

SUB-575

e.1

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE RIEGO

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

EL AGUA SUBTERRANEA EN EL
VALLE DE AZAPA

INFORME PRELIMINAR



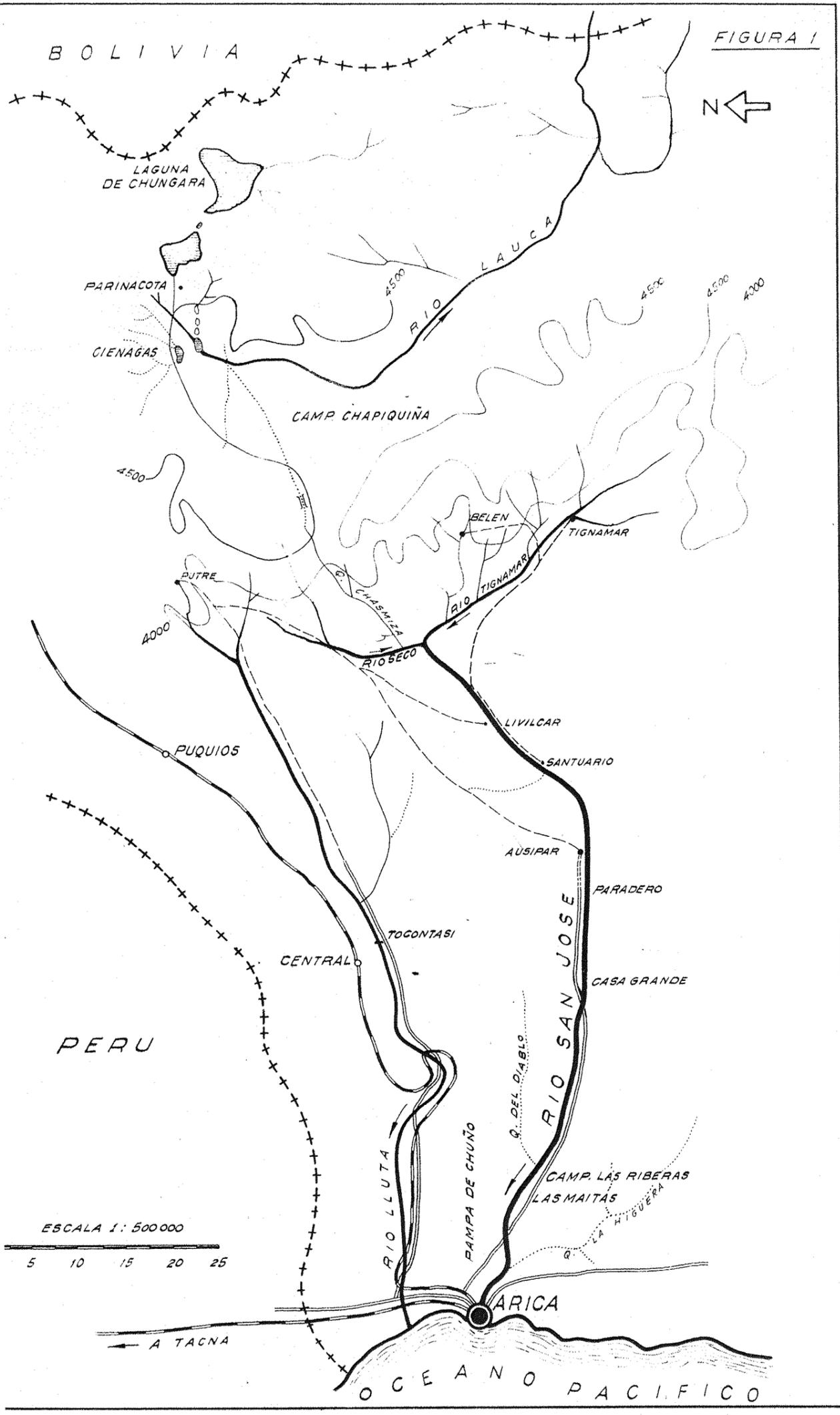
PABLO KLEIMAN - JUAN TORRES
INGENIEROS

SANTIAGO DE CHILE
1960

96/50/121

INDICE

	Pág
1. Objetivo	1
2. Conclusiones	1
3. El Valle de Azapa	3
4. Agua Subterránea en Azapa	8
4.1 Origen y Características	8
4.2 Precipitaciones	9
4.3 Gastos del Río Lauca	11
4.4 Vertientes y Lumbreras	13
4.5 Pozos y Sondajes	14
4.6 Composición Química	15
4.7 Experiencias de Bombeo	16
4.8 Explotación Actual	23
4.9 Superficie Regada	25
4.10 Escurrimiento Subterráneo	26
4.11 Embalse Subterráneo	28
4.12 Posibles Desarrollos	29
5. Derechos de Agua	30
6. Desarrollo Futuro	35
7. Plan de Investigación	38
8. Lista de Anexos	42



1 OBJETIVO

El presente estudio fue ordenado por la Dirección de Riego en febrero de 1960. Tiene por objeto informar, en forma preliminar, sobre las condiciones del agua subterránea en el valle de Azapa, orientar el despacho de las mercedes de agua en actual tramitación, y formular un plan para proseguir la investigación del agua subterránea en dicho valle.

Es muy grato para los que suscriben expresar sus agradecimientos a los Geólogos del Punto Cuarto, Sres. Robert Dingman y William Doyel, y al Ingeniero de Riego, don Nicanor Rojas, por la ayuda que les prestaron en la preparación del presente informe.

2 CONCLUSIONES

- 2.1. El escurrimiento subterráneo en el relleno aluvial del valle de Azapa es del orden de 500 lt/seg.
- 2.2. El gasto continuo extraído de la napa es de 400 lt/seg; 50, para el Agua Potable, y 350 lt/seg para regadío.
- 2.3. La superficie regada en la actualidad es de 700 Ha, con una tasa de riego de 15 000 m³/Ha/año. (0,5 lt/seg/Ha). El área regada varía con el tiempo.
- 2.4. En los sectores de Las Riberas, Alto Ramírez, Las Maitas y Pago de Gómez se ha desarrollado al máximo la explotación del agua subterránea. Las peticiones de nuevas obras en esa zona deben ser denegadas.
- 2.5. En el costado norte del valle, entre Pago Gómez y Saucache, se presentan condiciones favorables para la explotación de la napa. Otro tanto ocurre entre Punta de Chuño y el océano. Esa zona debe ser investigada.
- 2.6. La capacidad de almacenamiento del embalse subterráneo ya ha sido aprovechada, produciendo una depresión permanente del nivel estático. Las vertientes y norias se han secado. No debe pensarse en nueva utilización del embalse subterráneo mientras no se incremente la recarga.
- 2.7. Existen promisorias condiciones para recarga artificial de la napa entre Paradero y Casagrande, las cuales deben ser investigadas. Ocasionalmente el agua de las crecidas del río ha llegado al mar, perdiendo la oportunidad de recargar la napa y formar nuevo terreno agrícola simultáneamente.

- 2.8. La situación actual del valle es confusa. La Dirección de Riego debe poner orden en la explotación del agua subterránea, empleando las facultades que la ley le confiere, e impidiendo que se construyan nuevas obras sin autorización. Debe hacerse respetar los derechos de los regantes antiguos del valle.
- 2.9. Es necesaria la confección de un rol de aguas con registro de todos los pozos, sus características más salientes y los derechos legales o de otro orden. A Riego, como Dirección de Aguas, le corresponde llevar ese rol.
- 2.10. No deben concederse mercedes sobre el agua superficial del río San José. Debe reconocerse la actual Asociación de Agricultores como Junta de Vigilancia, aprobando el rol de derechos sobre el agua eventual del río.
- 2.11. Debe completarse la investigación del agua subterránea en el valle, cubriendo los puntos que se mencionan en el párrafo 7. Es imperativo que la investigación y el rol estén listos antes que el Lauca entre en funciones, en 1961, y cambien las condiciones.
- 2.12. Es necesario coordinar la acción de Riego y Corfo en la zona, para aprovechar mejor los recursos disponibles. Además, conviene que Riego utilice los servicios de los especialistas del Punto Cuarto, del Instituto de Investigaciones Geológicas.

Las cifras de 2.1. , 2.2. y 2.3. son aproximadas y deben confirmarse o modificarse mediante investigación directa.

3 EL VALLE DE AZAPA

.1. Hidrografía

El río San José, pese a ser un cauce seco en Arica, drena una extensa hoya fluvial. Las nacientes de este sistema hidrográfico se encuentra en el flanco occidental de Los Andes a una cota de 4 000 a 4 500 m sobre el mar. El San José se forma por la confluencia de los ríos Tignamar y Seco a 70 Km al este de Arica, en el punto que se ve en figura 1. El agua viene del sur, de las quebradas de Tignamar y Belén. De lado norte casi no llega caudal, lo que explica el nombre del río Seco. Por el lecho del río, el recorrido hasta el mar es de unos 100 Km.

En su parte superior el río corre por un cauce muy angosto en un cajón de más de 1 000 m de profundidad. Hacia abajo de Ausípar, el fondo del valle se ensancha gradualmente hasta llegar a unos 2 Km de ancho cerca de Arica. El cajón tiene unos 600 m de profundidad en Ausípar, pero se ha reducido ya a 300 m en Las Riberas, y al norte de Arica ya no tiene un cajón o valle propiamente tal, pues corre al nivel general de la planicie. En una extensión de 50 Km, desde Paradero al mar, la pendiente es notablemente uniforme y del orden de 2 ‰.

El río San José es una corriente permanente sólo hasta Ausípar, aunque su caudal es muy pequeño la mayor parte del año (del orden de 100 lt/seg en Livilcar). En los meses de verano llueve en la alta cordillera y se producen "bajadas" del río que suelen llegar hasta el mar. Como consecuencia, hacia abajo de Ausípar el San José es una corriente muy ocasional. Durante las creces normales el agua es captada para empapar el terreno, y otra parte se infiltra en el lecho, de modo que no llega agua al océano.

En cambio el río Lluta, cuya naciente es vecina a la del San José, y que corre paralelo a éste (ver figura 1), tiene caudal todo el año y el agua llega al mar. El gasto medio del Lluta en Tocontasi, a 40 Km del océano Pacífico, antes de empezar la zona de riego, es de 2,2 m³/seg. El Lluta tiene una hoya alta de nieve de que carece el San José.

En años normales puede esperarse que el agua del San José llegue una vez al mar, y durante varios días. Así ocurrió en febrero de 1943. Generalmente se producen unos 30 días de crece en el año.

Antes de 1955 hubo varios años en que el agua no llegó al océano. En enero de 1955 el río bajó hasta el mar; la crecida duró 2 meses. En febrero de 1959 el agua llegó nuevamente al Pacífico; la crecida duró hasta el 12-III-59, y el caudal del río en su parte baja fue estimado en 3 m³/seg (cortó el camino). En enero del presente año el río tuvo una crece de 20 días de duración. Sin embargo, el agua no llegó ni siquiera a la parte inferior del valle, con lo que se planteó por los agricultores la necesidad de someter el río a

turno. En años secos puede ocurrir que ninguna crece alcance hasta Las Riberas.

.2. Pluviometría

Como se sabe la zona de Arica se caracteriza por la falta total de precipitaciones. Con la mayor altura, cerca de Los Andes, aumenta la lluvia, la cual sobre los 4 000 m alcanza a unos 275 mm por año en el territorio chileno. Como las precipitaciones ocurren en los meses de verano, la mayor parte cae como agua o granizo, salvo en los cerros más elevados de Los Andes. En la zona de Parinacota, en que se encuentra el Campamento de Riego, a 4 400 m de altura, se ha observado una gran variación en el agua caída en distancias de algunas decenas de Km, aunque no haya cambio de altura. No existe un registro adecuado de esas precipitaciones. La lluvia anual sufre grandes variaciones (en ambos sentidos) con respecto a la media, característica de los climas desérticos.

.3. Geología

Nos referimos a la geología sólo en cuanto interesa al problema en estudio.

Según los geólogos que han estudiado el valle de Azapa y zonas vecinas, las rocas que lo forman pueden agruparse de acuerdo a su edad geológica en 3 formaciones. La más antigua es la "formación porfirítica", que incluye capas marinas de piedra caliza, pizarra y arenisca intercalada con lava y tufa andesítica.

La segunda es la "formación liparítica", que incluye un conjunto heterogéneo de arcilla, arenisca y limo semi-consolidados de origen fluviolacustre y conglomerados con intrusiones de lavas, tufas y breccias.

La capa geológica más reciente es el "relleno aluvial" del cuaternario. Este relleno está compuesto de lentes intercalados de arcilla no consolidada, grava, arena y material fino (limo) depositado por el San José.

Desde el punto de vista del Ingeniero podría decirse que todo el área está formado por la liparítica sobre la cual se depositó, en el valle mismo, el relleno fluvial del San José. En cuanto a la formación porfirítica, que se encuentra a mayor profundidad, suele hacerse presente en puntos aislados, aflorando en la superficie, como ocurre junto y al oriente de Belén. Sin embargo no presenta gran interés desde el punto de vista enunciado al comienzo. No ocurre lo mismo con la formación liparítica que es la predominante no sólo en la zona de Azapa sino en toda la provincia de Tarapacá, y que podría definirse como un conjunto heterogéneo de rocas volcánicas y sedimentarias.

En cuanto al relleno aluvial, que es el que más interesa, su proceso de formación ha continuado hasta ahora. Su espesor en la

parte baja del valle es de 45 m o más. La zona de contacto entre el relleno aluvial y la liparita señala el nivel al cual el río corrió en otra época. Cerca de Arica el relleno se abre en abanico hacia el norte hasta juntarse con un depósito aluvial similar del Lluta.

3.4. Capacidad portante

Para los fines del ingeniero interesa en este caso saber cual es la capacidad portante ("water-bearing property") de esas formaciones.

La formación porfirítica no tiene la porosidad ni las características que permitan la transmisión de agua subterránea ni el almacenamiento de ésta, salvo que existan fracturas (en la alta cordillera). En tal caso, el caudal debe aparecer más abajo en forma de vertientes de escaso gasto.

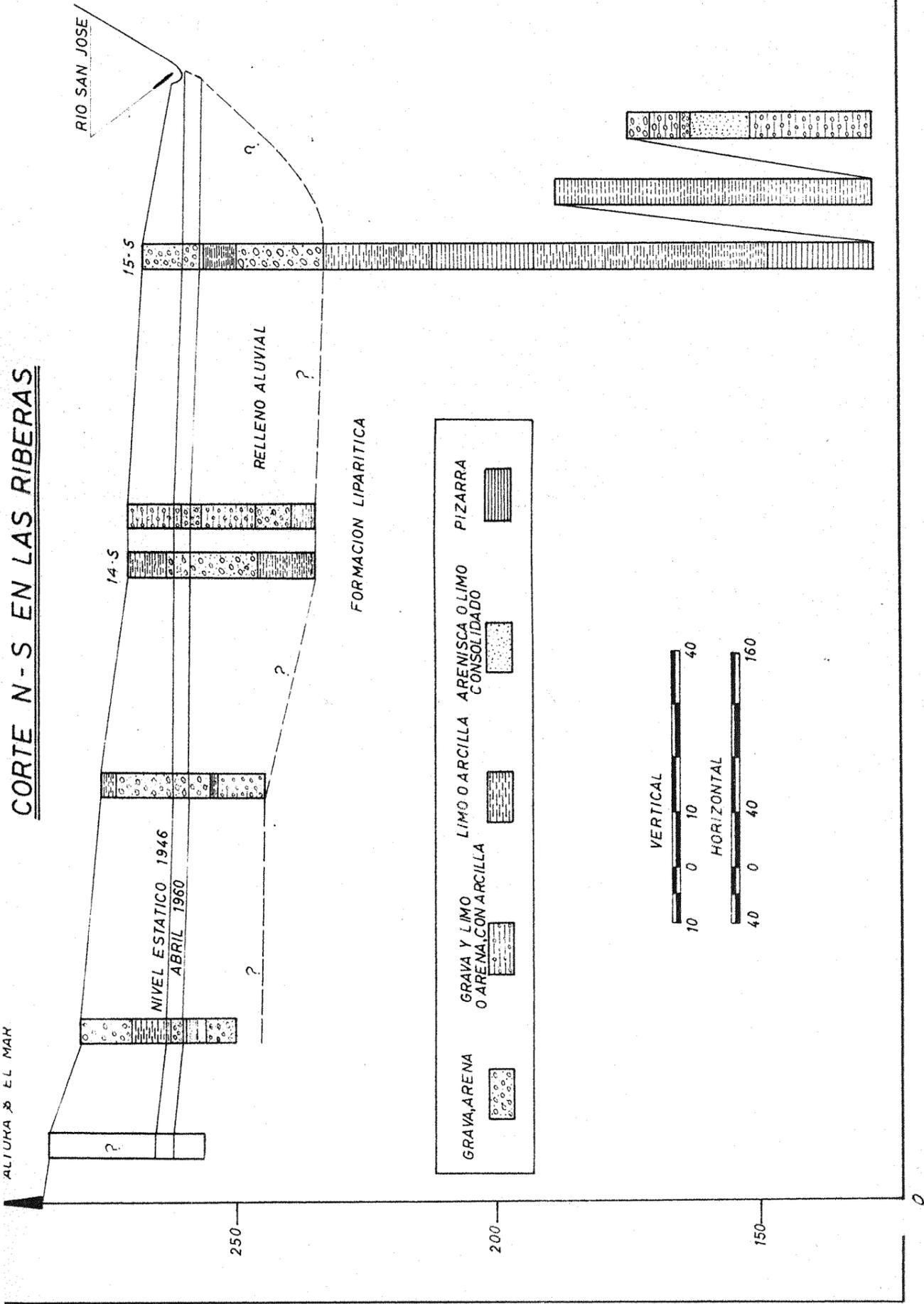
La liparita es la formación básica del valle. Sobre ella se encuentra el relleno fluvial y donde no hay relleno, la liparita llega a la superficie. Se puede observar esta formación, en corte, en las paredes del cajón en Paradero y hacia abajo de ese punto, y puede apreciarse su variación en cortas distancias.

Debido a su carácter heterogéneo la liparita tiene diferentes propiedades en relación al agua subterránea. La parte volcánica de ella es discontinua y de baja permeabilidad; su capacidad de almacenamiento y transporte de agua es muy limitado. En cuanto a las formaciones sedimentarias, a base de arcilla y finos, son impermeables. La arenisca puede transportar agua en pequeña cantidad, pero no es muy probable que tenga adecuada recarga en la alta cordillera, por las intrusiones de, o interrupción debido a, la porfirita.

A pesar de su baja permeabilidad la liparita puede tener cierta incidencia en el escurrimiento de agua subterránea, debido a su gran área. Además, ella está en contacto con el relleno aluvial a lo largo de decenas de kilómetros, y puede haber paso de agua de una a otra formación. Si en algún punto existe un nivel estático ("water table") en la liparita de mayor cota que el del relleno aluvial, habría alimentación de la primera al segundo. Lo mismo debe ocurrir en aquellos puntos en que la liparita está interrumpida por la formación porfirítica; el agua que la primera conduce debe subir y alimentar el relleno más reciente.

Las características de la liparita debajo del relleno fluvial parecen ser ligeramente diferentes de las que se observan en las paredes del cajón hacia arriba de Cabuza (o Sobraya). Uno de los sondeos de Riego en Las Riberas (ver figura 2) llegó a 250 m de profundidad. Si el relleno del valle tiene allí unos 40 m, perforó más de 200 m la formación liparítica, consistente en gruesas capas de arcilla o pizarra, limo consolidado y arenisca. Estos mantos son impermeables o de permeabilidad muy baja.

En los primeros estudios del valle se consideró que el pozo 15 había perforado la liparita. Sin embargo, su perfil no corres-



ponde a la secuencia estratigráfica que se puede esperar en la formación liparítica. No hay indicación de roca ni ceniza de origen volcánico, y, en cambio, figura un manto permeable a más de 200 m de profundidad. Esto deja abierta la posibilidad de que todo el sondaje se encuentre en el relleno del cuaternario.

Para los fines del ingeniero, la liparita puede ser descartada como fuente de captación de agua subterránea, pero puede tener importancia como una posible fuente de recarga de la napa. La información disponible no permite aclarar este punto ni el relativo al sondaje 15.

Son muy escasos los pozos que han llegado a la arenisca. Sólo se sabe que uno que llegó a ella, en Quebrada del Diablo, dió un gasto muy bajo.

Se desprende de lo anterior que el relleno aluvial reciente es la fuente principal para las captaciones de agua subterránea. Tanto el ancho como el espesor del relleno son variables desde Paradero al mar; la zona comprendida entre Cabuza (a 26 Km del mar) y Arica, es la de mayor interés práctico.

Arriba de Paradero el relleno tiene unos 300 metros de ancho y pocos metros de espesor. Hacia abajo su ancho es prácticamente igual al del valle y su espesor aumenta.

No hay información sobre el espesor del relleno aluvial aguas abajo de Las Maitas. Los sondajes de la Corfo en Concordia, al norte del Lluta, cerca del mar, han acusado un relleno del orden de 150 m. Según esto, el espesor de la capa aluvial sería siempre creciente desde Las Riberas al mar. Un espesor de más de 100 m cerca de Arica estaría de acuerdo con lo observado en los valles principales del Norte.

El perfil de los sondajes y pozos construídos en el valle muestra que el relleno aluvial está formado por lentes de arcilla poco consolidada, limo, grava y arena intermezclados, y con apreciables variaciones en cortas distancias. No cabe duda que el San José ha cambiado su curso dentro del lecho del valle, lo que ha producido una discontinuidad lateral característica en las capas del relleno. El material grueso (grava y arena) fué depositado por, y cerca de, la corriente de agua. El material fino, por las aguas quietas que inundaban durante cortos períodos el fondo del valle, fuera del cauce mismo. Esta discontinuidad lateral fué observada desde un comienzo por los ingenieros de Riego, cuando se ejecutaron los sondajes de reconocimiento en Las Riberas, hace unos 20 años. Se observó entonces que sondajes separados pocos metros entre sí tenían rendimientos diferentes, debido a la variación de los mantos atravesados. No existe allí una gradación (o clasificación) del material grueso, como en Santiago, por ejemplo, y los mantos de grava y arena suelen tener lentes de arcilla y fino intercalados.

Pero no sólo la composición es variable, sino la textura. Como consecuencia, es difícil decir cual es la permeabilidad media, o el rendimiento que se puede esperar de un pozo dado. Sin embargo se

puede afirmar que las napas de grava y arena del valle tienen permeabilidad media o alta, y se encuentran saturadas bajo el nivel estático ("water table").

El rendimiento de las vertientes revela bien este hecho. Ellas provienen de los mantos de material grueso, y su gasto varía de menos de 1 lt/seg a unos 25 lt/seg. (cabe observar que el gasto de las vertientes ha venido decreciendo, por razones ajenas a las características geológicas). El aprovechamiento de estas vertientes para regadío se remonta, sin duda, a la época incaica.

4 AGUA SUBTERRANEA EN AZAPA

.1. Origen y Características

El agua subterránea que escurre en el relleno aluvial del valle de Azapa tiene su origen en la infiltración desde el río San José. La mayor parte de ella ocurre durante las creces, en los meses de diciembre a marzo, cuando el agua llega a la parte baja del valle. Sin embargo, existe también una recarga permanente, pero en menor escala.

En efecto, el San José escurre todo el año hasta Livilcar, y aunque el gasto es sólo del orden de 100 lt/seg, existe recarga por infiltración en el lecho del río y por retorno del riego ("return flow") de las pequeñas áreas regadas en esa zona del valle.

Durante las creces la recarga se incrementa, ya que el agua pasa a ocupar un lecho seco, aguas abajo de Ausipar. Además, los agricultores, desde Casagrande hacia abajo, empapan el terreno todo lo que pueden, produciendo recarga adicional. Así se explica que el agua no llegue al mar durante las creces, y que tiende a ser menor el gasto que alcanza la parte baja del valle, entre Las Riberas y el océano.

Después de la crece de enero del presente año, el agua siguió escurriendo hasta Casagrande. El 15-II-60 se efectuaron aforos cerca de Paradero y en la antigua toma (proyectada) en Casagrande. Se obtuvo 124 y 62 lt/seg respectivamente.

En esa ocasión, el agua era notablemente clara, y se perdió el 50 % del gasto en un recorrido de 15 Km. No cabe duda que existe una recarga natural en esa zona, y otro tanto ocurría aguas arriba. El resultado indica, además, la fuerte permeabilidad del relleno aluvial, y demuestra que fué acertada la decisión de la Dirección de Riego de ubicar cerca de Paradero la toma del canal que captará las aguas del Lauca en el San José. La toma fué desplazada 15 Km hacia aguas arriba de Casagrande, y el canal de riego será revestido.

La profundidad del nivel estático varía a lo largo del valle. Mientras en Cabuza, a 26 Km del mar, es de -39 m con respecto al terreno (sondaje 1F) es de -17 m en el pozo 89, 20 Km más abajo. El nivel estático se acerca a la superficie al moverse valle abajo. En las escasas vertientes que no se han secado, el nivel estático llega a la superficie.

Hasta 1935 el agua subterránea descargaba en forma natural en las vertientes y por evapo-transpiración de las plantas. A esto debe sumarse el agua que descarga, subterráneamente, al mar. En cuanto a la descarga por evapo-transpiración, puede afirmarse que es pequeña, ya que sólo en las vertientes, y en uno que otro punto del valle, el agua se acerca a la superficie.

Donde ello ocurre, se pierde agua a través de la vegeta-

ción natural. En el resto, o sea en la mayor parte del área del valle, la pérdida por evapo-transpiración debe ser casi nula.

No cabe duda que el nivel estático ha variado radicalmente en el curso de los últimos 20 años, influenciado por el bombeo y por las avenidas, pero no existe información que permita analizar esa variación.

Por último, y como se mencionó en 3.4., existe la posibilidad de ganancia de agua desde, o pérdida hacia, la liparita.

.2. Precipitaciones

Por la incidencia que tiene, tanto en el caudal del Lauca como en el San José, conviene analizar las características de las precipitaciones en las nacientes de esos ríos.

La Dirección de Riego controla la estación pluviométrica de Parinacota, ubicada a 15 Km de la frontera con Bolivia. En el cuadro 1 se tiene la estadística a partir de 1933. La mayor parte de la precipitación cae en forma de lluvia, durante los meses de verano. La lluvia media anual es 342 mm. Se dan los datos para el año hidrológico, del 1° de mayo al 30 de abril, para no partir en dos la temporada de las lluvias.

La estación mencionada tiene mucha importancia en relación al río Lauca, pero no al San José. En efecto, a pesar de la corta distancia que separa las nacientes de estos ríos, el régimen pluviométrico es diferente. La cabecera del Lauca, y las Ciénagas de Parinacota en su nacimiento, se encuentran a unos 4 400 m de altura. Las nacientes del San José están a 4 000 m o menos. Entre ambas, hay un cordón de cerros de más de 4 000 m de altura. Como las lluvias vienen de Bolivia, la estación de las lluvias se inicia antes en la hoya del Lauca, situada más al oriente, y termina más tarde. En general, puede decirse que las lluvias en el Lauca comienzan en noviembre y terminan en marzo, y que en el San José comienzan en diciembre y terminan en febrero. Este hecho tiene gran importancia para el desarrollo futuro del agua subterránea en Azapa, como se verá más adelante.

Existe también una diferencia orográfica en la hoya de ambos ríos. En el Lauca existen picachos elevados de Los Andes, cubiertos de nieve casi todo el año. En el San José no hay hoya de nieve. Este hecho, unido a la mayor precipitación, explica que el Lauca tenga escurrimiento permanente, y que su gasto no sufra las grandes variaciones que ocurren en el San José.

Por vía de comparación se obtuvo la estadística de 2 estaciones pluviométricas de Bolivia, en Oruro y en Salinas de Garci Mendoza, a 228 y 95 Km del límite respectivamente. La lluvia media anual en Oruro fué de 340 mm y en Salinas de 170 mm, en los últimos años. Los datos pluviométricos de Oruro se han resumido en el cuadro 9 del anexo. El régimen tiene las mismas características del de Parinacota, con lluvias máximas en enero, febrero, marzo y diciembre (en ese orden).

Cuadro 1

PRECIPITACIONES EN PARINACOTA ° (mm)

Año hidrológico

AÑO HIDROLOGICO	NOV	DIC	ENE	FEB	MARZO	RESTO AÑO	TOTAL
1933	-	-	100	165	185	76	526
1934	5	29	119	94	88	4	339
1935	4	58	100	47	23	20	252
1936	4	44	147	105	25	-	325
1937	2	20	25	93	68	-	208
1938	10	2	227	118	60	1	418
1939	1	13	40	-	-	14	68
1940	-	30	107	31	-	9	177
1941	-	63	112	9	6	8	198
1942	-	67	72	175	100	39	453
1943	-	37	81	167	36	16	337
1944	-	116	179	96	-	14	405
1945	-	6	67	92	69	47	281
1946	34	219	149	56	-	22	480
1947	18	66	61	141	76	9	371
1948	-	87	213	207	74	61	642
1949	5	28	29	38	58	50	208
1951	36	38	175	38	22	29	338
1952	-	33	47	100	98	125	403
1953	47	40	124	217	106	10	544
1954	48	54	92	117	166	-	477
1955	23	151	56	89	-	2	321
1956	-	21	83	52	40	8	204
1957	-	20	135	74	67	5	301
1958	-	27	11	103	109	12	262
1959	-	77					

MEDIA ANUAL 342 mm

*Altura sobre el mar 4 400 m



En cuanto a Salinas, no se incluyen sus valores, por corresponder a un régimen diferente, más seco, con precipitación nula en algunos años.

.3. Gastos del río Lauca

El Lauca presenta gran interés en relación con la explotación futura del valle de Azapa. Además, su régimen y variaciones de caudal en verano, dan cierta indicación sobre las características del año hidrológico para el San José.

La Dirección de Riego tiene en construcción las obras de desviación del Lauca. Falta sólo la terminación del túnel para que el agua pueda pasar de la hoya del Lauca (que drena a Bolivia) a la del San José. La "Endesa" aprovechará la diferencia de nivel para generar energía, pero el uso agrícola del agua podrá iniciarse en forma independiente de la construcción de las centrales hidro-eléctricas, antes que éstas funcionen.

El agua del Lauca será vaciada al cauce del San José (o a quebradas afluentes de éste antes que se construyan las centrales), se juntará con la del río en su parte alta, será captada cerca de Paradero y conducida por canal de 25 Km de largo y 2,5 m³/seg de capacidad hasta Cabuza, con entrega parcial en Casagrande. En la zona, hay unas 2 000 Ha de uso agrícola, de propiedad de la Caja de Colonización. Esos terrenos han sido explotados en forma muy eventual en base a las crecidas del río.

En el cuadro 2 se tienen los gastos medios mensuales de "Lauca en Estancia el Lago", controlado por la Dirección de Riego. El gráfico 3 se ha dibujado con los gastos medios semestrales del Lauca, y la lluvia semestral en Parinacota. Se utilizó el gasto medio semestral porque el río presenta dos períodos bien definidos; el primer semestre con gastos grandes, del orden de 1,5 m³/seg, y el segundo con gastos bajos (salvo, ocasionalmente, en diciembre) del orden de 0,7 m³/seg. No hay datos desde 1955 a 1959, y el último del Lauca, para febrero 1960, es el valor del aforo, 1,5 m³/seg. (Cuando no se disponía de estadística, se usó el valor de los aforos para dibujar el gráfico).

El análisis del gráfico muestra buena coincidencia entre las crecidas del río y las lluvias en Parinacota. Obsérvese el paralelismo en los años 1937, 1939, 1944, 1945, 1948 y 1949. El año 1956 se observa una fuerte reducción del caudal del Lauca, que concuerda con una lluvia muy escasa. Posteriormente, no se observa paralelismo entre los dos factores. Desde 1950 a 1958 hay una declinación constante del gasto medio del río, lo que concuerda con la penuria de agua cada vez más pronunciada en el valle. Hay una interrupción en esta tendencia en 1955, pero luego se reanuda. (En enero de 1955 el San José tuvo una crece en que el agua llegó hasta el mar durante dos meses).

Las obras del Lauca están sobre-dimensionadas, lo que se justifica desde el punto de vista económico, y captarán la mayor par-

Cuadro 2

RIO LAUCA EN ESTANCIA EL LAGO

Gastos medios mensuales en m³/seg

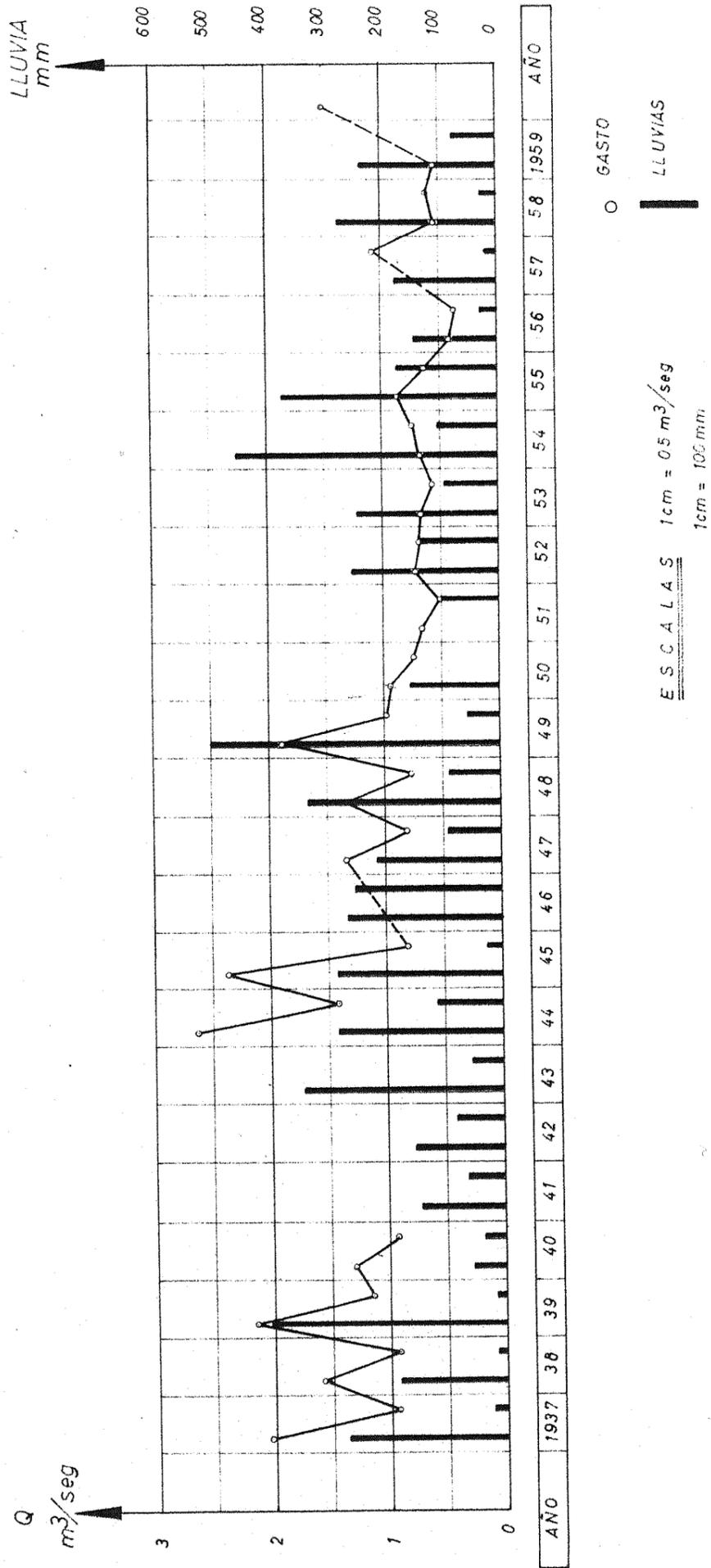
	1937	1938	1939	1940	1944	1945	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Enero		1,1	2,0	1,2	1,0	2,5	-	0,73	1,85	0,93	0,6	0,9	-	0,6	0,86
Febrero	>3,0	2,1	2,3	1,2	4,6	2,5	>1,5	1,2	>3,6	0,9	0,9	1,0	-	0,95	-
Marzo	3,1	2,3	3,5	1,0	3,8	2,5	1,4	2,5	>2,2	1,15	0,8	0,74	-	-	-
Abril	1,4	1,5	1,7	1,8	2,7	2,5	1,4	1,4	1,3	0,9	0,6	0,5	0,7	0,62	-
Mayo	1,0	1,2	1,7	1,5	1,9	1,8	1,2	1,0	1,2	0,9	0,56	0,56	0,68	0,62	-
Junio	1,25	1,2	1,7	1,0	1,8	-	1,2	1,1	1,2	0,9	0,56	0,7	0,63	0,66	0,9
Julio	1,0	1,3	1,6	1,0	1,5	0,9	1,2	1,1	1,2	0,9	0,56	0,72	0,64	0,64	0,83
Agosto	0,8	1,2	1,5	1,04	1,35	0,74	0,8	1,1	1,2	0,9	0,56	0,7	0,63	1,06	-
Septiembre	0,65	1,0	1,0	1,0	1,3	0,7	0,73	-	0,9	0,9	0,56	0,7	0,56	1,04	-
Octubre	0,83	0,7	1,0	0,88	1,3	0,7	0,7	0,53	0,9	0,62	0,56	0,63	0,54	0,58	-
Noviembre	0,9	0,64	0,8	0,78	1,3	0,7	0,7	0,53	0,8	0,56	0,56	-	0,54	0,6	-
Diciembre	1,0	0,67	0,9	0,8	1,7	0,8	0,7	0,58	1,0	0,56	0,34	-	0,52	0,58	-

Todos los valores son aproximados

o Valor del aforo (h=cte)

GASTO MEDIO SEMESTRAL DE RIO LAUCA
PRECIPITACION SEMESTRAL EN PARINACOTA

GRAFICO 3



te del año la totalidad del gasto del río. Este será del orden de 0,6 m³/seg en los meses de escasez de agua y del orden de 1,8 m³/seg durante las crecidas.

Existe una diferencia fundamental en la calidad del agua de Lauca y San José durante las creces. El aforo y muestreo del agua del Lauca el 17-II-60 corresponde a condiciones de crecida; se notaban en el terreno vestigios de lluvia reciente. Sin embargo, el agua era muy clara. En cambio, durante las creces del San José, no baja agua, sino un líquido formado por agua, limo, ripio, arena, trozos vegetales, etc. La composición química del agua, aún después de pasada la crece, es también diferente; el agua del Lauca es muy blanda. (Véase análisis químico en párrafo 4.6.).

4. Vertientes y Lumbreras

La explotación primitiva del agua subterránea se hizo utilizando las vertientes (V). A éstas, les hicieron trabajos de mejoramiento y ensanche, siguiendo la veta de agua hacia arriba, o haciéndolas aflorar a la superficie, convirtiéndolas así en las llamadas lumbreras. También se utilizó el agua subterránea para uso doméstico mediante norias (N), que penetraban apenas en la napa ("acuifer") y en que el agua se extrae en balde o a tarro.

Las vertientes principales se encuentran en la zona de Las Riberas, Pago de Gómez, y a lo largo de la línea costera en Arica, hasta unos 3 Km al norte del pueblo (al sur, el escurrimiento está impedido por el morro).

Es muy difícil determinar hoy día cual fué el caudal de las vertientes. Estas sufrían grandes variaciones de caudal con las crecidas del río y períodos de sequía. Los aforos de ellas, iniciados hace 20 años, son esporádicos, y no permiten sacar conclusiones. A la falta de información, se une el hecho de que los derrumbes y frecuentes trabajos de mejoramiento de lumbreras y galerías, producían cambios de caudal que no guardan relación con la hidrología.

Entre las vertientes principales se puede mencionar San Miguel (16), Albarracines (28), Mita Chica (51), La Concepción (13), Media Luna (50) y El Gallito (54) (galería de infiltración). Con excepción de Albarracines y El Gallito, las demás se han secado. Hace unos 15 años, cuando la explotación mecánica del agua era reducida, las vertientes tenían gastos de 10 a 30 lt/seg (calculados en base a los aforos y a las superficies regadas). Hubo grandes fluctuaciones del caudal, con declinación lenta durante los largos períodos de sequía, y aumento más o menos brusco 2 a 3 meses después de las crecidas del río. Con la introducción del bombeo se secaron primero galerías y socavones, y más tarde las vertientes.

En base a la información disponible, se dibujaron gráficos del caudal de las vertientes Mita Chica y El Gallito, y lluvias de Parinacota. Se les ha omitido, porque no se llegó a ninguna conclusión. Además, los aforos eran muy espaciados, y algunos acusaban gastos de más de 120 lt/seg, lo que sugiere o un error en las medidas

o que no se consideró la influencia de los estanques de almacenamiento.

La variación de gasto de las vertientes se aprecia en los aforos efectuados por nosotros. A saber

Vertiente	Fecha	Gasto lt/seg	Fecha	Gasto lt/seg
Albarracines	15-II-60	7,5	3-IV-60	4,4
El Gallito	15-II-60	4,0	4-IV-60	0,5
del Estanque	15-II-60	2,7	3-IV-60	2,0

La vertiente del Estanque nace junto a, y poco más arriba de, Albarracines.

La mayor parte de vertientes, lumbreras y socavones está ubicada en el relleno cuaternario, en el centro del valle. Aquéllas, como San Miguel, 16 V, formada por un socavón largo y profundo, fueron de las primeras en secarse. En cambio, no ocurrió así con Albarracines, que nace junto al barranco sur; ni con El Gallito, que nace cerca del barranco norte del valle. La cota relativa de estas dos vertientes es mayor que la de las que se han secado, lo que sugiere un tipo de escurrimiento confinado o semi-artesiano. Esto se explicaría por su proximidad a la formación liparítica en el barranco o falda del valle. Existe la posibilidad de que Albarracines esté alimentada por la liparita.

.5. Pozos y Sondajes

La verdadera explotación del agua subterránea del valle se hace por medio de pozos, P, ("dug wells") y sondajes, S, ("wells"). Se ha usado la palabra pozo, que es genérica, para aquéllos excavados a mano, abiertos, revestidos o no; y sondaje, para la perforación hecha con sonda y en que la bomba corre dentro de tubería ranurada. Hasta hace poco, el bombeo de pozos y sondajes servía sólo para uso agrícola. Con la creación del puerto libre, ha empezado a desarrollarse el uso industrial, en la zona situada al nor-este de Arica (97-S y 98-P, por ejemplo).

Los primeros pozos construídos en el valle fueron equipados con molinos de viento, y sus rendimientos eran de 1 a 3 lt/seg. Las profundidades normales fueron de 15 a 30 m. Con el tiempo, la mayor parte de esos pozos fué abandonado, pero los molinos de viento subsisten, como en los pozos 93-P y 99-P. Otros fueron profundizados y revestidos, para instalar bomba elevadora movida por motor a petróleo. De todos modos, a pesar del incremento en el número de pozos, su

importancia ha ido decreciendo en relación a los sondeos, y son éstos, más recientes, los que extraen la mayor parte del agua.

La ubicación de pozos y sondeos puede apreciarse en el plano que se acompaña, que cubre la zona que va de Cabuza al mar. Más arriba de Cabuza no hay obras en explotación, aunque la Dirección de Riego construyó en Pan de Azúcar (a 40 Km del océano) dos sondeos de reconocimiento.

Se observa que la distribución de los pozos es desigual. Hay zonas como Las Riberas, Las Maitas y Pago de Gómez, en que hay concentración de pozos, con el resultado de que se ha producido una depresión ("drawdown") permanente del nivel estático, lo que ha reducido el gasto extraído por los pozos más antiguos de menor profundidad. En esas zonas, no sólo se han desarrollado los recursos de agua subterránea, sino que se han sobredesarrollado ("over-developed"). En 1946 el nivel estático del sondeo 14 era de -8 m; en cambio era de -12 m algunas semanas después de la crece de enero de 1960.

En el cuadro 10 del anexo, figura la lista completa de pozos con sus propietarios, ordenados de arriba-abajo. En el plano figuran también número y nombre de ellos, en la zona que corresponde. En el cuadro 11 del anexo se tiene la misma lista del cuadro 10, ahora por orden alfabético de propietario. Como se siguen construyendo pozos es posible que al emitirse este informe ya existan nuevas obras no incluidas en lista.

La profundidad usual de los sondeos construídos en los últimos años queda comprendida entre 40 y 55 m. El rendimiento de los mejores es, como máximo, de unos 40 lt/seg, como ocurre con los sondeos de Cabuza (1-A y 1-B), Caja de Colonización (29-S) y Miguel Wong Hin (55-P); pero el gasto de la mayoría es de unos 20 lt/seg. Normalmente, el equipo elevador tiene una capacidad mayor que el gasto bombeado, lo que significa trabajar con bajo rendimiento mecánico.

En los sondeos se ha observado el mismo fenómeno de reducción de gasto que en pozos y vertientes, salvo en unos pocos construídos por la Dirección de Riego que penetraron más en el relleno aluvial. El sondeo 14, en Las Riberas, presenta particular interés. Tiene 38 m de profundidad y tubería de 12". Ha estado en uso casi continuo (de día) desde 1943. El gasto era de 32 lt/seg en 1945 y es de 24 lt/seg en la actualidad. El nivel estático, en el sondeo 15, vecino, es de -10,9 m.

4.6. Composición Química

A mediados de febrero de 1960 se tomaron 13 muestras de agua en la zona; una en la toma del Lauca, a la cota 4 000 m, otra en el San José en Paradero, a la cota \pm 1 000, y las otras 10 de la napa subterránea del valle de Azapa, entre Las Riberas y Arica. Se hizo análisis químico de ellas, lo que puede dar información acerca de su origen geológico y posible zona de recarga. Hay 12 análisis en

la hoya del San José. Los resultados obtenidos se han resumido en cuadro 5.

En él, las muestras se han ordenado de cordillera a mar. Se observa poca variación en las características químicas. El pH es neutro o ligeramente alcalino. Agua de sondajes y vertientes tiene dureza similar; el agua de pozos parece ser poco más dura. También se observa cierto incremento de los cloruros y de la dureza total hacia abajo, pero aún junto al mar el agua es de buena calidad.

Análisis efectuados en 1946 acusaron resultados similares. El agua de Las Riberas tenía entonces 240 p p m, frente a 274 de ahora. No se observa gran variación en los demás pozos con respecto a los de ahora.

El agua del Lauca es más blanda y más alcalina que el agua subterránea de Azapa. En cambio, la del San José es más dura; la muestra se tomó con agua clara, después de la crece.

No existen diferencias de composición en el agua proveniente del relleno aluvial que permitan obtener conclusiones sobre el origen geológico del agua subterránea. La similitud sugiere una fuente común de recarga, en la parte alta del valle, como ya se ha expresado. El agua del sondaje de Defilipies, N° 85, no muestra influencia de la quebrada de Achá que signifique variación de su calidad.

En el cuadro 12 del anexo se han tabulado los resultados de todos los análisis.

4.7. Experiencias de Bombeo

En junio de 1956 la Dirección de Riego efectuó experiencias de bombeo en la Colonia J. Noé, de la Caja de Colonización, formada por los predios "Hacienda Grande de Azapa" y "San Luis". En julio de 1958 efectuó experiencias en Cabuza, aprovechando los sondajes que ella misma construyó al reconocer el valle. Se analizará primero las de J. Noé.

4.7.1. Juan Noé En fig. 4 se da un croquis de ubicación de los sondajes. Se bombeó durante 120 horas el N° 32, de 48 m de profundidad y 10" diámetro, y se midió el gasto, y las depresiones en los sondajes 29, 30, 31 y 33. Todos los valores registrados fueron analizados, considerando cada serie de valores como una experiencia, para calcular la transmisividad, T, ("transmissibility"). Se operó en sistema métrico, y la transmisividad T queda expresada en "m³/seg por m de ancho del acuífero, para pendiente unitaria". Se descartaron aquellas experiencias que presentaban irregularidades, o en que la información no era completa.

El cuadro 3 se dan los valores utilizados en los cálculos, en las experiencias del 19-VI y 4-IX-56. El nivel estático inicial del sondaje 32, el 19-VI, era de -19,7 m. Con los valores observados de

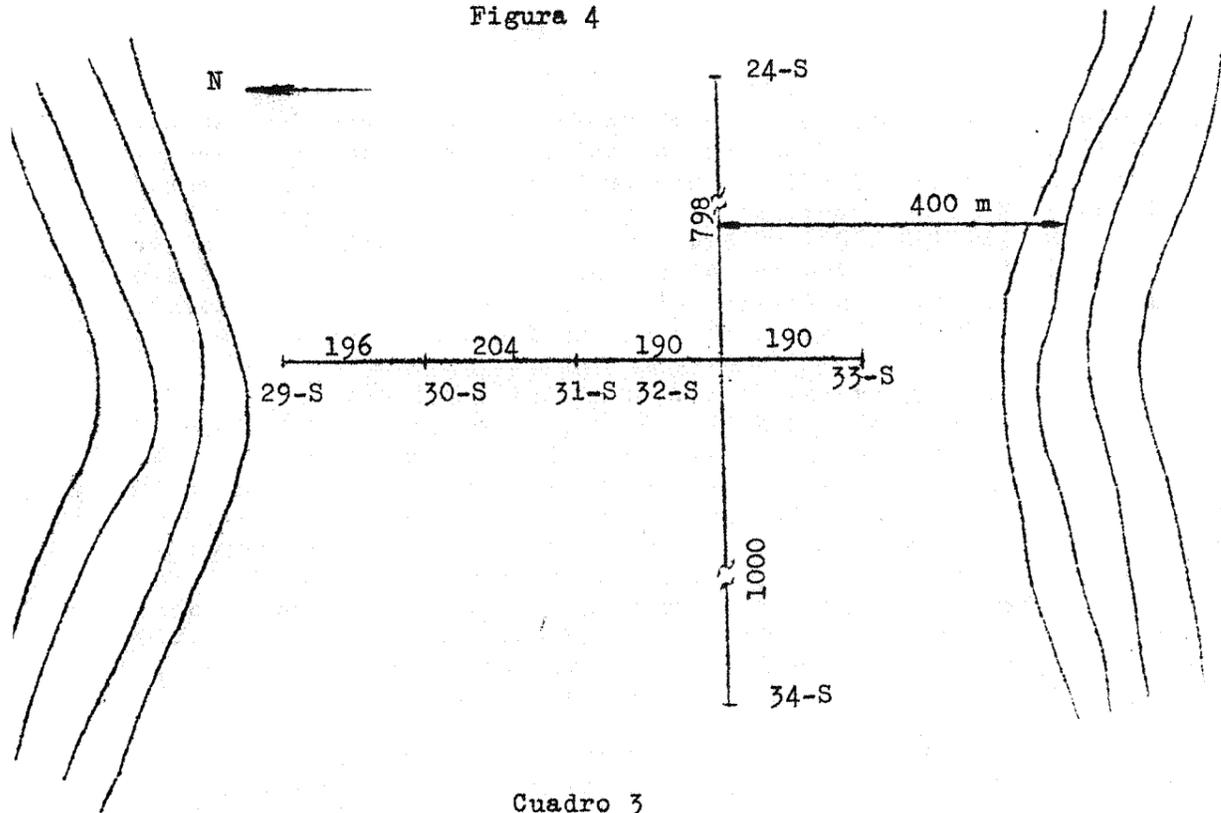
Cuadro 5

ANALISIS QUIMICO

N°	Nombre	Ubicación	Conductividad microhoms	pH	Dureza total como Ca CO ₃ p p m
-	R. Lauca	Parinacota	589	7,6	184
-	R. San José	Paradero	1 104	7,4	475
12-P	L. Lombardi	Las Riberas	600	7,3	297
14-S	Dirección de Riego	Las Riberas	584	7,1	274
16-V	San Miguel	Azapa Grande	621	7,2	313
28-V	Albarracines	Azapa Grande	633	7,2	300
33-S	Caja de Col.Agrícola	Azapa Grande	646	7,2	-
55-P	M. Wong Hin	Las Maitas	804	7,3	355
85-S	R. Defilipies	Saucache	922	7,3	368
98-P	Yac,Pet.Fis.Bolivianos	Zona Industrial	912	7,6	351
99-P	Suc. Petersen	Zona Industrial	831	7,3	304
101-S	Warrants América	Arica Norte	867	7,5	358
102-P	B. Paredes	Arica	811	7,1	402

Análisis efectuados por personal de la Dirección de Riego

Figura 4



Cuadro 3

EXPERIENCIAS DE BOMBEO EN COL. J. NOE

Se bombeo Sondaje 32

Tiempo Horas	Gasto lt/seg		Depresión en m Sondaje					Radio Influencia m	Transmisividad T m ³ /seg/m
	Bombeado	Promedio	32	33	31	30	29		
0	26								
4	30	28	2,49	0,003	0,15	0,02	0,003	600	$7,3 \times 10^{-2}$
6	35	30	3,36	0,006	0,19	0,03	0,003	600	$6,1 \times 10^{-2}$
8	40	33	4,17	0,009	0,22	0,04	0,007	630	$5,6 \times 10^{-2}$
10	45	35	5,11	0,015	0,27	0,05	0,02	650	$5,0 \times 10^{-2}$
120	47	47	5,29	0,27	0,41	0,21	0,15	1 350	$4,4 \times 10^{-2}$
cia al Sondaje 32 en m			190	190	394	590			

las depresiones se dibujó el gráfico 5, en papel semi-logarítmico, y en base a él se calculó T. Los valores de T figuran en la última columna de cuadro 3. El procedimiento de cálculo seguido es usado en el U.S. Geological Survey, y aparece explicado en el N° 43 de la Revista Ch. de Ingeniería, en noviembre de 1950. El radio de influencia ("area of influence") fué también obtenido del gráfico 5. Por definición, es aquel punto en que la depresión es cero, o sea, el límite práctico hasta donde llega la influencia del bombeo.

Para 120 horas de bombeo se obtuvo para T el valor 0,044. La serie de valores para 4, 6, 8 y 10 horas de bombeo presenta interés. Se observa un valor de T que va desde 0,073 a 0,05. Si se hubiera continuado la experiencia, más allá de las 10 horas, el valor se acercaría 0,044. Esta forma de variación parece lógica, ya que para pocas horas de bombeo la situación no se ha estabilizado y el valor de T aparece incrementado por el agua que drena el cono de depresión. Algo semejante, y a la inversa, ocurre con el radio de influencia. Al pasar de 10 a 120 horas de bombeo, éste creció de 650 a 1 350 m, pero este incremento muy superior al del gasto medio, que subió de 35 a 47 lt/seg, puede deberse a las causas que se mencionan en 4.7.3.

Las curvas del gráfico 6 del anexo resumen estos resultados. La de arriba da T en función del tiempo de bombeo (el gasto bombeado no influye), y la otra, el radio de influencia en función del gasto bombeado. Conviene advertir que los gráficos son más bien cualitativos que cuantitativos.

Si el pozo bombeado llegaba hasta la base del acuífero, o, al menos, se apoyaba en un lente impermeable, y se conoce el espesor m de la napa saturada, se puede obtener la permeabilidad P dividiendo T por m . No sabemos si se cumplen esas condiciones. El relleno fluvial tendría 46 m lo que da un espesor de napa de 26 m. Se obtiene $P=0,0017$ (m³/seg/m).

La permeabilidad P representa el gasto por unidad de área para pendiente unitaria. Su dimensión es $L T^{-1}$, y, para los fines del ingeniero, puede ser simplemente expresada en m/seg. Análogamente, se puede expresar T en m²/seg.

4.7.2. Cabuza La experiencia de Cabuza se efectuó entre los días 21 y 31-VII-58. Se bombeó en forma continua un gasto de 30 lt/seg durante 11 días, del sondaje 1-B, de 12" de diámetro y donde el relleno reconocido tiene aproximadamente 70 m de espesor.

Se observaron las depresiones en los sondajes 1-A, 1-E, 1-F, 1-G y 1-H. Como se hicieron lecturas 4 veces al día, se dispone de 44 series de valores para calcular T. Sin embargo, al analizar éstos, un gran número debió ser desechado por presentar manifiestas irregularidades, como depresión mayor a mayor distancia. Luego, al llevar los restantes al gráfico, debieron eliminarse otros, por motivos que no sería del caso detallar. Por último, fué necesario promediar distancias y depresiones, como en los sondajes 1-F y 1-G, por ejemplo, que tienen distancias parecidas. Si en una experiencia se disponía sólo de valores de la depresión en los sondajes 1-A, 1-F y

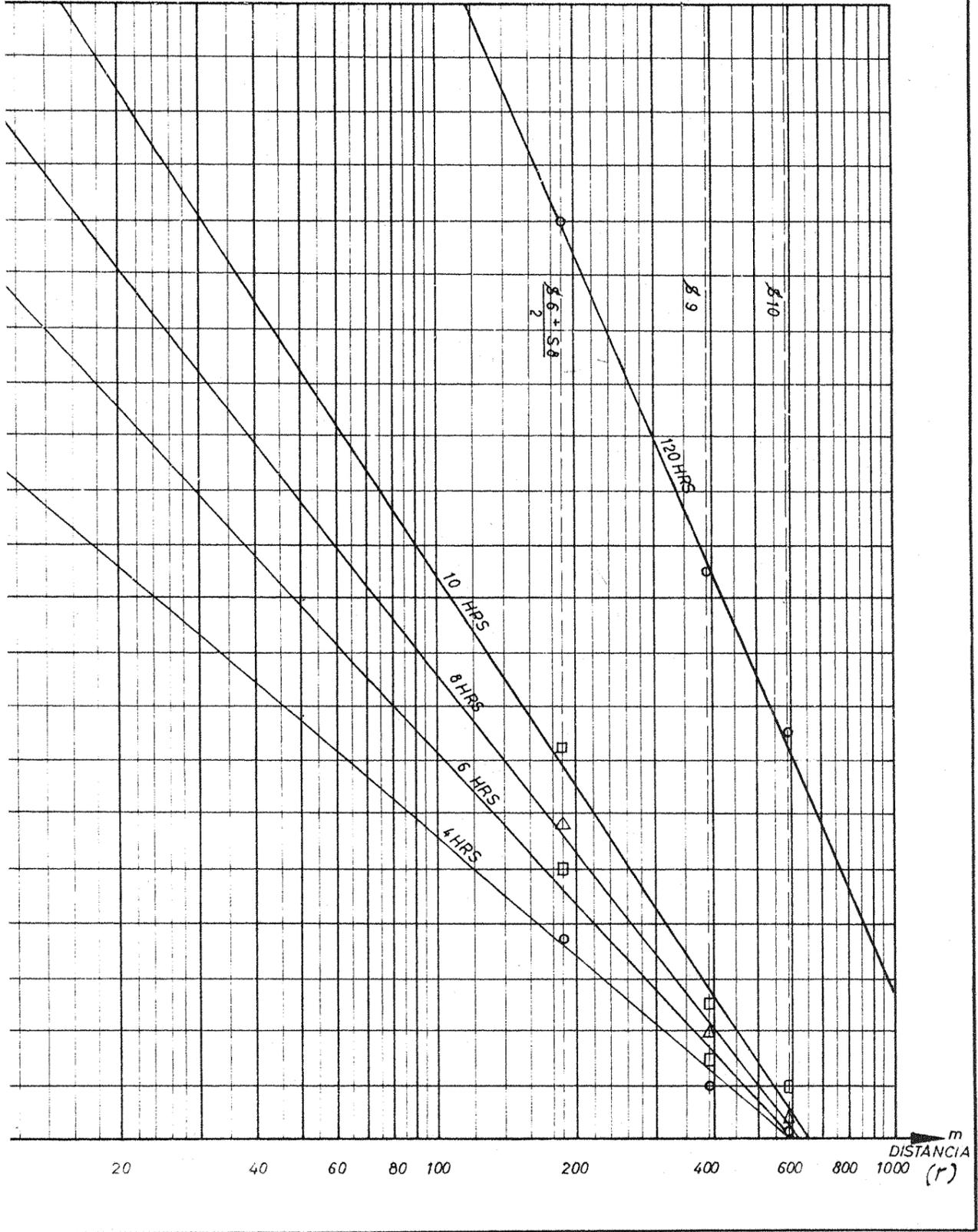
GRAFICO 5

EXPERIENCIAS EN J. NOE

DISTANCIAS Y DEPRESIONES

$$T = \frac{0.37 Q \log \frac{r^2}{r_1 r_2}}{b_1 - b_2}$$

DEPRESION (b)



1-G, ésta debía ser desechada: en el papel logarítmico se pueden trazar muchas rectas que pasan cerca de los 3 puntos.

En el cuadro 4, aparecen los valores utilizados en Cabuza, que fueron llevados a los gráficos 7 y 8. En base a ellos, se calculó T. Las últimas 2 columnas de cuadro 4 son representativas de lo que se puede esperar, o de la poca precisión, de las experiencias. A pesar de tener un bombeo de 11 días, que supone estabilización de condiciones, se obtienen valores de T que discrepan hasta en 50 %, según sea el grupo de sondajes que se considere en el cálculo. Sin embargo, las experiencias del grupo 1, acusaron un mismo valor, $T = 0,015$. El nivel estático inicial del sondaje 1-B, era de -31 m. Para un espesor de la napa saturada de 39 m la permeabilidad P resulta ser 0,0004 m/seg (o m³/seg/m²).

De las experiencias de bombeo se obtuvieron los datos que conducen a la capacidad específica de cada pozo. A saber:

Nº	Fecha	Nombre	Q lt/seg	Depres. n	Capac. esp. lt/seg/m
1-S-B	VII-58	Direc. de Riego (Cabuza)	30	14,4	2,1
30-S	II-52	Caja de C. Agrícola	38	12	3,2
29-S	VI-52	Caja de C. Agrícola	41	7	5,9
32-S	VI-56	Caja de C. Agrícola	35	5,1	6,9
32-S	IX-56	Caja de C. Agrícola	47	5,3	8,9

La mayor capacidad específica en J. Noé concuerda con la permeabilidad, más alta que en Cabuza.

4.7.3. Discusión Todos los valores que se han mencionado en los párrafos 4.7.1. y 4.7.2. tienen sólo valor ilustrativo. En una investigación completa del agua subterránea del valle deberían descartarse. Los valores de la transmisividad son demasiado altos comparados con los obtenidos en otros valles del país, y existe demasiada diferencia entre los de Cabuza y J. Noé.

Sin que este análisis sea completo, los valores de T deben considerarse como aproximaciones, porque:

- a) No se sabe si el pozo bombeado llegaba hasta la base del acuífero.
- b) Los pozos bombeados estaban cerca del barranco del valle. Cuando el cono de depresión llega a una pared, cambian de golpe las condiciones, y la transmisividad baja. Al llegar el cono a la otra pared, se vuelve a repetir el fenómeno.

Cuadro 4

EXPERIENCIAS DE BOMBEO EN CABUZA

Se bombeó Sondaje 1-B

Gasto constante 30 lt/seg

Grupo	Tiempo Horas	Depresión en m Sondaje					Radio Influencia m	Transmisividad T m ³ /seg/m
		1-A	1-E	1-F	1-G	1-H		
1	6	0,03	0,00	0,87	0,13	0,09	270	1,55 x 10 ⁻²
	30	0,10	0,01	1,03	0,33	0,07	370	1,45 x 10 ⁻²
	78	0,19	0,03	1,01	0,40	0,09	430	1,45 x 10 ⁻²
	126	0,25	0,05	1,01	0,41	0,09	480	1,5 x 10 ⁻²
	174	0,30	0,07	1,01	0,39	0,09	580	1,6 x 10 ⁻²
	222	0,34	0,09	1,04	0,52	0,10	610	1,5 x 10 ⁻²
2	240				0,41	0,10	310	1,9 x 10 ⁻²
	258				0,54	0,09	260	1,25 x 10 ⁻²
3	240	0,31	0,09	1,04			500	1,15 x 10 ⁻²
	258	0,34	0,10	1,04			530	1,15 x 10 ⁻²
Depresión en m Sondaje 1-B		234	415	43	65	210		

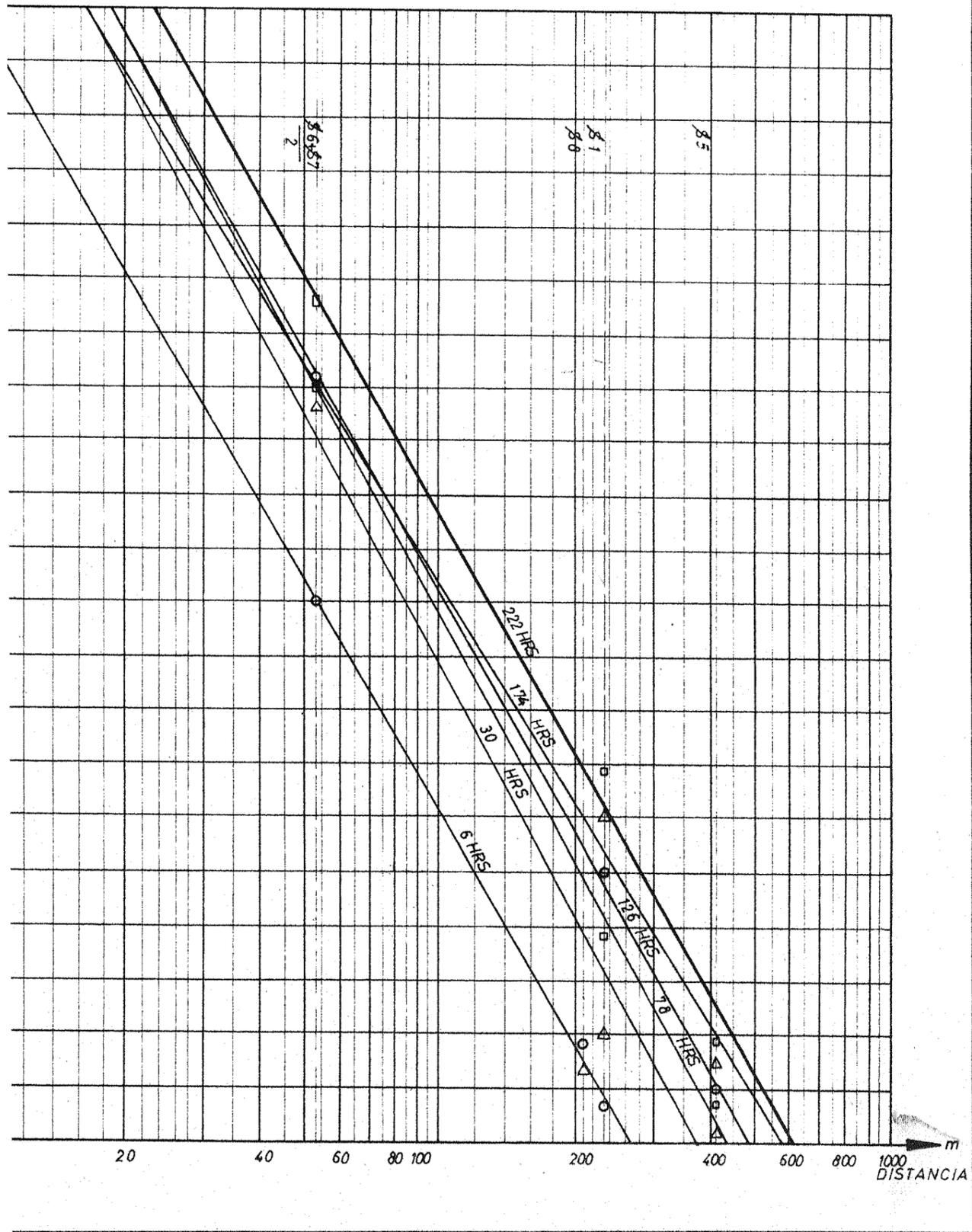


EXPERIENCIAS EN CABUZA

DISTANCIAS Y DEPRESIONES

GRUPO 1

DEPRESION (h)

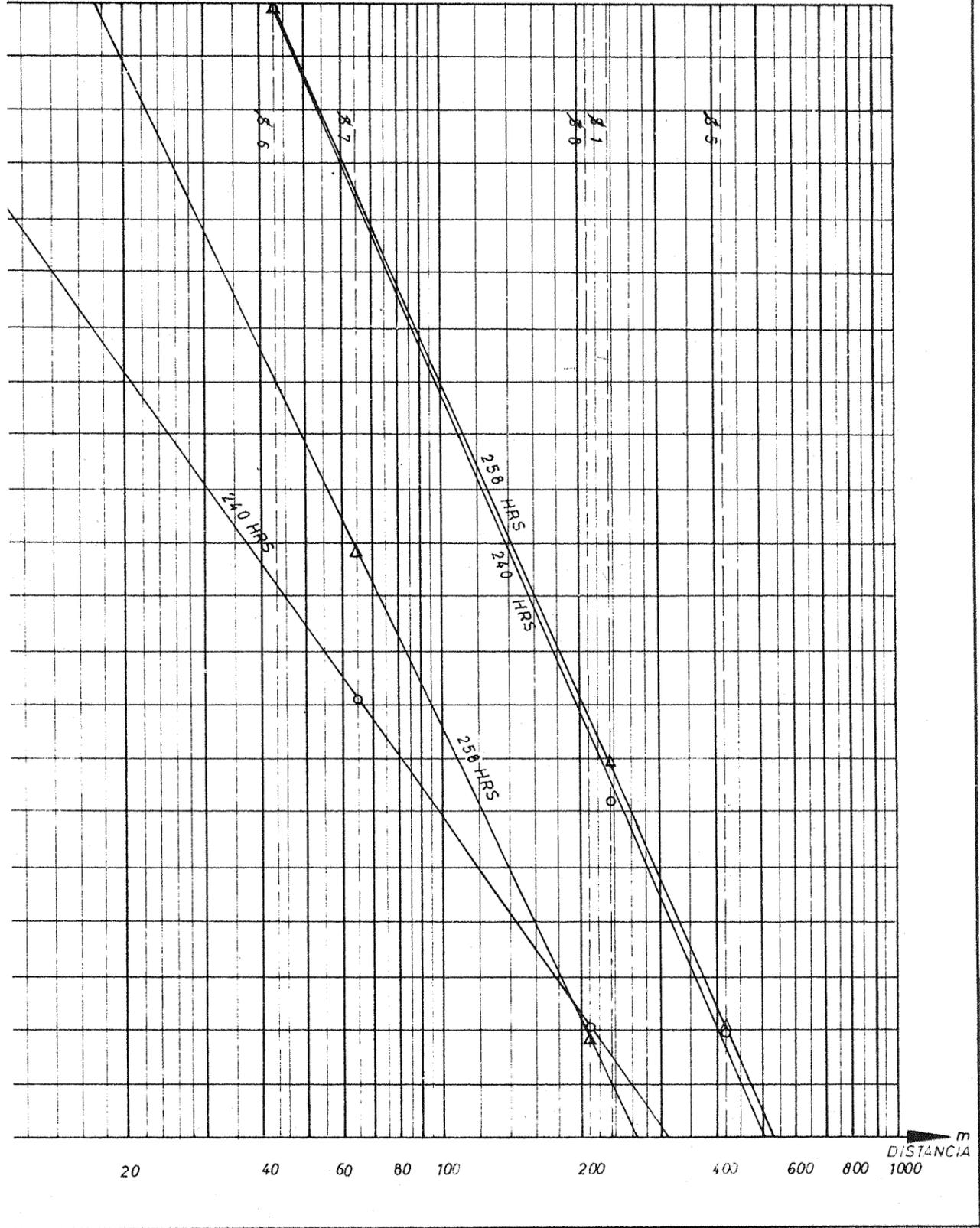


EXPERIENCIAS EN CABUZA

DISTANCIAS Y DEPRESIONES

GRUPO 2 Y 3

DEPRESION (δ)



- c) El cono de depresión se encuentra distorsionado, y es mayor la influencia hacia aguas abajo que hacia aguas arriba del pozo bombeado.
- d) No se puede asegurar que las condiciones sean las de napa libre ("water table condition"). La depresión observada a 590 m (cuadro 3) sugiere la posibilidad de una condición semi-artesiana.
- e) La aplicación de la fórmula a un valle angosto y de formación irregular es muy discutible.
- f) No se midió la recuperación al término de las experiencias para tener una forma de verificar los resultados.
- g) La estabilización del radio de influencia sugiere cierta alimentación del pozo desde abajo.

Dada la forma en que se condujeron y analizaron las experiencias, sólo el factor c) puede despreciarse. Pero el resto puede invalidar los resultados. De todos modos, esa era la única información disponible.

Al calcular la permeabilidad P se introduce un nuevo factor de incertidumbre: el espesor, m, de la napa. Es posible que éste sea mayor que lo supuesto, lo que conduce a valores de P menores que los ya calculados. Este hecho tiene importancia si se compara P con otros valores; pero no lo tiene si se usa P para calcular el gasto subterráneo, ya que a un incremento de P (debido a menor m) corresponde una reducción proporcional del área, y viceversa.

De todo lo anterior se desprende la necesidad de efectuar nuevas experiencias de bombeo que sigan un plan bien concebido.

.8. Explotación actual

Dentro de nuestro estudio es necesario determinar cual es la cantidad de agua que se extrae en el valle. Salvo una o dos excepciones, se ignora la cantidad de agua bombeada y el número de horas de bombeo. Sin embargo, como el gasto extraído es un dato vital para nuestro estudio, intentamos determinarlo en forma aproximada en base a nuestros aforos y a la información recogida en el terreno. Como el gasto que se extrae es variable, nuestro estudio se refiere a abril de 1960.

En cuadro 6 la columna V da el promedio de los aforos, y en la VI, la conversión de éstos a gasto continuo; los valores con asterisco son estimaciones.

En Las Riberas se consideró sólo un pozo en explotación; esa era la situación en marzo-abril 1960. En J. Noé se consideraron dos, lo cual corresponde a lo observado en el terreno en febrero y en abril.

Se obtuvo como gasto extraído 400 lt/seg. En el hecho, por

Cuadro 6

AREA REGADA Y GASTO EXTRAIDO

I Nombre	II N°	III Hectáreas		IV Total	V Gasto lt/seg		VI
		Regadas			Aforos	Continuo	
Agua Potable (D.O.S.)	77-S	-	-	-	-	50	
Albarracines	28-V	12	-	-	6	6	
Andía Elesván	89-P	10 °	-	-	10	5	
Andía Humberto	11-P	0	30	-	-	-	
Andía Isidoro	8-S	30	30	40	15		
Baluarto Andrés	22-P	14 °	-	-	14	7	
Baluarto Lupo	3-P	7 °	-	-	9	4	
Barrientos Oscar	6-S	0	24	-	-	-	
Berguño César	4-S	0	-	-	-	-	
Buitano Arturo	52-P	7	10	7	3		
Buneder Alfredo	56-P	4	4	0	3		
Buneder Elías	68-S	10 °	14	10	5		
Caja Col. Agrícola	29-S	40	270	31	20		
Caja Col. Agrícola	33-S	55		32	27		
Caja Col. Agrícola	24-S			-	-		
Caja Col. Agrícola	25-S			-	-		
Caja Col. Agrícola	30-S			-	-		
Caja Col. Agrícola	31-S			-	-		
Caja Col. Agrícola	32-S			-	-		
Caja Col. Agrícola	34-S			-	-		
Campos Félix, Suc.	7-P	6		16	7	3	
Carbone Amadeo	9-S	0		80	-	-	
Carbone Amadeo	10-P	0	-		-		
Carbone Amadeo	19-S	0	-		-		
Carbone Amadeo	21-P	10	-		10	5	
Copaja Eduardo	44-P	-	-	-	-		
Corvacho Andrés	65-P	-	-	-	-		
Chong Amelia, v. de	40-P	26	41	23	13		
Chong Evaristo	20-P	3	-	7	2		
Defilipies Rafael	85-S	20	64	14	10		
Del Estanque	26-V	3	-	2	2		
Devotto Domingo	93-P	1	12	1	-		
Díaz, Suc.	64-P	-	-	-	-		
D. de Riego (Las Riberas)	14-S	30	30	24	13		
El Gallito	54-V	2	-	1	1		
Fernández Marcelo	62-P	8	-	7	4		
Focasi Juan	35-P	13 °	-	13	6		
Gardilcic Antonio	42-S	10 °	222	12	5		
Gardilcic Antonio	45-S	-		-	-	-	
Gardilcic Antonio	72-P	10 °		-	10	5	
Gardilcic Esteban	70-S	25		50	28	13	
Garibaldi Abel	41-S	20 °	37	21	10		
Grignola Carlos	38-P	8 °	-	8	4		
Grignola Carlos	90-P	0	-	-	-		
Gutiérrez de Oviedo, Suc.	39-P	10 °	-	10	5		
Hassad Chadid	60-S	10 °	-	12	5		
Hassad Chadid	73-S	6 °	-	6	3		

Cuadro 6
(continuación)

I	II	III	IV	V	VI
Nombre	N°	Hectáreas		Gasto lt/seg	
		Regadas	Total	Aforos	Continuo
Hassad Chadid	75-P	16 °	-	18	8
Hassad Chadid	84-P	-	-	-	-
Ibarra, Suc.	63-P	3	3	6	2
Isihara Miguel, Suc.	37-P	10 °	20	10	5
Kabalán Sleiman	87-P	10 °	14	11	5
Liendo y Beretta	27-P	0	-	-	-
Lombardi Armando	5-P	8	-	8	4
Lombardi Armando	18-P	8	-	-	-
Lombardi Ernesto	57-P	} 25	40	7	6
Lombardi Ernesto	58-P			8	7
Lombardi Luis	12-P	14	32	8	7
Lombardi Luis	66-P	10 °	-	6	4
Montalvo Domingo	91-P	6	-	6	3
Mozó Hugo	46-S	38	-	22	19
Mozó Hugo	71-S	20	-	16	10
Neverman Kurt	88-P	-	50	-	-
Noce Aurelio	23-P	6	12	12 °	3
Núñez Timoteo	76-P	0	8	-	-
Ordoñez Jorge	67-P	4	12	6	3
Osorio Fernando	47-P	-	15	-	-
Osorio Fernando	49-P	-	8	-	-
Palza Manuel	43-P	3 °	-	3	2
Parceleros Bellavista	74-S	34	35	18	16
Paredes Bernardo	102-P	4	-	8	3
Pérez Oscar	100-P	0	-	-	-
Petersen, Suc.	99-P	0	27	-	-
Piña Jorge	48-P	0	60	-	-
Salinas Alberto	36-P	-	-	-	-
Salinas Augusto, Suc.	17-P	3	12	3	2
Salinas Miguel, Suc.	69-P	-	12	-	-
Sánchez Guillermo	92-P	0	24	-	-
Thomas, Suc.	53-P	3	5	6	2
Truffa Quina, Suc.	2-S	12 °	-	20	6
Vergara Humberto	86-S	-	7	-	-
Wong Hin, Miguel	55-P	40	45	37	20
Yanulaque Manuel	61-P	14	-	14	7
Zabala, Suc.	59-P	3	-	6 °	2
		703	1 375	634	400

° Estimación

una u otra razón no todos los sondajes y pozos funcionan a la vez, y el gasto continuo bombeado debe ser algo menor que 400 lt/seg, tal vez un 10 % menor, descontando el A. Potable. Sin embargo, como el cálculo es aproximado y hay un pequeño consumo industrial y doméstico no considerado, se mantuvo la cifra obtenida. Además, para comparar gasto con área regada, es preferible no hacer reducción, para tener en cuenta el efecto de las crecidas.

La superficie regada resultó de 700 Ha. En el mes de enero bajó el río y se regó posiblemente un área mayor. Pero, en cambio, se redujo el bombeo, el cual volvió a tomar su ritmo normal después del 15 de febrero. Por eso tampoco se hizo reducción en el área regada. La tasa de riego resultó de 15 000/m³/ha/año. (El río bajó durante 20 días. Si se riega una superficie 50 % mayor en ese período, o con 50 % más de agua, y se mantiene el bombeo normal, la incidencia de la crecida en la tasa de riego anual, o en el área, es de 8 %. Nuestro estudio no tiene esa precisión).

En general, el bombeo en el valle no es continuo. Es usual que se bombee durante 12 horas diarias, con o sin incluir los domingos. Los usuarios no saben cuanta agua extraen ni cuantas horas bombean en la semana. A esta falta de información se suman las "pannes", que introducen un nuevo motivo de error. Sin embargo, cada usuario fué interrogado sobre el uso del agua y se trató de verificar su información por otros medios.

En el anexo 5, se tiene un cuadro con los aforos que sirvieron de base para la columna V del cuadro 6. Cabe señalar que los aforos de noviembre 1959 corresponden más bien a una determinación de la capacidad del equipo que a un aforo del sondaje. Cuando se disponía de aforos en 1960, los cuales se efectuaron en condiciones normales de bombeo, se prescindió de los de 1959.

4.9. Superficie Regada

Esta guarda una íntima relación con el gasto extraído, a través de la tasa de riego. No puede hablarse de una superficie regada en forma permanente, sino de la regada en una temporada, ya que el área explotada agrícolaemente varía a lo largo de los años. En nuestro estudio se prescindirá del agua de las crecidas; éstas son demasiado esporádicas para considerarlas en un estudio que, de todas maneras carece de precisión. Que la superficie regada es variable está a la vista; en algunos predios de la parte baja del valle hasta los olivos se están secando por falta de agua.

La información sobre superficies se obtuvo de diversas fuentes. En primer término, de las mercedes de agua en tramitación en la Dirección de Riego y de los expedientes retenidos en la Gobernación de Arica. Luego, hay predios explotados desde hace muchos años, cuya superficie es conocida. Además, se obtuvo información directa en el terreno de algunos propietarios. Por último, se hicieron estimaciones basadas en el gasto extraído.

Los resultados de esta investigación figuran en las colum-

nas III y IV del cuadro 6. La mayor parte de los valores son aproximados, y unos pocos son sólo una estimación. Sin embargo, se trató de verificar tanto el gasto extraído como la superficie regada en los pozos y sondajes de mayor importancia. Para ello, se repitió el aforo, como puede verse en cuadro 13 del anexo, y se verificó la información sobre superficie regada. Es en las superficies pequeñas, y en los gastos menores que 5 lt/seg, donde existe mayor indeterminación; sin embargo, éstos tienen menor incidencia en el resultado total. En algunos predios de superficie conocida, con bombeo de 12 horas diarias, se observó igualdad entre lt/seg y número de Ha regadas. Esto significa una tasa de 0,5 lt/seg/Ha; o sea, 15 000 m³/Ha/año.

En otras ocasiones, se observó esta misma relación para bombeo de 12 a 13 horas diarias, excluyendo domingos. Esto significa una tasa de 0,45 lt/seg/Ha; o sea 14 000 m³/Ha/año. Como el regadío se hace directamente al árbol, y dada la penuria de agua en la zona, se explica una tasa tan baja como 0,45 lt/seg/Ha.

Según columna III del cuadro 6, la superficie regada es de 700 Ha, aproximadamente.

4.10. Escorrentía Subterránea.

Se pretende, ahora, determinar cual es el gasto que escurre en el relleno aluvial. La importancia de esta determinación es obvia. Si se pudiera determinar este valor con cierta precisión, orientaría la explotación presente y futura del valle.

Para ello, podemos aplicar la fórmula de Darcy:

$$Q = P I A \quad (1)$$

P, es la permeabilidad; I, la pendiente del nivel estático, y A, el área. Analizaremos brevemente cada uno de los 3 factores.

4.10.1. Permeabilidad En el párrafo 4.6. se determinó la transmisividad, T, en Cabuza y Azapa Grande. Dividiendo por el espesor de la napa se obtiene P. O se puede trabajar directamente con T, modificando la fórmula (1)

Los valores de P obtenidos en Cabuza y Azapa Grande fueron 0,0004 y 0,0017 respectivamente. Las experiencias que sirvieron de base para la obtención de los valores no estuvieron bien orientadas, por lo cual éstos son aproximados.

4.10.2. Pendiente Es necesario conocer la pendiente del nivel estático a lo largo del valle. Se la puede determinar en base a cuadro 7 o gráfico 9. La pendiente media en Cabuza y J. Noé es de 1,7 %.

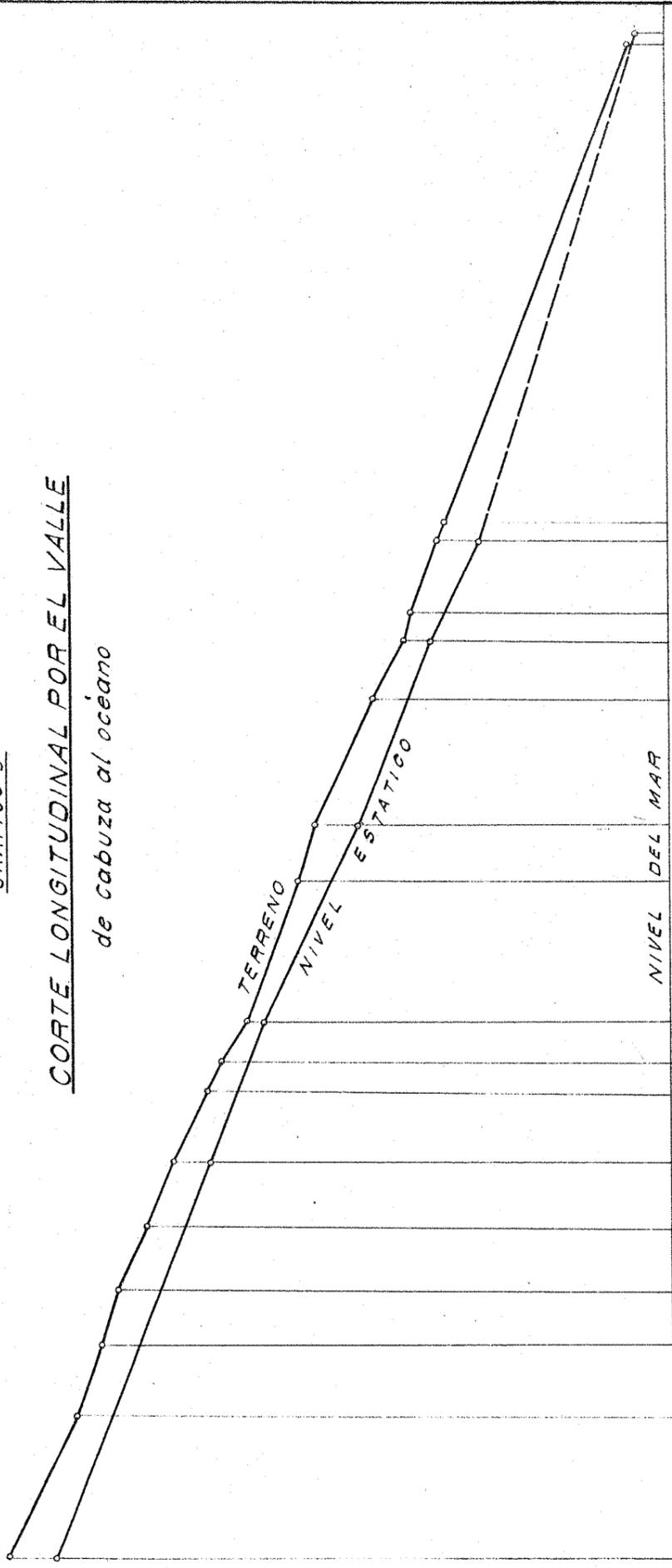
Cuadro 7

COTA DE POZOS

N°	Propietario	Profundidad m	Cota absoluta m		Distancia al mar Km
			Terreno	Nivel estático	
1-S-E	Dirección de Riego (Cabuza)	52	430	398	26
2-S	Suc. Truffa Quina	37	382,1		23,6
4-S	C. Berguño	36	365,3		22,4
5-P	A. Lombardi	30,2	354,2		21,5
7-P	Suc. F. Campos	23	335,1		20,4
9-S	A. Carbone		315,9	291,9	19,3
14-S	D. de Riego (Las Riberas)		293,1		18,1
19-S	A. Carbone	55	282,9		17,6
23-P	A. Noce	12,8	266,1	256,4	16,9
35-P	J. Focasi	38,6	229,5		14,5
39-P	Suc. Gutiérrez de Oviedo	29,9	219,8	192,8	13,6
46-S	H. Mozó	42	179,8		11,4
53-P	Suc. Thomas	20,6	158,6	140,8	10,4
58-P	E. Lombardi		153,7		9,9
67-P	J. Ordoñez	30,2	135,7	108,5	8,7
70-S	E. Gardilic		129,9		8,4
103-S	Hotel Pacífico		4,5		0,2

GRATICO 9

CORTE LONGITUDINAL POR EL VALLE
de cabuza al océano



POZO N°	ALTURA SOBRE EL MAR (m)	NIVEL ESTÁTICO (m)	DISTANCIA AL MAR (km)
1-5-E	430	398	26
2-5	382.1	382.1	23.6
4-5	365.3	365.3	22.4
5-P	354.2	354.2	21.5
7-P	335.1	335.1	20.4
9-5	291.9	291.9	19.3
14-5	293.1	293.1	18.1
19-5	282.6	282.6	17.6
23-P	256.4	256.4	16.9
35-P	229.5	229.5	14.5
39-P	219.8	219.8	13.6
46-S	179.8	179.8	11.4
53-P	158.6	158.6	10.4
58-P	153.7	153.7	9.9
67-P	135.7	135.7	8.7
70-S	129.9	129.9	8.4
103-5	4.5	4.5	0.2

ESCALA
HORIZ. 1:100000
VERT. 1:4.000

4.10.3. Area Si se opera con la permeabilidad, se necesita conocer el área del acuífero para calcular Q. Si se opera con la transmisividad, se necesita conocer el ancho medio de la napa saturada, pero es discutible si este camino es correcto cuando varía el espesor de la napa en la sección transversal del valle.

Para J. Noé y Cabuza, la información necesaria se obtiene del perfil de los sondajes, figuras 10 y 11 respectivamente, que cubren prácticamente todo el valle.

4.10.4. Cálculo del Gasto Con la información obtenida se puede intentar el cálculo del gasto subterráneo en Cabuza y J. Noé.

Cabuza	$Q = 0,0004 \times 0,017 \times 34\ 000 = 0,23$	m ³ /seg
J. Noé	$Q = 0,0016 \times 0,017 \times 18\ 000 = 0,49$	m ³ /seg

Es discutible si en el cálculo se debe considerar todo el espesor de la napa saturada, sin reducción que considere la existencia de lentes impermeables. No se ha tomado en cuenta ese hecho, ya que hay otros factores de indeterminación. Tampoco se hizo una corrección del valor de T para tomar en cuenta los factores mencionados en 4.7.3. No tiene sentido entrar en ese detalle cuando no se sabe cual es el área de la napa saturada en el valle.

Es posible que el valor de T (y, por lo tanto, P) sea mucho mayor que el verdadero. Pero, es igualmente posible que el área real sea mucho mayor que la conocida, y que ambos errores se compensen.

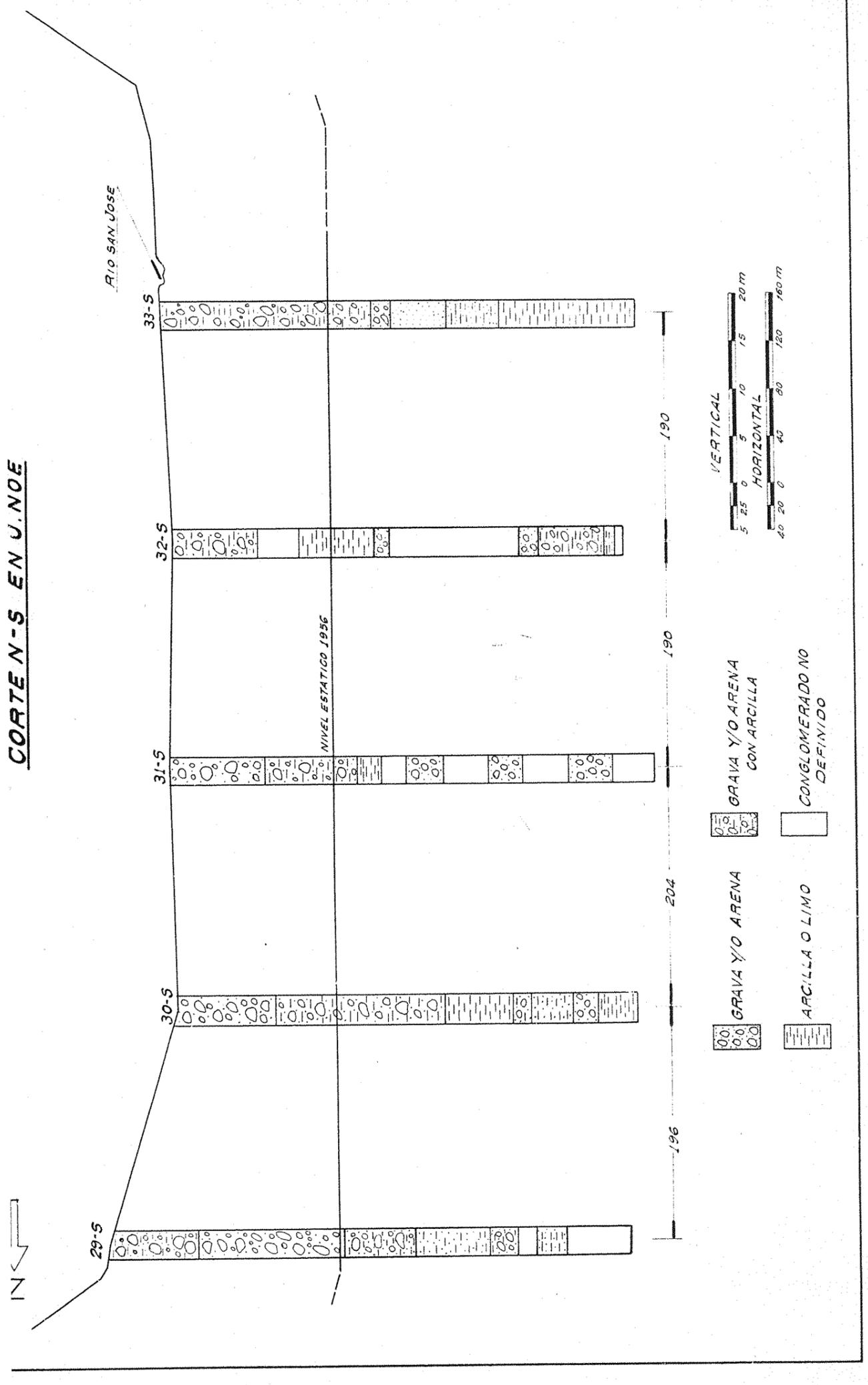
El gasto en J. Noé debió resultar igual o menor que el de Cabuza. Las experiencias de Cabuza acusaron mayores irregularidades que las de J. Noé, y el gasto obtenido en aquel punto es mucho menor que el extraído en el valle. Por eso, se prescindirá del valor obtenido en Cabuza.

De todos modos, el gasto para J. Noé es sólo una estimación que debe ser confirmada mediante experimentación. Mayor precisión tiene el cálculo del gasto extraído, de párrafo 4.8., que alcanza a 400 lt/seg, pero que no aclara cuanta es el agua subterránea que sigue escurriendo hacia el mar.

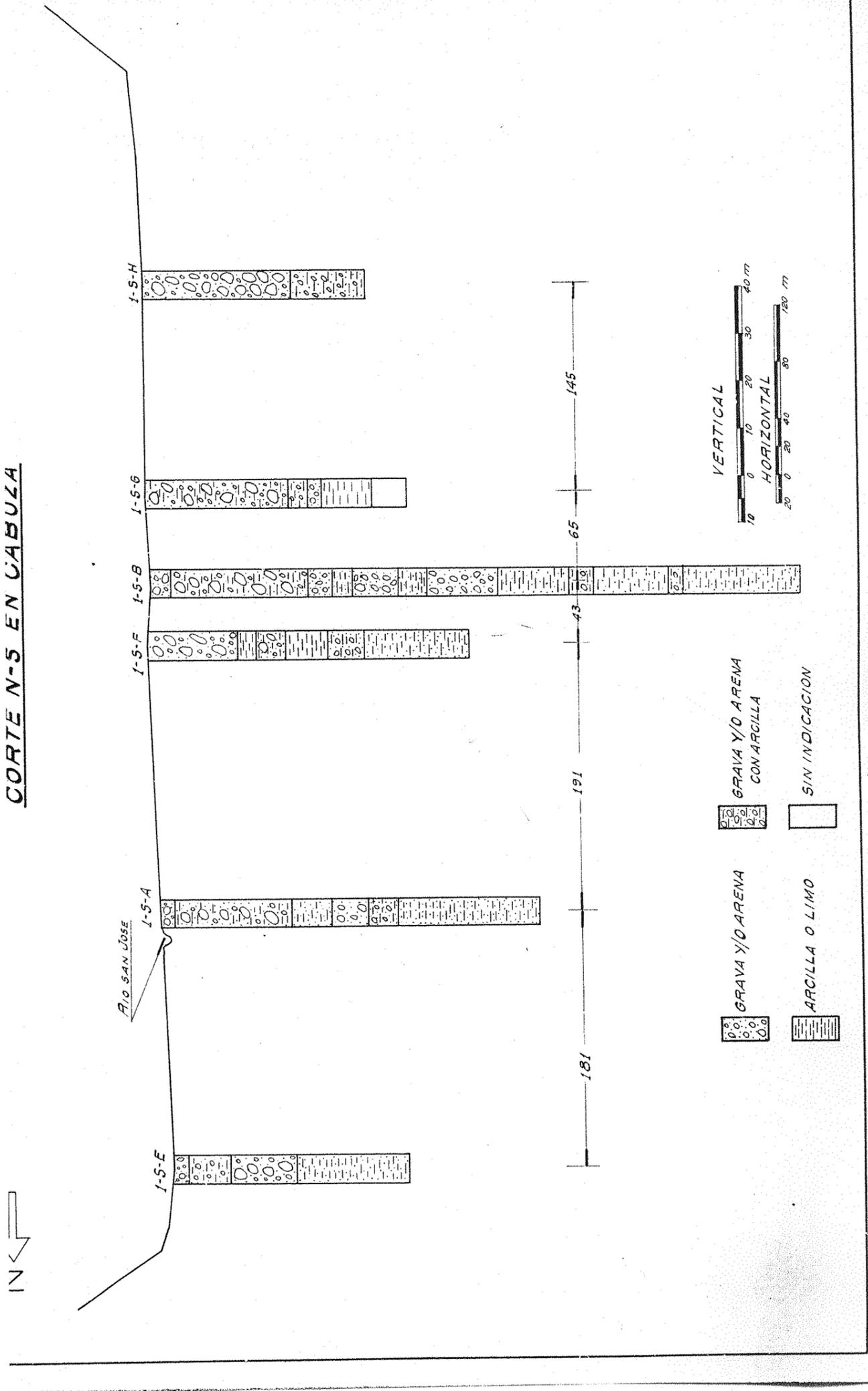
1. Embalse Subterráneo

Interesa también conocer la capacidad del embalse subterráneo. En un período de sequía se puede deprimir el nivel estático en el valle y utilizar, parcialmente, la capacidad del embalse subterráneo. Para ello, además del conocimiento de la cota del nivel estático en todo el valle y espesor del relleno, se necesita la porosidad efectiva ("effective porosity"). En una napa de las características de la

CORTE N-S EN U.NOE



CORTE N-S EN CABUZA



de Azapa, ésta queda medida, casi exactamente, por el rendimiento específico ("specific yield") del suelo y se le puede determinar mediante experiencias de bombeo. Las efectuadas, no contienen la información para efectuar el cálculo.

Por otra parte, en Azapa, se ha producido un descenso más o menos permanente del nivel estático; o sea, se ha aprovechado la capacidad del embalse. Como no ha existido recarga natural ni artificial que compense esta depresión, no existe posibilidad inmediata de utilizar nuevamente la capacidad del embalse subterráneo. Si se pretende hacerlo, se secarán nuevos pozos, y se incrementará el costo de extracción del agua de los restantes. En consecuencia, y mientras no haya mayor recarga, debe descartarse su utilización.

.12. Posibles Desarrollos

El hecho de que en ciertas zonas (Las Riberas, Las Maitas) se haya producido una depresión permanente del nivel estático indica que el bombeo es allí mayor que la recarga. A pesar de ello, se sabe positivamente que existe escurrimiento de agua subterránea hacia el océano.

Si bien en gran parte del valle no existen posibilidades inmediatas para desarrollo adicional del agua subterránea, hay sectores en que dicha posibilidad existe.

Al término del sector Pago de Gómez, cerca del barranco norte del valle, se observan buenas perspectivas. No existe allí una gran concentración de pozos. Sólo recientemente se han construido algunos, como, los pozos de Vergara y Kabalán, números 86 y 87, separados 200 m entre sí. A pesar de tratarse de pozos poco profundos, muestran buen rendimiento, y no es necesario interrumpir el bombeo cada hora, como en otras zonas, para que el pozo se recupere. Tampoco se nota influencia de un pozo sobre otro.

Otro tanto puede decirse del sector Saucache, especialmente al lado norte del valle, y de toda el área vecina a punta de Chuño, entre Saucache y el mar, que incluye el barrio industrial de Arica. Esta zona debe ser investigada con detención y deben efectuarse experiencias de la napa y determinar la capacidad específica ("specific capacity") de los pozos. Incluso, existe allí la posibilidad de formación y habilitación de nuevos terrenos aprovechando el agua cargada de sedimentos durante las creces del río.

En estos desarrollos debe considerarse, también, la influencia del retorno del riego a lo largo del valle. Una parte de los 350 lt/seg que se extraen vuelve rápidamente a la napa, y ese retorno incrementa los recursos disponibles en la parte baja del valle.

5 DERECHOS DE AGUA

%

5.1. Generalidades

En la actualidad, se encuentra en tramitación un grupo de mercedes de agua ("water rights") subterránea en el Dirección de Riego. Otro grupo de expedientes se encuentra retenido en la Gobernación de Arica, por "antecedentes incompletos". Además, los particulares han hecho peticiones de sondaje a la "Corfo". Por último, hay propietarios que han construido, o tienen en ejecución, pozos de captación de agua subterránea sin contar con la autorización que la ley prescribe. Todo ello ha creado un cuadro sumamente confuso en el valle, y corresponde a la Dirección de Aguas (Riego) clarificar la situación actual y planear y ordenar el desarrollo futuro de la explotación.

A lo ya expresado se suma el hecho de que muchos regantes tenían sus pozos en explotación antes de la vigencia del Código de Aguas (1951), por lo cual tienen un derecho adquirido, aunque no tengan merced de agua ni "reconocimiento de derechos" inscrito. Estos antiguos usuarios del valle se encuentran amenazados en sus intereses y derechos por las obras que se construyen sin plan alguno, y sin autorización. A la Dirección de Aguas corresponde defender y hacer respetar esos derechos adquiridos.

Al analizar las mercedes de agua pedidas consideramos tanto las que tienen expediente completo como las otras. Es lo que procede al estudiar el problema, desde el punto de vista del ingeniero. La Dirección de Riego informa sólo aquellas que han llegado a su poder, y prescinde de las otras por razones de orden legal. Para facilitar el análisis, se dividieron las peticiones en 3 grupos.

5.2. Mercedes con obras antiguas

A su vez pueden dividirse en 2 grupos, según que la explotación sea anterior o posterior a 1951. Las anteriores a 1951 tienen derecho indiscutible y conviene conceder la merced de agua de inmediato, a fin de regularizar su situación legal.

Hay también obras construidas y en explotación desde hace más de 5 años. Deben concederse también las mercedes, salvo que lesionen derechos más antiguos, lo cual es poco frecuente. En esta misma categoría entran las peticiones sobre pozos pagados por el particular, y construidos por la Dirección de Riego y que se encuentran en explotación. Esas mercedes deben ser concedidas.

5.3. Mercedes con obras recientes

Existe un grupo de peticionarios con obras muy recientes, construidas en el curso de los últimos dos años, o con obras en construcción. En la misma categoría entran aquellos con obras antiguas, que desean profundizar el pozo, o cambiar de pozo a sondaje más profundo.

Debe considerarse cada caso en particular tratando de conceder la merced si no causa un perjuicio directo a terceros, a fin de evitar la pérdida de la inversión. En la mayoría de los casos deberá rebajarse la merced en cuanto a gasto, para ajustarla a la tasa mínima de riego necesaria, o para proteger a usuarios más antiguos.

Los casos de profundización deben considerarse en base a los antecedentes particulares. Si la obra es antigua y la profundización tienen por objeto volver a obtener el gasto que antes se tuvo, debe concederse la merced. Si no es así debe aplicarse el criterio general de no causar perjuicios a terceros.

5.4. Mercedes sin obra

Unos pocos peticionarios han seguido el trámite normal de pedir la merced ante de iniciar las obras. Las peticiones ubicadas en Las Riberas, Azapa Grande, Alto Ramíerz, Las Maitas y Pago de Gomez deben ser rechazadas. Existe demasiada concentración de pozos en esas áreas y el nivel estático ha bajado, con perjuicio de los regantes más antiguos. Aunque no haya concentración de pozos, como ocurre mas arriba de Las Riberas, deben rechazarse las peticiones, porque la explotación afectaría a los usuarios de más abajo.

Existe además, una consideración de orden económico para rechazar estas peticiones. Si se concede una merced en esos sectores se privará del agua a un regante más antiguo. O sea, se hará una inversión para crear una zona de riego nueva en reemplazo de una ya existente, lo que significa perder la inversión. La Dirección de Aguas no sólo debe rechazar las mercedes, sino usar las facultades que la ley le confiere para impedir la construcción de nuevas obras sin autorización.

Hay algunas peticiones en la zona comprendida entre Pago de Gómez y Saucache. Las condiciones parecen promisorias. Es necesario efectuar allí una investigación del agua subterránea antes de resolver sobre las mercedes. La investigación dará la pauta para fijar el gasto autorizado, la distancia entre pozos, etc. Algo semejante es válido para el área de Saucache, especialmente, en la mitad norte del valle.

Por último hay peticiones en la zona comprendida entre Saucache y el océano, en el barrio industrial de Arica. No existen pozos de riego en las vecindades y las mercedes pueden ser concedidas. Es necesario investigar las condiciones y caudal de la napa para poder orientar el despacho de las peticiones que se hagan en el futuro.

5.5. Pozos de Riego

Una situación especial es la de algunos sondajes construídos por la Dirección de Riego, y sobre los cuales hay peticiones de merced de agua. El peticionario pide usar el sondaje de Riego, y no ofrece pagarlo. Como regla, esas peticiones deben ser rechazadas. En general están ubicadas en zonas ya muy recargadas; y, en todo caso, el interesado debiera pagar previamente a Riego el valor de la obra.

Mención especial merece el sondaje 14 de Las Riberas. Este pozo se encuentra en explotación desde 1943 y riega unas 30 Has. de propiedad de los Señores Carbone, Lombardi, Gardilicic, Noce y Suc. Salinas. Lo explota Riego y los usuarios pagan los gastos. Como se trata de una obra tan antigua, existe un derecho ya adquirido sobre el agua por parte de todos los regantes. Hay peticiones de merced sobre él, las que deben ser rechazadas. Debe formarse una Comunidad de Aguas que incluya a todos los interesados, concediéndoles un derecho igual al gasto que utilizan actualmente.

5.6. Crecidas y Vertientes

Hay también peticiones sobre las crecidas del río y sobre las vertientes del valle, tanto secas como en explotación.

No parece conveniente conceder mercedes sobre las crecidas del río. Existe una Asociación de Agricultores del río San José que tiene un registro sobre la forma de distribuir el agua del río, aceptado por la mayor parte de los usuarios. Lo que procede es reconocer esa Asociación como Junta de Vigilancia del Río y aprobar el rol de derechos de agua que ella proponga (o rechazarlo) conforme a las disposiciones del Código. Este sistema resolvería de una sola vez el problema de los derechos sobre el río, en lugar de fragmentarlo. La concesión de mercedes de agua superficial conduciría al caos. Todas las peticiones formuladas deben ser denegadas.

Simultáneamente, se han pedido derechos sobre las vertientes, incluso sobre las que han estado secas por más de 10 años. Tampoco se justifica la concesión de mercedes en este caso, el cual podría incluirse en el rol mencionado. Los derechos sobre las pocas vertientes que aún tienen agua son bien conocidos, y pueden también establecerse al aprobar el rol general que los propios interesados deben proponer a través de la Junta de Vigilancia.

La Dirección de Aguas debe promover esta acción antes de que el Lauca entre en funciones y cambien las condiciones que ahora imperan.

5.7. Mercedes de Agua

En el cuadro 8 se da una lista de las peticiones de merced de agua subterránea. Se han indicado con asterisco las de expediente incompleto. Aquellas que figuran con un número en columna II tienen obras construidas; su ubicación puede verse en el plano general de los pozos.

La columna IV del cuadro indica el gasto pedido; la columna V, el área del predio, que puede o no coincidir con el área regada; la VI, el sector en que se ubica la petición y, a veces el nombre del predio; y la VII, la recomendación para resolver la solicitud, en base a la investigación del terreno y a los derechos que asisten al solicitante.



Cuadro 8

MERCEDES DE AGUA

I	II	III	IV	V	VI	VII
Nº Orden	Nº Plano	Peticionario	Lts/seg	Ha.	Observaciones	Recomendación
1	6-S	O. Barrientos °	50	24	Sobraya	Dar uso actual. Rechazar uso S de Riego.
2	7-P	Suc.F.Campos	25	16	Sobraya	Dar uso actual.
3	9-S	A. Carbone	30	103	Las Riberas	Dar uso actual.
4	19-S	A. Carbone	40		Frente Q.Dia blo.	Rechazar
5	10-P	A.Carbone	20		Predio C.Moreno	Dar uso actual; Rechazar profundización.
6		A.Carbone	40		S.de Riego	Rechazar
7		A. Carbone	50		L.Riberas,S	Pedido a Corfo, Rechazar
8	23-N	A.Noce	12		Azapa Grande	Investigar.Dar uso actual.
9	40-P	A.V.de Chong	50	40	Las Maitas	Conceder 20 Lts/seg.
10	41-S	A.Garibaldi	50	37	Las Maitas	Conceder 10 lts/seg.
11	42-S	A.Gardilcic °	100	17	Las Maitas	S.de Riego. Rechazar
12	45-S	A.Gardilcic °	50	46	Las Animas	Conceder uso actual
13		A.Gardilcic °	40	15	Las Mercedes	Rechazar
14	52-N	A.Buitano °	18	10	Alto Ramirez	Dar uso actual o pasado
15	55-P	M.Wong Hin °	50	40	Alto Ramirez	Conceder 20 lts/seg.
16	56-P	A.Buneder	25	4	P.Gómez	Conceder 3 lts/seg.
17	57-P	E.Lombardi	35	-	Alto Ramirez	Conceder 13 lts/seg.
18	58-P	E.Lombardi			Alto Ramirez	
19	67-P	J.Ordoñez °			20	
20	68-S	E.Buneder	32	14	P.Gómez	Hecho por Riego. Conceder 7 lts/seg.
21	69-P	Suc.M.Salinas °	10	12	P.Gómez	Dar uso actual
22	70-S	E.Gardilcic	60	50	P.Gómez	Conceder 15 lts/seg.
23	72-P	A.Gardilcic °	40	33	P.gómez	Dar uso actual
24	74-S	Parcela Caja de Colonización °	35	35	Bellavista	Dar uso actual 18 Lts/seg.
25	76-P	T.Nuñez °	25	8	Saucache	Estudiar y dar
26	85-S	R.Defilipies °	70	64	Saucache	Conceder 30 lts/seg.
27	86-S	H.Vergara	10	6	Saucache	Conceder previo estudio.
28	87-P	S.Kabalán	17	14	Saucache	Estudiar. Conceder 7 lts seg.
29	92-P	G.Sánchez	25	24	Saucache	3 pozos. Conceder uso actual y estudiar el resto.
30	93-P	D.Devotto °	15	12	Saucache	Conceder 5 lts/seg.
31	97-S	Oliv.de Azapa °	25	25	Barrio Indust.	Conceder 14 lts/seg.

° Exped. Incompleto

N = Noria.

En general, conviene conceder mercedes en base a un caudal continuo, y autorizar al usuario para extraer el doble del gasto durante 12 horas. Esta es la forma en que realmente se explotan los pozos, y significa una explotación más económica, aprovechando la luz natural.

No todas las peticiones han sido resueltas. Deben investigarse las de Barrientos, Noce, Buitano, etc., para determinar el gasto por conceder. Tanto en febrero como en abril esos pozos no estaban en funciones, pero han regado alguna superficie antes. En otros casos, se propone el caudal por conceder cuando el derecho es definido y hay aforos que lo confirman.

Debe investigarse la zona Pago Gómez-Saucache antes de conceder mercedes; la investigación permitirá decir a que distancia deben ubicarse los pozos el uno del otro y el gasto que pueden extraer. El gráfico 6 da una idea de la distancia a que deben ubicarse los pozos para que no se influyeran mutuamente. Sin embargo, como el radio de influencia se determinó para bombeo continuo y el real es intermitente, puede aceptarse distancias menores.

Párrafo aparte merece el S-85 de Defilipies en relación al Agua Potable. Como puede verse en el plano de los pozos, el agua potable tiene 3 sondajes aguas arriba del S-85, y ha construido 4 más este año sin que la Dirección de O. Sanitarias consultara a la de Riego. No cabe duda que al captar la napa superficial han afectado, y afectarán más en el futuro, al pozo de Defilipies. Los aforos muestran una reducción continua del gasto del S-85, y hasta los olivos se están secando en el predio. El Agua Potable debiera indemnizar a Defilipies.

En el Barrio Industrial no hay inconveniente en conceder las mercedes, por ahora, pero debe investigarse las condiciones del agua subterránea para prevenir dificultades en el futuro.

Es conveniente que Riego, antes de proponer los decretos denegando una merced o reduciendo el caudal concedido, envíe una nota al interesado, a fin de que éste pueda formular observaciones.

En el caso de las mercedes de Kaban y Vergara, podría concederse de inmediato la merced provisional, estableciendo que al conceder la definitiva, y luego de completar la investigación, se confirmará o reducirá el caudal autorizado. Este criterio ha sido aplicado al conceder merced de agua subterránea en otras áreas controvertidas.

6 DESARROLLO FUTURO

6.1. Rol de Aguas

Para ordenar la explotación actual y planear el desarrollo futuro del valle es necesario disponer de un rol de aguas. A Riego, como Dirección de Aguas, le corresponde por ley llevar ese rol. Este debe contener las características más salientes de cada obra, año de construcción, forma de explotación, y el derecho legal adquirido de cada propietario. No es posible ni siquiera resolver todas las peticiones actuales de merced de agua en forma acertada sin disponer de él. La investigación del agua subterránea del valle es importante desde el punto de vista técnico, pero, para la Dirección de Aguas el rol es vital. Y este trabajo debe estar completo antes que el Lauca entre en funciones (en un año más) y cambien las condiciones naturales en el valle.

Simultáneamente, la Dirección de Aguas debe estabilizar las condiciones actuales de la explotación, impidiendo la construcción de nuevas obras y la profundización de las actuales sin autorización. Se han producido, y se producirán en mayor grado en el futuro dificultades entre los regantes. Para resolver los reclamos que se planteen, las oposiciones a las mercedes pedidas (que ya han sido formuladas en algunos casos), la Dirección de Aguas necesita un rol fidedigno que contenga todos los derechos. Si no dispone de él, no podrá orientar y ordenar la explotación cuando se hagan presente los recursos adicionales del Lauca.

6.2. Influencia del Lauca

Al entrar en funciones el Lauca, con un caudal continuo a lo largo del año, del orden de 0,8 m³/seg se producirá un cambio importante de la situación del regadío, tanto directo como indirecto.

El cambio directo consistirá en el regadío de una superficie del orden de 2 000 Ha en la parte alta del valle, de Casagrande a Cabuza, que en la actualidad carece prácticamente de explotación agrícola.

El cambio indirecto se deberá a la influencia del retorno del riego de esa nueva superficie. Existirá así una recarga natural de la napa que será un porcentaje del agua empleada en el nuevo regadío. Habrá también cierta recarga natural en la parte superior del cajón, más arriba de Paradero, antes de la toma del canal revestido. Allí el agua correrá por el lecho del río, y los aforos de febrero 1960 mostraron la condición influente de la napa en ese sector. La investigación posterior debe orientarse a determinar cual es la influencia de estos factores, y, en especial, el retorno del riego. Es necesario estimar cual es el porcentaje de retorno del riego. En cuanto a la recarga natural en la parte alta, se puede hacer una determinación basada en medidas directas.

6.3. Recarga Artificial

Sin entrar en detalle en esta materia, que debe formar parte de la investigación futura, cabe formular algunas observaciones.

La recarga a base de pozos no es posible, por no existir agua sobrante adecuada. En los cortos períodos en que hay sobrante de agua, ésta contiene gran cantidad de sedimentos.

En el terreno se observan condiciones favorables para recarga artificial en Casagrande, y más arriba, hasta Paradero. La pendiente y demás condiciones del valle se prestan para la recarga mediante lagunas de esparcimiento ("water spreading areas or basins"), y posiblemente, mediante zanjas. Para el uso de lagunas, conviene ubicarlas en serie, y no en paralelo con el río, a fin de que las primeras sirvan como decantadores. Con ello, se puede aclarar el agua, por un lado, y formar terreno agrícola aprovechando el sedimento, por otro.

Deben efectuarse experiencias en el terreno para determinar cual es la infiltración diaria. Puede seguirse un procedimiento parecido al de las experiencias dirigidas por el geólogo T. Ahrens en el valle de Elqui, en que trabajó personal de Riego. A comienzos de año hay normalmente gasto en el río hasta Casagrande, y se justifica sacrificar algo de agua para la experimentación.

Las posibilidades de recarga artificial serán mucho mayores una vez que el Lauca entre en funciones. Las creces del Lauca se producen un mes antes y terminan un mes después que las del San José. Como el agua del Lauca es clara, conviene utilizarla para la recarga. En ese período, antes y después de la crece del San José (si se produce una) se puede utilizar un gasto del orden de 500 lt/seg durante 2 meses para la recarga. Esta posibilidad debe ser investigada. Cuando baja el San José, hay también abundancia en el Lauca, pero el agua del segundo se mezcla a la del primero, y contendrá mucho sedimento.

Hubo períodos, como en 1955, en que se perdió mucho agua en el valle. Esta debió utilizarse para recarga artificial. Además de la posibilidad de recarga en la parte alta, se pudo utilizar el agua desviándola hacia el norte del valle en Punta de Chuño. Ello serviría para formar nuevo terreno agrícola y para recargar la napa simultáneamente.

Tanto en relación con esta materia, como la del párrafo 6.2., conviene que Riego aproveche los servicios de los especialistas del Instituto de Investigaciones Geológicas, quienes conocen el valle y están asesorando a la Corfo en el estudio del agua subterránea en la zona costera, al norte de Arica. Asimismo Riego debe utilizar la información que la Corfo ha obtenido, y está obteniendo, en la zona mediante sus estudios.

.4. Posibles Desarrollos

A pesar de la penuria de agua en el valle, existen ciertas posibilidades de desarrollo, como al norte de Saucache, por ejemplo. Y estas posibilidades serán mayores cuando el Lauca entre en funciones.

Investigaciones recientes de la Corfo en Concordia demostraron que existe allí agua fresca en abundancia, con un nivel estático mucho mayor que el nivel del mar. Esto indica alimentación desde el relleno cuaternario de Azapa y Lluta, o desde una napa profunda no reconocida, o desde la Concordia peruana. O alguna combinación de estas posibilidades. Lo anterior demuestra la necesidad de investigar la zona Saucache-Concordia.

Para obtener el máximo beneficio de los recursos de agua, y de las inversiones en el valle, es necesario que Riego y Corfo coordinen su acción. Hasta ahora, ha existido un divorcio completo entre estas Oficinas, lo que significa duplicación de esfuerzos y mayor inversión para alcanzar los objetivos.

Asimismo, conviene que los geólogos del Punto Cuarto, a través del Instituto de Investigaciones Geológicas tengan cierta intervención en el estudio futuro del agua subterránea del valle. Todos los problemas geológicos que cubra la investigación pueden, y deben, ser resueltos por ellos. Cae dentro de los objetivos del Punto Cuarto, permitirá resolver adecuadamente ciertos problemas y reducirá el costo de los estudios para Riego.

7 PLAN DE INVESTIGACION

Se propone a continuación el plan de la futura investigación en el valle. Este plan se puede desarrollar en un período de 10 meses, a partir de junio del presente año; con 7 a 8 meses de trabajo de terreno y el resto para preparar el informe. Con esto, se tendrán los resultados antes que el Lauca entre en funciones, se podrán resolver todas las peticiones de agua pendientes y las que se presenten en el futuro, y se podrá orientar en forma racional la explotación del agua subterránea en el valle.

Sin entrar en detalles, el plan de investigación abarca los siguientes puntos:

1. Rol de Aguas

Comprende la investigación de terreno, técnica y legal, necesaria para la confección del rol mencionado en 6.1.

2. Gasto Extraído

Cubre la determinación del gasto continuo extraído en el valle hasta diciembre 1960. Requiere aforos 2 veces al mes de todos los gastos bombeados (más las vertientes), y cálculo del número de horas diarias de explotación en cada quincena. Los aforos solos, por frecuentes que sean, no darán la información necesaria sin conocer el número de horas de bombeo.

3. Superficie Regada

Cubre la determinación de la superficie efectivamente regada. Si ésta es variable de una estación del año a otra, la forma de variación. Debe basarse primordialmente en información del terreno, y secundariamente, en otras fuentes.

4. Tasa de Riego

La determinación de la tasa de riego anual por hectárea fluirá de los puntos anteriores.

5. Nivel Estático

Debe medirse el nivel estático de todos los pozos en que ello sea posible 2 veces al mes. Debe usarse una convención uniforme sobre el punto o PR desde el cual se hace la medida.

5. Nivelación

Debe establecerse la cota absoluta del PR que sirve a la medida en cada pozo del valle (ver 5). Existen ya los antecedentes que permiten hacer la determinación en los pozos más importantes del valle.

7. Curvas de Nivel

Cubre el dibujo en un plano de las curvas de nivel ("contours") del nivel estático, cada 3 meses. Sirve para determinar la forma de variación del embalse subterráneo, y si éste se está drenando o recargando. Esta información, combinada con la porosidad efectiva, permite calcular el volumen de recarga o drenaje.

8. Limnigrafos

Deben instalarse limnigrafos en 4 o 5 puntos a lo largo del valle, entre Las Riberas y el océano, a fin de tener en forma continua la variación del nivel estático con el tiempo. Deben instalarse en pozos que no se explotan.

9. Experiencias de Bombeo

Se requieren experiencias de bombeo que permitan calcular permeabilidad, radio de influencia y porosidad efectiva. Deben efectuarse en un punto característico del valle, como J. Noé, y más abajo, entre Pago de Gómez y Saucache, en la parte norte del valle. Conviene complementarlas con la información de la zona costera.

Además, deben efectuarse experiencias simples en que se mide la recuperación del pozo bombeado (depresión vs. tiempo), lo que permite calcular T por otro camino.

10. Gasto Subterráneo

Cubre el cálculo del escurrimiento subterráneo, cuyo conocimiento es uno de los objetivos básicos de la investigación.

11. Recarga Artificial

Cubre la investigación mencionada en 6.3. Deben efectuarse experiencias para determinar la tasa de infiltración, elegir la zona de recarga, y estimar la cantidad de agua de que se dispondrá en el futuro, cuando funcione el Lauca. Además, debe estimarse el incremento de recarga natural del Lauca.

12. Retorno del Riego

No existe aquí la posibilidad de determinarlo directamente, como se hizo en la zona de Chillán. Si no es posible determinarlo experimentalmente, se debe calcular teóricamente.

13. Límite de Explotación ("Safe Yield")

El conocimiento de los puntos 10, 11 y 12 permitirá fijar aproximadamente el gasto máximo que se puede extraer sin producir depresión del embalse subterráneo. A su vez limitará los derechos de agua que se puede reconocer, o conceder, si son nuevos.

14. Análisis Químico

Cubre la obtención de muestras de 5 o 6 pozos a lo largo del valle para análisis. Basta hacerlo mes por medio. Permitirá estudiar la variación con el tiempo, si la hay, y la comparación posterior en la era post-Lauca.

15. Temperaturas

Al tomar las muestras, debe registrarse la temperatura del agua.

16. Catastro

Todo pozo nuevo debe ser registrado y ubicado en el plano general: ya sea obra nueva o inadvertida antes.

17. Pluviómetros

Debe instalarse 3 pluviómetros más en la alta cordillera: uno en el Campamento de Chapiquiña, otro, a una cota más alta, y el último a una cota más baja (que representa mejor la hoya del San José).

18. Crecidas

Debe controlarse las crecidas del río mediante aforos e instalaciones de limnómetros en Paradero.

19. Pozo Profundo

Es conveniente perforar un sondaje profundo de reconocimiento en Las Maitas o más abajo, en el centro del valle, que llegue hasta la liparita (o la perfore). Serviría, a la vez, para experiencias de bombeo.

20. Informe

El informe final debe contener los estudios y conclusiones sobre los párrafos anteriores, y, en los anexos, la información que sirvió de base para ello.

El anexo 6 contiene el presupuesto aproximado de la investigación propuesta, sin incluir el pozo profundo.

ANEXOS

- 1 Precipitaciones en Oruro-Bolivia
- 2 Numeración de Pozos
- 3 Propietarios de Pozos
- 4 Análisis Químico
- 5 Aforo de Pozos
- 6 *Presupuesto de investigación futura.*

Quadro 9

PRECIPITACIONES EN OROURO - BOLIVIA (mm)

	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	TOTAL
Enero	73	127	3	116	90	110	110	151	50	112	942
Febrero	78	50	183	62	60	94	76	30	51	103	787
Marzo	51	13,5	64	3,4	36	131	65	17	2,2	53	436,1
Abril	7,7	0,0	1,2	5	11	18,5	38	0,0	10,4	6,2	98
Mayo	1,3	0,0	9,0	0,0	0,0	4,2	4,4	0,0	16	0,0	34,9
Junio	8,5	0,0	3,0	7,4	0,5	0,0	0,0	0,0	12	0,0	31,4
Julio	9,7	14,4	0,0	18	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	45,6
Agosto	5,0	6,7	19	16	0,0	0,0	0,2	14	0,5	6,0	67,4
Septiembre	57	3,9	5,2	23	0,0	0,0	17	10,3	4,4	0,0	120,8
Octubre	28	0,0	17	19	32	22	23	10,3	0,0	33	184,3
Noviembre	37	0,0	14,5	4,5	64	41	6,2	22	11	29	229,2
Diciembre	40	0,8	57	37	30	32	65	49	61	37	408,8
T O T A L	396	216	376	311	323,5	453	408	304	218,5	379	3 385

MEDIA ANUAL 340 mm

NUMERACION DE POZOS

Propietario	N°	Propietario
Dirección de Riego (Cabuza)	49-P	Fernando Osorio
Dirección de Riego (Cabuza)	50-V	Vertiente Media Luna
Dirección de Riego (Cabuza)	51-V	Vertiente Mita Chioa
Dirección de Riego (Cabuza)	52-P	Arturo Buitano
Dirección de Riego (Cabuza)	53-P	Sucesión Thomas
Dirección de Riego (Cabuza)	54-V	Vertiente El Gallito
Dirección de Riego (Cabuza)	55-P	Miguel Wong Hin
Dirección de Riego (Cabuza)	56-P	Alfredo Buneder
Suc. Truffa Quina	57-P	Ernesto Lombardi
Lupo Baluarte	58-P	Ernesto Lombardi
César Berguño	59-P	Suc. Zabala
Armando Lombardi	60-S	Chadid Hassad
Oscar Barrientos	61-P	Manuel Yanulaque
Suc. Félix Campos	62-P	Marcelo Fernández
Isidoro Andía	63-P	Suc. Ibarra
Amadeo Carbone	64-P	Suc. Díaz
Amadeo Carbone	65-P	Andrés Corbacho
Humberto Andía	66-P	Luis Lombardi
Luis Lombardi	67-P	Jorge Ordoñez
Vertiente La Concepción	68-S	Elías Buneder
Dirección de Riego (Las Riberas)	69-P	Suc. Miguel Salinas
Dirección de Riego (Las Riberas)	70-S	Esteban Gardilcic
Vertiente San Miguel	71-S	Hugo Mozó
Suc. Augusto Salinas	72-P	Antonio Gardilcic
Armando Lombardi	73-S	Chadid Hassad
Amadeo Carbone	74-S	Parceleros de Bellavista
Evaristo Chong	75-P	Chadid Hassad
Amadeo Carbone	76-P	Timoteo Nuñez
Andrés Baluarte	77-S	Agua Potable (D.O.S.)
Aurelio Noce	78-S	Agua Potable (D.O.S.)
Caja de Colonización Agrícola	79-S	Agua Potable (D.O.S.)
Caja de Colonización Agrícola	80-S	Agua Potable (D.O.S.)
Vertiente del Estanque	81-S	Agua Potable (D.O.S.)
Liendo y Beretta	82-S	Agua Potable (D.O.S.)
Vertiente Albarracines	83-S	Agua Potable (D.O.S.)
Caja de Colonización Agrícola	84-P	Chadid Hassad
Caja de Colonización Agrícola	85-S	Rafael Defilipies
Caja de Colonización Agrícola	86-S ^P	Humberto Vergara
Caja de Colonización Agrícola	87-P	Sleiman Kabalán
Caja de Colonización Agrícola	88-P	Kurt Neverman
Caja de Colonización Agrícola	89-P	Elesván Andía
Juan Focasi	90-P	Carlos Grignola
Alberto Salinas	91-P	Domingo Montalvo
Miguel Isihara	92-P	Guillermo Sánchez
Carlos Grignola	93-P	Domingo Devotto
Suc. Gutiérrez de Oviedo	94-P	Domingo Devotto
Amelia v. de Chong	95-P	Domingo Devotto
Abel Garibaldi	96-P	Vlatislav Hrcek
Antonio Gardilcic	97-S	Olivarera de Azapa
Manuel Palza	98-P	Yac. Pet. Fis. Bolivianos
Eduardo Copaja	99-P	Suc. Petersen
Antonio Gardilcic	100-P	Oscar Pérez
Hugo Mozó	101-S	Warrants América
Fernando Osorio	102-P	Bernardo Paredes
Jorge Piña	103-S	Hotel Pacífico
	104 P	Parcela EL ESTANQUE
	105 I	Estadio

PROPIETARIOS DE POZOS

Por orden alfabético

Propietario	N°	Propietario	N°
Agua Potable (D.O.S.)	77-S	Gardilcic Antonio	45-S
Agua Potable (D.O.S.)	78-S	Gardilcic Antonio	72-P
Agua Potable (D.O.S.)	79-S	Gardilcic Esteban	70-S
Agua Potable (D.O.S.)	80-S	Garibaldi Abel	41-S
Agua Potable (D.O.S.)	81-S	Grignola Carlos	38-P
Agua Potable (D.O.S.)	82-S	Grignola Carlos	90-P
Agua Potable (D.O.S.)	83-S	Gutiérrez de Oviedo, Suc.	39-P
Albarracines	28-V	Hassad Chadid	60-S
Andía Elesván	89-P	Hassad Chadid	73-S
Andía Humberto	11-P	Hassad Chadid	75-P
Andía Isidoro	8-S	Hassad Chadid	84-P
Baluarte Andrés	22-P	Hotel Pacífico	103-S
Baluarte Lupo	3-P	Hrcek Vlatislav	96-P
Barrientos Oscar	6-S	Ibarra, Suc.	63-P
Berguño César	4-S	Isihara Miguel, Suc.	37-P
Buitano Arturo	52-P	Kabalán Sleiman	87-P
Buneder Alfredo	56-P	La Concepción	13-V
Buneder Elías	68-S	Liendo y Beretta	27-P
Caja de Col. Agrícola	24-S	Lombardi Armando	5-P
Caja de Col. Agrícola	25-S	Lombardi Armando	18-P
Caja de Col. Agrícola	29-S	Lombardi Ernesto	57-P
Caja de Col. Agrícola	30-S	Lombardi Ernesto	58-P
Caja de Col. Agrícola	31-S	Lombardi Luis	12-P
Caja de Col. Agrícola	32-S	Lombardi Luis	66-P
Caja de Col. Agrícola	33-S	Media Luna	50-V
Caja de Col. Agrícola	34-S	Mita Chica	51-V
Campos Félix, Suc.	7-P	Montalvo Domingo	91-P
Carbone Amadeo	9-S	Mozó Hugo	46-S
Carbone Amadeo	10-P	Mozó Hugo	71-S
Carbone Amadeo	19-S	Neverman Kurt	88-P
Carbone Amadeo	21-P	Noce Aurelio	23-P
Copaja Eduardo	44-P	Núñez Timoteo	76-P
Corvacho Andrés	65-P	Olivarera de Azapa	97-S
Chong Amelia, v. de	40-P	Ordoñez Jorge	67-P
Chong Evaristo	20-P	Osorio Fernando	47-P
Defilipies Rafael	85-S	Osorio Fernando	49-P
Del Estanque	26-V	Palza Manuel	43-P
Devotto Domingo	93-P	Parceleros de Bellavista	74-S
Devotto Domingo	94-P	Paredes Bernardo	102-P
Devotto Domingo	95-P	Pérez Oscar	100-P
Díaz, Suc.	64-P	Petersen, Suc.	99-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-A	Piña Jorge	48-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-B	Salinas Alberto	36-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-C	Salinas Augusto, Suc.	17-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-D	Salinas Miguel, Suc.	69-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-E	San Miguel	16-V
D. de Riego (Cabuza)	1-S-F	Sánchez Guillermo	92-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-G	Thomas, Suc.	53-P
D. de Riego (Cabuza)	1-S-H	Truffa Quina, Suc.	2-S
D. de Riego (Las Riberas)	14-S	Vergara Humberto	86-S
D. de Riego (Las Riberas)	15-S	Warrants América	101-S
El Gallito	54-V	Wong Hin, Miguel	55-P
Fernández Marcelo	62-P	Yac. Pet. Fis. Bolivianos	98-P
Pocasi Juan	35-P	Yanulaque Manuel	61-P
Gardilcic Antonio	42-S	Zabala, Suc.	59-P

Cuadro 12

ANÁLISIS QUÍMICO

Muestra de Agua	N°	Fecha	Sodio de Cambio %	Aniones Meq/l				Cationes Meq/l	
				Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Total	Calcio	Total
Rfo Lauca a 4 400 m	-	17-2-60	48	4,3	1,5	1,7	7,5	1,6	7,2
Rfo San José en Paradero	-	26-2-60	27	2,6	4,7	5,9	13,2	7,8	13,9
L.Lombardi	12-P	26-2-60	26	2,6	1,9	2,7	7,2	4,7	8,2
Las Riveras. Dirección de Riego	14-S	16-2-60	26	2,8	1,9	2,3	7,0	4,7	7,4
Vertiente San Miguel	16-V	26-2-60	20	2,9	2,1	2,8	7,8	4,4	8,7
Vertiente Albarracines	28-V	26-2-60	26	2,9	2,0	3,1	8,0	5,6	8,2
Caja de Colonización Agrícola	33-S	26-2-60	25	3,3	2,1	2,3	7,7	5,2	8,5
Miguel Weng Hin	55-P	16-2-60	36	3,8	2,7	3,6	10,1	6,1	11,2
R. Defilipies	85-S	26-2-60	12,5	3,6	3,0	3,6	10,2	6,2	8,4
Yac. Pet. Fis. Bolivianos	98-P	16-2-60	23	2,4	3,6	4,8	10,8	5,8	10,5
Petersen, Suc.	99-P	16-2-60	29	3,4	2,7	3,7	9,8	6,1	10
Warrants América	101-S	16-2-60	30	3,6	2,9	4,0	10,5	5,3	10,2
B. Paredes	102-P	23-2-60	36	3,8	3,4	3,9	11,1	6,8	11

AFORO DE POZOS

N°	Propietario	Gasto lt/seg		
		Nov 1959	Feb 1960	Abril 1960
1-S-A	Dirección de Riego (Cabuza)	45		
1-S-B	Dirección de Riego (Cabuza)			33
2-S	Suc. Truffa Quina	20		
3-P	Lupo Baluarte	9		
5-P	Armando Lombardi		8	
7-P	Suc. Félix Campos	7,5	7	
8-S	Isidoro Andía	40		
9-S	Amadeo Carbone	13		
12-P	Luis Lombardi	8		
14-S	Dirección de Riego (Las Riberas)			24
17-P	Suc. Augusto Salinas	1,4	3	
20-P	Evaristo Chong	10	7	
21-P	Amadeo Carbone	10		
22-P	Andrés Baluarte	14		
23-P	Aurelio Noce	12	1	
26-V	Vertiente del Estanque		2,7	2
28-V	Vertiente Albarracines	13	7,5	4,4
29-S	Caja de Colonización Agrícola	22		41
33-S	Caja de Colonización Agrícola		32	
35-P	Juan Focasi	13	13	
37-P	Miguel Isihara	10	10	
38-P	Carlos Grignola	8		
39-P	Suc. Gutiérrez de Oviedo	10		
40-P	Amelia v. de Chong	30		23
41-S	Abel Garibaldi	30	20	21
42-S	Antonio Gardilcic		12	
43-P	Miguel Palza	3,3		
46-S	Hugo Mozó	24		22
52-P	Arturo Buitano	6,7		
53-P	Suc. Thomas	6		
54-V	Vertiente El Gallito	14	4	0,5
55-P	Miguel Won Hin	26	36	38
56-P	Alfredo Buneder	8	9	
57-P	Ernesto Lombardi	6	8	
58-P	Ernesto Lombardi	7	7	
59-P	Suc. Zabala	6		
60-S	Chadid Hassad	12		
61-P	Manuel Yanulaque	18	14	14
62-P	Marcelo Fernández	10	7	6,5
63-P	Suc. Ibarra		5,7	
66-P	Luis Lombardi		5,6	
67-P	Jorge Ordoñez	5,7		
68-S	Elías Buneder	9	11	
70-S	Esteban Gardilcic	38	30	25
71-S	Hugo Mozó	19	16	
72-P	Antonio Gardilcic	10		
73-S	Chadid Hassad		6,3	
74-S	Parceleros de Bellavista	19	17	
75-P	Chadid Hassad	18		
85-S	Rafael Defilipies	21	14,5	13
87-P	Sleiman Kabalán		11	
89-P	Elesván Andía	10		
91-P	Domingo Montalvo	6		
93-P	Domingo Devotto	5,4	0,5	
94-P	Domingo Devotto		0,25	
102-P	Bernardo Paredes	9,5	8	

Cuadro 14

PRESUPUESTO DE INVESTIGACION FUTURA

Trabajo de terreno	7 meses
Redacción del informe	2 meses
Impresión	1 mes
Plazo total de ejecución	<hr/> 10 meses

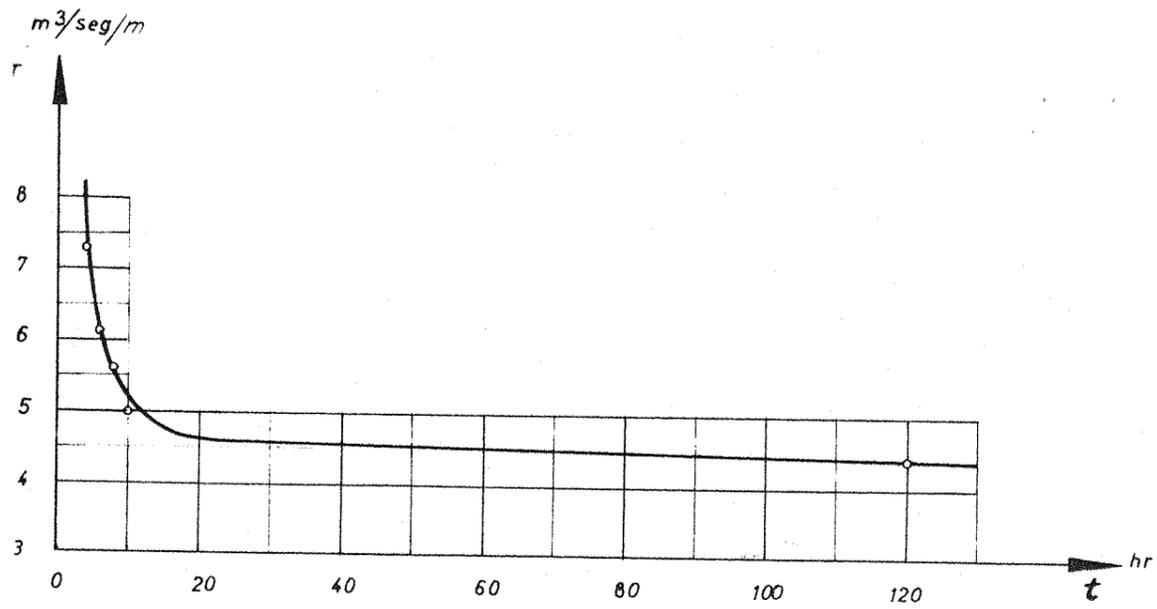
Detalle de costo:

1 Técnico 7 meses a E° 300	E°	2 100
Viáticos del Técnico, 7 meses a E°250		1 750
1/2 Ing.-mes, 7 meses a E°700 mensual		2.450
Gastos hotel Inge., 10 días c/mes a E°10		700
10 Pasajes LAN a E° 85		850
Movilización en Arica 70 días a E°20		1 400
Experiencias de bombeo GL		1 000
1 Ing. para redacción de informe 2 meses a E°700		1 400
Dibujante y dactilógrafa. GL		400
Gastos de oficina (1/2) 10 meses a E°60		600
Impresión. GL		750
Impuesto directo sobre Estados de Pago		300
Impuesto a la Renta sobre 2 vitales		
30% sobre 1 500 E°		450
Imprevistos 5%		650

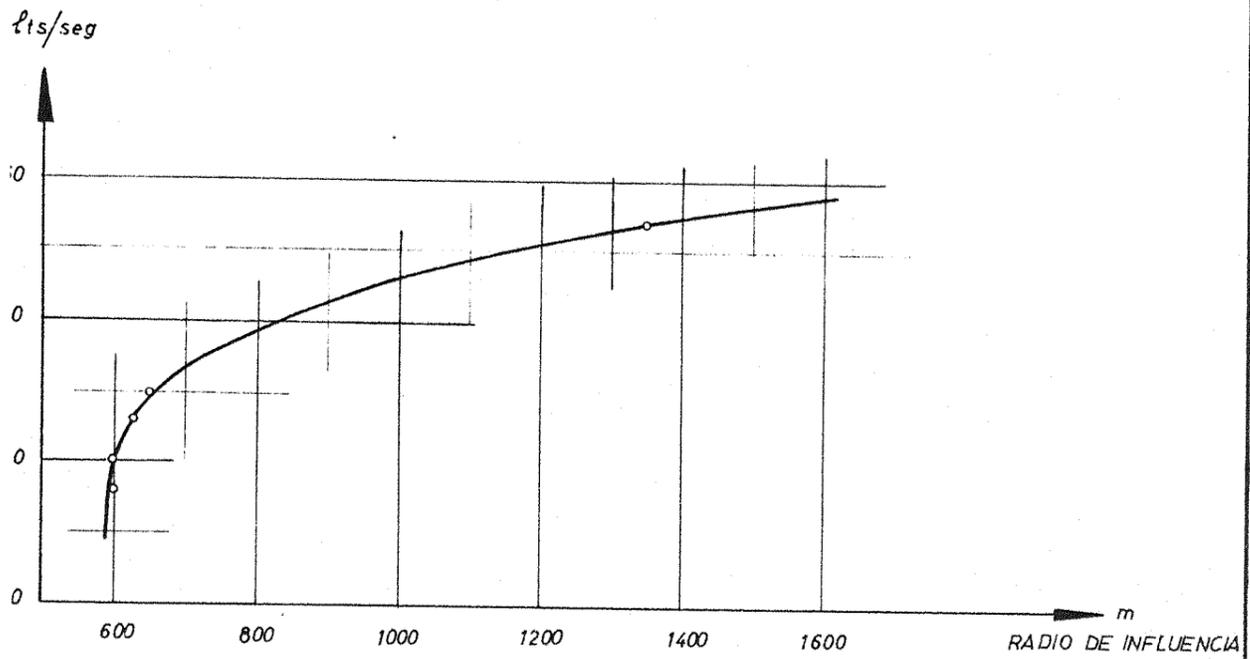
Total E° 14 800.-

GRAFICO 6

EXPERIENCIAS EN J. NOE
TRANSMISIVIDAD vs TIEMPO DE BOMBEO



RADIO DE INFLUENCIA vs GASTO BOMBEADO



BIBLIOGRAFIA

George C. Taylor "Geology and ground water of the
Azapa Valley"

Juan Brügger "Agua Subterránea y Morfología
General de Tarapacá"

