con fines informativos, tomando sólo datos de pozos, pruebas de agotamiento y perfiles geofísicos.

Otros estudios, sin incidencia directa sobre las aguas subterráneas del Valle, han sido consultados destacando entre ellos "Recursos Hidráulicos de la Hoya del Río Elqui" - Roberto Peralta, (Memoria de título).

Como conclusión, debe decirse que no existen estudios profundos sobre los recursos subterráneos del Valle y, aunque el presente está muy lejos de ser definitivo, trata en lo posible de contribuir, dentro de sus limitaciones, a un mejor conocimiento de las potencialidades hidráulicas del Valle del Elqui.

C A P I T U L O 3

ESTUDIO DE LOS CAUDALES PROPIOS DE NAPAS SUBTERRANEAS

=====

3.1. RECUENTO DE CAPTACIONES EXISTENTES

3.1.1. UBICACION Y CARACTERISTICAS

En un plano aerofotogramétrico en escala 1:20.000, que se adjunta, se muestran las ubicaciones particulares de las captaciones consideradas en este estudio. Las características técnicas de los pozos considerados se han indicado en el cuadro I. Con respecto a la litografía de cada captación se han incluido en forma separada constituyendo parte de los anexos.

El incremento a través del tiempo del número de captaciones puede mostrarse mediante el gráfico Nº 4, en el cual se observa una concentración en los últimos años producto de la difícil situación hidrológica por la que ha atravesado la zona.

En la actualidad la explotación del agua subterránea se realiza en su totalidad a través de sondajes. En cifras globales, a Noviembre de 1969, existe en la hoya del río Elqui una perforación de 3.466,3 ml. repartidos en 33 sondajes que abarcan desde el mar hasta la confluencia de los ríos Turbio y Claro. Sin embargo, sólo 26 de estos pozos están en condiciones de ser explotados y nada más que 14 lo son en la actualidad.

El cuadro Nº 4 presenta en forma esquemática la situación en el valle.

CUADRO Nº 4

NOMBRE	% del total de perf.	M.L Perforados	M.L. Utilizados	M.L. Explotados	Cap. Util lts/s	Expl. lts/s
D.O.S.	51.5	1800	1641.5	1286.5	363	163,5
D. DE RIEGO	27,2	1101.8	605	132	410	60
CORFO	12.1	364.5	364.5	33.5	103	---
PARTICULARES	9.2	200	200	70	101	43
TOTAL	100,00	3466.3	2811.0	1522,0	977	266,5

CUADRO Nº 5

DISTRIBUCION SEGUN USO:	lts/s	% del total
AGUA POTABLE	363	37.2
REGADIO E INDUSTRIA	614	62.8
	977	100.00

Debe dejarse en claro que para una estimación completa de la explotación actual del agua subterránea, en el valle, deberían agregarse los volúmenes que corresponden a las captaciones domésticas, sobre las cuales sin embargo no existe información oficial, ya que carecen de derechos legales para los pequeños caudales que extraen.

En el cuadro Nº 4 se ha indicado bajo capacidad, la capacidad útil, es decir se han eliminado aquellos sondajes abandonados o no ubicados a la fecha, pero se han incluido aquellos que sin tener la instalación completa podrían llegar a ser explotados.

Es por ello que aparecen diferencias entre capacidad y caudales de explotación; por lo demás bajo capacidad se ha considerado la máxima del pozo mientras que el caudal de explotación es siempre menor que aquella.

Como conclusión pueden definirse los siguientes valores:

$$977: 3.466.3 = 0.282 \text{ lts/metro perforado}$$

$$977: 2.811 = 0.348 \text{ lts/metro útil perforado}$$

$$266.5: 1.522 = 0.175 \text{ lts/metro explotado perforado}$$

C T A D R O N O 2

REGISTRO DE LAS BOMBAS

BOMBA	CONDICION	UBICACION	DIRECCION	COMUNIDAD	AÑO	USO	PERF. (mts.)	Q PERF. (m ³)	HABILIT. (mts.)	Q HABILIT. (m ³)	BATERIAS (mts.)	Q (lts/s)	NIVEL DEP. (mts.)	Exp. (lts/s)	NOHRS. Expi.	N. EST. (mts.)	OBSERVACIONES
I	29945-71000*01	P.A.P.L. SERENA	D.C.S.	D.C.S. 371	1950	A.P.	55,70	-	65,75	13.3/8	-	20	51,24	-	-	2,2	Abandonado, sin ubicar
I	29945-71000*02	P.A.P.L. SERENA	D.C.S.	D.C.S. 371	1950	A.P.	60,20	-	65,75	13.3/8	-	23,5	25,53	-	-	1,0	Abandonado, sin ubicar
I	29945-71000*03	P.A.P.L. SERENA	D.C.S.	D.C.S. 372	1950	A.P.	75,90	-	73,30	12.3/4-8	-	25,0	-	-	-	-	Abandonado, sin ubicar
I	29945-71000*04	P.A.P.L. SERENA	D.C.S.	D.C.S. 373	1950	A.P.	60,10	-	55,00	12.3/4	-	20	-	-	-	-	Abandonado, sin ubicar
I	29945-71000*05	ALFALFARES	COMUNIDAD ALFALFARES	COMPRO 756	1969	AGR.	133,00	20"-24,8 16"-23,9 12"-27,15 8"-13,1 6"-13,3	132,34	12"-43,70 8"-80,39 6"-132,34	12,28-23,54 30,34-36,34 37,04-49,02 46,04-49,02 42,80-49,09 93,32-97,32 129,70-131,31	19	44,51	-	-	3,84	No está en servicio
I	29945-71000*06	ALGARROBITO	D. OTTO	D. OTTO 81	1962	ES*	175,00	-	-	-	-	10,3	21,57	-	-	1,52	Sin ubicar (se levanta cañería)
I	29945-71000*07	ALCOVAL SOL	D. OTTO	D. OTTO 85	1963	AGR.	153,00	-	-	-	-	25,0	24,69	-	-	50%	No está en servicio
I	29945-71000*08	ALCOVAL SOL	COMUNIDAD ALFALFARES	COMPRO 802	1969	AGR.	170,00	16"-20,20-26,00 12"-24,00 10"-270,00	70,00	12"-70,00 10"-70,00	1,09-7,14 15,02-18,04 20,24-25,00 10-15 44-49-61,5-67	35,0	37,0	-	-	2,40	No está en servicio
I	29945-71000*09	PUNTA DE PIEDRA	D.C.S. 633	CELZAC 643	1955	A.P.	100	20"-49,70 16"-100	99,00	13"-72,36 10"-89,00	13,70-19,89 37,01-39,07 41,07-68,33 62,33-88,00	20	16,9	12	24	8,60	
I	29945-71000*10	PUNTA DE PIEDRA	D.C.S. 627	CELZAC 620	1965	A.P.	108	20"-25,00 16"-70,00 13.3/8"-108,00	106,00	13.3/8"-70 10"-106	10,20-16,96 59,32-75 80,16-106	10	25	10	24	5,56	
I	29945-71000*11	PUNTA DE PIEDRA	D.C.S. 628	CELZAC 575	1964	A.P.	110	16"-75,00 13.3/8"-110	108,00	13.3/8"-73 10"-108	16-18,82 58-75,00 77-108,00	25	25	15	24	4,00	
I	29945-71000*12	PUNTA DE PIEDRA	D.C.S. 634	CELZAC 670	1965	A.P.	66,50	16"-60 13.3/8"-66,50	66,50	10"	7,42-12,42 29,70-34,10 49,74-61	20	28,4	11	24	4,46	
I	29945-71000*13	PUNTA DE PIEDRA	D.C.S. 116	CELZAC 240	1959	A.P.	130,00	20"-26 16"-130	119,64	13.3/8"-59,10 10"-119,64	64,79-77,91 88,10-97,94 106,4-113	26	43,90	-	-	0,65	No está en servicio
I	29945-71000*14	PUNTA DE PIEDRA	D.C.S. 118	CELZAC 242	1950	A.P.	131,00	16"-70 13.3/8"-111	120,00	13.3/8"-63,60 8"-111,30 6"-120	34-43,02 63-71,04 81,24-91,32 101,23-120	49	41,35	14,5	24	0,90	

HORA	SONDAJE	ESPECIACION	USUFO	CONSTR.	AÑO	USO	PERF. (mts)	# PERF. (")	HABILIT. (mts)	# HABILIT. (")	RAMPASOS (mts)	Q (lts/s)	NIVEL DEP. (mts)	Deep. (lts/s)	NOVRI. Excl. (mts)	H. EST. (mts)	OBSERVACIONES	
I	29945*-71900*C7	PUNTA DE PIEDRA	D.O.S.	149	CELZAC241	1960	A.P.	126,00	15"-75 13.3/8"-126	90,40	13.3/8"-73,89 8" - 99,40	54-63,50 72,10-99,40	37	60,6	14,5	24	0,90	
I	29945*-71900*C8	PUNTA DE PIEDRA	D.O.S.	151	CELZAC244	1960	A.P.	127,00	16"-30 13.3/8"-127	100,30	13.3/8"-69,59 8"-100,30	58,12-78,12 48,24-58,54 68,64-100,30	24	43,7	15,3	24	0,20	
I	29945*-71900*C9	PUNTA DE PIEDRA	D.O.S.	126	CELZAC206	1958	A.P.	139,80	20"-19 16"-96 13.3/8"-139,8	115,00	16"-0,85-77,5 13.3/8"-115	79-90 108-114	31	45,60	14	24	1,37	
I	29945*-71900*C10	PUNTA DE PIEDRA	D.O.S.	790	C.A.S.1067	1969	A.P.	110,20	20"-22 16"-56 13.3/8"-110,2	94,57	13.3/8"	39,50-21,50 37,50-38,50 52 - 53,50 59,5 - 62,50 85,5 - 87,50 89,5-93,50	19	45,46	-	-	5,00	Sin bomba
I	29945*-71900*C11	PUNTA DE PIEDRA	D.O.S.	791	C.A.S.1066	1969	A.P.	115,00	20"-23 16"-51 13.3/8"-105 10.3/4"-115	114,00	13.3/8"-105 10.3/4"-114	26 - 30 44,7-47 50,80-52 63,4-68 104-107 109-110 117-114	29	53,6	-	-	5,43	Sin bomba
I	29945*-71900*C12	PUNTA DE PIEDRA	D.O.S.	109	CELZAC239	1959	A.P.	138,00	20"-17,83 13.3/8"-138	100	13.3/8"-720 10" - 170,00	71 - 91 110 - 70	38	42,25	22,3	24	0,65	
I	29945*-71900*C13	SATURNO	D. RIEGO	D. RIEGO	87	1952	EST.	114,00	-	-	-	-	20	40,08	-	-	4,00	Abandonado, se retiró cañería
I	29945*-71900*C14	SATURNO	D. RIEGO	D. RIEGO	86	1953	EST.	117,90	-	-	-	-	29	31,70	-	-	1,00	Abandonado, se retiró cañería
II	29945*-70900*C15	CANAL BELLAVISTA	CONSTR.	CONSTR.	770	1959	AGR.	78,00	20"-50,20 16"-76,90 12"-78,00	74,02	10"	5,00-20,76 31,03-28,85 70,36-72,36	20	17,14	-	-	3,16	Sin bomba
II	29945*-70945*B1	PELICANA	D. RIEGO	D. RIEGO	C7*	1952	AGR.	96,00	-	75,00	13"-40 12"-75	-	45	40,65	-	-	3,55	Sin bomba
II	29945*-70945*B2	PELICANA	D. RIEGO	D. RIEGO	C6	1952	EST.	110,00	-	-	-	-	17	10,67	-	-	-	Sin bomba
II	29945*-70945*C1	PUCLARO	D. RIEGO	D. RIEGO	B8	1953	AGR.	110,00	-	97,00	16"-57 12"-97	-	100	28,10	-	-	2,55	Sin bomba
II	30900*-70945*B1	TAMBO	RAFAEL MULET	C.A.S.	1108	1969	AGR.	60,00	20"-25 16"-37 13.3/8"-60	56,00	13.3/8"-49 10.3/4"-56	15-18 20-22 24-26 27-29 50-55	35	38,44	-	-	9,30	Sin bomba
II	30900*-70930*A1	HUANCAÑA	GRU. FROHNS	CELZAC	922	1968	AGR.	70,00	14"-60 10"-70	70	10"-60 9"-70	53,12-70	22	16,10	43	12	15,78	

CONA	CONTAJE	UBICACION	DISTO	CONTRA	AÑO	USO	DESP. (mts)	% DESP. (%)	HABILIT. (mts)	% HABILIT. (%)	PANTALLAS (mts)	Q lts/s	NIVEL REF. (mts)	Dep. (lts/s)	NOTAS Expl.	N. EST. (mts)	CONSERVACIONES
II	30900*-70930*A2	BIANCARA	D. RIEGO	CELZAC 1040	1969	AGR.	70,00	20"-19 16"-50 12"-60,30 10"-70,00	70,00	16"-30,50 12"-50,35 10"-70,00	23,50-35,50 28 - 40,10 24,65-70,00	44	16,00	-	-	15,50	Sin bomba
II	30900*-70930*A3	VICUÑA	D.O.S. 596	CELZAC 404	1962	A.P.	120,00	16"-19 13.3/8"-100,62 8"-120,00	117,74	13.3/8"-49 10"-90 9"-117,74	60,18-98 100,62-117,74	22	26,50	16,5	11	25,90	
II	30900*-70930*A4	VICUÑA	D.O.S. 597	CELZAC 418	1963	A.P.	120,00	16"-19,07 13.3/8"-90,00 10"-109,00 8"-120,00	111,03	13.3/8"-48,12 10"-85,50 9" - 106,38 6" - 111,03	70,22-111,03	22	28,10	16	11	26,50	
II	30900*-70930*A5	VICUÑA	D.O.S. 178	CELZAC 227	1959	A.P.	35,00	13.3/8"	32,70	10"-24,10 8"-32,70	15,83-24,10 24,10-32,70	10	20,02	-	-	19,70	Abandonado
II	30900*-70930*A6	VICUÑA	MTT. ELQUI	CONFO 684	1969	IND.	117,40	20"-22,40 16"-33,20 10"-93,40 8" - 137,40	90,00	12"-33,33 8" - 50 6" - 90	17,87-33,33 39,02 - 50 82,90 - 89	20	28,67	-	-	25,69	Explotación intermitente imposible de determinar
III	29945*-70930*C1	ALGARROBAL	D. RIEGO	D. RIEGO 89	1954	AGR.	132,00	-	97,00	14"-2,5 12"-49 10"-62 8"-97	-	100	27,30	60	24	19,20	
		C2 ALGARROBAL	D. RIEGO	D. RIEGO 89a	1954	AGR.	114,00	-	99	17"-69 10"-99	-	140	25,95	-	-	20,70	Sin bomba
BOZOS EN CONSTRUCCION																	
III		BEVADAVIA	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
III		PAIHUANG	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
III		BCCALUME	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
III		DIATUITAS	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
III		HUANCAPA	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
III		SAN ISIDRO	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
I		CANAL PAMPA	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
I		CANAL HERRADURA	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												
III		VITITAS	D. RIEGO	D. RIEGO	1969												

3.2. EXPLOTACION ACTUAL DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA HOYA

El agua subterránea en la hoya del río Elqui se utiliza principalmente como fuente de abastecimiento para los servicios de agua potable, como refuerzo al riego por canales y en cantidad muy pequeña para procesos industriales. Las cifras que se han establecido con anterioridad deben entenderse como una capacidad potencial cuya explotación no es continua, variando la intensidad de dicha explotación de acuerdo a las condiciones que se presenten. Sin embargo debe hacerse notar que la escasa explotación actual se verá pronto incrementada por la próxima puesta en servicio de 12 pozos en condiciones de ser explotados.

El valle para su estudio se ha subdividido en tres secciones principales abarcando la primera desde el mar hasta Pelicana, desde esta localidad hasta el pueblo de Vicuña la segunda y desde Vicuña hasta Rivadavia la tercera. En el cuadro Nº 6 se muestra la distribución de las captaciones según las secciones ya indicadas, y en el cuadro Nº 7 se ha querido mostrar la explotación actual, real, en las diferentes zonas.

CUADRO Nº 6

SECCION	Perf. ml.	CAP. UTIL POZOS lts/s			CAP. TO- TAL lts/s
		A. Pot.	Regadío	Indust.	
I	2.600,8	319	143	----	462
II	619,5	44	201	30	275
III	246	--	240	----	240
TOTAL	3.466,3				977

=====

CUADRO Nº 7

SECCION	CAUDAL EXPLOTACION (lts/s)			%	CAUDAL TOTAL (Lts/s)
	AP	REG.	INDUST.		
I	130.9	---	---	49.0	130.9
II	32.6	43	---	28.4	75.6
III	---	60	---	22.6	60.0
T O T A L				100.0	266.5

=====

Para confeccionar el cuadro Nº 8 se han tomado los caudales de explotación indicados en el cuadro Nº 7 y las horas de explotación indicadas en el cuadro de antecedentes técnicos de los pozos. Sin embargo, sólo puede pensarse en una explotación continuada a lo largo del año, en términos de éste caudal, para los pozos que sirven el abastecimiento de Agua Potable; debiendo reducirse la explotación de aquellos pozos que sirven tanto el regadío como la industria a un tercio del año calendario.

CUADRO Nº 8

SECCION	VOLUMEN ANUAL (M3) (Expl. Actual)
I	4,128,062
II	697,728
III	632,448
TOTAL	5,458,238

=====

3.3. CARACTERISTICAS DE LAS NAPAS SUBTERRANEAS

3.3.1. UBICACION DE ACUIFEROS

Los antecedentes básicos utilizados como medios para definir y ubicar las capas de materiales sedimentarios susceptibles de ser considerados como acuíferos, han sido la litología de las distintas perforaciones en conjunto con las pruebas de agotamiento realizadas en cada captación. Como puede apreciarse a través del plano base las captaciones se encuentran distribuidas a lo largo del valle, presentándose una concentración importante en Punta de Piedra y una de menor importancia en Vicuña y sus alrededores. Las perforaciones poseen un promedio de 100 mts. de profundidad alcanzándose en varias ocasiones la roca fundamental como queda demostrado en el gráfico de permeabilidades.

En las tres secciones investigadas puede decirse que se han detectado tres acuíferos: uno superficial, cuyo límite superior se presenta con alteraciones entre los 7 y 12 mts. en la primera y parte de la segunda sección y cuyo límite inferior varía alrededor de los 18 mts; uno intermedio, bastante irregular que podría situarse entre los 20 y 44 mts; y uno muy profundo a lo largo del valle cuya ubicación puede situarse entre los 50 y 110 mts. con intercalaciones de estratos menos permeables entre ambos límites.

Con respecto a la zona de Vicuña y la tercera sección debe hacerse notar el desaparecimiento del primer acuífero debido a la situación de los niveles que han provocado su total desagüe.

Las permeabilidades de los tres acuíferos varían entre los límites para los cuales se determina la calidad de tal (10^{-4} - 10^{-5} m/s).

En general la disposición de las captaciones es vecina al cauce superficial y puede decirse que a medida que se alejan de él las posibilidades productivas disminuyen.

Desgraciadamente son escasas las captaciones en la terce-

ra sección ya que dado los resultados entregados por las dos únicas existentes podría pensarse en un mejoramiento considerable de las condiciones más allá de la confluencia de los ríos Turbio y Claro.

3.4. CARACTERISTICAS DE LOS ACUIFEROS

ANTECEDENTES

El estudio se ha apoyado en todos los antecedentes utilizables que abarcan las 30 pruebas de agotamiento en las correspondientes captaciones, 7 de las cuales cuentan con más de un control de bombeo con registro de depresiones. Para un estudio general como es el emprendido, se considera suficiente el conjunto de datos obtenidos, pero ellos deberían complementarse con investigaciones de terreno más profundas en el caso de proyectos más específicos.

Las pruebas analizadas contemplan casos de equilibrio en los cuales se controlan las depresiones estabilizadas para distintos caudales, y desequilibrio, las menos, en las cuales se controlan depresiones en función del tiempo para un caudal de bombeo constante.

Las interpretaciones de las distintas pruebas que han permitido la individualización de las características particulares de los distintos acuíferos, se han incluido como anexos al final del estudio. En el análisis de las pruebas bajo condiciones de equilibrio se ha empleado la ecuación de Dupuit lo que exige una apreciación del radio de influencia, estimación que sin embargo no altera fundamentalmente los resultados obtenidos.

A la vez se ha utilizado el método de Don Enrique Munizaga para individualizar las características de cada acuífero.

Para la interpretación de pruebas de agotamiento bajo condiciones de desequilibrio se ha utilizado la ecuación de Theiss, ecuación que permite fijar no sólo el coeficiente de permeabilidad y transmisibilidad sino también conocer singularidades que afecten a los resultados (fuentes de recarga, barreras naturales).

Para las pruebas de desequilibrio no disponiéndose de pozos de observación la evaluación del coeficiente de almacenamiento resulta incierta.

CONCLUSIONES DE LAS PRUEBAS DE AGOTAMIENTO

En el cuadro Nº II se han resumido los resultados obtenidos de la interpretación de las pruebas. Para cada acuífero individualizado se han determinado los coeficientes de permeabilidad y transmisibilidad correspondientes. Las principales conclusiones recogidas a través de los análisis se detallan a continuación.

1.- Existe un primer acuífero con permeabilidad variable 10^{-4} y 10^{-5} m/s de dimensiones medianas cuyo espesor varía entre 5 y 10 metros hasta la zona de Pelicana, disminuyendo a 3 metros en la zona de Puclaro y el Tambo para desaparecer en Huanchará. Este desaparecimiento que se mantiene aguas arriba de la zona mencionada es producto de la situación de los niveles cuya posición ha provocado el desagüe total del primer acuífero.

2.- Se detecta un leve aumento de la permeabilidad a medida que se avanza en el valle para los materiales del primer acuífero. En efecto hasta Punta de Piedra se han determinado permeabilidades del orden de 10^{-5} m/s; desde Punta de Piedra hasta El Tambo en cambio se determinan permeabilidades del orden de 10^{-4} m/s.

3.- Un segundo acuífero, de dimensión similar al primero pero de carácter lenticular y en general con bajo aporte a los caudales totales de los pozos, se presenta a lo largo del valle. Su espesor varía entre 5 y 12 mts. presentando permeabilidades variables entre 10^{-3} m/s - 10^{-5} m/s. Su presencia se hace más definida aguas arriba de Vicuña.

- 4.- Finalmente un tercer acuífero situado entre los 50 y 110 mts. con intercalaciones de lentes menos permeables aparece en forma muy definida en el valle. Su permeabilidad sensiblemente constante y del orden de 10^{-5} m/s hasta la zona de Vicuña aumenta en esta localidad a valores fluctuantes entre 10^{-3} y 10^{-4} m/s.
- 5.- Los coeficientes de transmisibilidad varían en igual forma que las permeabilidades en los tres acuíferos mencionados.
- 6.- Lo dicho anteriormente permite suponer un mejoramiento de las condiciones aguas arriba de Vicuña y deberían investigarse acuciosamente éstas más allá del sector de Rivadavia.
- 7.- Las condiciones explicitadas anteriormente determinan que los acuíferos de importancia sean el primero y el tercero, apareciendo este con características artesianas en la zona de Pta. de Piedra.
- 8.- Desde Punta de Piedra hacia aguas abajo las condiciones no justificarían perforaciones que vayan más allá de los 60 metros.
- 9.- La presencia de acuíferos lenticulares distribuidos permite recomendar perforaciones de hasta 100 metros para la zona comprendida entre Punta de Piedra y Puclaro.
- 10.- Desde Vicuña hacia aguas arriba deben esperarse buenos resultados con perforaciones que bordeen los 100 metros.
- 11.- Debe decirse por último que las permeabilidades determinadas no representan materiales que constituyan acuíferos de excelente calidad, sin embargo dadas las condiciones hidrológicas imperante en el valle no puede pensarse en un abandono de la explotación de los cursos subterráneos, sino más bien en un incremento de ellas.

CUADRO N° II.-

HOYA DEL RIO ELQUI

CARACTERISTICAS DE ACUIFEROS EN POCOS DE BOMBEO

Pozo	Fecha Prueba	N.E	ACUIFERO I			ACUIFERO II			ACUIFERO III		
			Ubicación	K (m/s)	T (m ² /s)	Ubicación	K (m/s)	T (m ² /s)	Ubicación	K (m/s)	T (m ² /s)
29045* - 71000* B1	10 - 1 - 1969	3.84	12.00 - 18.00	4.34×10^{-5}	1.02×10^{-5}	30.50 - 35.00	4.34×10^{-5}	1.02×10^{-3}	62.00 - 68.00	4.34×10^{-5}	1.02×10^{-3}
	9 - 1 - 1969	3.69	19.00 - 23.00	9.00×10^{-6}	8.00×10^{-5}				94.00 - 97.50	3.3×10^{-5}	4.51×10^{-3}
29045* - 71000* B4	3 - 5 - 1969	2.15	2.52 - 7.70	1.17×10^{-3}	5.50×10^{-3}				55.20 - 57.80	7.15×10^{-5}	5.76×10^{-4}
	6 - 5 - 1969	2.52							61.00 - 66.50	9.75×10^{-5}	7.9×10^{-4}
29045* - 71000* C1	6 - 7 - 1965	8.60	15.00 - 19.00	1.6×10^{-4}					52.00 - 64.00	1.6×10^{-4}	2.50×10^{-3}
29045* - 71000* C2	10 - 3 - 1965	5.56	12.00 - 18.00	7.1×10^{-5}	5.6×10^{-4}				60.00 - 75.00 82.00 - 108.00	8.15×10^{-6}	3.34×10^{-4}
29045* - 71000* C3	26 - 10 - 1964	4.00	16.00 - 19.00	1.6×10^{-4}	4.8×10^{-4}				58.00 - 75.00 77.00 - 108.00	2.03×10^{-5}	9.74×10^{-4}
29045* - 71000* C4	2 - 11 - 1965	4.46				28.00 - 34.00	4.85×10^{-5}	8.25×10^{-4}	50.00 - 61.00	4.85×10^{-5}	8.25×10^{-4}
29045* - 71000* C5	7 - 10 - 1959	3.40	14 - 17	9.85×10^{-5}	2.95×10^{-4}				51.00 - 56.00	1.58×10^{-5}	5.95×10^{-4}
	5 - 10 - 1959	2.30							66.00 - 78.00 88.00 - 99.00 108.00 - 116.00	1.57×10^{-5}	5.52×10^{-4}
29045* - 71000* C6	11 - 1960	0.90				34.00 - 43.00	2.08×10^{-5}	9.80×10^{-4}	63.00 - 72.00 81.00 - 91.00 101.00 - 120.00	2.08×10^{-5}	9.8×10^{-4}
29045* - 71000* C7	1960	0.00							54.00 - 64.00 73.00 - 99.00	1.68×10^{-5}	6.0×10^{-4}
29045* - 71000* C8	1960	0.20				19.00 - 30.00	3.15×10^{-5}	3.46×10^{-4}	45.00 - 58.50 70.00 - 100.30	7.0×10^{-6}	3.06×10^{-4}
29045* - 71000* C9	15 - 8 - 1958	1.31							52.00 - 53.00 71.00 - 73.50 79.00 - 80.10 106.00 - 108.50	2.6×10^{-5}	7.70×10^{-4}
29045* - 71000* C10	19 - 3 - 1969	5.00	20.00 - 22.00	1.27×10^{-4}	2.53×10^{-4}	37.00 - 39.00	3.12×10^{-5}	4.22×10^{-4}	51.00 - 54.00 60.00 - 63.00 88.00 - 93.50	$3. \times 10^{-5}$	4.22×10^{-4}
29045* - 71000* C11	22 - 5 - 1969	5.43	20.00 - 22.00						52.50 - 54.00 60.00 - 63.00 86.00 - 93.00	8.15×10^{-5}	9.4×10^{-4}
	18 - 5 - 1969	5.47		7.25×10^{-4}	1.45×10^{-3}					3.7×10^{-5}	4.25×10^{-4}
29045* - 71000* C12	22 - 3 - 1959	0.60	14.00 - 17.00	2.55×10^{-3}	7.65×10^{-3}	28.50 - 36.00	2.54×10^{-5}	6.6×10^{-4}	50.50 - 56.00 80.00 - 82.00 73.00 - 77.00 110.00 - 118.00	2.54×10^{-5}	6.6×10^{-4}

Pozo	Fecha Prueba	N.º	ACUIFERO I			ACUIFERO II			ACUIFERO III		
			Ubicación	K (m/s)	T (m ² /s)	Ubicación	K (m/s)	T (m ² /s)	Ubicación	K (m/s)	T (m ² /s)
29945* - 71900* C15	17 - 12 - 1968	3.16	5.00 - 11.00	4.90×10^{-4}	1.22×10^{-2}	14.00 - 22.00	4.90×10^{-4}	1.22×10^{-2}			
	18 - 12 - 1968	3.10		1.73×10^{-4}	4.32×10^{-3}	33.00 - 44.00	1.73×10^{-4}	4.32×10^{-3}			
29945* - 70945* B1	9 - 5 - 1969	3.55	9.00 - 12.50	5.3×10^{-4}	1.98×10^{-3}				41.50 - 43.00 44.00 - 50.00 52.00 - 81.00	2.19×10^{-5}	8.00×10^{-4}
29945* - 70945* C1	28 - 4 - 1969	4.00				19.20 - 24.50	2.17×10^{-4}	5.88×10^{-3}	29.00 - 33.00 40.50 - 51.00 75.00 - 79.00	2.47×10^{-4}	5.88×10^{-3}
30900* - 70945* D1	18 - 10 - 1969	9.30	13.00 - 16.00	2.62×10^{-3}	7.86×10^{-3}				50.00 - 55.00	6.5×10^{-5}	3.24×10^{-4}
30900* - 70930* A1	19 - 7 - 1968	15.78							53.00 - 70.00	4.85×10^{-3}	8.25×10^{-2}
30900* - 70930* A2	24 - 7 - 1969	15.50				23.50 - 35.00	3.75×10^{-3}	1.01×10^{-1}	50.00 - 61.00 64.00 - 70.00	3.75×10^{-3}	1.01×10^{-1}
30900* - 70930* A3	26 - 10 - 1967	25.90							70.00 - 115.00	1.03×10^{-3}	4.24×10^{-2}
30900* - 70930* A4	10 - 1 - 1963	27.08							70.00 - 110.00	5.7×10^{-4}	2.27×10^{-2}
30900* - 70930* A5	27 - 7 - 1969	18.70				18.70 - 33.00	5.96×10^{-4}	8.53×10^{-3}			
30900* - 70930* A6	1 - 10 - 1969	26.42				33.20 - 50.00	7.57×10^{-3}	8.05×10^{-2}	69.00 - 76.60 81.50 - 89.00	2.52×10^{-3}	8.05×10^{-2}
29945* - 70930* C1	14 - 5 - 1969	23.80				30.00 - 38.00	5.40×10^{-4}	3.35×10^{-2}	46.00 - 68.00 106.00 - 120.00	5.4×10^{-4}	3.35×10^{-2}
						42.00 - 45.00			75.00 - 90.00 122.00 - 125.00		
29945* - 70930* C2	21 - 4 - 1969	20.70				20.70 - 25.50 27.50 - 33.00	9.90×10^{-4}	5.18×10^{-2}	43.00 - 59.5 64.00 - 82.00 85.00 - 86.70 88.50 - 93.00 96.50 - 98.00	9.90×10^{-4}	5.18×10^{-2}

3.5. NIVELES Y SU FLUCTUACION

Aún cuando la carencia de mediciones sistemáticas a lo largo del valle, impide analizar en forma completa la situación de los niveles, se cuenta con mediciones aisladas las cuales considerando las fechas en que fueron obtenidas pueden entregar una idea aproximada de su comportamiento.

En el cuadro de recuentos de captaciones se encuentran algunas de las mediciones disponibles haciendo notar que ellas sólo son válidas para la fecha indicada, ya que, la napa sufre fluctuaciones de una temporada a otra.

Como ejemplo de variaciones en temporadas sucesivas se citan las siguientes:

Pozo 29245' - 71200' B1 (CORFO 756 - Alfalfares)

<u>NIVELES</u>	<u>FECHA DE OBSERVACION</u>
3.86 mts.	12.1.1969
2.81 mts.	13.8.1969

Pozo 29245' - 71200' B4 (CORFO 802 - Altovalsol)

<u>NIVELES</u>	<u>FECHA DE OBSERVACION</u>
2.52 mts.	6.5.1969
1.86 mts.	13.8.1969

Pozo 29245' - 71200' C15 (CORFO 770 - Canal Bellavista)

<u>NIVELES</u>	<u>FECHA DE OBSERVACION</u>
3.10 mts.	18.12.1968
3.45 mts.	13.8.1969

Pozo 29245' - 70245' B1 (D/R C7 - Pelicana)

<u>NIVELES</u>	<u>FECHA DE OBSERVACION</u>
3.55 mts.	9.5.1969
3.46 mts.	9.9.1969

Pozo 29045' - 70045' C1 (D/R B8 - Puclaro)

<u>NIVELES</u>	<u>FECHA DE OBSERVACION</u>
4.00 mts.	28.4.1969
4.27	11.8.1969

Pozo 29045' - 70030' C2 (D.R. B9a - Algarrobal)

<u>NIVELES</u>	<u>FECHA DE OBSERVACION</u>
20.7 mts.	21.4.1969
20.13 mts.	11.9.1969

A pesar de estar los niveles afectados por las condiciones de sequía que sufre el valle, especialmente notorias en las mediciones realizadas a principios del año, época en que el río contaría con su mayor caudal, puede decirse que los niveles más bajos se obtendrían en el período de estiaje, observándose una recuperación a medida que se alcanza el máximo caudal.

Estimaciones sobre la fluctuación normal de los niveles es imposible aventurar dada las condiciones que distorsionan las mediciones.

Por otra parte, los escasos antecedentes de construcción disponibles, no permiten detectar en forma cierta diferencias entre los niveles de los distintos acuíferos.

Sin embargo debe pensarse en el carácter artesiano ya marcado anteriormente para el tercer acuífero lo que necesariamente provocaría diferencias entre los distintos niveles.

Es por ello que sólo un estudio más profundo con habilitaciones individuales de los distintos acuíferos podría entregar luces definitivas sobre la validez de un nivel estático común.

3.6. GRADIENTES HIDRAULICOS

El escurrimiento del agua subterránea se realiza en general siguiendo las mismas direcciones del escurrimiento superficial desde la parte alta del valle hacia aguas abajo, no existiendo antecedentes que permitan determinar la presencia de filtraciones hacia otros valles.

Los gradientes hidráulicos determinados se considerarán como un promedio válido para los dos acuíferos principales a los que se hace referencia en el punto 3.1.

Se ha procedido de esta manera dada la inexistencia de pruebas de agotamiento o mediciones de niveles que permitan calcular por separado gradientes para cada acuífero. Tal simplificación, está respaldada por la variación del nivel durante la perforación de algunos de los pozos considerados. Tal variación demostró no ser importante por lo cual pueden considerarse representativos los gradientes hidráulicos determinados. Sin embargo, tal observación, es sólo puntual por lo cual sería interesante investigar la permanencia o cambio de semejantes condiciones a lo largo del valle.

CUADRO Nº 9

GRADIENTES HIDRAULICOS

P O Z O	ΔL mts.	H. mts.	ΔH mts.	i ‰
D.R. B9 (N)	12.300	749.67	165.79	13.6
D.O.S. 586 (N)		583.88		
CORFO (S)	7.900	602.88	84.50	10.7
C.A.S. 1108 (S)	8.700	518.38	80.18	9.4
D.R. B 8(S)	15.600	438.20	169.68	10.8
D.R. C 7' (S)	2.200	268.52	21.70	9.8
CORFO 770 (S)	13.300	246.82	125.76	9.6
CORFO 802 (S)		121.06		

Las excesivas distancias que separan dos pozos consecutivos hacen que los gradientes calculados representen sólo condiciones muy generales debiendo ser afinados para un estudio más profundo.

En general los gradientes demuestran ser todos cercanos al 1% en el curso medio e inferior del río, para elevarse por sobre este valor en la parte alta. A continuación se incluye un gráfico que muestra las variaciones a lo largo del valle.

3.7. DISTRIBUCION DE LOS CAUDALES DE LAS NAPAS

El caudal propio "Q" con que escurre una napa subterránea es directamente proporcional al producto de la sección transversal "A" del coeficiente de permeabilidad "K" de los materiales que constituyen el acuífero y del gradiente hidráulico "i" con que se realiza dicho escurrimiento.

$$Q = k.A.i \text{ (Ley de Darcy)}$$

Tal expresión puede presentarse además como sigue:

$$Q = T.i.b$$

donde T representa la transmisibilidad promedio y b el ancho efectivo de la sección de escurrimiento. Dada la mayor exactitud, para las condiciones dadas, que representa esta expresión, se recurrirá a ella para determinar los caudales propios de la napa en las distintas secciones elegidas.

Las secciones definidas a lo largo del valle han sido obtenidas del estudio realizado por el Bureau of Reclamation (1952 - 1954) al que se ha hecho alusión en el punto 2.5.

Sección 1-1 : Zona de Altovalsol

Sección 2-2 : Zona de Punta de Piedra

Sección 3-3 : Zona de Pelicana

Sección 4-4 : Zona de Puclaro

Sección 5-5 : Zona de El Tambo

Sección 6-6 : Zona de Vicuña

Sección 7-7 : Zona de Algarrobal

Considerar el ancho efectivo "b" (Ω / Prof. máxima) como la variable que define cada sección, supone considerar que el escurrimiento se realiza a través de todo el relleno. Previamente se definieron dos acuíferos de importancia a lo largo del valle, sin embargo, considerar el caudal propio de cada uno, suponía incurrir en errores de magnitud semejante a la cantidad determinada al establecerse que:

1.- No existe artesianismo claro, a lo largo del valle, considerando los escasos datos disponibles al respecto.

2.- La imposibilidad de detectar, con los antecedentes actuales, las conecciones de ambos acuíferos por separado con el río,

3.- Asumir un gradiente promedio para ambos acuíferos.

Debe considerarse en favor de tal solución el hecho que el estudio tiende a determinar órdenes de magnitud del escurrimiento y no pretende cantidades exactas en este aspecto. Mientras el valle no alcance un alto grado de explotación de la napa subterránea, las determinaciones de la potencialidad de los recursos obtenibles de tal napa no serán posibles con la exactitud deseada, dada la influencia que ejerce la utilización de los recursos sobre algunos de los factores tanto de la recarga como de la descarga.

CUADRO Nº 10

CAUDALES PROPIOS DE LA NAPA SUBTERRANEA

S E C C I O N	Distancia a		b	T	i	Q
	la costa	(m ²)				
	(Kms)		mts.	m ² /s	%	(lts/s)
1-1 Altovalsol	11.8	246.000	1890	5.8×10^{-4}	9.6	10
2-2 Punta de Piedra	15.0	316.500	1670	6.5×10^{-4}	9.6	11
3-3 Pelicana	28.2	67.800	650	2.0×10^{-4}	10.8	1.4
4-4 Puclaro	41.7	26.600	280	8.0×10^{-4}	9.4	2.1
5-5 El Tambo	50.4	79.700	665	2.2×10^{-3}	10.7	16.0
6-6 Vicuña	58.7	85.300	700	3.0×10^{-2}	10.7	214
7-7 Algarrobal	66.5	49.500	490	3.3×10^{-2}	13.6	220

Es importante tener en cuenta que las cifras indicadas en el cuadro anterior para los caudales de las napas, no pueden ser consideradas como definitivas, ni tampoco como absolutas, las diferencias de caudal en cada una de las secciones analizadas. Sin embargo, tanto los órdenes de magnitud de los caudales como la tendencia general pueden considerarse representativos de las condiciones imperantes.

Al analizar la variación de los caudales propios de las napas subterráneas a lo largo del valle, es interesante observar las recuperaciones que presenta el río en sus cursos medio y parte del curso inferior. En efecto, en las secciones más aguas arriba consideradas se presentan caudales superiores o que bordean los 200 lts/s mientras que en Punta de Piedra el caudal sólo alcanza a 11 lts/s. lo que indicaría afloramientos de las napas, considerando las correcciones por captaciones de canales de regadío.

3.8. VOLUMENES DE ALMACENAMIENTO

Los materiales de relleno que constituyen los acuíferos , además de su capacidad para permitir el escurrimiento a través de ellos, poseen una gran capacidad para almacenar agua en sus espacios intergranulares. Teniendo en cuenta las grandes dimensiones que por lo general alcanzan los rellenos permeables, se comprende la gran capacidad de regulación que suelen poseer los acuíferos. Esta gran capacidad de regulación, unida a la pequeña velocidad con que se realiza generalmente el movimiento del agua subterránea, es lo que permite asimilarlos a un gran embalse de regulación multianual y aplicar principios similares a los que rigen en el caso de éstos.

Se ha determinado, en otros puntos de este estudio que la capacidad actual de extracción de agua subterránea en la hoya es del orden de 270 lts/s mientras que los caudales propios de las napas varían desde 200 lts/s en la parte alta hasta sólo 10 lts/s en la parte baja. Se ha estimado además que la explotación actual equivaldría volumétricamente a un caudal medio anual de 175 lts/s. Por lo tanto es sólo gracias al volumen de almacenamiento al que se hacía referencia, que es posible explotar los recursos subterráneos operando con capacidades de extracción superiores al caudal medio de las napas.

De acuerdo con esto puede afirmarse que un buen aprovechamiento del volumen de almacenamiento siempre es de mayor importancia que los caudales propios de las napas.

Los antecedentes presentados en el punto 3.4 permiten determinar la distribución de los volúmenes de almacenamiento a lo largo del valle. Estos volúmenes se han calculado multiplicando el volumen del acuífero por un coeficiente de almacenamiento de 15% para la napa superficial y uno igual a 1% para las napas profundas.

Los volúmenes determinados se utilizarán en capítulos posteriores de este estudio al analizar las posibilidades de ampliar las capacidades de explotación más allá de lo actual. Debe advertirse sin

embargo, que tales cifras no contemplan los volúmenes almacenados en las quebradas tributarias. Estimaciones muy preliminares permiten suponer que este puede ser importante y debe considerarse como un factor de seguridad dentro de cualquier plan de desarrollo de las aguas subterráneas del valle. Por otra parte, las zonas de muy baja permeabilidad, en relación con las zonas de captación, no han sido consideradas en el cálculo del volumen de almacenamiento.

C A P I T U L O 4

ALIMENTACION DE LAS NAPAS SUBTERRANEAS

=====

4.1. BALANCE HIDROLOGICO DE LOS RECURSOS DE AGUA DEL VALLE DEL RIO ELQUI

El balance hidrológico constituye uno de los métodos más antiguos y difundidos para evaluar los recursos y a la vez analizar su distribución entre los distintos caminos y consumos que pueden presentarse. Con miras a estos fines se acostumbra a clasificar los recursos en cuatro grandes unidades:

- Precipitaciones
- Escurrimiento superficial
- Consumo evapotranspirativo
- Escurrimiento subterráneo

El método, aún cuando es usado, normalmente en una diversidad de casos, sólo permite obtener buenos resultados en zonas en que la recarga de las napas subterráneas es alta en comparación con las precipitaciones totales, debiendo ser utilizado con mucha prudencia en zonas de baja recarga atendiendo a la magnitud de los errores probables de cometerse en la estimación del resto de las cantidades y que pueden ser del orden de la cantidad a determinar.

El análisis se ha hecho desde dos ángulos diferentes; primero se ha intentado un balance instantáneo de recursos en base principalmente de corridas de aforo realizadas por la Dirección de Riego en 1960 y segundo se realizó un balance de recursos medios en base a los antecedentes de precipitaciones y escurrimientos.

Mediante el balance instantáneo se ha pretendido fundamentalmente estudiar los intercambios de agua entre las corrientes superficiales y los escurrimientos subterráneos, mientras que a través del segundo se ha intentado cuantificar en forma aproximada la distribución total de los recursos medios según las cuatro unidades antes especificadas.

4.2.1. BALANCES INSTANTANEOS:

A. - ANTECEDENTES.

Las corridas consideradas se realizaron en las siguientes fechas:

1^a corrida : Febrero 1960.

2^a corrida : Abril 1960.

3^a corrida : Septiembre 1960.

Cada una de estas corridas abarca desde poco más abajo de Rivadavia hasta prácticamente La Serena, habiendo sido dividido el Valle en zonas, para cada una de ellas.

Para analizar los intercambios de agua en cada zona elegida, deben compararse todas las aguas que entran en ella con todas las que salen, debiendo, por lo tanto, incluirse en estas últimas los canales que atraviesan de una zona a otra.

Por lo general, los aforos de los canales se han hecho a la salida de sus tomas y no en los cambios de zona, por lo que en el caso de tomas alejadas de los límites de cada zona, se ha recurrido a la doble alternativa de considerar el canal como caudal cero, o bien, con caudal igual al medido en su toma.

Se indican a continuación las distintas zonas en que se ha subdividido el río:

1^a Zona: Desde antes B.T. Canal Pedro Aguirre Cerda hasta Peralillo, antes B.T. Las Pencas.

2^a Zona: Desde antes B.T.C. Las Pencas hasta Huancara, antes B.T.C. Canal del Medio.

3^a Zona: Desde antes B.T.C. del Medio hasta Gualliguaica antes B.T.C.

M. Iribarren.

4^a Zona: Desde antes B.T.C. M. Iribarren hasta Puclaro entre B.T. canales Puclaro y Porotal.

5^a Zona: Desde Puclaro entre B.T. canales Puclaro y Porotal hasta Almendral, frente a estación de F.F.C.C.

6^a Zona: Desde Almendral hasta el Molle aguas abajo B.T. canal Casuto-Los Molles.

7^a Zona: Desde el Molle hasta Punta de Piedra, antes B.T.C. Coquimbo.

8^a Zona: Desde Punta de Piedra hasta La Serena.

En cada una de las Zonas nombradas es posible plantear la siguiente ecuación para los escurrimientos superficiales.

$$E + A = S$$

$E = E_r + E_c + E_e$ + Aguas totales que entran a cada zona.

E_r = Caudal del río a la entrada de la zona.

E_c = Caudales que entran a cada zona por canales de regadío.

E_e = Caudales que entran a cada zona a través de aportes laterales al Valle principal.

$S = S_r + S_c + S_e$ + Aguas totales que salen de cada zona.

S_r = Caudal del río a la salida de la zona.

S_c = Caudales que salen de cada zona por canales de regadío.

S_e = Caudales perdidos por consumo evapotranspirativo. (Incluye evaporación desde superficie del agua y tierra y transpiración de plantas y árboles).

A = Afloramientos de caudales provenientes de las napas subterráneas.

Valores negativos de A indican infiltración hacia las napas.

A través de la ecuación presentada, pueden estimarse los intercambios de agua en cada zona elegida. Sin embargo, es necesario previamente estimar el término S_e para cada zona.

Para ello se ha recurrido al método de "Lowry-Johnson".

En anexos se incluye el cálculo de consumo evapotranspirativo anual o "tasa neta", correspondiente a condiciones medias del área.

Este consumo neto, restadas las precipitaciones consideradas con un 90% de efectividad, resulta ser de :

$$T = \text{Tasa neta a satisfacer con riego} = 7.230 \text{ m}^3/\text{Hás.}$$

Las superficies de terreno sobre las cuales se aplicaría este consumo, se han determinado en base al plano aerofotogramétrico del Valle, considerando un factor igual a 0.8 para la zona Algarrobal-La Serena. Tal factor pretende considerar el hecho que no toda la superficie bajo canal se cultiva.

Finalmente, las superficies a las que habría que aplicar la tasa indicada, serían:

1ª Zona: 426 Hás.

2ª Zona: 1.736 Hás.

3ª Zona: 1.352 Hás.

4ª Zona: 580 Hás.

5ª Zona: 226 Hás.

6ª Zona: 204 Hás.

7ª Zona: 4.880 Hás.

8ª Zona: 9.436 Hás.

La distribución mensual del consumo neto se ha hecho en base a los valores indicados en el estudio "Capacidad de Riego Actual de los Ríos de la Zona Central de Chile" - Dirección de Riego, M.O.P. , 1967.

Marzo : 11.7% (válido para la primera corrida realizada en la segunda quincena de Febrero).

Mayo : 7.0% (válido para la segunda corrida de aforos realizada en la mitad del mes de Abril).

Septiembre : 7.0% (válido para la tercera corrida de aforos).

Por lo tanto, las tasas netas a considerar, serían las siguientes:

$$1^{\text{a}} \text{ Corrida} : 7.230 \cdot 0.117 = 845 \text{ m}^3/\text{Hás.} = 0.326 \text{ lts/s/hás.}$$

$$2^{\text{a}} \text{ Corrida} : 7.230 \cdot 0.07 = 506 \text{ m}^3/\text{Hás.} = 0.195 \text{ lts/s/Hás.}$$

3^a Corrida : $7.230 \cdot 0.07 = 506 \text{ m}^3/\text{Hás.} = 0.195 \text{ lts/s/Hás.}$

La exactitud de estas cifras parece discutible y de hecho lo es; sin embargo, no se justifica mayor acuciosidad ya que sólo se pretende una apreciación cualitativa y órdenes de magnitud de los intercambios de agua en las distintas zonas.

Con todos estos antecedentes, se ha aplicado la "Ecuación de continuidad" a los escurrimientos superficiales, determinando los afloramientos de las napas.

Los cuadros que siguen contienen los resultados para cada zona y cada corrida, debiendo previamente explicarse las siguientes convenciones y términos:

- Afloramientos : Los valores negativos corresponden a infiltraciones.
- Canales : Se ha indicado con el signo " \leq " aquellos canales en los cuales el caudal puede fluctuar entre cero y el valor anotado. Como ya se explicó anteriormente, se ha utilizado este procedimiento para aquellos canales que no fueron aforados en los cambios de zona. Esto mismo hace que los afloramientos, en tales casos, presenten un rango de valores en lugar de uno específico.

4.2.2. BALANCE TOTAL DE AGUA SUPERFICIAL SEGUN CORRIDAS DE AFORORío Elqui : Desde Algarrobal hasta La Serena.1^a corrida : Febrero 1960.2^a corrida : A b r i l 1960.3^a corrida : Septiembre 1960.

	<u>1^a corrida</u> lts/s.	<u>2^a corrida</u> lts/s.	<u>3^a corrida</u> lts/s.
<u>Aguas que entran:</u>			
Río Elqui	5.100	4.100	2.920
Canal Miraflores	≤ 10	≤ 8	≤ 6
<u>Aportes:</u>			
Vertiente EL Tambo	103	82	109
Qda. San Carlos	50	13	-
Qda. Yungay	65	-	-
Vertiente EL Maitén	28	32	32
Vertiente La Punta	20	70	71
Qda. Marquesa	47	51	18
Qda. Arrayán	20	13	17
Qda. De Talca	10	15	37
Vertiente Hda. Marquesa	34	30	37
Qda. Santa Gracia	310	?	?
Vertiente Altovalsol	58	62	42
<u>T o t a l e s :</u>	5.845	4.468	3.283
	a	a	a
	5.855	4.476	3.289

Aguas que salen:

Río Elqui (La Serena)	128	210	142
Canal Cruz del Molino	19	24	29
Canal Callejas	≤ 100	≤ 50	≤ 60
Canal Federico Arcos	-	32	36

Canal Vegas Norte	54	54	25
Consumo Neto	6.145	3.688	3.688
<hr/>			
T o t a l e s	6.346	3.976	3.884
	a	a	a
	6.446	4.058	3.980
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s</u> : (+)	501	(-) 492	(+) 601
	a	a	a
	(+) 591	(-) 418	(+) 691

=====

Río Elqui

Corridas de Aforo

1^a corrida : Febrero 1960

2^a corrida : Abril 1960

3^a corrida : Septiembre 1960

1^a Zona: Río Elqui en Algarrobal hasta Peralillo antes Bocatoma Canal Las Pencas.

	1 ^a corrida lts/s.	2 ^a corrida lts/s.	3 ^a corrida lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	5.100	4.100	2.920
Canal Miraflores	≤ 10	≤ 8	≤ 6
<u>T o t a l e s :</u>	5.100	4.100	2.920
	a	a	a
	5.110	4.108	2.926
<u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	3.760	3.000	2.410
Canal Algarrobal	≤ 203	≤ 216	≤ 198
Canal Peralillo	≤ 22	≤ 229	≤ 261
Canal Las Cañas	≤ 14	≤ 13	≤ 20
Canal El Rincón	≤ 59	≤ 52	≤ 49
Canal San Isidro	120	100	106
Canal Pte. Chulo	15	7	23
Consumo Neto	138	99	99
<u>T o t a l e s :</u>	4.033	3.206	2.638
	a	a	a
	4.331	3.716	3.166
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(-) 779	(-) 392	(-) 282
	a	a	a
	(-) 1.067	(-) 894	(+) 240

2ª Zona: Río Elqui desde antes Bocatoma Canal Las Penças hasta Huan
cará antes Bocatoma Canal del Medio.

	1ª corrida lts/s.	2ª corrida lts/s.	3ª corrida lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	3.760	3.000	2.410
Canal Algarrobal	≤ 203	≤ 216	≤ 198
Canal Peralillo	≤ 22	≤ 229	≤ 261
Canal Las Cañas	≤ 14	≤ 13	≤ 20
Canal El Rincón	≤ 59	≤ 52	≤ 49
Canal San Isidro	120	100	106
Canal Pte. Chulo	15	7	23
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	3.895	3.107	2.539
	a	a	a
	4.193	3.617	3.067
<hr/>			
<u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	2.975	2.130	1.610
Canal Hierro Viejo-Barranca	≤ 185	≤ 120	≤ 163
Canal La Villa	≤ 54	≤ 65	≤ 75
Canal San Carlos	97	156	91
Consumo Neto	565	338	338
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	3.637	2.624	2.039
	a	a	a
	3.876	2.809	2.377
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(-) 258	(-) 483	(-) 500
	a	a	a
	(-) 317	(-) 821	(-) 690
<hr/>			

3ª Zona: Río Elqui desde antes Bocatoma Canal del Medio hasta Gualliguaica antes Bocatoma Marcelino Iribarren.

	1ª corrida lts/s.	2ª corrida lts/s.	3ª corrida lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	2.975	2.130	1.610
Vertiente El Tambo	103	82	109
Quebrada San Carlos	50	13	-
Quebrada Yungay	65	-	-
Canal Hierro Viejo-Barranca	≤ 185	≤ 120	≤ 163
Canal San Carlos	97	156	91
Canal La Villa	≤ 54	≤ 65	≤ 75
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	3.290	2.381	1.810
	a	a	a
	3.529	2.566	2.048
<u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	3.630	3.170	2.270
Canal Manantiales (Vertientes y Derrames).	≤ 133	≤ 146	≤ 97
Canal Punta Azul	≤ 71	≤ 82	≤ 49
Canal Gualliguaica (Vertiente)	≤ 34	≤ 28	≤ 65
Canal Yungay	≤ 36	≤ 43	≤ 36
Consumo Neto	442	264	264
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	4.072	3.434	2.534
	a	a	a
	4.346	3.733	2.781
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(+) 782	(+) 1.053	(+) 724
	a	a	a
	(+) 817	(+) 1.167	(+) 733
=====			

4ª Zona: Río Elqui desde antes Bocatoma Canal Marcelino Iribarren
hasta Puclaro antes Bocatoma Canal Porotal.

	1ª corrida lts/s.	2ª corrida lts/s.	3ª corrida lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	3.630	3.170	2.270
Vertiente El Maitén	28	32	32
Canal Manantiales (Vertientes y Derrames)	≤ 133	≤ 146	≤ 97
Canal Gualliguaica (Vertiente)	≤ 34	≤ 28	≤ 65
Canal Punta Azul	≤ 71	≤ 82	≤ 49
Vertiente La Punta	20	70	71
Canal Yungay	≤ 36	≤ 43	≤ 36
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	3.678	3.272	2.373
	a	a	a
	3.952	3.571	2.620
<hr/>			
<u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	4.520	4.250	3.460
Canal La Polvada	≤ 12	≤ 5	≤ 17
Canal Puclaro	≤ 60	≤ 70	≤ 90
Consumo Neto	189	113	113
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	4.709	4.363	3.573
	a	a	a
	4.781	4.438	3.680
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(+) 829	(+) 867	(+) 1.060
	a	a	a
	(+) 1.031	(+) 1.091	(+) 1.200

5ª Zona: Río Elqui desde Puclaro hasta Almendral frente Estación de
F. F. C. C.

	1ª corrida lts/s.	2ª corrida lts/s.	3ª corrida lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	4.520	4.250	3.460
Canal La Polvada	≤ 12	≤ 5	≤ 17
Canal Puclaro	≤ 60	≤ 70	≤ 90
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	4.520	4.250	3.460
	a	a	a
	4.592	4.325	3.567
<hr/>			
<u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	4.320	3.620	3.010
Canal Maitén	≤ 150	≤ 198	≤ 196
Canal Agua de Pangué	≤ 13	≤ 26	≤ 21
Consumo Neto	74	44	44
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	3.394	3.664	3.054
	a	a	a
	4.557	3.888	3.271
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(-) 35	(-) 437	(-) 296
	a	a	a
	(-) 126	(-) 586	(-) 406

=====

6ª Zona: Río Elqui desde Almendral hasta el Molle aguas abajo Boca-toma Canal Casuto - Los Molles.

	1ª corrida lts/s.	2ª corrida lts/s.	3ª corrida lts/s.
<u>Aguas que entran:</u>			
Río Elqui	4.320	3.620	3.010
Canal Maitén	≤ 150	≤ 198	≤ 196
Canal Agua de Pangué	≤ 13	≤ 26	≤ 21
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	4.320	3.620	3.010
	a	a	a
	4.483	3.844	3.227
<u>Aguas que salen:</u>			
Río Elqui	3.840	3.260	3.000
Canal Pollalta (Vertientes y Derrames)	≤ 61	≤ 68	≤ 55
Canal Maitén	69	102	97
Canal Los Molles	41	143	120
Canal Casuto	7	13	16
Consumo Neto	67	40	40
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	4.024	3.558	3.273
	a	a	a
	4.085	3.626	3.328
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(-) 296	(-) 62	(+) 101
	a	a	a
	(-) 398	(-) 218	(+) 263

=====

7^a Zona: Río Elqui desde el Molle hasta Punta de Piedra, antes Bocato
ma Canal Coquimbo.

	<u>1^a corrida</u> lts/s.	<u>2^a corrida</u> lts/s.	<u>3^a corrida</u> lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	3.840	3.260	3.000
Qda. Marquesa	47	51	310
Qda. Arrayán	20	13	18
Qda. Talca	10	15	17
Vertiente Hda. Marquesa	34	30	37
Canal Pollalta	≤ 61	≤ 68	≤ 55
Canal Maitén	69	102	97
Canal Los Molles	41	143	120
Canal Casuto	7	13	16
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	4.068	3.627	3.715
	a	a	a
	4.129	3.695	3.770
 <u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	781	651	200
Canal San Pedro Nolasco	≤ 203	≤ 91	≤ 233
Canal El Romero	-	71	61
Canal Altovalsol	≤ 120	≤ 134	≤ 135
Canal Herradura	-	-	790
Canal Pampa	≤ 380	≤ 480	≤ 400
Canal Hinojal	≤ 325	≤ 188	≤ 225
Canal Bellavista	≤ 1.544	≤ 1.380	≤ 1.600
Canal Saturno Alto (Vertientes)	≤ 98	≤ 70	≤ 85
Canal Saturno Bajo	≤ 142	≤ 70	≤ 120
Consumo Neto	1.590	950	950
<hr/>			
<u>T o t a l e s :</u>	2.371	1.601	1.170
	a	a	a
	5.183	4.085	4.799
<hr/>			
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(-)1.697	(-) 930	(-)2.845
	a	a	a
	(+)1.054	(+)1.486	(+)1.029
=====			

8^a Zona: Río Elqui desde Punta de Piedra hasta La Serena.

	1 ^a corrida lts/s.	2 ^a corrida lts/s.	3 ^a corrida lts/s.
<u>Aguas que entran :</u>			
Río Elqui	781	651	200
Qda. Santa Gracia	310	?	?
Vertiente Altovalsol	58	62	42
Canal El Romero	-	≤ 71	≤ 61
Canal San Pedro Nolasco	≤ 203	≤ 91	≤ 233
Canal Altovalsol	≤ 120	≤ 134	≤ 135
Canal Herradura	-	-	≤ 790
Canal Pampa	≤ 380	≤ 480	≤ 400
Canal Hinojal	≤ 325	≤ 188	≤ 225
Canal Bellavista	≤ 1.544	≤ 1.380	≤ 1.600
Canal Saturno Alto	≤ 98	≤ 70	≤ 85
Canal Saturno Bajo	≤ 142	≤ 70	≤ 120
<u>T o t a l e s :</u>	1,149	713	242
	a	a	a
	3,961	3.197	3.891
<u>Aguas que salen :</u>			
Río Elqui	128	210	142
Canal Cruz del Molino	19	24	29
Canal Federico Arcos	-	≤ 32	≤ 36
Canal Callejas	≤ 100	≤ 50	≤ 60
Canal Vegas Norte	54	54	25
Consumo Neto	3.080	1.840	1.840
<u>T o t a l e s :</u>	3.281	2.128	2.036
	a	a	a
	3.381	2.210	2.132
<u>A f l o r a m i e n t o s :</u>	(+)2.132	(+)1.415	(+)1.794
	a	a	a
	(-) 580	(-) 987	(-)1.759

4.2.3. BALANCES MEDIOS:

Con el objeto de visualizar en mejor forma la distribución de los recursos de agua en un determinado período de tiempo, resulta de interés plantear en todo estudio de aguas subterráneas, ecuaciones de balance de dichos recursos.

De acuerdo a esto, puede expresarse la siguiente ecuación de continuidad:

$$P = E_{sc.} + E_{vapot.} + E_{sub.}$$

donde:

P = Volumen de precipitación en el período considerado.

Esc. = Volumen de escurrimiento sup. en el período.

Evapot. = Volumen de agua consumido en evapotranspiración.

Esub. = Volumen de infiltración y alimentación de las napas subterráneas.

Como período de tiempo, se acostumbra a considerar el año hidrológico con unidades que consideren toda la hoya (m^3) o bien mm. de columna de agua por unidad de superficie.

En algunos casos se utiliza la ecuación de balance anterior para la determinación de la recarga de las napas subterráneas por efecto de las precipitaciones. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, en este caso, que las magnitudes determinadas carecen de valor si su orden es semejante a la magnitud de los errores que se pueden cometer en la determinación de las restantes.

Este es justamente el caso de la hoya en cuestión, por lo cual no se pretenderá valorar los recursos de las napas subterráneas sino más bien el balance hidrológico tiende a dar una idea de la forma general en que se distribuyen los recursos.

En lo que sigue, se ha considerado la zona de La Serena-Vicuña, como área de estudio.

Precipitaciones:

Mediante Almeyda y la publicación del IREN, "Recursos Agro

pecuarios del Valle del Elqui" puede considerarse, para la zona en estudio, una altura media anual de lluvias igual a 135 mm.

$$P = 135 \text{ mm.}$$

Escurrimientos superficiales:

Considerando una escorrentía superficial igual a $0.00239 \text{ m}^3/\text{s/Km.}^2$, ante la imposibilidad de obtener mediciones más exactas, tendremos una altura de agua equivalente a 74.5 mm..

Evapotranspiración:

En anexos se ha incluido el cálculo detallado del consumo e vapotranspirativo. Dado que no existen antecedentes directos, se ha recurrido al método empírico de A. Meyer, que toma en cuenta las características climáticas de la zona, el monto de las precipitaciones anuales y su distribución mensual, las características topográficas del terreno y su cubierta vegetal.

Se ha obtenido como consumo evapotranspirativo:

$$\text{Evapot.} = 198.1 \text{ mm.}$$

Balance hidrológico:

Precipitaciones		135.0 mm.
Escurrimiento superficial	74.5 mm.	
Evapot.	198.1 mm.	
Saldo agua subterránea	-137.6 mm.	
	<hr/>	<hr/>
	135.0 mm.	135.0 mm.

El valor de -137.6 mm./año por unidad de superficie de hoya como recarga de las napas subterráneas, no es como se comprenderá, en absoluto significativo.

Esto proviene, como ya se ha indicado anteriormente, de los errores que se cometen al determinar los otros factores.

En todo caso, para fines prácticos, debe considerarse, mientras no se obtengan antecedentes más significativos, que el aporte hacia las napas subterráneas por infiltración directa de las precipita-

ciones, es nulo. Esto, desde luego, no significa que las precipitaciones no alimenten a los acuíferos, sino más bien que esta alimentación se realiza mediante la infiltración, en zonas apropiadas, del escurrimiento superficial del cual son responsables las precipitaciones.

4.2. ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE INFILTRACION Y RECARGA:

Previo al análisis mismo, debe comentarse la confiabilidad que merecen los balances hidrológicos, especialmente el balance instantáneo, en el cual se basarán principalmente las conclusiones que se contemplan en este capítulo.

El balance instantáneo se ha hecho en base a los antecedentes obtenidos a través de la Dirección de Riego - Sección Hidrometría - ante la imposibilidad práctica de realizarlos personalmente. Los datos acumulados abarcan prácticamente la totalidad de los canales existentes en el Valle y la mayoría de las vertientes y aportes importantes. Sin embargo, las siguientes razones hacen que los resultados deban ser considerados más bien como índices cualitativos.

Algunos aforos han sido realizados en distintos días, lo que impide la buena concordancia entre ellos. Dado el origen de los datos, los canales han sido aforados sólo en sus tomas, debiendo recurrirse a la hipótesis de la doble alternativa, enunciada anteriormente, en los distintos cambios de zona.

- No todos los aportes han sido controlados, pero sí se puede asegurar que los más importantes, y que a la vez presentan mayor continuidad en su escurrimiento, han sido considerados.

- La estimación de los consumos evapotranspirativos en cada zona, se han hecho en base a métodos empíricos.

Con todo, las tendencias reveladas a través de este balance, son interesantes de analizar.

Los intercambios totales de agua entre los escurrimientos superficiales y los recursos subterráneos (afloramientos e infiltraciones netas), son relativamente importantes, lo que estaría en concordancia con las dimensiones que presentan los acuíferos. Los valores de recuperaciones están, como es lógico, afectados por retornos de riego, no correspondiendo el total determinado a aguas subterráneas propiamente tales.

Sin embargo, los valores confiables, dentro de sus limitaciones en las seis primeras zonas, dejan de serlo en las dos últimas por control incompleto de los aportes.

No obstante, se puede afirmar que mayores aportes no variarían fundamentalmente las cifras.

La tendencia a los afloramientos se presenta en forma clara en la primera y tercera corridas -Febrero y Septiembre-, respectivamente, detectándose en Abril -segunda corrida-, infiltraciones de valores semejantes a los primeros.

Se puede afirmar, por lo tanto, que se detectan afloramientos durante el verano e infiltraciones durante el invierno, todo lo cual, en líneas generales, está en perfecto acuerdo con las tendencias determinadas para los caudales propios de las napas.

Un análisis por zonas permite visualizar en forma particular la situación de cada una de ellas:

- 1^a Zona: Zona neta de infiltraciones, con variaciones comprendidas entre 800 y 300 lts/s., presentando su máximo en verano.
- 2^a Zona: Zona neta de infiltraciones durante el invierno presentando, en el verano, infiltraciones provenientes del regadío.
- 3^a Zona: Zona neta de afloramientos con valores bordeando los 800 lts/s.. Se presentan vertientes que alimentan canales de regadío.
- 4^a Zona: Nueva zona de afloramientos netos con valores algo superiores a la Zona anterior. Aumentan las vertientes alimentadoras de canales.
- 5^a Zona: Se presentan claramente infiltraciones durante el invierno, con valores cercanos a los 400 lts/s.. Durante el verano, la tendencia a la infiltración es baja, debiendo aclararse la situación a la luz de mayores antecedentes.
- 6^a Zona: Zona de infiltraciones durante el verano y afloramientos durante el invierno. Los valores de intercambio son muy simi-

lares (± 200 lts/s.).

7^a Zona: Zona poco confiable en cuanto a la exactitud de los intercambios. Sin embargo, puede pensarse en afloramientos durante el verano e infiltraciones durante el invierno.

8^a Zona: Zona de afloramientos netos, presentándose Vegas en las regiones inmediatamente al Norte y Sur de La Serena.

C A P I T U L O 5

CONCLUSIONES SOBRE LAS CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
DE LAS NAPAS SUBTERRANEAS

=====

5.1. CONCLUSIONES SOBRE LAS CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LAS
NAPAS SUBTERRANEAS:

Como conclusión a lo expresado en el capítulo anterior, se reúnen en éste las características que determinan el aspecto hidrológico de las napas subterráneas. Conviene destacar previamente los siguientes aspectos generales:

- Existen dos napas de importancia a lo largo del Valle. Una primera, relativamente superficial, de espesor mediano, con baja permeabilidad en la zona inferior y parte media del Valle, para mejorar sus condiciones en la zona media restante y superior. La segunda, profunda, de gran espesor, de carácter artesiano, en algunos sectores con permeabilidades que varían dentro de un rango más restringido que la primera, mejora sus condiciones, al igual que ésta, en la parte media y superior del Valle.

- A pesar de los espesores comprometidos, los caudales propios de las napas son pequeños, dada la baja permeabilidad de los acuíferos, excepto aguas arriba de Vicuña.

A través de los antecedentes reunidos, se puede concluir que la alimentación de los acuíferos en invierno, producto de las precipitaciones, es nulo, siendo su principal destino la evapotranspiración. A la vez, las precipitaciones que caen sobre los cordones de cerros laterales, no contribuyen en forma que merezca interés, a la recarga de las napas, pero sí pueden dar origen a escurrimientos superficiales durante cortos períodos cuya infiltración a la llegada al lecho principal, contribuye a la alimentación de las napas.

Por lo tanto, la recarga de las napas proviene de los escurrimientos superficiales, presentándose continuos intercambios de agua entre ambos escurrimientos, condicionados por factores tanto topográficos como geológicos.

Durante el invierno la alimentación proviene esencialmente de los escurrimientos superficiales, presentándose los mayores afloramientos durante la temporada de verano, quedando las napas parcial

mente desaguadas. El regadío, durante esta época, contribuye a la alimentación reapareciendo en ciertos puntos como recuperaciones del río.

A pesar de la baja permeabilidad de los rellenos debe pensarse, dado el espesor comprometido, en un embalse subterráneo con capacidad multianual de regulación, lo que permitiría traspasar recursos de períodos húmedos a otros más secos.

La napa más profunda desde Vicuña hacia aguas arriba, parece tener zonas de alimentación preferencialmente hacia las cabeceras del Valle. Los escasos antecedentes disponibles no permiten ser terminantes en cuanto a ello; sin embargo, tendrían este origen los afloramientos detectados aguas abajo que aparecen a medida que se van reduciendo las facilidades de escurrimiento.(T).

Experiencias que permitan determinar la posibilidad de recarga artificial, podrían intentarse más adelante. Preferentemente, debieran situarse estos intentos en las quebradas mayores y en sitios donde el río se encuentra obviamente peraltado por sobre el nivel de agua subterránea.

C A P I T U L O 6

ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES DE CAPTACIONES SUBTERRANEAS
ADICIONALES

=====

6.1. VOLUMENES POSIBLES DE CAPTAR.

6.1.1. GENERALIDADES:

En todo estudio sobre aguas subterráneas, destinado a valorizar la potencialidad de los recursos y las posibilidades de captación, deben considerarse siempre dos aspectos diferentes, uno que dice relación con el volumen anual posible de obtener de las napas y otro referente a los caudales máximos posibles de extraer en forma más o menos continuada de captaciones individuales. El primero de estos aspectos está íntimamente ligado a los factores de recarga y descarga de los acuíferos y a las dimensiones del embalse subterráneo, mientras que el segundo es función de las características específicas de los rellenos (espesor saturado, permeabilidades, S), además de las características propias de las captaciones.

Dos circunstancias son las que fundamentalmente permiten a simular el escurrimiento de una napa subterránea a un gran embalse. Ellas son:

a) Las, por lo general, grandes dimensiones tanto en extensión como en potencia de los rellenos permeables que constituyen los acuíferos las que, con variaciones no muy acentuadas del nivel, permiten almacenar o desaguar grandes volúmenes de agua.

b) La pequeña velocidad con que se realiza el escurrimiento.

De acuerdo a ello se acostumbra plantear una expresión designada como "ecuación de embalse de una napa", que no es otra cosa que la aplicación del principio de continuidad a los caudales afluentes y efluentes de una napa. Puede escribirse en la siguiente forma:

$$F + R_s + R_v + R_z + R_w = E + D_s + D_v + D_z + D_w \mp S$$

Donde:

F = Recarga de la napa proveniente de la infiltración de las precipitaciones.

R_s = Recarga de la napa proveniente de la infiltración de volúmenes superficiales de agua.

R_v = Recarga de la napa proveniente de escurrimientos subterráneos.

R_z = Recarga de la napa proveniente de filtraciones de otras napas.

R_w = Recarga de la napa por medios artificiales.

E = Descarga de la napa por procesos de evapotranspiración.

D_s = Descarga de la napa a volúmenes superficiales de agua.

D_v = Descarga de la napa por escurrimientos subterráneos.

D_z = Descarga de la napa por filtraciones a otras napas.

D_w = Descarga artificial a través de captaciones.

ΔS = Variación del volumen de regulación del embalse subterráneo.

El factor " $\frac{1}{T} \Delta S$ ", hace ver que el volumen anual que se extraiga de la napa " D_w ", puede ser mayor que la recarga anual de ésta, siempre que el término de los " D_w ", a lo largo de un cierto período de tiempo (cuya longitud depende de la capacidad del embalse subterráneo), no exceda de la recarga media en este lapso. Si los volúmenes extraídos exceden constantemente a las recargas anuales, el nivel o superficie piezométrica de la napa irá deprimiéndose, a su vez, continuamente.

La determinación de los caudales obtenibles de una napa, requiere entonces de la determinación de todos los factores que intervienen en la ecuación de embalse. En algunos problemas específicos, serán sólo algunos de estos factores de recarga y descarga lo más importante e influyente, mientras que otros pueden ser determinantes en otros casos.

Siguiendo este procedimiento, se han determinado los cau-

dales posibles de obtener de las napas.

Sin embargo, debe hacerse hincapié nuevamente en la exactitud de estas determinaciones. Ellas corresponden a una primera etapa de explotación más intensiva de los recursos, pero, determinaciones más o menos exactas respecto a la potencialidad de los recursos, sólo se lograrán una vez alcanzado un nivel relativamente alto en su explotación.

6.1.2. VOLUMENES ANUALES POSIBLES DE CAPTAR:

A.- Atendiendo a las características de los acuíferos, expresadas en el Capítulo V, y considerando que los antecedentes de intercambios de agua, si bien buenos cualitativamente, no se prestan para estimaciones cuantitativas, analizaremos las disponibilidades de las napas como si el embalse subterráneo tuviera una capacidad de regulación estacional.

Según ello, la ecuación de embalse quedaría reducida, en su expresión volumétrica, a lo siguiente:

$$1). \quad R_v = D_v + D_w' + D_w - \Delta S$$

$$2). \quad D_w = (R_v - D_v) - D_w' + \Delta S$$

Siendo,

D_w' = Extracción actual.

D_w = Extracción adicional.

$(R_v - D_v)$ = Diferencia entre los volúmenes que entran y salen por escurrimiento subterráneo en una determinada zona.

ΔS = Vaciamiento que se haga del volumen almacenado en el acuífero en la zona en estudio.

Es evidente, según la ecuación anterior, que mientras mayor sea el valor de "S", mayor será el volumen posible de obtener mediante captaciones subterráneas. El valor máximo asignable en cada caso depende, por una parte, naturalmente del volumen total de almacenamiento existente en el acuífero y, por otra, de la distribución de las captaciones para impedir una excesiva interferencia entre ellas.

El grado de aprovechamiento óptimo se determinará en base a lo antedicho, agregado a la condición de años secos consecutivos que exigirán un volumen suficiente como para abastecer las captaciones.

Por lo general, un criterio económico adecuado indica que la explotación de los recursos debe extenderse hasta producir leves interferencias entre las captaciones. Dado que la intención del estudio se extiende sólo a una primera etapa de explotación de los recursos, se re

currirá como criterio general, a limitar las extracciones dentro de volúmenes que no signifiquen en promedio interferencias entre las distintas captaciones.

De acuerdo a ello y como se demuestra más adelante, se ha adoptado como volumen máximo posible de aprovechar, un 20% del volumen total de almacenamiento del acuífero en cada zona.

Es conveniente hacer notar que, atendiendo al relleno comprometido y a las características de permeabilidad, especialmente en la tercera zona, siempre será posible explotar los recursos más allá del 20% aquí establecido. Ello, sin embargo, deberá acompañarse de un control volumétrico adecuado que impida sobrepasar límites razonables.

B.- Volúmenes por Zonas:

A continuación se analizan las posibilidades de captaciones adicionales en las tres zonas que fueron caracterizadas previamente en el Capítulo III de este estudio.

1ª Zona: Dentro de ella se considerará el tramo que abarca desde Altovalsol hasta El Tambo (Secciones 1-1 y 5-5, respectivamente).

$$R_v - D_v = 16 - 10 = 6 \text{ Lts/seg. (Según lo determinado en el punto 3.6. de este estudio).}$$

Para su aplicación volumétrica se considerará un período equivalente a 4 meses continuados de explotación sin recarga de las napas.

Luego,

$$R_v - D_v = 0.06 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Considerando, de acuerdo al Capítulo II de este estudio, una capacidad máxima total de 540 lts/seg. para esta zona, el volumen extraído por temporada, estimado teniendo en cuenta una explotación de sólo 4 meses con 8 horas diarias de bombeo y a una capacidad igual a un 80% de la máxima, sería:

$$(0.590 \times 0.8 \times 2.67 \times 10^6 \times \frac{4}{3}) = 1.53 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ext. actual}$$

El volumen total de agua acumulado en el embalse en la zona considerada es de :

$$V = 72 \times 10^6 \times 0.2 = 14.4 \times 10^6 \text{ m}^3 = 0.5$$

Podrán proyectarse, por lo tanto, nuevas obras que comprometan durante cada temporada hasta :

$$Dw = (0.06 \times 10^6) - 1.53 \times 10^6 + 14.4 \times 10^6 = 12.9 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$Dw = 12.9 \times 10^6 \text{ m}^3$$

2ª Zona: Esta zona se extiende desde El Tambo hasta Vicuña. Para ella pueden considerarse los siguientes valores:

$$Rv - Dv = 214 - 16 = 198 \text{ lts/seg. (Según lo determinado en el punto 3.6. de este estudio).}$$

Basado en la misma hipótesis considerada para la primera zona, volumétricamente tenemos :

$$Rv - Dv = 2.05 \times 10^6 \text{ m}^3$$

De acuerdo al cuadro de características técnicas de los pozos, la capacidad máxima total correspondiente a esta zona, es de 186 lts/seg.

Considerando las mismas condiciones de explotación aplicadas anteriormente, volumétricamente se obtendría :

$$(0.186 \times 0.8 \times 2.67 \times 10^6) \frac{4}{3} = 0.50 \times 10^6 \text{ m}^3$$

El volumen embalsado en la zona alcanza a :

$$V = 42 \times 10^6 \times 0.2 = 8.4 \times 10^6 \text{ m}^3$$

De acuerdo a lo anterior, podrán proyectarse, por lo tanto, nuevas captaciones que comprometan durante cada temporada hasta :

$$DW = (2.05 - 0.5 + 8.4) \times 10^6 = 9.95 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$DW = 9.95 \times 10^6 \text{ m}^3$$

3ª Zona: Este último sector abarca desde Vicuña hasta Algarrobal.

$$(Rv - Dv) = 220 - 214 = 6 \text{ lts/seg. (Según lo determinado en el punto 3.6. de este estudio).}$$

Lo que volumétricamente corresponde a :

$$Rv - Dv = 0.062 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Considerando la capacidad máxima total de la zona 240 lts/s.

tenemos:

$$((0.240) \times 0.8 \times 2.67 \times 10^6)^{\frac{4}{3}} = 0.68 \times 10^6$$

El volumen embalsado alcanza a :

$$V = (23) \times (0.2) \times 10^6 \text{ m}^3 = 4.6 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, podrán proyectarse en esta zona nuevas captaciones con una capacidad de extracción por temporada de :

$$Dw = (0.062 - 0.68 + 4.6) \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$Dw = 3.98 \times 10^6 \text{ m}^3 \quad \approx 4 \times 10^6$$

6.2. ESTUDIO DE INTERFERENCIA ENTRE CAPTACIONES:

Al proyectarse nuevas captaciones deben considerarse en forma especial los espaciamentos mínimos necesarios entre ellas, para no comprometer las capacidades individuales a través de excesivas interferencias tanto entre las nuevas captaciones como entre éstas y las ya existentes. A la vez, no sólo deben adoptarse espaciamentos mínimos entre las captaciones subterráneas sino que, además, éstas deben encontrarse a distancias aceptables de zonas de tomas superficiales de canales alimentados parcial o totalmente por afloramientos.

A continuación se analizan en general los radios de influencia de sondajes, en función de los distintos factores determinantes.

Dichos radios de influencia corresponden a las distancias mínimas en torno a cada sondaje, que deben adoptarse para situar nuevas captaciones sin producir las interferencias indicadas anteriormente.

Posteriormente, al proponer la ubicación concreta de nuevos sondajes, se hará uso de estos radios de influencia, considerando una explotación de 3 meses durante 12 horas diarias.

Dado que en la mayoría de los casos, la explotación de los pozos no se hace en forma continuada, condición bajo la cual son válidas las relaciones de Theis, es necesario determinar previamente la equivalencia entre un bombeo discontinuo y uno continuo.

Según Theis, las depresiones de una napa, dentro de un pozo de bombeo de radio "r", al final de un período "t", durante el cual se extrae un caudal "Q" constante, quedan dadas por:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \frac{2.24 T \cdot t}{r^2 S}$$

T = Coeficiente de transmisibilidad ($m^2/\text{seg.}$)

S = Coeficiente de almacenamiento

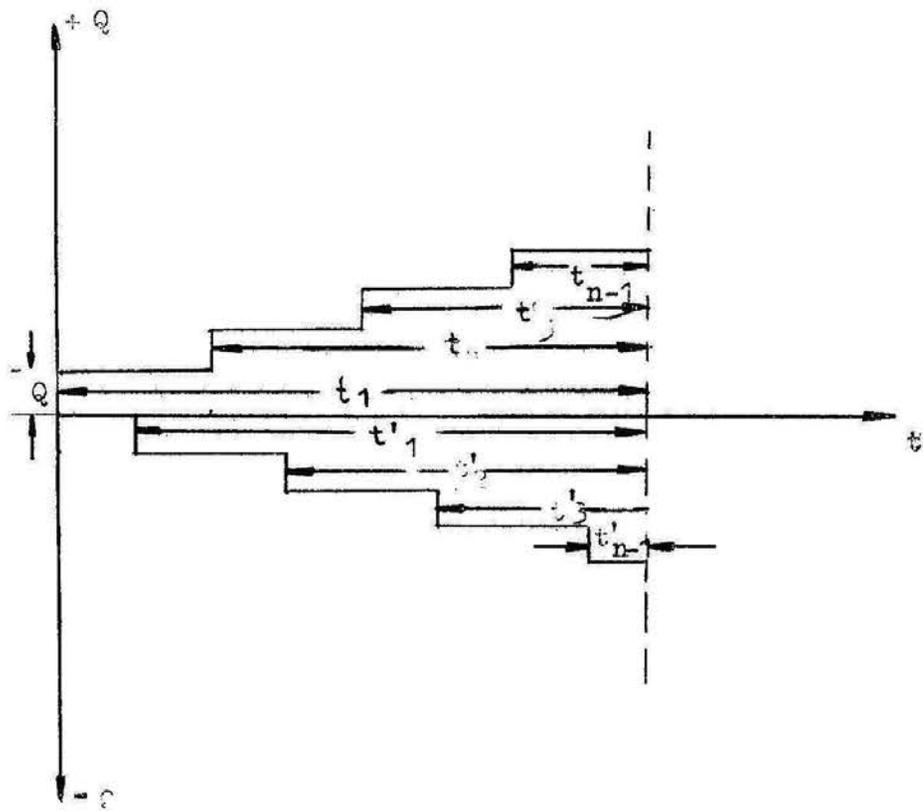
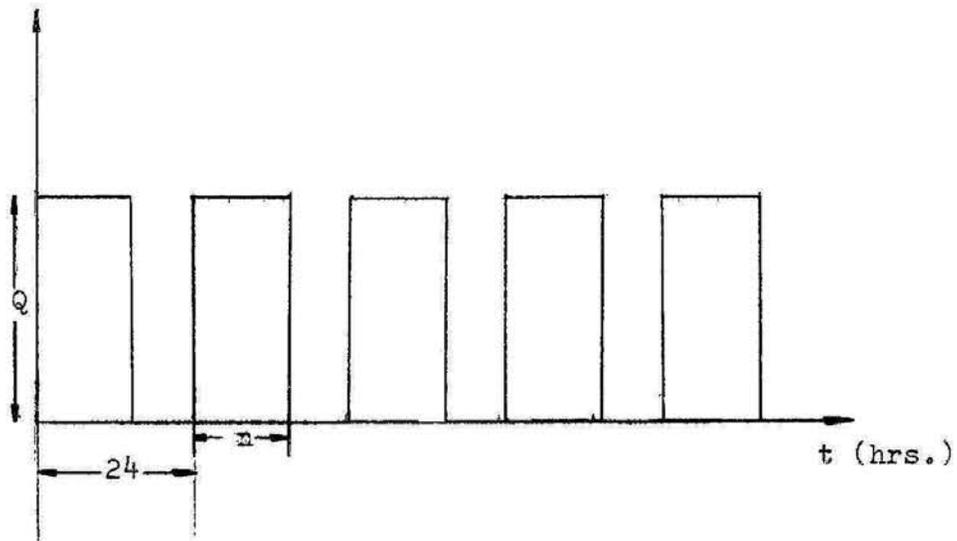
t = (seg.)

Q = ($m^3/\text{seg.}$)

s = (m)

$$r = (m)$$

Si consideramos la forma de operación indicada en la figura siguiente, en la cual se extrae el caudal "Q" sólo durante un número limitado de horas por día a lo largo del período "t"



Aplicando el principio de superposición se tiene que la depresión "s" del nivel de la napa al final de un período "t" puede expresarse como la suma de las depresiones motivadas por las extracciones de cada uno de estos caudales "Q", ya sean positivos o negativos.

De acuerdo a esto se obtiene entonces la siguiente expresión:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left(L \frac{2,24 \cdot T \cdot t_1}{r^2 S} + \dots + L \frac{2,24 \cdot T \cdot t_n}{r^2 S} - L \frac{2,24 \cdot T \cdot t_{n-1}}{r^2 S} \right)$$

Expresando los valores de "t" en horas y designando como:

n = Número de horas por día en que se opera la captación

d = número de días totales de operación

$$s = \frac{Q}{4\pi T} L \frac{2,24 \cdot T \cdot t_1 \cdot t_2 \dots t_n}{r^2 \cdot s \cdot t'_1 \cdot t'_2 \dots t'_{n-1}} \cdot 3600$$

$$t_1 = 24d ; t_2 = 24(d-1) ; \dots t_n = n$$

$$t'_1 = (24d-n) ; t'_2 = (24(d-1)-n) ; \dots t'_{n-1} = 24$$

$$s = \frac{Q}{4\pi T} L \frac{2,24 \cdot T}{r^2 S} \cdot 3600 \frac{(24d)(24(d-1)) \dots (n)}{(24d-n)(24(d-1)-n) \dots (24)}$$

Asimilando esta expresión a la de un bombeo continuado durante "n" horas

$$s = \frac{Q}{4\pi T} L \frac{2,24 \cdot T}{r^2 S} \cdot 3600 \cdot N$$

Se tendría:

$$N = \frac{(24d)(24(d-1)) \dots (n)}{(24d-n)(24(d-1)-n) \dots (24)}$$

donde N es el número de horas equivalentes de bombeo continuado.

La relación anterior se presenta en el gráfico N° 11.

Ahora bien la determinación de los radios de influencia se hará a través de la ecuación de Theis

$$s = \frac{Q}{4\pi T} L \frac{2,24 \cdot T \cdot t}{r^2 S}$$

Como se sabe, se denomina radio de influencia "R" de un pozo, a la distancia medida desde el eje de éste a la cual las depresiones del nivel de la napa son despreciables, al cabo de un cierto período de bombeo. Si bien estrictamente las zonas de influencia deberían propagarse indefinidamente, para fines prácticos se considera suficiente adoptar los radios de influencia como zonas límites.

De acuerdo a esto si "s" = 0 tenemos:

$$L \frac{(2,24 \cdot T \cdot t)}{R^2 S} = 0$$

$$\frac{2,24 \cdot T \cdot t}{R^2 S} = 1$$

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}}$$

De acuerdo a esta expresión se ha trazado el gráfico N° 12 que relaciona el radio de influencia "R" con el coeficiente de transmisibilidad "T" y el número de horas de bombeo continuado "N" ó su equivalente correspondiente a una operación discontinua. Se ha utilizado un coeficiente de almacenamiento "S" = 0,15 debiendo corregirse el número "N" de horas para otros valores de almacenamiento de acuerdo a la siguiente expresión :

$$N' = \frac{N \cdot 0,15}{S}$$

6.3. ZONAS DE MAYOR INTERES:

a). Al analizar las zonas de mayor interés para la ubicación de nuevos sondeos deben considerarse tres aspectos fundamentales que determinan la factibilidad de su construcción.

i) Disponibilidad del recurso:

Tal aspecto ha sido analizado anteriormente y se refiere a los volúmenes posibles de captar, adicionalmente, por temporada.

ii) Condiciones favorables:

El Capítulo III se refiere ampliamente a ellas, lográndose determinar ubicación y características de los acuíferos a lo largo del Valle.

iii) Interferencias entre las captaciones:

Como se indicó en el acápite anterior, tal aspecto resulta de orden principal al programarse nuevas captaciones.

En el esquema del Valle que se incluye a continuación, se han indicado las zonas de influencia de las captaciones existentes, fijadas de acuerdo a lo indicado en el punto 6.2. y considerando una extracción neta equivalente a 3 meses de bombeo durante 12 horas diarias.

b). Análisis por zonas:

1^a Zona: Desde Altovalsol hasta El Tambo.

Previo al análisis de la zona indicada se dejará en claro que el apoyo bajo Altovalsol es muy escaso (Pozo CORFO N^o 756), lo que no permite determinar sectores específicos de interés para nuevas captaciones.

En general, atendiendo a las características de los acuíferos presentes, se puede considerar dicha zona de pobre interés para

desarrollar nuevas explotaciones.

El sector Altovalsol-El Tambo, según lo determinado anteriormente, presenta posibilidades para el desarrollo de nuevas captaciones que comprometan hasta $12.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ por temporada.

Para su mejor caracterización, subdividiremos la zona en dos sub-zonas:

a) Sub-zona Altovalsol-Pelícano:

Zona caracterizada por napas pobres con escasas posibilidades para iniciar explotaciones en gran escala. Las nuevas perforaciones deberán limitarse a abastos de agua potable y en forma controlada. Nuevos sondajes podrían situarse aguas arriba de Punta de Piedra, con expectativas de obtener caudales no superiores a 20 lts/seg..

b) Sub-zona Pelícano-El Tambo:

En esta sub-zona debería concertarse el mayor interés, tendiente a explotar el volumen determinado anteriormente.

Las condiciones de permeabilidad son superiores a las de la sub-zona anterior, especialmente entre Puclaro y El Tambo. Dicho sector sería el más adecuado para el desarrollo de nuevas captaciones. Ellas deberían ubicarse a lo largo del margen sur del río y, en general, cercanas a éste.

Especiales precauciones deberán contemplarse para no interferir los diversos afloramientos existentes en el sector. Caudales cercanos a 40 lts/seg. serían dables de esperar, con perforaciones que bordean los 100 mts..

Para una primera etapa, como la propuesta en este estudio, el número de nuevas perforaciones no debería exceder a tres, recomendándose como número prudente, dos.

A la luz de los antecedentes entregados por ellas, podrán confirmarse y eventualmente ampliarse, las capacidades de explotación de la zona.

2ª Zona: El Tambo-Vicuña:

Esta zona acepta una extracción adicional que comprometa hasta un volumen de $9.95 \times 10^6 \text{ m}^3$ por temporada.

Las condiciones de permeabilidad sensiblemente superiores en las cercanías de Vicuña, permiten suponer buenos rendimientos para dicha zona.

Nuevas captaciones podrían situarse en las inmediaciones de Vicuña, preferentemente al lado sur del río, para no producir interferencias con las ya existentes. Es posible esperar caudales que varíen entre 50 y 60 lts/seg., con perforaciones sobre 80 mts. Se sugiere realizar no más de dos captaciones adicionales en esta primera etapa.

3ª Zona: Vicuña-Algarrobal.

Para esta zona se ha determinado la posibilidad de comprometer hasta $3.98 \times 10^6 \text{ m}^3$ por temporada mediante nuevas captaciones.

Las condiciones de permeabilidad se mantienen e incluso mejoran con respecto a la zona anterior. Las nuevas perforaciones deberán llevarse hasta profundidades bordeando los 100 mts., esperándose en tales condiciones caudales superiores a los 50 lts/seg..

Dada la escasa información de que se dispone sobre este sector, es realmente difícil proponer zonas para la ubicación de nuevas captaciones. Sin embargo, como tentativa, podría perforarse en las zonas de Peralillo y Diaguitas.

Como ya se ha indicado, esta última zona, la más interesante de todas, requiere de un estudio más profundo, especialmente apoyado en mayor número de sondeos que permitan dilucidar lo insinuado a través del estudio.

C A P I T U L O 7
R E C O M E N D A C I O N E S
=====

7.1. PROPOSICIONES SOBRE CAPTACIONES CONCRETAS A EJECUTAR

Las proposiciones que a continuación se insinúan estarían guiadas a satisfacer un doble propósito: primero de estudio y luego su posterior utilización como refuerzo al riego de la región. Sin embargo dado que la experiencia indica que no siempre ambos propósitos son compatibles, los sondajes insinuados deben pensarse principalmente como tendientes a entregar mayores antecedentes sobre las condiciones hidrogeológicas del Valle.

ZONA I Dado los antecedentes entregados por las captaciones existentes no parece conveniente intentar perforaciones en este sector, como ya se indica anteriormente, la zona deberá reducirse a captaciones para agua potable y en forma controlada.

ZONA II Para este sector se proponen dos sondajes adicionales. El primero ubicado en la zona de Estación El Molle en el margen norte del río y el segundo en las cercanías de Vicuña entre las bocatomas de los canales Marchigüe y Marcelo Iribarren, en el margen sur del río. Ambos están destinados a entregar mayores antecedentes sobre las constantes elásticas de los acuíferos y a servir de apoyo para un futuro trazado de curvas equipotenciales.

ZONA III Dos nuevos sondajes sería conveniente considerar para esta zona. El primero debería situarse en el sector de San Isidro entre las bocatomas de los canales Hierro Viejo y Barrancas en el margen norte del río y un segundo en el sector comprendido entre las bocatomas de los canales Peralillo y Piedra Azul en el margen Sur. Ambos permitirían confirmar las suposiciones de mejoramiento de las condiciones aguas arriba de Vicuña, indicadas anteriormente.

7.2. CONTROLES FUTUROS A EJECUTAR Y REALIZACION DE NUEVOS ESTU-
DIOS:

Atendiendo a las perspectivas que se han mostrado a través del estudio para las distintas zonas del Valle, se insinúan en este acápite recomendaciones generales y particulares que tienden a un conocimiento más profundo y acabado de las características de las aguas subterráneas del Valle.

Dado que el estudio tiende a proponer sólo una primera etapa en la explotación de los recursos subterráneos, postergando hacia el futuro una segunda etapa de explotación más intensiva, debe controlarse el comportamiento de las napas durante este desarrollo inicial, para comprobar la factibilidad de un incremento posterior.

Tal control deberá incluir un recuento actualizado y permanente de todas las captaciones existentes en el Valle, acompañado de un control sistemático y también permanente de la fluctuación de los niveles estáticos a lo largo del tiempo.

Las decisiones futuras que se adopten deberán estar basadas en un estudio adecuado de las disponibilidades, para lo cual deberá contarse con información constante sobre el número total y forma de explotación de los distintos sondajes del Valle. Tal información deberá referirse fundamentalmente, fuera de lo ya antedicho, a los volúmenes extraídos.

Estudios más profundos deberán emprenderse tendientes especialmente a dilucidar en forma más clara, las condiciones existentes, principalmente en la tercera zona. Tales investigaciones deberán acompañarse con perforaciones que podrían abarcar desde El Tambo hacia aguas arriba. Dichas perforaciones permitirán a la vez aclarar las distintas características de los acuíferos detectados en el estudio.

Consideración especial deberá entregársele a la investigación de las zonas de recarga de la tercera sección, lo que permitirá controlar en forma más exacta, la variación de los caudales que, como ya se expresó anteriormente en el punto 3.4., deberán comprobarse con

mayor afinamiento.

Este estudio no ha tocado bajo ninguna forma el aspecto de la calidad química del agua subterránea del Valle. Tal investigación deberá emprenderse a la brevedad, para vislumbrar las características y problemas que, tanto la explotación presente como futura, puede enfrentar.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

B1

0.00 - 0.70	Terreno vegetal.
0.70 - 4.10	Arena, limo, arcilla, ripio y bolones.
4.10 - 10.30	Limo, arena gruesa, ripio y bolones.
10.30 - 11.50	Arena, grava, ripio, poco limo.
11.50 - 18.20	Arena, grava, ripio, limo, arcilla y bolones.
18.20 - 19.20	Limo cementado con arena.
19.20 - 22.70	Arena gruesa, grava y ripio.
22.70 - 30.50	Arena, ripio, limo y bolones.
30.50 - 38.60	Arena gruesa media fina cementada, poco ripio y limo.
38.60 - 41.50	Arena, ripio, bloque negro, poco limo.
41.50 - 42.50	Arena gruesa, grava, ripio, algo de limo.
42.50 - 70.50	Limo cementado, arena gruesa, ripio, bolones, limo con arcilla, arena, poco ripio.
70.50 - 75.00	Limo cementado, arena media y fina.
75.00 - 88.00	Arena, arcilla, limo y ripio.
88.00 - 89.40	Arena gruesa, media y fina, grava angulosa.
89.40 - 94.00	Arcilla, limo y arena.
94.00 - 97.50	Limo, ripio, grava y arena.
97.50 - 116.00	Limo cementado y arena.
116.00 - 123.00	Arcilla plástica colorada con arena, algo de grava redondeada.
123.00 - 130.80	Arcilla plástica compacta con material descompuesto y arena.
130.80 - 131.90	Limo, arena, ripio grueso, arcilla.
131.90 - 132.50	Limo cementado, arena.
132.50 - 133.00	Arena fina, media, grava, limo.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

B4

0.00 - 7.20	Bolones, ripio, grava y arena gruesa.
7.20 - 44.15	Grava, ripio grueso, arena, poca arcilla y poco limo.
44.15 - 49.50	Conglomerado de arcilla, ripio, grava, poca arena.
49.50 - 51.40	Ripio, limo, grava, arena gruesa, fina, poca arcilla.
51.40 - 55.20	Conglomerado de arcilla, ripio, poca arena y bolones aislados m.d,
55.20 - 57.80	Grava, arena, arcilla, ripio grueso y fino cementado.
57.80 - 61.60	Grava, arena, arcilla, ripio grueso, bolones aislados.
61.60 - 66.50	Grava, arena, ripio grueso, poca arcilla.
66.50 - 74.15	Ripio, grava, limo, arena gruesa y fina, arcilla.
74.15 - 85.80	Arcilla, arena fina y limo.
85.80 - 90.75	Ripio, grava, arena gruesa y fina, limo, poca arcilla.
90.75 - 92.50	Arcilla, arena fina, poca grava, poco ripio.
92.50 - 101.90	Conglomerado de arcilla, ripio grueso, piedra de 1 a 3".
101.90 - 102.60	Arcilla amarilla, poco limo, poca arena.
102.60 - 117.00	Arcilla, grava, arena fina y gruesa, poco limo.
117.00 - 120.00	Material anguloso grueso y fino, limo, arena fina y gruesa y arcilla.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29245' - 71200'

C1

0.00 - 9.50	Bolones, arena.
9.50 - 15.00	Bolones, arena, ripio.
15.00 - 19.00	Arena, ripio.
19.00 - 24.00	Conglomerado, bolones.
24.00 - 52.00	Conglomerado.
52.00 - 64.00	Arena, ripio, poca arcilla.
64.00 - 72.00	Conglomerado, bolones.
72.00 - 89.50	Conglomerado.
89.50 - 97.00	Roca descompuesta.
97.00 - 100.00	Roca fundamental.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29245' - 71200'

C2

0.00 - 13.00	Bolones.
13.00 - 16.00	Gravilla, arena gruesa.
16.00 - 18.00	Gravilla, arena gruesa.
18.00 - 25.20	Arena gruesa.
25.20 - 25.80	Arena gruesa.
25.80 - 27.50	Arcilla, arena y bolones.
27.50 - 33.30	Arcilla, grava y bolones.
33.30 - 39.00	Arcilla, arena y bolones.
39.00 - 43.00	Arcilla.
43.00 - 46.50	Grava, arena y bolones.
46.50 - 56.00	Gravilla y bolones.
56.00 - 59.50	Arcilla, grava y bolones.
59.50 - 60.70	Bolones.
60.70 - 64.00	Arcilla, arena.
64.00 - 70.00	Arcilla, arena y grava.
70.00 - 73.00	Arena, arcilla y grava.
73.00 - 74.50	Arcilla y grava.
74.50 - 77.50	Bolones, grava descompuesta y arcilla.
77.50 - 80.00	Grava descompuesta y arcilla.
80.00 - 81.40	Arcilla y grava.
81.40 - 83.50	Arcilla, grava y bolones.
83.50 - 84.30	Bolones.
84.30 - 85.00	Arcilla.
85.00 - 86.70	Bolones.
86.70 - 88.50	Bolones descompuestos.
88.50 - 92.00	Arcilla y grava descompuesta.
92.00 - 93.50	Arcilla, arena y grava.
93.50 - 96.00	Bolones.

96.00 - 98.00	Bolones, grava y arena.
98.00 - 101.00	Bolones, arcilla y arena.
101.00 - 105.00	Bolones, arcilla y arena.
105.00 - 110.00	Arcilla, arena y grava.
110.00 - 114.00	Roca fundamental.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

C3

0.00 -	1.00	Tierra Vegetal.
1.00 -	16.00	Arcilla, arena.
16.00 -	19.00	Gravilla, arena, poca arcilla.
19.00 -	24.00	Arcilla, arena.
24.00 -	46.00	Arcilla, arena, poca gravilla.
46.00 -	56.00	Arcilla, arena.
56.00 -	58.00	Arcilla, arena, poca gravilla.
58.00 -	75.00	Gravilla, arena, poca arcilla.
75.00 -	77.00	Arcilla, poca arena.
77.00 -	108.00	Gravilla, arena, poca arcilla.
110.00 -		Roca fundamental.

PERFIL LITOLÓGICO

Pozo : 29045' - 71000'

C5

0.00 - 1.00	Tierra Vegetal.
1.00 - 11.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
11.00 - 14.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
14.00 - 17.00	Arena y gravilla.
17.00 - 27.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
27.00 - 34.00	Arena y ripio fino.
34.00 - 43.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
43.00 - 45.00	Arena fina con poca arcilla.
45.00 - 51.00	Arena fina con poca arcilla.
51.00 - 56.00	Arena gruesa, poca arcilla.
56.00 - 59.00	Conglomerado de arena y gravilla.
59.00 - 66.00	Conglomerado de arena y gravilla.
66.00 - 72.50	Ripio, gravilla y arena.
72.50 - 78.00	Ripio, gravilla y arena.
78.00 - 84.00	Conglomerado arcilla, arena y gravilla.
84.00 - 88.00	Conglomerado arcilla, arena y gravilla.
88.00 - 90.50	Arena gruesa y gravilla.
90.50 - 94.50	Arena gruesa y gravilla.
94.50 - 98.00	Arena gruesa y gravilla.
98.00 - 105.00	Arena, ripio y poca gravilla.
105.00 - 108.00	Arena, ripio y poca gravilla.
108.00 - 116.00	Ripio y arena gruesa.
116.00 - 119.00	Ripio y arena gruesa.
119.00 - 130.00	Conglomerado arcillo-arenoso.

PERFIL LITOLÓGICO

Pozo : 29245' - 71200'

C6

0.00 - 1.00	Tierra Vegetal.
1.00 - 10.00	Arena, ripio y arcilla.
10.00 - 25.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
25.00 - 34.00	Arena, ripio, poca arcilla.
34.00 - 43.00	Arena y ripio.
43.00 - 53.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
53.00 - 58.00	Arena gruesa y poca arcilla.
58.00 - 63.00	Arena, ripio, arcilla.
63.00 - 69.00	Ripio, gravilla y arena.
69.00 - 72.00	Ripio, gravilla y arena.
72.00 - 76.00	Conglomerado de arcilla, arena y ripio.
76.00 - 81.00	Arena gruesa y arcilla.
81.00 - 91.00	Arena, ripio y gravilla.
91.00 - 96.00	Arena, ripio y gravilla.
96.00 - 101.00	Arena, ripio, poca arcilla.
101.00 - 120.00	Arena, gravilla y ripio.
120.00 - 131.00	Conglomerado arcillo-arenoso.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

C7

0.00 -	1.00	Tierra Vegetal.
1.00 -	11.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
11.00 -	20.00	Conglomerado arcilloso y arena.
20.00 -	34.00	Conglomerado de arcilla, arena, ripio.
34.00 -	46.00	Conglomerado arcillo-ripioso.
46.00 -	50.00	Arena fina y arcilla.
50.00 -	54.00	Arena gruesa.
54.00 -	64.00	Arena gruesa y ripio.
64.00 -	73.00	Conglomerado de arena y arcilla.
73.00 -	99.00	Arena gruesa y ripio.
99.00 -	119.00	Conglomerado arcillo-arenoso.
119.00 -	126.00	Conglomerado arcillo-arenoso.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

C8

0.00 -	1.00	Tierra Vegetal.
1.00 -	5.00	Conglomerado arcillo-riposo.
5.00 -	9.00	Arena fina, ripio y arcilla.
9.00 -	19.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
19.00 -	28.00	Arena gruesa y ripio.
28.00 -	34.00	Arena, ripio, arcilla.
34.00 -	48.50	Arena fina y arcilla.
48.50 -	58.50	Arena gruesa y ripio.
58.50 -	72.30	Arena y ripio.
72.30 -	100.30	Arena gruesa y ripio.
100.30 -	110.00	Arcilla, arena y ripio.
110.00 -	127.00	Conglomerado arenoso-arcilloso.

PERFIL LITOLÓGICO

Pozo : 29045' - 71000'

C9

0.00 - 4.00	Tierra Vegetal.
4.00 - 6.00	Ripio, arena fina, bolones.
6.00 - 9.00	Arena fina, ripio.
9.00 - 15.60	Conglomerado.
15.60 - 34.00	Conglomerado de arcilla y ripio.
34.00 - 35.50	Conglomerado de arcilla.
35.50 - 40.00	Conglomerado arcillo-ripioso.
40.00 - 50.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
50.00 - 52.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
52.00 - 53.00	Gravilla, arena fina.
53.00 - 62.00	Conglomerado ripioso.
62.00 - 66.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
66.00 - 69.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
69.00 - 71.00	Conglomerado ripioso, arcilla, ripio, arena.
71.00 - 73.50	Arena y gravilla.
73.50 - 75.00	Conglomerado arcilla, arena y ripio.
75.00 - 76.00	Conglomerado, arena y ripio.
76.00 - 79.00	Conglomerado, arena y ripio.
79.00 - 80.00	Arena gruesa y gravilla y arcilla.
80.00 - 95.00	Conglomerado arcilloso, arena y gravilla.
95.00 - 99.00	Conglomerado arcilloso y arena.
99.00 - 104.00	Conglomerado arcilloso y arenoso.
104.00 - 106.00	Arena, ripio, poca arcilla.
106.00 - 108.00	Arena y gravilla.
108.00 - 109.00	Conglomerado de arcilla y arena.
109.00 - 110.00	Conglomerado de arena gruesa, gravilla y arena.
110.00 - 116.00	Arena gruesa, gravilla y poca arcilla.
116.00 - 132.50	Arena gruesa y poca arcilla.
132.50 - 139.20	Conglomerado arcilloso-arenoso.
139.20 - 139.80	Roca fundamental.

PERFIL LITOLÓGICO

Pozo : 29245' - 71200'

C10

0.00 -	2.50	Tierra Vegetal.
2.50 -	4.50	Ripio grueso, arena, bolones.
4.50 -	6.80	Ripio grueso, bolones gruesos,
6.80 -	8.30	Ripio grueso, bolones gruesos, poca arcilla.
8.30 -	11.00	Ripio grueso, bolones gruesos, 30% arcilla.
11.00 -	14.00	Ripio grueso, bolones gruesos, 30% arcilla.
14.00 -	15.30	Arcilla, ripio grueso, pocos bolones.
15.30 -	17.00	Conglomerado, arcilla, ripio, arena, bolones.
17.00 -	20.00	Conglomerado, arcilla, ripio, arena fina, bolones.
20.00 -	22.00	Conglomerado, arcilla, ripio, arena fina, pocos bolones, 10% arcilla.
22.00 -	24.50	Conglomerado, arcilla, arena fina.
24.50 -	27.50	Conglomerado, arcilla, ripio, arena fina, pocos bolones, 45% arcilla.
27.50 -	29.00	Conglomerado, arcilla, ripio, arena fina, 50% arcilla.
29.00 -	33.00	Roca descompuesta, 53% arcilla.
33.00 -	37.00	Arcilla 40%, ripio, arena gruesa.
37.00 -	38.00	Roca descompuesta, arena gruesa, 45% arcilla.
38.00 -	39.00	Arcilla, ripio grueso, arena gruesa, bolones 20%.
39.00 -	41.00	Arcilla, ripio grueso, arena fina, arcilla 45%.
41.00 -	45.50	Arcilla, ripio grueso, arena fina, arcilla 45%.
45.50 -	48.50	Arcilla, ripio grueso, arena fina, arcilla 45%.
48.50 -	51.00	Arcilla, ripio grueso, arena, arcilla 42%.
51.00 -	52.50	Arcilla, ripio grueso, arena.
52.50 -	53.00	Ripio grueso, arena gruesa.
53.00 -	54.00	Ripio grueso, arena gruesa.
54.00 -	57.00	Arcilla, ripio grueso, arena gruesa.
57.00 -	60.00	Arcilla, ripio grueso, arena gruesa, arcilla 40%.
60.00 -	62.00	Arcilla 40%, ripio grueso, arena gruesa.

62.00 - 63.00	Arcilla 40%, ripio grueso, arena gruesa.
63.00 - 67.00	Roca descompuesta blanda, ripio, arena fina.
67.00 - 68.50	Roca descompuesta blanda, ripio, arena fina, arcilla 45%.
68.50 - 74.00	Roca descompuesta blanda, ripio, arena fina, arcilla 50%.
74.00 - 78.00	Roca descompuesta blanda, ripio, arena fina, arcilla 48%.
78.00 - 82.00	Roca descompuesta blanda, ripio, arena fina, arcilla 48%.
82.00 - 84.00	Roca descompuesta blanda, arcilla 48%.
84.00 - 86.00	Roca descompuesta blanda, arcilla 45%.
86.00 - 88.00	Arcilla 39%, ripio, arena fina.
88.00 - 89.50	Arcilla 37%, ripio, arena fina.
89.50 - 90.00	Arcilla 39%, ripio, arena fina.
90.00 - 93.50	Arcilla 40%, ripio, arena fina.
93.50 - 97.00	Arcilla 51%, ripio, arena fina.
97.00 - 99.00	Arcilla 50%, ripio, arena fina.
99.00 - 100.50	Arcilla 50%, ripio, arena fina.
100.50 - 103.20	Arcilla 50%, ripio, arena fina.
103.20 - 105.00	Arcilla 50%, ripio, arena fina.
105.00 - 108.00	Arcilla 50%, ripio, arena fina.
108.00 - 110.20	Arcilla 50%, ripio, arena fina.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

C11

0.00 -	0.90	Tierra Vegetal.
0.90 -	2.00	Bolones, tierra vegetal.
2.00 -	2.50	Tierra Vegetal.
2.50 -	6.80	Ripio grueso, arena, bolones.
6.80 -	8.30	Ripio grueso, arena, bolones, arcilla 20%.
14.00 -	20.00	Arcilla, ripio grueso, pocos bolones.
20.00 -	22.00	Ripio, 10% arcilla, arena fina.
22.00 -	24.50	Arcilla, pocos bolones, arena.
24.50 -	27.00	45% arcilla, ripio, bolones, arena fina.
27.00 -	29.00	50% arcilla, ripio, arena fina.
29.00 -	33.00	50% arcilla, conglomerado, ripio, arena fina.
33.00 -	37.00	40% arcilla, ripio, arena gruesa.
37.00 -	38.00	45% arcilla, conglomerado de ripio y arena.
38.00 -	39.00	Ripio grueso, arena gruesa, bolones, 20% arcilla.
39.00 -	52.50	45% arcilla, ripio grueso, arena fina.
52.50 -	54.00	Ripio grueso, arena gruesa.
54.00 -	63.00	40% arcilla, ripio grueso, arena gruesa.
63.00 -	68.50	Arcilla compacta, ripio, arena fina.
68.50 -	86.00	50% arcilla compacta, ripio, arena fina.
86.00 -	93.00	30% arcilla, ripio, arena fina.
93.00 -	110.00	50% arcilla, ripio, arena fina.

PERFIL LITOLÓGICO

Pozo : 29045' - 71000'

C12

0.00 -	1.00	Tierra Vegetal.
1.00 -	14.00	Conglomerado, ripio-arcilloso.
14.00 -	17.00	Arena y gravilla.
17.00 -	28.50	Conglomerado ripio-arcilloso.
28.50 -	34.00	Arena y ripio fino, granillo.
34.00 -	36.00	Arena y gravilla,
36.00 -	42.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
42.00 -	46.00	Conglomerado ripio-arcilloso.
46.00 -	50.50	Arena fina con poca arcilla.
50.50 -	55.00	Arena fina con ripio.
55.00 -	56.00	Arena gruesa y poca arcilla.
56.00 -	72.00	Conglomerado de arena, arcilla y grava.
72.00 -	73.00	Arena, ripio y muy poca arcilla.
73.00 -	77.00	Ripio, gravilla y arena.
77.00 -	80.00	Conglomerado arcilla, ripio y arena.
80.00 -	81.00	Arena gruesa y gravilla.
81.00 -	82.00	Arena gruesa y gravilla.
82.00 -	102.00	Conglomerado arcillo-arenoso,
102.00 -	110.00	Conglomerado arcillo-arenoso.
110.00 -	113.00	Disminuye arcilla.
113.00 -	116.00	Arena gruesa.
116.00 -	118.00	Arena y poco de arcilla.
118.00 -	138.00	Conglomerado arcillo-arenoso.
138.00 -		Roca fundamental,

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 71000'

C15

0.00 - 8.10	Bolones, ripio grueso y fino, arena y grava.
8.10 - 19.80	Ripio grueso y fino, arena, poca arcilla y limo.
19.80 - 33.20	Bolones aislados, ripio grueso y fino, bastante limo, poca arcilla.
33.20 - 45.90	Conglomerado de arcilla, ripio grueso.
45.90 - 50.30	Conglomerado amarillo, poca arcilla, arena fina, poco limo, ripio mediano.
50.30 - 56.15	Conglomerado amarillo, poca arcilla, arena fina, poco limo, ripio mediano, arcilla.
56.15 - 59.70	Arcilla plástica.
59.70 - 70.30	Arenisca, limo, poca arcilla cementada.
70.30 - 78.00	Roca volcánica.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 70045'

B1

0.00 - 6.40	Arena y grava.
6.40 - 7.60	Bolones.
7.60 - 9.50	Arcilla arenosa.
9.50 - 10.60	Grava.
10.60 - 11.50	Arena arcillosa,
11.50 - 12.30	Arena y grava.
12.30 - 16.10	Arena arcillosa y grava.
16.10 - 17.80	Arcilla arenosa.
17.80 - 18.50	Arena y grava.
18.50 - 20.10	Arena arcillosa y grava.
20.10 - 21.00	Arena arcillosa,
21.00 - 22.40	Arcilla arenosa.
22.40 - 25.10	Arena arcillosa y grava.
25.10 - 32.80	Grava fina, arena y limo.
32.80 - 35.00	Grava limosa.
35.00 - 39.10	Limo con grava.
39.10 - 41.50	Arcilla arenosa.
41.50 - 43.00	Grava.
43.00 - 44.00	Arcilla.
44.00 - 46.70	Grava arenosa.
46.70 - 50.00	Grava limo-arenosa.
50.00 - 52.40	Grava fina arenolimosa.
52.40 - 55.80	Grava limosa.
55.80 - 58.00	Grava limosa.
58.00 - 59.60	Grava, limo.
59.60 - 61.00	Limo fino, grava.
61.00 - 67.00	Grava fina,
67.00 - 71.00	Grava limosa.

71.00 - 73.60	Grava muy limosa.
73.60 - 76.00	Grava, limo-arenoso.
76.00 - 81.00	Grava fina, limo-arcilloso.
81.00 - 85.00	Arcilla, grava arenosa.
85.00 - 87.00	Grava arcillosa.
87.00 - 89.00	Bolones.
89.00 - 95.00	Limo fino, grava.
95.00 - 96.00	Roca fundamental.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 70045'

C1

0.00 - 2.00	Arcilla, arena fina y grava.
2.00 - 6.00	Arcilla, arena grava y bolones.
6.00 - 8.00	Arcilla, limo, arena y grava.
8.00 - 9.00	Arcilla, arena fina y grava.
9.00 - 11.00	Arcilla, arena y grava.
11.00 - 13.50	Limo, arena y grava.
13.50 - 16.20	Gravilla, arena fina.
16.20 - 19.20	Arcilla, limo, arena y gravilla.
19.20 - 24.50	Limo, arena fina y grava.
24.50 - 26.50	Limo, arena y grava.
26.50 - 29.00	Gravilla, arena, arcilla.
29.00 - 32.00	Arcilla, arena y grava.
32.00 - 33.00	Limo, arena y grava.
33.00 - 35.50	Arcilla, arena y grava.
35.50 - 38.00	Limo, arcilla, arena y grava.
38.00 - 40.50	Arcilla, arena y grava.
40.50 - 42.00	Arena y grava.
42.00 - 47.50	Limo, arena y grava.
47.50 - 51.00	Limo, arena y grava.
51.00 - 53.00	Limo, arena y arcilla.
53.00 - 55.00	Arcilla, arena y grava.
55.00 - 58.00	Arcilla, arena, grava y bolones.
58.00 - 60.00	Limo, arena y grava.
60.00 - 63.00	Arcilla, arena fina y grava.
63.00 - 66.00	Grava, limo, arcilla.
66.70 - 70.00	Arcilla, arena y grava.
70.00 - 75.00	Arena fina y grava.
75.00 - 79.00	Arena fina y grava gruesa.
79.00 - 110.00	Roca fundamental.

PERFIL LITOLÓGICO

Pozo : 30000' - 70045'

D1

0.00 - 3.30	Bolones, ripio, arena.
3.30 - 5.30	Bolones, ripio grueso, arena gruesa.
5.30 - 6.30	Bolones, ripio, arena fina.
6.30 - 8.65	Bolones, ripio, arena, poca arcilla.
8.65 - 11.00	Bolones, ripio, arena fina, arcilla.
11.00 - 13.49	Bolones, ripio fino, arena fina, 10% arcilla.
13.49 - 15.80	Bolones, ripio, arena fina, 5% arcilla.
15.80 - 18.50	Bolones, ripio, arena fina, 10% arcilla.
18.50 - 21.50	Bolones, ripio, arena con 10% arcilla.
21.50 - 22.50	Bolones, ripio, arena con 20% arcilla.
22.50 - 24.50	Bolones, ripio, arena gruesa con 20% arcilla.
24.50 - 29.00	Bolones, ripio, arena fina con 15% arcilla.
29.00 - 31.30	Bolones, ripio, arena fina con 40% arcilla.
31.30 - 35.30	Bolones, ripio, arena gruesa con 40% arcilla.
35.30 - 36.50	Bolones, ripio, arena fina con 50% arcilla.
36.50 - 42.00	Bolones, ripio, arena gruesa con 50% arcilla.
42.00 - 46.00	Bolones, ripio, arena fina con 50% arcilla.
46.00 - 50.00	Bolones, ripio, arena con 50% arcilla,
50.00 - 53.00	Ripio, arena fina con 35% arcilla.
53.00 - 55.00	Ripio, arena gruesa con 25% arcilla.
55.00 - 57.00	Ripio, arena gruesa con 40% arcilla.
57.00 - 58.20	Ripio, arena gruesa con 60% arcilla.
58.20 - 60.00	Ripio, arena gruesa con 60% arcilla.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 30200' - 70230'

A1

0.00 - 1.00	Tierra Vegetal.
1.00 - 9.00	Bolones, arena, grava.
9.00 - 40.00	Bolones, gravilla, Qz, arena fina.
40.00 - 57.00	Arena, poca arcilla, Qz.
57.00 - 58.70	Poca arcilla, arena.
58.70 - 70.00	Arena gruesa, bolones Qz, poca arcilla.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 30200' - 70230'

A2

0.00 - 2.50	Tierra Vegetal.
2.50 - 23.50	Bolones, ripio, arena.
23.50 - 35.00	Ripio y arena.
35.00 - 44.00	Arcilla y arena.
44.00 - 61.00	Ripio y bolones.
61.00 - 67.00	Arena, poca arcilla.
67.00 - 70.00	Bolones, ripio, arena.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 30200' - 70230'

A3

0.00 - 0.50	Tierra Vegetal.
0.50 - 4.35	Bolones, ripio, arena gruesa y cuarzo.
4.35 - 20.00	Bolones, ripio, gravilla, arena y cuarzo.
20.00 - 31.00	Arena gruesa, gravilla y cuarzo.
31.00 - 47.00	Bolones, arena, gravilla y cuarzo.
47.00 - 77.00	Arcilla, arena, cuarzo y pocos bolones.
77.00 - 79.00	Grava, arena, cuarzo y poca arcilla.
79.00 - 80.00	Arena gruesa, grava, cuarzo.
80.00 - 85.00	Arcilla, ripio, bolones, grava y cuarzo.
85.00 - 87.00	Arena gruesa, grava, bolones, ripio y cuarzo.
87.00 - 95.00	Arena gruesa, grava, bolones, ripio y cuarzo.
95.00 - 100.00	Arena gruesa, grava, bolones, ripio y poca arcilla.
100.00 - 120.00	Arcilla, grava, bolones, arena, Qz.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 30000' - 70030'

A4

0.00 - 4.00	Bolones, ripio, grava, arena.
4.00 - 12.00	Bolones, ripio, grava, arena.
12.00 - 23.00	Bolones, ripio, grava, arena.
23.00 - 30.00	Grava, arena, Qz, bolones.
30.00 - 36.00	Arena gruesa, grava, Qz y bolones.
36.00 - 40.00	Bolones, grava, arena, Qz.
40.00 - 64.00	Bolones, ripio, arcilla, arena y Qz.
64.00 - 77.00	Arena, bolones, grava, arena, Qz.
77.00 - 93.00	Arena, bolones, ripio.
93.00 - 96.00	Arena, grava y Qz.
96.00 - 120.00	Arena, bolones, arena y Qz.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 30200' - 70230'

A6

0.00 -	0.03	Suelo Vegetal.
0.03 -	17.40	Bolones, arena y ripio.
17.40 -	25.30	Ripio, arena gruesa y fina y algo de limo.
25.30 -	29.00	Arena fina y gruesa, ripio, grava, algo de arcilla con limo.
29.00 -	33.50	Arena gruesa, ripio, grava, arena fina y limo.
33.50 -	69.00	Arena gruesa, ripio, grava, arcilla y arena fina.
69.00 -	76.60	Bolones, ripio y arena.
76.60 -	81.50	Arena, arcilla y poco ripio.
81.50 -	89.60	Arena, ripio, grava y arcilla.
89.60 -	105.50	Arena, ripio y poca arcilla.
105.00 -	137.40	Arcilla, poca arena, bolones, ripio.

PERFIL LITOLÓGICOPozo ; 29º45' - 70º30'

C1

0.00 - 30.00	Bolones, grava y arena con mucha arcilla y limo.
30.00 - 38.00	Grava, arena y bolones pequeños, limo y arcilla.
38.00 - 42.00	Arena limo-arenosa.
42.00 - 45.00	Arena limo-arcillosa y grava.
45.00 - 46.00	Arena, arcilla.
46.00 - 60.00	Arena y grava, poca arcilla.
60.00 - 62.00	Grava, limo, arcilla.
62.00 - 68.00	Arena, grava, limo, arcilla.
68.00 - 75.00	Arena, arcilla, limo.
75.00 - 82.00	Arena, grava, limo y arcilla.
82.00 - 90.00	Arena, limo, arcilla, grava.
90.00 - 92.00	Arena, limo, arcilla.
92.00 - 106.00	Arena, arcilla, limo, grava.
106.00 - 120.00	Arena, grava, poca arcilla y limo.
120.00 - 122.00	Arena, arcilla, limo, grava.
122.00 - 125.00	Arena y grava.
125.00 - 132.00	Arena, arcilla, limo y grava.

PERFIL LITOLÓGICOPozo : 29045' - 70030'

C2

0.00 - 12.00	Arcilla, arena.
12.00 - 18.00	Arena, gravilla, grava, arcilla, bolones.
18.00 - 53.00	Arcilla, arena, gravilla.
53.00 - 60.00	Arcilla, arena.
60.00 - 75.00	Arena, gravilla, grava, bolones, arcilla.
75.00 - 82.00	Arcilla, arena.
82.00 - 108.00	Arena, bolones, gravilla, grava, arcilla.

1.- Pozo 29245' - 71200' B1 (CORFO 756)

1.a ANTECEDENTES

PRUEBA DE BOMBEO	:	Nº1	Nº2
FECHA	:	9/1/1969	10/1/1969
NIVEL ESTÁTICO	:	2,74 mts.	2,89 mts.
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN	:	20"	20"
PROFUNDIDAD TOTAL	:	133 mts.	133 mts.
UBICACIÓN ACUIFERO	:	12-18; 19-23; 30-35; 62-68; 94-97,5	
TIPO DE PRUEBA	:	Equilibrio con 10 estabiliza- ciones de caudal	Desequilibrio para caudal ex traído constan- te

1.b INTERPRETACIÓN PRUEBA Nº1ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
5	6,89
6	8,51
7	10,04
8	14,39
9	16,76
10	17,50
11	19,72
12	23,54
13	25,01
16	32,70

En el gráfico Nº se indica según los antecedentes anteriores la curva de capacidad del pozo.

La recta AB representa el comportamiento de las napas N^{os} 2 y 3. Para su interpretación y la de las posteriores se recurrirá

a descomponerla de acuerdo al aporte individual de cada acuífero (1). Cualquiera que sea el nivel deprimido de la napa bajo los 23 mts. las napas más superficiales aportan un caudal constante de 3,0 lts/s. Tomando dos puntos cualquiera de la recta indicada tenemos, considerando Dupuit:

$$S = \frac{Q \cdot L \cdot (R/r)}{2 \cdot Km}$$

$$Q_2 - Q_1 = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R = 200 - 400 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 32,70 \text{ mts.}$$

$$r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$T_{2-3} = \frac{0,013 \cdot 7,1}{6,28 \cdot 32,70}$$

$$m_{2-3} = 13,5 \text{ mts.}$$

$$T_{2-3} = 4,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_{2-3} = 3,30 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Finalmente la recta OC representa el comportamiento conjunto de las napas N° 1, 2 y 3. Tomando dos puntos de ella obtenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 0,008$$

$$R = 100 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 14,39$$

$$r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$T_1 + T_{2-3} = \frac{0,008 \cdot 6,0}{6,28 \cdot 14,39}$$

INTERPRETACION PRUEBA DE BOMBEO N°2

El gráfico N° representa la relación depresión-tiempo para ser interpretada de acuerdo a la ecuación modificada de Theis, (Ref.-1):

$$T = \frac{0,576 \cdot Q}{(s_2 - s_1)} \quad L \quad t_2/t_1$$

$$T = \frac{0,576 \cdot 0,016}{3,14(41,2-38,3)}$$

$$T = 1,02 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m = 23,5$$

$$K = 4,34 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

1.- Pozo 29245' - 71200' B4 (CORFO 802)

1.a ANTECEDENTES

PRUEBA DE BOMBEO	:	Nº1	Nº2
FECHA	:	6/5/1969	3/5/1969
NIVEL ESTÁTICO	:	2,52 mts.	2,15 mts.
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN	:	16"	16"
PROFUNDIDAD TOTAL	:	120 mts.	120 mts.
UBICACIÓN ACUÍFEROS	:	2,52-7,2; 2,15-7,2; 55,2-57,8; 61-66,5	
TIPO DE PRUEBA	:	Equilibrio con 4 estabi lizaciones de caudal	Desequilibrio extraído cons tante

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA DE BOMBEO Nº1

Q(lts/s)	s(m)
20	10,17
30	24,02
40	37,68

INTERPRETACION

La recta AB representa el comportamiento de la napa 3. Cualquiera sea el nivel deprimido bajo los 7,2 mts. la primera napa aportará 13 lts. Luego se tiene:

$$Q_2 - Q_1 = 27 \text{ lts/s} \quad R = 200 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 37,68 \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_3 = \frac{0,027 \cdot 6,9}{6,28 \cdot 37,68} = 7,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_3 = 8,1 \text{ mts.}$$

$$K_3 = 9,75 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Considerando el máximo aporte de la napa 1 para su máxima depresión tenemos:

$$T_1 = \frac{Q \cdot LR}{2 \cdot \frac{m}{2}} : T_1 = \frac{0,013 \cdot 6,2}{6,28 \cdot 2,34}$$

$$T_1 = 5,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$R = 100 \text{ mts.}$$

$$K = 1,17 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

INTERPRETACION DE LA PRUEBA DE BOMBEO N°2

El bombeo desagua totalmente la primera napa por lo que esta prueba es sólo representativa de la napa 3. Se determina a través de la prueba N° 1 que el aporte máximo de la napa 1 es 13 lts/s luego la prueba de bombeo para la napa 3 se hizo con

$$Q = 35 - 13 = 22 \text{ lts/s}$$

$$T_{2-3} = \frac{0,576 \cdot 0,022}{3,14 \cdot (25,2 - 18,2)}$$

$$T_{2-3} = 5,76 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_{2-3} = 8,1 \text{ mts.}$$

$$K_{2-3} = 7,15 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

1. POZO 29045' C1 (CZ 633)

1.a. ANTECEDENTES:

Fecha : 6.7.1965

Nivel Estático : 8.6 mts.

Diámetro de Perforación : 20".

Profundidad total : 100 mts.

Ubicación acuífero : 15 - 19; 52 - 64.

Tipo de Prueba : Equilibrio con 4 estabilizaciones de caudal.

1.b. ANTECEDENTES DE LA PRUEBA:

Q (lts/seg.)	s(m)
6	1
10	3.2
17	7.4
20	8.2

INTERPRETACION:

La prueba no permite separar efectos; luego se determinará un K válido para el conjunto:

$$Q_2 - Q_1 = 20 \text{ lts/seg.}$$

$$R = 150 \text{ mts.}$$

$$S_2 - S_1 = 8.2 \text{ mts.}$$

$$r = 25.4 \text{ mts.}$$

$$T_{1-2} = \frac{0.020 \cdot 6.4}{6.28 \cdot 8.2} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$m_{1-2} = 16 \text{ mts/}$$

$$K_{1-2} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ m/s.}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C2 (D.O.S. 627 CZ 620)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 10/3/1965

NIVEL ESTATICO : 5,56 mts.

DIAMETRO DE PERFORACION : 20"

PROFUNDIDAD TOTAL : 108 mts.

UBICACION DE ACUIFEROS : 12-18

60-75

82-108

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con 3 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
4,4	5,24
6,9	10,64
10,0	19,44

INTERPRETACION

La recta AB representa el comportamiento de las napas 2 y 3. Considerando el aporte máximo de la napa 1 como 3,2 lts/s tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 6,8 \text{ lts/s} \quad R = 100 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 19,44 \quad r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$T_{2-3} = \frac{0,0068 \cdot 6}{6,28 \cdot 19,44} = 3,34 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_{2-3} = 8,15 \times 10^{-6} \text{ m/s} \quad m_{2-3} = 41 \text{ mts.}$$

La recta OC representa el comportamiento conjunto de las tres napas.

Tomando dos puntos de dicha recta obtendremos:

$$T_1 + T_{2-3} = \frac{0,004 \cdot 6}{6,28 \cdot 5,24} = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T_1 = 5,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad m_1 = 6,00 \text{ mts.}$$

$$K_1 = 7,1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C3 (D.O.S. 628 CZ 575)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 26/10/1964

NIVEL ESTÁTICO : 4 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 110 mts.

UBICACIÓN ACUIFEROS : 16 - 19

58 - 75

77 - 108

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con 3 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
10	7,22
20	15,80
25	20,99

INTERPRETACION

La recta AB representa el comportamiento de la napa 3. Considerando que es máximo aporte de la napa 1 bajo los 19 mts. de nivel deprimido es 5,6 lts/s, tenemos: considerando que:

$$Q_2 - Q_1 = 19,4 \text{ lts/s} \quad R = 150 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 20,99 \text{ mts.} \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_2 = \frac{0,0194 \cdot 6,6}{6,28 \cdot 20,99} = 9,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_2 = 2,03 \times 10^{-5} \text{ m/s} \quad m_2 = 48 \text{ mts.}$$

La recta OC caracteriza el comportamiento conjunto de las dos napas

luego: $Q_2 - Q_1 = 10 \text{ lts/s} \quad R = 150 \text{ mts.}$

$$s_2 - s_1 = 7,22 \text{ mts.} \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_1 + T_2 = \frac{0,01 \cdot 6,6}{6,28 \cdot 7,22} = 1,45 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T_1 = 4,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_f = 1,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$m_1 = 3 \text{ mts.}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' 04 (D.O.S. 634 CZ 670)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 2/11/1965

NIVEL ESTÁTICO : 4,46 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 66,5 mts.

UBICACIÓN ACUIFEROS : 28 - 34

50 - 61

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con dos estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
13	15,61
20	23,94

INTERPRETACION

A través del gráfico N^o se observa que la prueba no permite separar efectos luego:

$$Q_2 - Q_1 = 20 \text{ lts/s}$$

$$R = 100 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 23,94 \text{ mts.}$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T = \frac{0,02 \cdot 6,2}{6,28 \cdot 23,94} = 8,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_2 = 17 \text{ mts.}$$

$$K = 4,85 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C5 (D.O.S. 116 CZ 240)

1.a ANTECEDENTES

PRUEBA DE BOMBEO:	Nº1	Nº2
FECHA:	5/10/1959	7/10/1959
NIVEL ESTÁTICO:	2,3 mts.	3,4 mts.
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	20"	20"
PROFUNDIDAD TOTAL:	130 mts.	130 mts.
UBICACIÓN ACUIFERO:	14-17;51-56;66-78;88-98;108-116	
TIPO DE PRUEBA:	Equilibrio con 3 estabilizaciones de caudal	Equilibrio con 2 estabilizaciones de caudal.

1.b ANTECEDENTES PRUEBA DE BOMBEO Nº1

Q(lts/s)	s(m)
5,8	8,7
7,0	11,7
11,0	19,65

INTERPRETACION

Dado que la prueba de bombeo Nº1 no permite separar efectos se considerará la T como válida para todas las napas:

$$Q_2 - Q_1 = 11 \text{ lts/s} \quad R = 200 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 19,65 \text{ mts.} \quad r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$T = \frac{0,011 \cdot 6,66}{6,28 \cdot 19,65} = 5,95 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 1,57 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$m_{1-3} = 38 \text{ mts.}$$

ANTECEDENTES PRUEBA DE BOMBEO Nº2

Q (lts/s)	s(m)
7	7,66
26	40,50

INTERPRETACION

La línea AB representa el comportamiento de la napa 3. Cualquiera sea el nivel deprimido bajo los 17 mts. la napa 1 aportará 4,9 lts/s. Luego tomando dos puntos de la recta tenemos:

$$\begin{aligned}
 Q_2 - Q_1 &= 21,1 \text{ lts/s} & R &= 200 \text{ mts.} \\
 s_2 - s_1 &= 40,50 \text{ mts} & r &= 25,4 \text{ cms.} \\
 T_3 &= \frac{0,0211 \cdot 6,66}{6,28 \cdot 40,50} = 5,52 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} & m_3 &= 35 \text{ mts.} \\
 K_3 &= 1,58 \times 10^{-5} \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

La recta OC representa el comportamiento conjunto de ambas napas, entonces:

$$\begin{aligned}
 Q_2 - Q_1 &= 7 \text{ lts/s} & R &= 100 - 50(\text{mts}) \\
 s_2 - s_1 &= 7,66 \text{ mts} & r &= 25,4 \text{ cms.} \\
 T_1 + T_3 &= \frac{0,007 \cdot 6}{7,66 \cdot 6,28} \\
 T_1 + T_3 &= 8,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \\
 T_1 &= 2,95 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} & m_1 &= 3 \text{ mts.} \\
 K_1 &= 9,85 \times 10^{-5} \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C6 (D.O.S. 118 CZ 242)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 11/1960

NIVEL ESTATICO : 0,9 mts.

DIAMETRO DE PERFORACION : 16"

UBICACION ACUIFEROS : 34-43;63-72;81-91;101-120

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con 3 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
28	27,22
30	31,48
40	40,45

INTERPRETACION

La prueba no permite separar efectos por lo cual el valor será válido para ambos acuíferos

$$Q_2 - Q_1 = 40 \text{ lts/s} \quad R = 100 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 40,45 \text{ mts.} \quad r = 20,5 \text{ cms.}$$

$$T_{2-3} = \frac{0,04 \cdot 6,2}{6,28 \cdot 40,45} = 9,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_{2-3} = 2,08 \times 10^{-5} \text{ m/s} \quad m = 47 \text{ mts.}$$

1.- Pozo : 29045' - 71000' C7 (D.O.S. 149 CZ 243)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 1960

NIVEL ESTATICO : 0,00 mts.

DIAMETRO DE PERFORACION : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 126 mts.

UBICACION DEL ACUIFERO : 54-64

73 - 99

TIPO DE PRUEBA: Equilibrio con 4 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
28	42,41
30	45,45
32	49,05
37	60,50

INTERPRETACION

Tomando dos puntos cualquiera tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 37 \text{ lts/s} \quad R = 100 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 60,50 \text{ mts.} \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_3 = \frac{0,037 \cdot 6,2}{60,5 \cdot 6,28} = 6,05 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_3 = 1,68 \times 10^{-5} \text{ m/s} \quad m_3 = 36 \text{ mts.}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C8 (D.O.S. 151 CZ 244)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 1960

NIVEL ESTÁTICO : 0,2 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 127 mts.

UBICACIÓN ACUIFEROS : 19-30; 70-100,3

45-58,50

TIPO DE PRUEBA: Equilibrio con 3 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
18,5	27,93
22,0	38,50
24,0	43,50

INTERPRETACION

La recta AB representa el comportamiento de la napa 3. Cualquiera sea el nivel deprimido bajo los 30 mts. la napa 1 contribuirá con 9 lts/s. Luego:

$$Q_2 - Q_1 = 15 \text{ lts/s}$$

$$R = 100 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 43,50 \text{ mts.}$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_3 = \frac{0,015 \cdot 6,2}{6,28 \cdot 43,5} = 3,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_3 = 43,8 \text{ mts.}$$

$$K_3 = 7,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

La recta OC representa el comportamiento conjunto de ambas napas entonces:

$$T_1 + T_3 = \frac{0,0185 \cdot 6,2}{27,93 \cdot 6,28} = 6,52 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T_1 = 3,46 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_1 = 11 \text{ mts.}$$

$$K_1 = 3,15 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C9 (D.O.S. 126 CZ 206)

1.a ANTECEDENTES

FECHA: 15/8/1958

NIVEL ESTÁTICO : 1,31 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 139,80 mts.

UBICACIÓN ACUIFEROS : 52-53; 71-73,5; 79-80,1

106-108,5; 110-132

TIPO DE PRUEBA: Equilibrio con dos estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
20	25,1
31	44,29

INTERPRETACION

La prueba no permite separar efectos, luego:

$$Q_2 - Q_1 = 31,00 \text{ lts/s} \quad R = 200 - 400 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 44,29 \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T^{200} = \frac{0,031 \cdot 6,9}{6,28 \cdot 44,29} = 7,7 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K^{200} = 2,6 \times 10^{05} \text{ m/s} \quad m = 29,6 \text{ mts.}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C10 C.A.S. 1067

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 19/3/1969

NIVEL ESTATICO : 5 mts.

DIAMETRO DE PERFORACION : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 110,2

UBICACION ACUIFEROS : 20-22; 37-39; 51-54; 60-63

88 - 93,5

TIPO DE PRUEBA: Equilibrio con 5 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
5,88	9,62
11	18,48
13,5	24,88
18	34,30
19	40,46

La recta AB representa el comportamiento de las napas 2 y 3. Cualquiera sea el nivel deprimido bajo los 22 mts. la napa superior aportará 2,8 lts/s. Luego se tiene:

$$Q_2 - Q_1 = 16,2 \text{ lts/s} \quad R = 150 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 40,46 \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_{2-3} = \frac{0,0162 \cdot 6,6}{6,28 \cdot 40,46} =$$

$$T_{2-3} = 4,22 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad m_3 = 13,50 \text{ mts.}$$

$$K_{2-3} = 3,12 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

OE representa el comportamiento de las tres napas en conjunto. Luego:

$$Q_2 - Q_1 = 9,00 \text{ lts/s} \quad R = 150 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 14,00$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_1 + T_{2-3} = \frac{0,009 \cdot 6,6}{6,28 \cdot 14}$$

$$T_1 + T_{2-3} = 6,75 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T_1 = 2,53 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_1 = 2 \text{ mts.}$$

$$K_1 = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C11 (D.O.S. 791 C.A.S.1066)

1,a ANTECEDENTES

PRUEBA DE BOMBEO	Nº1	Nº2
FECHA:	18/5/1969	22/5/1969
NIVEL ESTATICO:	5,47 mts.	5,43 mts.
DIAMETRO DE PERFORACION:	16"	16"
PROFUNDIDAD TOTAL:	115 mts.	115 mts.
UBICACION ACUIFEROS:	20-22;52,5-54;60-63;86-93	
TIPO DE PRUEBA:	Equilibrio con 5 estabilizaciones de caudal	Desequilibrio con caudal ex traído cte.

1,b ANTECEDENTES PRUEBA DE BOMBEO Nº1

Q(lts/s)	s(m)
3	1,69
6	5,20
16,5	17,51
25,0	37,19
28,0	48,13

INTERPRETACION

A través del gráfico Nº se observa que el aporte máximo de la napa 2 es 8,5 lts/s. Luego si tomamos dos puntos cualquiera de la recta AB que representa el comportamiento de la 3a napa tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 19,5 \text{ mts.}$$

$$R = 150 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 48,13$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_3 = \frac{0,0195 \cdot 6,6}{6,28 \cdot 48,3} = 4,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_3 = 3,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$m_3 = 11,5 \text{ mts.}$$

La curva OC representa el comportamiento de ambas napas en conjunto.

Tomando dos puntos de la parte recta se tiene:

$$T_2 + T_3 = \frac{0,003 \cdot 6,6}{6,28 \cdot 1,69} \quad R = 150 \text{ mts.}$$

$$T_2 + T_3 = 1,87 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_2 = 1,45 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \quad m_2 = 2$$

$$K_2 = 7,25 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

INTERPRETACION PRUEBA DE BOMBEO N°2

Q extraído : 28 lts/s

Duración de la prueba : 48 hrs.

La prueba sólo es válida para la tercera mapa ya que el bombeo desagua inmediatamente la primera. Luego la prueba se realiza con:

$$Q = 28 - 8,5 = 19,5 \text{ lts/s}$$

$$T_3 = \frac{0,576 \cdot 0,0195}{3,14 \cdot 3,80} = 9,4 \times 10^{-4}$$

$$K_3 = 8,15 \times 10^{-5}$$

$$m_3 = 12,5$$

1.- Pozo : 29245' - 71200' C12 (D.O.S. 109 CZ 239)

1.a ANTECEDENTES

FECHA: 22/3/1959

NIVEL ESTÁTICO: 0,60 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 20"

PROFUNDIDAD TOTAL 138 mts.

UBICACION ACUIFEROS : 14-17;50,5-56,0;80-82

28,5-30,0;73-77;110-118

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con 3 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
23	20,24
30	28,48
38	41,64

INTERPRETACION

Durante la prueba se produce el vaciamiento de la primera napa por lo que esto permite conocer tanto el aporte máximo de ella como las características de la segunda y tercera. Del gráfico se obtiene:

$$Q_2 - Q_1 = 26 \text{ lts/s} \quad R = 200 \text{ mts}$$

$$s_2 - s_1 = 41,64 \text{ mts.} \quad r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$T_{2-3} = \frac{0,026 \times 6,66}{6,28 \times 41,64} = 6,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_{2-3} = 2,54 \times 10^{-5} \text{ m/s} \quad m_{2-3} = 27 \text{ mts.}$$

El coeficiente T_1 de transmisibilidad de la napa Nº 1, considerando que esta proporciona un caudal máximo de 12 lts/s para su máxima depresión, queda dado por:

$$T_1 = \frac{Q}{2TT \text{ m}^{1/2}} = LR/r \quad Q = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_1 = \frac{0,012 \cdot 6}{6,28 \cdot 1,5}$$

$$m_1 = 3,00 \text{ mts.}$$

$$T_1 = 7,65 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$K_1 = 2,55 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 29245' - 712008 C15 (CORFO 770)

1.a ANTECEDENTES

PRUEBA DE BOMBEO :	Nº1	Nº2
FECHA:	17-12-1968	18-12-1968
NIVEL ESTÁTICO:	3,16 mts.	3,1 mts.
DIÁMETRO DE PERFORACION:	20"	20"
PROFUNDIDAD TOTAL:	78 mts.	78 mts.
UBICACION ACUIFERO:	5,00-11,00 14,00-22,00 33,00-44,00	
TIPO DE PRUEBA:	Equilibrio con 4 estabilizaciones de caudal	Desequilibrio para caudal extraído cte.

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA DE BOMBEO Nº1

Q(lts/s)	s(m)
5	0,20
10	0,69
15	1,85
20	13,98

INTERPRETACION

La prueba no permite separar efectos. Sin embargo puede afirmarse que la permeabilidad de la napa 2 es muy baja. Se analizará por lo tanto la prueba como una sola napa. Luego se tiene tomando dos puntas cualquiera de la recta OC:

$$Q_2 - Q_1 = 10 \text{ lts/s}$$

$$s_2 - s_1 = 0,69$$

$$T_{1-2} = \frac{10^{-2} \cdot 5,3}{6,28 \cdot 0,69} = 1,22 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_1 = 4,9 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$m_1 = 25 \text{ mts.}$$

INTERPRETACION DE LA PRUEBA DE BOMBEO N°2

En el gráfico N° se ha trazado la relación depresión - tiempo para su interpretación de acuerdo a la ecuación de Theis. El rango de depresiones no permite analizar por separado cada napa, por lo que se supondrá que la prueba representa el comportamiento de todas las napas. Luego se tiene:

$$Q = 16 \text{ lts/s}$$

$$s_2 - s_1 = 1,98 - 1,30 = 0,68 \text{ mts.}$$

$$T = \frac{0,576 \cdot 0,016}{3,14 \cdot 0,68}$$

$$T = 4,32 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m = 25,00 \text{ mts.}$$

$$K = 1,73 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 29245' - 70245' B1 (Dirección de Riego C7')

1.a. ANTECEDENTES

FECHA: 9/5/1969

NIVEL ESTÁTICO : 3.55 mts,

DIÁMETRO DE PERFORACION : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 96 mts.

UBICACION ACUIFERO : 9,00-12,50 ; 41,50 - 43,00 ; 52,00 - 81,00
44,00 - 50,00

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con cinco estabilizaciones de caudal

1.b. ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q (lts/s)	s(m)
25	12,60
30	21,00
35	25,90
40	32,90
45	37,10

INTERPRETACION

En el gráfico N° 12 se representa según los antecedentes anteriores la curva de capacidad del pozo. La recta AB representa el comportamiento de la napa 3; cualquiera sea el nivel deprimido bajo los 12,50. La napa N° aporta un caudal constante de 16 lts/s. Tomando dos puntos cualquiera de dicha recta tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 24 \text{ lts/s} \quad R = 200 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 32,9 \quad r = 20,0 \text{ cm.}$$

$$T_3 = \frac{0,024 \cdot 6,9}{6,28 \cdot 32,9}$$

$$T_3 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_3 = 2,19 \times 10^{-5} \text{ m/s} \quad m_3 = 36,50$$

La recta OE representa el comportamiento conjunto de las napas 1 y 3.

Tomando dos puntos cualquiera de ella, tenemos:

$$T_1 + T_3 = \frac{0,025 \cdot 6,2}{6,28 \times 12,6}$$

$$R = 100$$

$$r = 20,3 \text{ cm,}$$

$$T_1 + T_3 = 1,96 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T_1 = 1,88 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_1 = 3,50$$

$$K_1 = 5,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

1.- Pozo 29245' - 70245' C1 (Dirección de Riego B8)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 28/4/1969

NIVEL ESTÁTICO : 4 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 20"

PROFUNDIDAD TOTAL : 110 m.

UBICACIÓN ACUIFERO : 19,20-24,50 ; 29,00-33,00 ; 40,50-51,00 ;
75,00-79,00

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con cuatro estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q (lts/s)	s(m)
40	7,7
60	11,5
80	15,4
100	24,1

INTERPRETACION

Dado los escasos antecedentes no es posible separar efectos, por lo que se interpretará la prueba considerando ambas napas.

La recta OC caracteriza el comportamiento conjunto de las napas 2 y 3 tomando dos puntos cualquiera de ella obtenemos:

$$T_{2-3} = \frac{0,06 \cdot 7,08}{6,28 \cdot 11,5}$$

$$T_{2-3} = 5,88 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_{2-3} = 2,47 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$m_{2-3} = 23,8 \text{ mts.}$$

1.- Pozo : 30200' - 70245' D1 (C.A.S, 1108)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 18/10/1969

NIVEL ESTÁTICO : 9,30 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 160 mts.

UBICACIÓN ACUIFEROS : 13-16 ; 50 - 55

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con seis estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
10	1,44
15	2,10
20	3,04
25	4,84
30	10,14
35	29,14

INTERPRETACION

El gráfico N° 13 representa según los antecedentes anteriores la curva de capacidad correspondiente a la prueba. La recta A B representa el comportamiento de la napa 3.

$$Q_2 - Q_1 = 7,6 \text{ lts/s}$$

$$R = 500 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 29,14$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

Cualquiera sea el nivel deprimido bajo 16 mts. la napa superficial a portará un caudal constante e igual a 27,4 lts/s. Luego tomando dos puntos cualquiera de dicha recta tenemos:

$$T_3 = \frac{0,0076 \cdot 7,8}{6,28 \cdot 29,14}$$

$$T_3 = 3,24 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_3 = 5 \text{ mts.}$$

$$K_3 = 6,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

La curva OC representa el comportamiento conjunto de ambas napas. Tomando dos puntos cualquiera de la parte recta tenemos:

$$T_1 + T_3 = \frac{0,02 \cdot 7,8}{6,28 \cdot 3,04}$$

$$T_1 + T_3 = 8,18 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \qquad m_2 = 3,0 \text{ mts.}$$

$$T_1 = 7,86 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K_2 = 2,62 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 30200' - 70230' A1 (CZ 922)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 19/7/1968

NIVEL ESTÁTICO : 15,78 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 14"

PROFUNDIDAD TOTAL : 70 mts.

UBICACIÓN DE ACUIFEROS: 53,00-70,00

TIPO DE PRUEBA: Equilibrio con dos estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
11	0,08
22	0,30

INTERPRETACION

La prueba representa el comportamiento del acuífero indicado. Tomando dos puntos cualquiera tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 22 \text{ lts/s}$$

$$R = 200 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 0,30 \text{ mts.}$$

$$r = 17,80 \text{ cms.}$$

$$T = \frac{0,022 \cdot 7,04}{6,28 \cdot 0,30}$$

$$T = 8,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m = 17 \text{ mts.}$$

$$K = 4,85 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 30200' - 70230' A2 (C 1040)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 24/7/1969

NIVEL ESTÁTICO : 15,50 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 70 mts.

UBICACIÓN ACUIFERO : 23,5-35; 50-61; 64-70

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con tres estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
5	0,1
22	0,3
44	0,5

La prueba no permite separar efectos. Tomando dos puntos cualquiera de ella tenemos:

$$T = \frac{0,044 \cdot 7,6}{6,28 \cdot 0,5}$$

$$R = 400 \text{ mts.}$$

$$T = 1,07 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$r = 20,3 \text{ cr.}$$

$$K = 3,75 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$m = 28,5 \text{ mts.}$$

1.- Pozo 30200' - 70230' A3 (D.O.S. 586 CZ 404)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 26/10/1962

NIVEL ESTÁTICO : 25,90 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 120 mts.

UBICACIÓN ACUIFEROS : 0,0-22

70,0-115

TIPO DE PRUEBA: Equilibrio con 5 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
5	0,1
12,2	0,27
11,0	0,24
15,9	0,48

INTERPRETACION

Dado el nivel con que se ha realizado la prueba, ésta es sólo representativa del 2º acuífero. Tomando dos puntos cualquiera tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 0,0022 \text{ m}^3/\text{s} \quad R = 150 \text{ mts.}$$

$$s_2 - s_1 = 0,48 \quad r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_2 = \frac{0,0022 \cdot 6,6}{0,48 \cdot 6,28}$$

$$T_2 = 4,84 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \quad m_2 = 45 \text{ mts.}$$

$$K_2 = 1,07 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

1.- Pozo : 30200' - 70230' A4 (D.O.S. 587 CZ 418)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 10/1/1963

NIVEL ESTÁTICO : 27,08 mts.

DIAMETRO DE PERFORACION : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 120 mts.

UBICACION ACUIFERO : 0,00-23,0

70,00-110,0

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con cuatro estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
5	0,12
11	0,15
16,9	0,54
22	1,02

INTERPRETACION

La prueba, dado el Nivel Estático con que se realizó es representativa sólo de la segunda napa. Tomando dos puntos cualquiera de la recta tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 22,0 \text{ lts/s}$$

$$R = 150 \text{ mts}$$

$$s_2 - s_1 = 1,02$$

$$r = 20,3 \text{ cms.}$$

$$T_2 = 2,27 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$m_2 = 40 \text{ mts.}$$

$$K_2 = 5,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

1.- Pozo 30200' - 70230' A5 (D.O.S. 178 CZ 227)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 27/7/1959

NIVEL ESTATICO : 18,7 mts.

DIAMETRO DE PERFORACION : 13,3/8"

PROFUNDIDAD TOTAL : 36,0 mts.

UBICACION ACUIFERO : 18,7-33,0

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con dos estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
5	0,26
10	1,32

INTERPRETACION

La prueba representa al acuífero indicado. Tomando dos puntos cualquiera tenemos:

$$Q_2 - Q_1 = 0,01 \text{ (lts/s)} \quad R = 200 \text{ mts.}$$

$$T = \frac{0,01 \cdot 7,06}{6,28 \cdot 1,32} \quad r = 17 \text{ cms.}$$

$$T = 8,53 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \quad m = 14,3 \text{ mts.}$$

$$K = 5,96 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

1.- Pozo 30200' - 70230' A6 (CORFO 684) ✓

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 1/10.1969

NIVEL ESTÁTICO : 26,42 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 20"

PROFUNDIDAD TOTAL : 137,40 mts.

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con 4 estabilizaciones de caudal

UBICACIÓN ACUIFERO : 33,2-50; 69-76,6; 81,5-89,0

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

La prueba no permite separar efectos, por lo que representa el comportamiento de las napas 2 y 3, en conjunto. Tomando dos puntos cualquiera de ella tendremos:

$$T = \frac{0,02 \cdot 6,66}{6,28 \cdot 2,64}$$

$$R = 200 \text{ mts.}$$

$$T = 8,05 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$K = 2,52 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$m = 31,9 \text{ mts.}$$

✓ 1.- Pozo 29045' - 70030' C1 (Dirección de Riego B9)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 14/5/1969

NIVEL ESTÁTICO : 23,8 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 20"

PROFUNDIDAD TOTAL 132 mts.

UBICACIÓN ACUIFERO ; 30,0-38,0; 42-45; 46-68; 75-90; 106-120; 122-125

TIPO DE PRUEBA : Equilibrio con 4 estabilizaciones de caudal

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
40	0,85
60	1,60
80	2,65
100	3,50

INTERPRETACION

La prueba no permite separar ningún efecto, por lo cual se considerará la T válida para todos los acuíferos. Tomando dos puntos cualquiera de la recta tenemos:

$$T = \frac{0,1 \cdot 7,36}{6,28 \cdot 3,50} \quad R = 400 \text{ mts.}$$

$$T = 3,35 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \quad r = 25,4 \text{ cms.}$$

$$K_3 = 5,4 \times 10^{-4} \text{ m/s} \quad m = 62$$

✓ 1.- Pozo 29045' - 70030' C2 (Dirección de Riego B9a)

1.a ANTECEDENTES

FECHA : 21/4/1969

NIVEL ESTÁTICO : 20,70 mts.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN : 16"

PROFUNDIDAD TOTAL : 114 mts.

UBICACIÓN ACUIFERO : 20,70-25,50; 27,50-33,00; 43,00-59,50; 64,80-
82,00; 85-86,7; 88,50-93,00; 96,50-98,00

TIPO DE LA PRUEBA: Equilibrio con 6 estabilizaciones de caudal.

1.b ANTECEDENTES DE LA PRUEBA

Q(lts/s)	s(m)
40	0,7
60	1,4
80	2,1
100	2,8
120	4,2
140	5,25

INTERPRETACION

La prueba no permite separar efectos por lo que se interpretará como una sola napa.

La recta OC caracteriza el comportamiento conjunto de ambas napas. Tomando dos puntos cualquiera de ella tenemos:

$$T_{2-3} = \frac{0,06 \cdot 7,6}{6,28 \cdot 1,4}$$

$$T_{2-3} = 5,18 \times 10^{-2}$$

$$K_{2-3} = 9,9 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$m_{2-3} = 52,5 \text{ mts.}$$

A N E X O S

A N E X O S

EVAPORACION DESDE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

Como es sabido, esta evaporación depende además de los mismos factores que influyen en la evaporación desde la superficie del agua, de la cantidad total y de la distribución de las precipitaciones que constituyen el origen directo de ellas. Como factores adicionales se tienen la naturaleza de la cubierta vegetal del terreno, la topografía del suelo y su mayor o menor permeabilidad. Utilizaremos en esta ocasión el procedimiento propuesto por Meyer en el cual se engloba en un sólo total junto con la evaporación la parte correspondiente a intercepción por parte del follaje de las plantas.

A través de un ábaco preparado por Meyer se obtiene en función de la temperatura media mensual expresada en $^{\circ}\text{F}$ y de la altura de precipitaciones del mes en pulgadas un valor: E_b , que representa la evaporación mensual base en pulgadas/mes.

Este valor de evaporación, ligado a las condiciones climáticas reinantes, permite a través de la expresión siguiente: $E = E_b \cdot v \cdot u$ determinar la evaporación real mensual.

"v" y "u" son coeficientes que dependen del tipo de vegetación que cubre el terreno y de las características de la hoya hidrográfica respectivamente.

El coeficiente "u" fluctuará entre 0,9 y 1,25 para la mayor parte de las hoyas. Un valor alto corresponde a suelos planos, su vegetación moderadamente permeable, baja humedad relativa y alta velocidad del viento.

A su vez el coeficiente "v" tomaría los siguientes valores:

- Terrenos descubiertos : 1,0
- Vegetación herbácea baja : 0,8 - 1,0
- Zonas consteras altas : 0,8 - 0,9

Bosques ralos	:	0,5 - 0,7
Bosques densos con abundantes plantas en el suelo	:	0,35 - 0,4
Bosques densos con abundante vegetación	:	0,10

Antecedentes que permiten conocer la distribución del uso de la tierra en el valle se han obtenido del Cuarto Censo Nacional Ganadero de 1965. En particular para las comunas de La Serena, Vicuña y Coquimbo, que nos corresponden se tiene; Valores en hectáreas.

COMUNAS

	LA SERENA	VICUÑA	COQUIMBO	TOTALES	DISTRIBUCION %
1.- Terrenos agrícolas	9.045	18.524	8.218	30.389	5
2.- Pastos naturales	7.097	6.195	4.664	134.935	21,9
3.- Matorrales naturales	2.511	36.285	14.798	168.837	27,4
4.- Bosques naturales	796	261	322	1.151	0,2
5.- Terrenos estériles	152.239	116.521	3.376	276.238	45,5
	171.688	177.786	31.378	611.550	100,0

De acuerdo a las recomendaciones de Meyer los coeficientes "v" aplicables a cada una de estas cubiertas serían:

1.- Terrenos agrícolas	0,9
2.- Pastos naturales	0,9
3.- Matorrales y Montes	0,8
4.- Bosques naturales	0,5
5.- Terrenos estériles	1,0

Considerando la distribución porcentual de cada una de estas clasificaciones se obtiene un valor ponderado medio para el coeficiente "v".

$$v = \frac{1}{100} (5 \times 0,9 + 21,9 \times 0,9 + 27,4 \times 0,8 + 0,5 \times 0,2 + 1,0 \times 45,5)$$

$$v = 0,87$$

Para el coeficiente "u" se aceptará un valor medio de 1,1 con lo cual obtendremos para v.u el siguiente valor :

$$v.u = 0,87 \times 1,1 = 0,96$$

Las evaporaciones base "Eb" se han calculado en la tabla que se incluye a continuación:

M E S	PRECIPITACIONES (mm)	TEMPERATURA MEDIA °C	Eb mm/mes
ENERO	0,2	18,2	-
FEBRERO	0,8	18,4	-
MARZO	0,7	16,9	-
ABRIL	2,8	14,9	2,6
MAYO	22,1	13,4	10,4
JUNIO	43,9	12,1	20,3
JULIO	29,8	11,7	17,8
AGOSTO	23,5	12,0	15,4
SEPTIEMBRE	6,2	12,7	7,6
OCTUBRE	3,8	14,0	5,1
NOVIEMBRE	0,8	15,5	-
DICIEMBRE	0,4	17,0	-
TOTAL			79,2 mm/ año

Luego la evaporación real media anual en la zona sería:

$$E = Eb.v.u = 79,2 \cdot 0,96$$

$$E = 76 \text{ mm/año}$$

TRANSPIRACION DE PLANTAS Y ARBOLES

El consumo anual por esto varía con cada tipo de planta y se ve además afectado por los factores climáticos. Para una vegetación mixta, la transpiración varía entre 100 a 250 mm/año. Meyer recomienda los siguientes valores medios de acuerdo al tipo de vegeta-

ción:

Pastos y cultivos agrícolas	:	250 mm/año
Arboles que botan las hojas	:	200 mm/año
Arboles siempre verdes	:	100 mm/año
Arbustos	:	150 mm/año

En nuestro caso se han adoptado tales valores medios adecuándose a la clasificación de terrenos anteriormente entregada. Con ello el consumo anual para cada tipo de terreno sería el siguiente:

	DISTRIBUCION %	CONSUMO MEDIO (mm/año)	PONDERACION
1.- Terrenos agrícolas	5	250	12,57
2.- Pastos naturales	21,9	200	43,80
3.- Matorrales y montes	27,4	150	41,00
4.- Bosques naturales	0,2	100	0,2
5.- Terrenos estériles	45,5	50	22,8
			Promedio total 120,3 mm/ año =====

EVAPORACION DESDE LA SUPERFICIE DEL AGUA

Posee escasa importancia dentro del área considerada y a que las únicas superficies de aguas corresponden a los cursos de ríos quebradas, esteros. En consideración a ello no se hará un cálculo específico y se considerará un total anual del orden de 900 mm/año.

Se estimará que una superficie equivalente a 0,2% del área estudiada (1286 hás) constituyen cauces de agua.

De acuerdo a esto la evaporación anual desde superficies de agua sería:

$$900 \cdot 0,002 = 1,8 \text{ mm/año}$$

Luego el consumo total de evapotranspiración de acuerdo a los cálculos realizados sería de:

Evaporación desde superficie de la tierra : 76

Transpiración de plantas y árboles	:	120,3
Evaporación desde superficie de agua	:	1,8
		<hr/>
TOTAL		198,1 mm
		=====

Si consideramos el papel determinante que juegan las precipitaciones en el cálculo del consumo tanto evaporativo como transpirativo, podremos recurrir a la expresión desarrollada por L. Turc, quien reúne ambos consumos en uno sólo.

$$E_R = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P}{L}^2}}$$

E_R = Evapotranspiración real (mm/año)

P = Altura anual de precipitaciones (mm)

L = $300 + 25T + 0,05 T^3$

T = Temperatura media anual °C

En nuestro caso pueden considerarse los siguientes valores:

P = 135 mm

T = 14,7 °C

L = $300 + 25 \cdot 14,7 + 0,05 \cdot (14,7)^3$

$$E_R = \frac{135}{\sqrt{0,9 + \frac{135}{826}^2}} = 140 \text{ mm/año}$$

A N E X O S

DETERMINACION DEL CONSUMO EVAPOTRANSPIRATIVO EN TERRENOS DE RIEGO

Al hacer un balance de los recursos hidrológicos, el agua gastada en la transpiración de las plantas y en evaporación, se considera una salida neta.

Por la enorme dificultad que representa su desglose se acostumbra a considerarlas como un sólo consumo. Esta cantidad única se define como el consumo evapotranspirativo de la planta o tasa neta.

Atendiendo a la influencia determinante que ejerce el clima sobre este consumo, se han formulado varias expresiones empíricas que permiten calcularlo conociendo sólo algunos datos estadísticos del clima. Para calcular el consumo evapotranspirativo se aplicó el método de "Lowry - Johnson", válido para áreas en las cuales existen diversidad de cultivos y que tiene escaso valor en terrenos dedicados a cultivos especiales con demandas de agua apartadas del término medio.

Es un método empírico que relaciona el "calor efectivo" durante el período de crecimiento de la planta, con la tasa anual del agua.

El "calor efectivo", C.E. se define como: la suma de las temperaturas máximas diarias, expresadas en grados Fahrenheit.

El consumo evapotranspirativo determinado incluye tanto el agua de lluvia como la aplicada durante los riegos.

La relación entre el C.E y la tasa neta anual dada por Lowry - Johnson es: $T.N = 0,156 C.E. - 0,845$ pies en que:

T.N - tasa neta anual en pies

C.E - calor efectivo, en miles de °F por días

Si la tasa se da en cm. y las temperaturas en °Celsius, se tiene:

$$T.N = 8,6 \text{ C.E.} + 25 \text{ cm.}$$

Donde el C.E. indicado en la última ecuación es la suma de las temperaturas máximas, en $^{\circ}\text{C}$; a lo largo del período de crecimiento.

Debido a las influencias que ejercen otros factores, distintos de la temperatura, el método no se considera apropiado para la determinación de los consumos evapotranspirativos de años individuales, sino que se recomienda emplearlo para obtener una estimación media entre ellos.

A su vez tampoco es útil para determinaciones mensuales de la tasa neta siendo indicativa sólo del consumo anual.

Se ha utilizado la estación de La Serena de la Oficina Meteorológica de Chile como índice de las temperaturas.

LA SERENA

LATITUD 29°54' S LONGITUD 71°15' W

ALTURA 35 MTS.

M E S	TEMP. MEDIA	T. MIN. ABS.	T. MAX. ABS.	\bar{T} MIN.	\bar{T} MAX.
ENERO	18,2	9,4	27,2	14,9	22,5
FEBRERO	18,4	10,0	27,8	14,9	22,7
MARZO	16,9	6,5	29,3	13,5	21,3
ABRIL	14,9	2,9	25,8	11,6	18,8
MAYO	13,4	3,7	23,7	10,1	17,4
JUNIO	12,1	2,5	24,5	8,7	16,4
JULIO	11,7	2,6	23,3	8,2	16,7
AGOSTO	12,0	1,8	24,0	8,4	16,2
SEPTIEMBRE	12,7	2,8	26,0	9,2	16,9
OCTUBRE	14,0	4,0	25,5	10,4	18,0
NOVIEMBRE	15,5	6,7	25,0	11,6	19,4
DICIEMBRE	17,0	7,9	25,8	13,3	21,0

El calor efectivo mensual queda dado en la siguiente tabla:

M E S	TEMP. MAX, MEDIA °C	Nº DE DIAS	C.E.
ENERO	22,5	31	698
FEBRERO	22,7	28	636
MARZO	21,3	31	660
ABRIL	18,8	30	564
MAYO	17,4	31	539
JUNIO	16,4	30	492
JULIO	16,7	31	517
AGOSTO	16,2	31	502
SEPTIEMBRE	16,9	30	507
OCTUBRE	18,0	31	558
NOVIEMBRE	19,4	30	581
DICIEMBRE	21,0	31	651

6905°C x días
C.E.

Introduciendo este valor en la ecuación de la tasa neta tenemos:

$$T.N. = 8,6 \times 6905 + 25$$

$$T.N. = 59,4 + 25 = 84,4 \text{ cm.}$$

Se ha obtenido por lo tanto como consumo evapotranspirativo entonces 0,844 mts. de altura sobre toda la superficie cultivada.

La altura de lluvia que puede considerarse para el valle del Elqui es de $h = 135 \text{ mm.}$

Sin embargo, sólo una parte del agua caída satisface las necesidades de evapotranspiración. La efectividad de las lluvias quedan condicionadas a varios factores tales como intensidad, superficie sobre la que cae, capacidad de retención del suelo, valor de consumo evapotranspiratorio. Dada la precisión del método permite hacer una estimación práctica de la efectividad de la lluvia y por ello consideraremos que posee una efectividad de 90%. Luego tenemos 121 mm. para

ser consumidos en evapotranspiración. Con esto la tasa neta que debe ser satisfecha con riego artificial alcanza a:

$$0,844 - 0,121 = 0,723 \text{ m de agua.}$$

9.

REFERENCIAS:

- Baeza, Hernán : "Esgurrimientos en medios permeables". (Apuntes de Clases).
- Brüggen, Juan (1950) : "Fundamentos de la Geología de Chile". (Instituto Geográfico Militar - Chile).
- Bureau of Reclamation (1954) : "Investigación Aguas Subterráneas Valle del Elqui".
- C O R F O (1969) : "Geografía Económica de Chile".
- Dediós, Pedro (1967) : "Cuadrángulo Vicuña". (Instituto Investigaciones Geológicas - Carta Nº 16 - Chile).
- Egert, Ernesto y Aguirre, Luis (1965) : "Cuadrángulo Quebrada Marquesa" (Instituto Investigaciones Geológicas - Carta Nº 15 - Chile).
- Peralta, Roberto (1966) : "Estudio de los Recursos Hidráulicos de la Hoya del Río Elqui". (Memoria de Título - Chile).
- PROAS, Ingenieros (1968). : "Estudio Hidrogeológico de los Valles Ligua y Petorca" (Chile).