

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

CUENCA
SALAR DE ATACAMA, II^a REGIÓN

INFORME HIDROGEOLOGICO

EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE
AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS

DAMARIS ORPHANOPOULOS STEHR
INGENIERO CIVIL

Santiago, Junio 1998

INDICE

Pág.

I	INTRODUCCION	1	
	I.1	Objetivo del Estudio	1
	I.2	Alcances del presente estudio	1
	I.3	Antecedentes	3
	I.4	Zonificación	4
II	ESTUDIO GEOLOGICO	6	
	II.1	Objetivos	6
	II.2	Geología de Superficie	6
	II.3	Geología de Subsuperficie	8
III	ESTUDIO HIDROLOGICO	12	
	III.1	Objetivo	12
	III.2	Precipitación	13
	III.3	Evapotranspiración	15
	III.4	Escorrentía	19
	III.5	Balace Hidrico en régimen "natural"	21
	III.6	Comentarios a los resultados	21
IV	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	23	
	IV.1	Objetivos	23
	IV.2	Catastro de Derechos Constituidos y Solicitados	23
	IV.3	Recursos renovables en zonas aportantes	26
	IV.4	Balace entre oferta hídrica y demanda en escenario de uso actual	26
	IV.5	Efectos del aumento de uso en los niveles estáticos del Salar	28
	IV.6	Volumen almacenado	29
V	RECOMENDACIONES PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HIDRICO EN LA CUENCA	32	
	V.1	Calidad del agua	32
	V.2	Recomendaciones para la explotación del almacenamiento por zona	34
	V.3	Recomendaciones para la constitución de derechos por zona en el futuro	36
VI	CONCLUSIONES	40	

ANEXO FIGURAS

ANEXO CUADROS

PLANOS

INFORME HIDROGEOLOGICO

EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS

CUENCA SALAR DE ATACAMA, IIª REGIÓN

I. INTRODUCCION

El presente Informe Hidrogeológico fue encargado a esta asesoría por la Dirección General de Aguas, a raíz de la gran cantidad de derechos de aguas subterráneas que se están solicitando tanto en la cuenca aportante al Salar de Atacama, como dentro del mismo salar. Este hecho mostró la necesidad de proceder a efectuar los balances necesarios antes de seguir constituyendo más derechos. Estos balances de recursos hídricos subterráneos constituyen el objetivo final del presente estudio.

I.1 Objetivo del Estudio

El objetivo del estudio que se presenta a continuación, es el de efectuar un balance hídrico global de las aguas de la cuenca del salar de Atacama, de modo de desprender de él el balance hídrico subterráneo. El objetivo es el de determinar si existe o no disponibilidad para nuevos derechos de agua subterránea, que están siendo solicitados en diversos sectores.

Dada la naturaleza endorreica del sistema hídrico bajo estudio, el análisis se efectuó de acuerdo a subcuencas o zonas convenientemente delimitadas, de modo de lograr el objetivo también por zonas.

I.2 Alcances del presente estudio

Fisicamente, el presente estudio cubre el área completa de la cuenca del Salar de Atacama, la que se presenta en el Plano N° 1.

No obstante ello, y por tratarse de una cuenca endorreica, la cuenca se ha sectorizado de modo de generar resultados más

prácticos y locales, en función de las características propias de cada sector, y de la ubicación de los pozos solicitantes.

En cuanto al contenido del presente informe, se efectúa en primer lugar una caracterización geológica tanto de superficie como de subsuperficie, de modo de establecer algunas bases claras para el estudio hidrogeológico.

Posteriormente se efectúa un análisis hidrológico clásico en régimen natural, que comienza con la caracterización y cuantificación de las precipitaciones sobre cada área de análisis, las pérdidas evapotranspirativas, la disponibilidad de recurso para escorrentía tanto superficial como subterránea hacia el salar, y las pérdidas evaporativas desde éste, que cierran el balance hidrológico de la cuenca.

A continuación se desarrolla el estudio hidrogeológico. Este análisis comienza con la presentación de todos los pozos, con y sin derechos de aprovechamiento, y su ubicación en el Plano N° 2. Por ser el aporte hídrico alternativamente superficial o subterráneo en las subcuencas aportantes, también se hizo una recopilación de los derechos superficiales constituidos, cuya ubicación se muestra igualmente en el Plano N° 2. Ellos corresponden a aguas parcialmente no disponibles para constituir derechos subterráneos.

En base a los recursos renovables y la explotación obtenida para cada zona, se efectúa finalmente un balance para cada sistema, del cual se obtiene la disponibilidad de caudal para nuevos derechos permanentes, superficiales y subterráneos.

Finalmente, se hace una representación y una cuantificación del almacenamiento subterráneo, en base a todos los antecedentes locales generados en los estudios anteriores. La visión acerca del almacenamiento subterráneo sirvió para complementar los resultados del estudio de la recarga renovable, y para desprender algunos criterios en relación a su explotación, en forma de derechos especiales.

Como conclusión, se obtiene el recurso renovable disponible para la constitución de futuros derechos permanentes, ya sea superficiales o subterráneos, y se propone la explotación de un porcentaje del volumen almacenado, en la forma de derechos especiales.

I.3 Antecedentes

Para la realización del presente informe, se ha tenido en consideración fundamentalmente los siguientes antecedentes o referencias:

1. Balance Hidrico de Chile (en adelante BHN), Dirección General de Aguas MOP, 1987
2. Balance Hidrológico Nacional, IIª Región, 1986, Publicación Interna DGA, MOP
3. Planchetas 1:250.000 de: Calama, Toconao y Sierra Almeida
4. Mapa Geológico Nacional, Hoja Salar de Atacama, Sernageomin
5. Proyecto CHI-535: Investigación de Recursos Hidráulicos en el Norte Grande
 - Caudales Bases Cuenca Salar de Atacama, Marzo 1977
 - Hidrogeología de la Región del Salar de Atacama, Volúmenes I y II, Mayo 1977
6. Evaluación Hidrogeológica de la zona Monturaqui-Negrillar, Mineras Escondida y Zaldívar, Sept.1993.
7. Modelo Negrillar, EDRA con WHLA, Minera Zaldívar, Septiembre 1997
8. Evaluación Hidrogeológica Acuífero Sector Norte Salar de Atacama, EDRA, Compañía Minera Riochilex S.A., Noviembre 1997
9. Características Geológicas e Hidrogeológicas del Salar de Atacama, Leonardo Mardones, Publicación de Ireco-Chile, año?
10. Análisis Crítico de la red de medición de niveles de agua subterránea, IIª Región, DGA - Alamos y Peralta, Octubre 1987
11. Antecedentes inéditos del Estudio Hidrogeoquímico del Salar de Atacama, interno DGA.
12. Expedientes de solicitud de derechos de aprovechamiento subterráneo en la cuenca del Salar de Atacama:
ND-II-1455, ND-II-1456, Nd-II-1488, ND-II-1489.

13. Listado de derechos subterráneos constituidos en la cuenca del Salar de Atacama hasta Junio 1997, DGA IIª Región
14. Listado de derechos subterráneos solicitados, de resolución pendiente, cuenca del Salar de Atacama, DGA IIª Región
15. Listado de derechos superficiales constituidos en la cuenca del Salar de Atacama, DGA IIª Región

1.4 Zonificación

Se consideró práctico efectuar una zonificación de la zona de estudio, debido a la diversidad de las condiciones naturales de los diferentes sectores aportantes al Salar de Atacama. La zonificación ha sido definida en base a los siguientes criterios:

- criterios geológicos, que muestran las estructuras de superficie y subsuperficie, las cuales permitieron conocer las formaciones con valor hidrogeológico, y las barreras existentes entre o bajo ellas.
- criterios hidrológicos, relativos a los aportes de las precipitaciones, basados fundamentalmente en la configuración de las subcuencas, y en sus alturas aportantes.
- criterio de ubicación de los pozos, el cual muestra en la práctica cuáles son las unidades más solicitadas, de modo que el análisis que se presenta se pueda centrar en cada una de estas unidades.

Teniendo en vista todos estos elementos, se ha considerado útil y necesario distinguir 5 zonas alrededor del salar, además del salar mismo. Las zonas son las siguientes:

1. Zona Norte : Cuencas aportantes ríos San Pedro y Vilama, quebradas de Chaxas y Valle Chico
2. Zona Oriente Norte : Ladera aportante desde el oriente, sector norte: quebradas de El Zarzo, Honar (Toconao), Aguas Blancas y Soncor
3. Zona Oriente Sur : Ladera aportante desde el oriente, sector sur: quebradas Camar⁴ Cardonquis, Algarobillo y Túlén

4. Zona Este : Cuenca aportante desde el sur, desde el Salin en Socompa hacia el norte: Monturaqui, Negrillar, Lomas de Tilocalar y Lomas de Quilvar. Esta zona está delimitada al oeste por el cordón paleozoico de la Sierra Almeida y Sierra Colorada.
5. Zona Poniente : Ladera aportante desde el occidente (Cordillera de la Sal), y Quebrada de Agua Colorada, proveniente desde el sur.
6. Salar

Las zonas definidas se muestran en el Plano N° 1. En adelante, el estudio se refiere siempre a esta zonificación, y naturalmente, también a la cuenca completa.

II ESTUDIO GEOLÓGICO

II.1 Objetivos

Los antecedentes geológicos de la cuenca del Salar de Atacama, que se han tenido en consideración para el presente estudio, son los siguientes: el mapa geológico del Salar de Atacama, del Sernageomin (ref. 4), un mapa de la geología de superficie, obtenido en el estudio hidrogeoquímico de la DGA (ref.11), el cual se adjunta como Figura N° 1 del Anexo de Figuras, y los estudios o criterios geológicos de las refs. 5, 7 y 8.

El estudio geológicos se efectuó con los siguientes objetivos fundamentales:

- Para apoyar la zonificación de las subcuenas aportantes al salar, de modo que resulte la más apropiada desde el punto de vista geológico, además de los otros criterios señalados
- Para identificar la ubicación, calidad y tipo de los acuíferos involucrados en la zona de estudio

En base al análisis de la información geológica, se ha identificado las formaciones más relevantes, constitutivas de la cuenca, tanto en superficie como en subsuperficie. En general, no hay exploraciones que entreguen información sobre formaciones bajo los 400 m de profundidad, con excepción de dos pozos Corfo, que alcanzaron profundidades de casi 600 m.

II.2 Geología de superficie

Se ha podido observar las siguientes formaciones geológicas de superficie en la cuenca del Salar de Atacama:

II.2.1 Las formaciones cuaternarias:

- el salar mismo, con condiciones hidrogeológicas no despreciables

- los depósitos de arrastre hidrico, o aluviales, del tipo de gravas, arenas y limos, que provienen desde las altas cumbres del oriente, y se han depositado fundamentalmente en los lados norte y oriente del salar. Presentan condiciones hidrogeológicas que deben ser consideradas.
- los depósitos que se encuentran en el Llano de la Paciencia, al occidente del salar, y que se extienden por la misma línea hacia el sur. Estos depósitos no han suscitado el interés de ser explorados hidrogeológicamente.
- las coladas y depósitos piroclásticos y flujos laháricos asociados a los volcanes bien conservados (volcanes Socompa y Pajonales, al sur del salar). Estos depósitos son más bien consolidados y no presentan propiedades acuíferas.

II.2.2 Las formaciones cenozoicas (terciario-cuaternarias):

- las ignimbritas, tobas e intercalaciones de sedimentos clásticos continentales que afloran en altura, en toda la ladera norte-oriente-sur del salar. Son rocas consolidadas sin propiedades acuíferas considerables.
- las coladas, tobas y brechas andesíticas y basálticas con que culmina la cuenca en su sector oriente. Son rocas consolidadas sin propiedades acuíferas considerables.

II.2.3 Las formaciones terciarias:

- las formaciones de ignimbritas riolíticas con intercalación de sedimentos, al occidente del Llano de la Paciencia, que no tendrían mayores propiedades acuíferas, y
- los conglomerados de facies continentales que conforman la Cordillera de la Sal, al occidente del salar. Se consideran estratos consolidados, con mala calidad acuífera.

II.2.4 Las formaciones del Jurásico:

- hay afloramientos muy puntuales de rocas consolidadas del Jurásico en la cuenca, por ejemplo, en los cerros de Cas. Se supone que, conjuntamente con las rocas paleozoicas, conforman gran parte del basamento rocoso de esta cuenca.

II.2.5 El Paleozoico

- las formaciones paleozoicas observables en la cuenca, están constituidas por rocas plutónicas e hipabisales. Presentan un afloramiento enorme justamente al sur del salar, el cual se extiende desde la cuña del cordón Chinquilchoro hacia el sur, en las Sierras Colorada y Almeida. Esta formación tendría propiedades hidrogeológicas nulas, por lo que el mencionado cordón delimitaría las aguas subterráneas de la zona 4 por el occidente. Además, esta formación constituiría en gran medida el basamento rocoso de la cuenca.

II.3. Geología de subsuperficie

La caracterización de subsuperficie está obtenida de las referencias 5, 7, 8, 9 y 11. En estas referencias, a su vez, se ha generado la información tanto a partir de la estratigrafía de pozos como en base a prospecciones geofísicas de diversa naturaleza, con lo que se ha explorado profundidades máximas de hasta 600 m.

La caracterización de subsuperficie se presenta en forma de perfiles transversales, estratigráficos y geofísicos, cuya ubicación en planta se muestra también en el Plano N° 1. Los perfiles están obtenidos directamente de las referencias mencionadas, y se anexan al presente estudio en el Anexo de Figuras, como Figuras N° 2 a 15.

El Plano N° 1 muestra que hay información de perfiles en las siguientes zonas:

- hay perfiles estratigráficos y geofísicos (ref. 8) en la zona 1, sector bajo, al llegar al salar
- en las zonas 2 y 3, hay varios perfiles transversales, estratigráficos y geofísicos (refs. 5 y 8), todos entre el salar y los 2600 msnm, abarcando el relleno sedimentario, y un perfil estratigráfico longitudinal (ref.5), que abarca ambas zonas de N a S.
- en la zona 4, el sector más explorado es el campo o depresión de Monturaqui-Negrillar. La ref. 7 desarrolla un modelo hidrogeológico que cubre el sector de Negrillar (ver área modelada en el Plano N° 1), pero no presenta perfiles del sector modelado. El sector de Monturaqui se ha explorado

intensamente, y se dispuso de los perfiles estratigráficos de los pozos que están solicitando derechos en estos momentos (ref. 12). Además de éstos, hay dos perfiles estratigráficos para el sector bajo de la zona 4 (ref. 9), cuya ubicación no está señalada en la referencia.

- en la zona 5, el estudio de la ref. 8 representa sólo marginalmente el sector que da al extremo norponiente del salar, a través de perfiles geofísicos. No hay otros antecedentes para la zona 5.
- en la zona 6, dentro del mismo salar, hay perfiles geofísicos sólo en la parte norte (ref. 8), en los sectores llamados Baltinache y Tebinquiche, y en el sector norponiente del salar. Estos últimos son los mismos perfiles que cubren marginalmente la zona 5.

La información contenida e interpretada en dichos perfiles se refiere a las unidades estratigráficas identificadas. Esta información, que tiene importancia para el estudio hidrogeológico, se transcribe a continuación, con indicación de las referencias de las cuales fue extraída.

II.3.1 Zona 1 (sector bajo cuencas San Pedro y Vilama), y parcialmente zona 6 (sector norponiente del salar) (Ref. 8)

Se detectaron, en estas zonas, 4 unidades, que se disponen arealmente según se muestra en el Plano N° 1:

- A. Una unidad clástica fina, conformada por limos, arcillas y niveles de cenizas, con pequeñas intercalaciones de material grueso. Alcanza sus espesores mayores, de 350 m, en el sector noroccidental del salar, y se acuña hacia la cordillera de la sal, donde presenta espesores de 20 m.
- B. Una unidad clástica gruesa, conformada por arenas, gravas y gravillas, que se correlaciona con los depósitos aluviales cuaternarios. Esta unidad tiene su mayor desarrollo en el centro del sector estudiado del salar (sector norte), con espesores de hasta 350 m, según la exploración geofísica (geoeléctrica). Hacia el oeste también está presente, aunque en forma menos regular, y con espesores que no superan los 200 m.

La unidad se presenta en una franja N-S, se acuña hacia el sur sobre sedimentos saturados salobres, hacia el oeste

grada a sedimentos cada vez más finos, y hacia el este se encuentra en contacto con las rocas volcánicas que conforman la precordillera.

- C. Una unidad volcánica conformada principalmente por depósitos ignimbríticos, que forman parte del plano inclinado que baja desde la precordillera, y se presenta en todo el borde este del salar Salar de Atacama. Esta unidad se presenta también dentro de la unidad B, como niveles tobíferos, de espesores de unos 30 m, que se distinguen a partir de las estratigrafías.
- D. Una unidad salina conformada por sedimentos finos con altos contenidos de sales, correlacionables con los depósitos que forman la Cordillera de la Sal. El techo de esta unidad se encontró a una profundidad máxima de 400 m, y se profundiza hacia el este, mientras que al oeste afloraría como la Cordillera de la Sal. Esta unidad predominaría en el centro del Salar (sur del área de estudio), y estaría saturada de aguas salobres.

II.3.2 Zona 1 (sector bajo), zonas 2 y 3 (sector oriental del salar) (ref. 5)

Las unidades identificadas en los perfiles longitudinal y transversales correspondientes a estas zonas, son cinco, desde la superficie hacia abajo:

- A. una unidad conformada de grava mediana y gruesa, y en menor proporción, arena gruesa, de entre 0 y 80 m de espesor. Su granulometría disminuye en dirección al salar
- B. una secuencia principalmente arenosa, de arena gruesa y fina con intercalaciones de gravas y limos, con un espesor promedio de 30 m y máximo de 140 m. Su granulometría disminuye en dirección al salar
- C. una capa relativamente delgada de gravas medianas de clastos ignimbríticos y andesíticos, con un promedio de 20 m de espesor.
- D. ésta es una unidad volcánica, y corresponde a los flujos ignimbríticos-tobáceos provenientes desde el oriente.
- E. corresponde a una unidad compuesta por detritos finos, arena, limo, arcilla, ceniza, materiales calcáreos y sulfatos, que se encuentra en profundidad, alcanza sobre los 100 m de potencia, y se apoyaría sobre el basamento rocoso.

II.3.3 Zona 4 (refs. 7 y 9)

En esta zona se ha estudiado el sector de Monturaqui-Negrillar (ref. 7), para el cual se han distinguido las siguientes cuatro unidades principales, desde la superficie hacia abajo:

- A. Una capa o unidad ignimbrítica superficial, que corresponde a un flujo volcánico, y cubre toda el área. Esta capa se asume sin capacidades acuíferas, debido a que algunos fracturamientos que ella presenta no son suficientes para asegurar que la capa permita una recarga estable hacia el sistema inferior.
- B. Una unidad de naturaleza sedimentaria, compuesta de gravas, arenas y arcillas, que alberga el acuífero principal. Esta unidad se extendería desde la zona modelada hasta Tilopozo y hasta el Salar de Atacama, y tendría un espesor variable entre 100 y 400 m. Esta unidad se aprecia también en un perfil típico obtenido de la ref. 12, en la Figura 15.
- C. La formación Purilactis, compuesta por una mezcla de sedimentos cretácicos, clastos y arcillas, de relativamente baja permeabilidad. Esta formación subyace al acuífero principal, pero aflora al oriente del sector modelado.
- D. Una unidad de basamento, llamado granítico, que corresponde a las rocas paleozoicas antes descritas, que afloran y delimitan la zona 4 por el occidente.

De acuerdo a lo que se puede observar en dos perfiles estratigráficos de la ref. 9, Tilomonte y Tilopozo, (Figuras N° 13 y 14), que sin embargo no son ubicables en el plano por falta de información, estos perfiles muestran claramente la profundización de la capa ignimbrítica, y el desarrollo, sobre ella, de una capa sedimentaria mixta, de limos, cenizas, gravas y arenas, la que podría albergar una napa subterránea.

No hay información sobre la zona 5.

En el capítulo IV, Estudio Hidrogeológico, se profundiza el análisis de las unidades que tienen relevancia como acuíferos, con la finalidad de efectuar una estimación de los volúmenes embalsados.

III ESTUDIO HIDROLOGICO

III.1 Objetivo

Este capítulo está enfocado a efectuar un balance hídrico en las condiciones de régimen "natural" de la cuenca. Este régimen se refiere a un estado base de la cuenca, en que el único uso consuntivo no natural es el riego ancestral efectuado en las zonas cultivadas de San Pedro, Socaire y Tilomente. En este estado de régimen "natural" se efectuó también el balance hídrico de la cuenca en la ref. 2 de 1986.

El balance en las cuencas aportantes al salar es el siguiente:

Aportes de Precipitación - Evapotranspiración real =
Escorrentía superficial + subterránea

El balance en el salar mismo es:

Aportes de Precipitación + Escorrentía afluente = Evaporación desde el Salar.

De ambas ecuaciones se observa que la escorrentía generada en cada una de las subcuencas es la que llega como escorrentía afluente al salar, en régimen natural. Sin embargo, la escorrentía generada en las subcuencas es también la fuente para los diversos usos que se desee dar al agua. De esta forma, al aumentar los usos en las subcuencas aportantes, disminuirá la escorrentía afluente al salar. El balance en régimen de uso actual según derechos, se analiza en el capítulo IV.

El desarrollo del balance en el estado base llamado régimen "natural" se encuentra en el Cuadro N° 1, del Anexo de Cuadros.

Dicho Cuadro N° 1 presenta el detalle completo del balance hídrico efectuado para cada sector de cada zona, y de él se desprenden los resultados finales del balance. En cada uno de los subcapítulos siguientes se transcriben los resultados resumidos por zona, con la finalidad de hacer más claro el análisis efectuado.

III.2 Precipitación

Las precipitaciones constituyen la base de toda hidrología subterránea, al ser la fuente principal de recursos hídricos entrantes al sistema. En base a ellas, se determina la recarga renovable de los acuíferos a explotar.

No obstante lo anterior, localmente es posible contar con almacenamientos subterráneos considerables, resultantes de procesos de recarga centenarios o incluso milenarios. Estos recursos eventualmente podrían ser explotados más allá de la recarga renovable, en un porcentaje razonable. En caso de ser explotados considerablemente por sobre la recarga renovable, son agotables, y en estas condiciones, su utilización efectiva es esencialmente temporal. En los capítulos IV y V se profundiza este tema.

Otras fuentes de recursos hídricos pueden ser trasvases superficiales desde otras cuencas, y entradas subterráneas desde otras cuencas cuando la cuenca hidrogeológica no coincide con la cuenca hidrológica.

Hacia la cuenca del Salar de Atacama, no hay trasvases superficiales desde otras cuencas.

Se postula con alguna insistencia que habría aportes subterráneos desde el exterior de la cuenca hidrológica (demarcada en el Plano N° 1), específicamente desde el altiplano chileno y argentino. Esta teoría es totalmente ajena al balance hídrico de la cuenca y está basada en observaciones puntuales de caudal, tanto superficial como subterráneo. Para explicar los caudales observados, se considera necesario asumir permeables las andesitas volcánicas. Dicha teoría queda desperfilada por el hecho de que el balance hídrico de la cuenca propia explica perfectamente todos los caudales que se observan y obtienen localmente en la cuenca.

Principalmente por este motivo, y además, asumiendo que tales caudales aportados desde fuera de la cuenca hidrológica, de existir, serían el resultado de permeabilidades secundarias, se ha considerado que tales aportes subterráneos serían poco significativos.

En base a todo lo anteriormente señalado, para la cuenca del Salar de Atacama, la principal fuente de recursos hídricos, superficiales y subterráneos renovables, es la precipitación sobre la propia cuenca.

La precipitación de la cuenca del Salar de Atacama está registrada, de norte a sur, en las siguientes estaciones, con los promedios anuales y altitudes que se indican en la Tabla N° 1:

Tabla N° 1

Estaciones pluviométricas cuenca Salar de Atacama

Nombre estación	PP media anual mm	Altitud msnm
El Tatio	145,3	4320
Río Grande (afl. al río San Pedro)	86,8	3250
San Pedro de Atacama	27,8	2450
Toconao	41,7	2430
Socaire	56,8	3251
Peine	20,4	2480

Dentro de esta cuenca, como ocurre en general, la precipitación muestra un claro aumento con la altura, comportamiento que se presenta en la Figura 16 del Anexo de Figuras. Esta Figura se extrajo del estudio "Balance Hidrológico Nacional, IIª Región, 1986", pero en ella se destaca el comportamiento propio de la cuenca del Salar de Atacama.

En base a este comportamiento, señalado en la Figura 16, se ha determinado, para cada una de las zonas en que se dividió la cuenca, el recurso hídrico aportado por la precipitación. La determinación se hizo por franjas con desnivel de 1000 m o menos, según se desprende del detalle del Cuadro N° 1 (Anexo Cuadros).

Se verificó la totalización de las áreas por rango de alturas, sobre toda la cuenca aportante al salar, que coincide plenamente con la curva hipsográfica determinada en el estudio del balance hidrológico. Solamente hay una diferencia en el área determinada para el salar propiamente tal.

Del Cuadro N° 1 se obtiene que los aportes por precipitación, expresados tanto en mm como en caudal medio, en cada zona, son los siguientes:

Tabla N° 2

Recurso Hídrico aportado a cada zona por la precipitación

Zona	Area km2	Precip. media anual, mm	Q equiv. m3/s
1	1890	128	7.64
2	1930	110	6.75
3	1925	100	6.13
4	2915	98	9.03
5	3120	51	5.03

Total cuenca aportante	11780	93	34.58
6 (Salar)	3020	14	1.38

Total cuenca	14800	77	35.96

Se obtiene como resultado de este análisis, que el recurso aportado a la cuenca completa por concepto de precipitación, es de 35.96 m3/s, vale decir, de 36 m3/s.

Este valor resulta algo superior el determinado en el balance Hídrico (33,2 m3/s), por haberse usado en dicho balance una relación diferente de precipitación versus altitud, según se comentó antes (no está claro cuál relación se usó).

Lo que en adelante ocurre en la cuenca con esta cantidad de agua precipitada, se analiza en los acápite siguientes.

III.3 Evapotranspiración

En la cuenca del Salar de Atacama, el valor de la evaporación potencial (evaporación de tanque tipo A) es muy grande, en promedio entre 6 y 10 mm/día, según se desprende de la Figura N° 17,

presentada también del estudio de balance hídrico, aunque generada con ocasión del Proyecto CHI-535, en 1977. Esto significa un potencial evaporativo entre 2190 y 3650 mm/año, lo que para el área de la cuenca completa significaría un caudal entre 1000 y 1700 m³/s al año, incomparablemente mayor que el agua aportada por la precipitación, estimada en unos 36 m³/s.

Lo anterior explica la gran pérdida de recurso hídrico que se produce en la cuenca. Sin embargo, del agua precipitada, no todo se pierde por evaporación, sino que hay una pequeña parte que logra escurrir o infiltrar.

La pérdida real de agua que se produce desde el sistema, es la evapotranspiración, y está ligada a las condiciones climáticas, especialmente de temperatura, a la existencia de recurso susceptible de evaporarse, y a la naturaleza de la superficie evaporante. A continuación se presenta el análisis de la evapotranspiración en la cuenca del Salar, en relación los tres tipos de superficies evaporantes que se distinguen en esta cuenca:

- superficies con vegetación natural
- superficies cultivadas
- salar

Esta situación es la que se ha denominado de régimen "natural", es similar a la estudiada en la ref. 2, y no incluye el efecto de usos consuntivos adicionales al riego ancestral, por ejemplo, del uso de los derechos subterráneos constituidos. Según se mencionó, el efecto del uso de estos derechos se estudia en el capítulo IV.

III.3.1 Evapotranspiración desde superficies con vegetación natural

Su valor anual se estima, generalmente, en función de la precipitación media anual y la temperatura media anual. Un valor práctico, representativo de las condiciones climáticas medias, se suele obtener en base a la fórmula de Turc, la cual tiene la siguiente forma para evapotranspiración desde superficies naturales:

$$ETR = P / (0.9 + P^{2/3} / L^{1/2})$$

donde

L = función de la temperatura media anual

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$

T - Temperatura media anual (13°C)

P - Precipitación media anual

Esta fórmula de Turc es la que se empleó en el estudio del balance hidrológico para obtener la evapotranspiración real de la cuenca del Salar. Se aplicó a las superficies naturales, no cultivadas, y no correspondientes al salar.

De la misma manera se aplicó esta fórmula en el presente estudio.

Los resultados parciales de evapotranspiración por zona y por franja de altitud considerada, se presentan en detalle en el Cuadro N° 1.

La evapotranspiración desde superficies naturales que se obtiene en cada zona, se presenta en la Tabla N° 3 del subcapítulo III.3.4, Resultados.

III.3.2 Evapotranspiración desde superficies cultivadas

Las superficies cultivadas, según información consignada en la ref. 2, se estiman en:

1000 há en la zona 1 (San Pedro de Atacama)

180 há en la zona 3 (Socaire)

40 há en la zona 3 (Tilomonte).

Para ellas se consideró una demanda neta de los cultivos, de 0,5 l/s/ha (16.000 m³/ha/año) con lo cual se obtiene los siguientes consumos evapotranspirativos para los sectores cultivados:

500 l/s en la zona 1

110 l/s en la zona 3

Lo anterior parece acertado en vista del consumo evapotranspirativo que se obtuvo para el cultivo alfalfa en el valle San José (estudio de modelación valle San José), que sería de unos 14.000 m³/ha/año (0.44 l/s/ha).

Los resultados de la evapotranspiración desde sectores cultivados se presenta igualmente en la Tabla N° 3.

III.3.3 Evaporación desde el Salar

La evaporación del salar fue estudiada en 1985, por Mardones, y por Aravena y Grilli. Se llegó a determinar el valor de esta evaporación, fundamentalmente como una función de:

- la profundidad del nivel estático,
- el tipo de costas o unidades evaporantes que hay en el salar,
- y
- la salinidad de la salmuera de superficie libre.

De esta forma, se determinó que la superficie total del salar evaporaba, en las condiciones hidrológicas de 1985, entre 4,6 y 5,4 m³/s.

Sin embargo, la evaporación desde el Salar debe entenderse también como el resultado de lo que ocurre con los recursos hídricos en cada una de las zonas aportantes. La evaporación desde el Salar cierra el balance hídrico de esta cuenca endorreica.

En la ref. 2 de 1986, la evaporación desde el salar fue determinada mediante un balance que consideraba la cuenca en régimen "natural". En este contexto, se determinó, una evaporación de 4,774 m³/s desde el Salar.

Como conclusión de ambas posiciones expuestas, se adoptó en dicho estudio el valor de 5 m³/s como representativo de la evaporación desde el Salar, en las condiciones de 1986.

En el presente estudio, y como resultado de la evaluación del balance hídrico, en el mismo régimen "natural" definido en la ref. 2, se ha obtenido un valor de 5.32 m³/s para la evaporación desde el Salar.

Sin embargo, en condiciones de uso más intensivo del recurso subterráneo en las subcuencas aportantes, el recurso afluente al salar disminuye, con lo cual, buscando reestablecer un nuevo equilibrio, también tendrá que reducirse la evaporación desde el salar. Esta situación se analiza con detalle en el capítulo IV.

III.3.4 Resultados de la evapotranspiración en régimen "natural"

La evapotranspiración resultante en cada zona, en régimen "natural", se presenta en la Tabla N° 3, adjunta.

Tabla N° 3

Recurso hídrico perdido por Evapotranspiración real desde cada zona en régimen "natural"

Zona	Q Evap. desde sup. nat. m3/s	Q Evap. de cult. m3/s	Q Evap. desde Salar m3/s	Q Evap. Total m3/s
1	5.87	0.50		6.37
2	5.70	0		5.70
3	5.31	0.11		5.42
4	8.15	0		8.15
5	5.00	0		5.00

Total cuenca aportante	30.03	0.61		30.64
6 (Salar)			5.32	5.32

Total cuenca	30.03	0.61	5.32	35.96

Esta Tabla muestra claramente la naturaleza endorreica de la cuenca: el total del agua que llega a la cuenca por precipitación, 35,96 m3/s, es perdido por evaporación.

III.4 Escorrentía

No hay escorrentía hacia afuera de la cuenca. Solamente se produce alguna escorrentía interna, desde las zonas donde la evaporación no alcanza a dar cuenta de toda la precipitación, hacia el salar.

La escorrentía se obtiene para cada zona como la diferencia entre el aporte de las precipitaciones, y el recurso perdido por evaporación. El detalle del aporte a la escorrentía que produce cada sector de cada zona, se puede observar en el Cuadro N° 1. Se

observa que toda la zona bajo los 4000 msnm no genera escorrentía, puesto que el recurso aportado por la precipitación es evapotranspirado íntegramente. Sin embargo, sobre los 4000 m, la evapotranspiración es menor que la precipitación, por lo cual a partir de esa altitud se genera escorrentía.

En la Tabla N° 4 adjunta, se presenta el caudal total que logra escurrir desde cada zona hacia el salar, en la situación de régimen "natural". En base a consideraciones de escorrentías superficiales medidas en algunas subcuencas, se intentó distinguir entre escorrentía superficial y subterránea. No obstante lo anterior, es necesario recalcar esta distinción puede ser ociosa, no muy realista, y puntualmente desacertada. Además, finalmente toda la escorrentía es subterránea, pues ya en los depósitos aluviales de las cercanías del salar, no se registran caudales superficiales, con la única excepción del río San Pedro, el cual mantiene un cauce incluso dentro del salar mismo.

Es importante tener claro que la escorrentía total es la que representa el recurso renovable del sistema, y podrá constituirse en derechos superficiales o subterráneos, según dónde se capte el recurso.

Tabla N° 4

Escorrentía resultante del balance, por zona, en régimen "natural"

Zona	Escorr. Total m3/s	Escorr. superf. m3/s	Escorr. subterr. m3/s
1	1.27	0.30	0.97
2	1.05	0.21	0.84
3	0.71	0.25	0.46
4	0.88	0	0.88
5	0.03	0	0.03

Total cuenca aportante	3.94	0.76	3.18
6 (Salar)	-3.94 *		

Total Cuenca	0	0	0

Nota: * Escorrentía afluente en vez de efluente.

III.5 Balance Hídrico en régimen "natural"

El Balance se presenta en forma completa en el Cuadro N° 1. A continuación, en la Tabla N° 5, se transcriben los resultados resumidos por zona.

Tabla N° 5

Resultados del Balance Hídrico por zona

Zona	Precip. Q equiv. m3/s	Evaporación Q equiv. m3/s	Escorr. subt+sup. m3/s
1	7.64	6.37	1.27
2	6.75	5.70	1.05
3	6.13	5.42	0.71
4	9.03	8.15	0.88
5	5.03	5.00	0.03

Total cuena aportante	34.58	30.64	3.94
6 (Salar)	1.38	5.32	-3.94 *

Total cuena	35.96	35.96	0

Nota: * escorrentía afluente en vez de efluente

III.6 Comentarios a los resultados

Es de hacer notar que, de acuerdo a lo expuesto, en la subcuena aportante al salar, se pierde por evapotranspiración, en régimen "natural", aproximadamente un 89 % del recurso precipitado (30.64 m3/s de 34.58 m3/s generados en el área aportante).

En el salar mismo, se pierde por evaporación todo lo precipitado sobre él (1,38 m3/s) más todo el recurso hídrico que no se evapora

o no se usa en las subcuencas aportantes, y que logra llegar a él superficial o subterráneamente (3.94 m³/s). Este valor concuerda bastante bien con el obtenido en la ref. 2 para la escorrentía hacia el salar en régimen natural, de 3,6 m³/s.

Se desprende que, después de considerado el proceso evapotranspirativo, quedan para escorrentía e infiltración desde las subcuencas al salar, solamente 3,94 m³/s, vale decir, no más que el 11% del recurso aportado por la precipitación.

Este caudal de 3,94 m³/s que afluye hacia el salar, constituye la cota superior de la recarga renovable de los sistemas acuíferos de las cinco cuencas aportantes (zonas), distribuido entre ellas según se muestra en la Tabla N° 5.

A su vez, ésta es la fuente para la constitución de derechos superficiales y subterráneos en cada una de las zonas aportantes.

Cabe considerar que, al intensificar el uso efectivo sobre el recurso hídrico en las subcuencas aportantes, se reducen los aportes al salar, y con ello, la evaporación desde el mismo, de modo de mantener el equilibrio del sistema. La reducción de la evaporación desde el salar significa una reducción de la cota de la superficie freática.

IV. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

IV.1 Objetivos

Los objetivos del estudio hidrogeológico que se presenta a continuación, son dos:

- el balance hídrico subterráneo en el acuífero de cada una de las zonas de estudio, y del Salar, dada la configuración actual de los derechos constituidos, y
- la estimación del volumen almacenado en cada acuífero, de modo de determinar en qué forma y en qué medida se puede explotar este almacenamiento, y si es posible explotarlo más allá del respaldo de la recarga renovable.

En el sentido de estos dos objetivos se desarrolla el capítulo que se presenta a continuación.

IV.2 Catastro de Derechos Constituidos y Solicitados

IV.2.1 Aguas subterráneas

En el presente estudio se han tomado en consideración como base para el análisis, los siguientes listados de pozos:

- el listado DGA de derechos otorgados en la cuenca del Salar de Atacama (ref. 13). Este listado fue confeccionado específicamente para este estudio en la IIª Región, y se incluye en el Anexo Cuadros en su forma original, pero se ha agregado a cada pozo a qué zona pertenece.
- el listado DGA de derechos solicitados en la cuenca del Salar de Atacama (ref. 14), confeccionado igualmente en la Región, el cual se ha completado con la solicitud de RioChilex, aún no incorporada en los listados, pero cuyos antecedentes corresponden a la ref. 8. Igualmente, se ha agregado la zona a la que cada pozo pertenece. Este listado se encuentra en el Anexo Cuadros.
- el listado de pozos de la ref. 10 (catastro de pozos). Este listado contiene todos los pozos construidos por Corfo en los

años 1968-72. Para la cuenca del Salar de Atacama se registran 33 pozos profundos (entre 62 y 450 m, con dos excepciones de 575 y 596 m de profundidad), que fueron de estudio u observación, habilitados pero abandonados, y 127 pozos poco profundos, cuya profundidad rara vez supera los 20 m, y que sólo tienen fines de observación de niveles estáticos.

De este catastro, en el presente estudio se consideraron sólo los pozos profundos, a través de su utilización y análisis en el estudio de la ref. 8.

- el listado de los pozos que se construyeron con ocasión del Proyecto CHI-535 (ref. 8), que fueron 29 pozos más, y que totalizaron, probablemente con los pozos más profundos CORFO, los 72 pozos de estudio de este proyecto.

Los listados se adjuntan en el Anexo Cuadros. Todos los pozos (salvo los someros) están ubicados en el Plano N° 2, por zonas de estudio. Con colores se distingue entre pozos con derechos constituidos, pozos con solicitudes en trámite, pozos de monitoreo y pozos de estudio Corfo/CHI-535.

A continuación se presentan, en la Tabla N° 6, los resultados de la totalización de derechos subterráneos tanto otorgados como solicitados en toda la cuenca del Salar de Atacama, por zona de análisis.

Cabe hacer notar que hay una gran cantidad de pozos, específicamente los ejecutados con fines de estudio, de los cuales muy pocos han solicitado derechos formalmente. En general, estos pozos o están abandonados, o tienen usos informales. En este último caso, los pozos en algún momento solicitarán la regularización de los usos consuetudinarios.

Tabla N° 6

Derechos subterráneos otorgados y solicitados por zona

Zona	Der. Otorgados l/s	Der. Solicitados l/s	Total Derechos l/s
1	45	0	45
2	40	0	40
3	315	5	320
4	1905,3	1985,5	3890,8
5	0	0	0
6	0	450	450

El derecho de 450 l/s solicitado por RíoChilex en la zona 6, se alimenta directamente desde la zona 1, por lo cual también podría considerarse correspondiente a la zona 1.

(no está en Plano 2)

IV.2.2 Aguas superficiales

En cuanto a los derechos constituidos sobre aguas superficiales, estos se refieren fundamentalmente a la regularización de los usos ancestrales. El listado, entregado por la DGA regional, se adjunta en el Anexo Cuadros. Este listado no es totalmente exhaustivo, pero incluye la parte más importante de los derechos superficiales constituidos en la cuenca.

La ubicación de los derechos superficiales se ha señalado en el Plano N° 2.

De acuerdo a este listado, los derechos superficiales constituidos por zona de análisis son los siguientes:

Tabla N° 7

Derechos superficiales constituidos en la cuenca

Zona	Caudal constituido l/s
1	221
2	122.3
3	65.8
4	0
5	0
6	0

Se observa que los recursos superficiales constituidos en las zonas 1 y 3 son menores que las evapotranspiraciones reales consideradas para estas zonas en el balance en régimen "natural" (500 l/s y 110 l/s respectivamente).

Sólo los recursos de la zona 2 corresponderían a usos más nuevos, no considerados en tal balance, y por lo tanto su uso efectivo (estimado en 75%) debe ser incluido en los balances bajo uso actual, que se presentan más adelante en este capítulo.

IV.3 Recursos renovables en zonas aportantes

De acuerdo a los resultados de escurrimiento en régimen "natural" del balance hídrico, presentados en el Cuadro N° 1, hay que considerar que el escurrimiento aquí presentado es el escurrimiento total superficial y subterráneo, y constituye la fuente para ambos tipos de derechos. Los derechos serán superficiales o subterráneos de acuerdo a donde sea captada el agua. Finalmente, antes de llegar al salar, toda el agua es subterránea, salvo los aportes del río San Pedro.

En consecuencia, el recurso renovable total de las zonas aportantes al salar, en régimen "natural", se caracteriza de la siguiente manera, en la Tabla N° 8:

Tabla N° 8

Recurso Renovable por zona

Zona	Recurso renovable m3/s
1	0.30 sup + 0.97 subt
2	1.05 Sup o subt
3	0.71 Sup o subt
4	0.88 Sup o subt
5	0.03 Sup o subt
Total zonas	3.94

IV.4 Balance entre oferta hídrica (recurso renovable) y demanda (derechos), en escenario de uso actual

El balance para las condiciones actuales de uso, se establece en la Tabla N° 9.

Para establecer este balance, es necesario considerar que los derechos superficiales de las zonas 1 y 3 se refieren a la regularización de los usos ancestrales, cuya utilización efectiva

ya está considerada como evapotranspiración desde la zona de cultivos en el balance en régimen natural. Por esta razón, aquí sólo se ha considerado el uso efectivo de los derechos superficiales de la zona 2, asumiendo un uso efectivo de 75%, lo que significa que un 25% podría volver al sistema de escorrentía superficial o subterránea.

No obstante lo anterior, es necesario tener presente que eventuales nuevos derechos superficiales deben salir de la misma fuente de recursos renovables presentada en la Tabla N° 8.

Para el cálculo del balance, se ha asumido que todos los derechos subterráneos constituidos y por constituir, tienen un uso efectivo de 75%.

Como última columna de la Tabla N° 9, se obtiene la disponibilidad de caudal efectivo para la constitución de nuevos derechos, tanto superficiales como subterráneos.

En la última fila de la Tabla N° 9 se presenta el balance resultante para el salar.

Tabla N° 9

Balance hídrico por zonas en situación de uso actual

Zona	Recurso renov. l/s	Total derechos otorg. l/s	Uso efectivo l/s	Caudal efectivo disponible l/s
1	1270	45	34	1236
2	1050	162.3 *	122	928
3	710	315	236	474
4	880	1905.3	1429	0
5	30	0	0	30
<hr/>				
Total zonas	3940			2668
6	2668 2537.7	0	0	2668 para evaporación

1225
419.3/887.7
395
-1025.3

2537.7

2537.7

Nota: * Incluye 40 l/s subterráneos, más 122,3 l/s superficiales

La Tabla muestra claramente que todas las zonas aportantes al salar están subexplotadas en cuanto a sus recursos hídricos renovables, con excepción de la zona 4 (Monturaqui- Negrillar).

La zona 4 es la única zona que aparece claramente sobreexplotada en las actuales condiciones. Los derechos constituidos son de 1905,3 l/s y su probable uso efectivo, de 1430 l/s. Este caudal supera en 550 l/s la recarga renovable, por lo que este monto estaría siendo obtenido con cargo al almacenamiento.

Se observa que en este escenario actual de uso, hay un caudal de escorrentía afluente al salar, ya no de 3,94 m³/s, como en el régimen natural, sino que de 2,67 m³/s.

La diferencia de 1,27 m³/s se destina al uso, lo que parece bastante más razonable que destinarla a la evaporación desde el salar.

También podrían destinarse al uso los 2,67 m³/s disponibles, y evitar de esta forma, que ellos lleguen a evaporarse al salar.

IV.5 Efectos del aumento de uso en los niveles estáticos del Salar

En el punto anterior, se señaló la conveniencia de destinar más aguas al uso, en vez de dejarlas escurrir al salar para que desde ahí se pierdan por evaporación. No obstante, por ser la cuenca una cuenca endorreica, y el salar, un hábitat de flora y fauna autóctona, cabe preguntarse acerca de los efectos de un desbalance en el salar, que obliga a una reducción de la evaporación. La forma en que se reduce la evaporación desde el Salar, es a través de un descenso del nivel freático dentro de él.

De acuerdo a los estudios de 1985, el nivel freático se encontraba:

- como nivel libre en 0,5 % del área del Salar
- a una profundidad de hasta 0,5 m en 47% del área
- a una profundidad entre 0,5 y 1 m en 36% del área
- a una profundidad superior que 1 m en 17% del área

De acuerdo a la Figura N° 18, extraída también de la ref. 2, el nuevo equilibrio en el escenario de uso actual aquí planteado, se alcanzaría con un descenso generalizado de unos 10 cm del nivel estático del salar.

Precisando lo anterior, se observa que los usos se concentran en la zona 4. Esto significa que el sector más afectado del salar sería, en el largo plazo, el extremo sur.

IV.6 Volumen almacenado

El otro aspecto de interés de la cuenca en estudio, es el volumen almacenado de los acuíferos. Este volumen, conceptualmente no debiera ser constituido en forma de derechos permanentes, porque no tiene respaldo renovable. La DGA aplica la política de constituir hasta un 5% o un 10% de ese volumen, como una forma de reconocer que hay incertidumbre en la determinación de las recargas renovables de largo plazo, pero no bajo el concepto de "minar" el almacenamiento.

No obstante lo anterior, y en base a las consideraciones que se presentan en el capítulo V, en el caso de los almacenamientos subterráneos de la cuenca del Salar de Atacama podría aplicarse otro criterio.

A continuación se presenta una estimación de los volúmenes almacenados en cada una de las zonas de estudio, incluido el salar mismo.

Para la determinación de este volumen, se ha recurrido a los siguientes antecedentes de los estudios anteriores:

- antecedentes geométricos (espesores) de los estratos acuíferos, de acuerdo a los perfiles obtenidos en las diferentes zonas (presentados en el capítulo II).
- antecedentes sobre profundidad de niveles estáticos medidos en pozos (de todos los estudios con mediciones, y catastros)
- antecedentes sobre ubicación de la superficie freática (ref. 5).

En cuanto al coeficiente de almacenamiento, de acuerdo a lo que presentan los antecedentes analizados, dicho coeficiente correspondería al valor para acuíferos libres en los principales estratos acuíferos, y sería del orden de 0.2. Este valor es representativo de depósitos sedimentarios de permeabilidades relativamente altas. Coeficientes menores, del orden de $10E-4$, obtenidos en algunas pruebas, corresponden al comportamiento de napa confinada que presentan algunas capas profundas de los acuíferos en la actualidad, condiciones, que, sin embargo, cambiarían ante un uso intensivo, a condiciones de acuífero libre.

En el presente estudio se ha asumido el valor de 0.08 para el coeficiente de almacenamiento, en vista de la gran cantidad de intercalaciones de cenizas y otros materiales finos que se observan

en la estratigrafía. El valor de 0.2 parece excesivamente elevado, y el de 0.08, en cambio, suficientemente optimista.

El valor de 0.08 se asume por igual para todos los acuíferos de la cuenca, e incluso para el salar mismo, en virtud de lo señalado en las refs. 5 y 8. No es posible afinar más esta estimación.

El espesor del acuífero saturado es el espesor promedio de la cuña saturada que se presenta entre la cordillera y el salar.

Como resultados de los volúmenes almacenados, se obtienen los siguientes, en las zonas de estudio:

Tabla N° 10

**Volumen almacenado en acuíferos por zona
en millones de m³ (MM m³)**

Zona	Area Acuífero km ²	Espesor Estr.Satur. m	Volumen Almacenado MM m ³
1	130	130	1350
2	270	120	2590
3	304	150	3650
4	400	200	6400
5		sin información	
6 *	144	300	3460 *

Nota:

* El almacenamiento considerado se refiere sólo a la zona explorada del extremo Norte del Salar, donde se habría ubicado acuíferos de buena transmisividad. Hacia el sur, el acuífero parecería más pobre, pero casi no hay información al respecto.

Para generar una noción de la importancia del almacenamiento en cada zona, a continuación se calcula el tiempo que demoraría cada uno de los volúmenes en ser alcanzado, al ritmo de la recarga renovable en régimen natural.

Tabla N° 11

Tiempo de recarga a ritmo de recarga actual

Zona	Recarga máx l/s	Volumen MM m3	Tiempo años
1	970	1350	44
2	1050	2590	78
3	710	3650	163
4	880	6400	230
5	30	?	?
6 *	970 **	3460	113

Notas:

* Sólo se considera el extremo norte del salar

** La recarga de 970 l/s en el extremo norte del salar corresponde al caudal natural aportado desde la zona 1

Al respecto de los resultados de la Tabla N° 10, se puede decir que en la zona 1 y 2, la recarga es relativamente grande en relación al almacenamiento. En las demás zonas, la recarga es pequeña en relación al almacenamiento, o, dicho de otro modo, el almacenamiento es muy grande en comparación con la recarga renovable actual, por lo que pueden plantearse algunas recomendaciones acerca de su utilización.

La zona 4, actualmente sobreexplotada a razón de 550 l/s a través del uso efectivo de los derechos constituidos, vería agotado su almacenamiento, estimado en 6.400 millones de m3, en unos 369 años.

Esta cifra muestra que esta sobreexplotación no sería muy significativa para este acuífero. En el capítulo V se presentan algunas recomendaciones respecto de la explotación del almacenamiento.

V RECOMENDACIONES PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA

A continuación se presentan algunas consideraciones acerca de cómo aprovechar o explotar el volumen almacenado en los acuíferos existentes, en cada una de las zonas de estudio que aportan sus aguas al salar. También se obtienen los valores de los caudales disponibles para constituir derechos, que es lo que en definitiva se persigue con este estudio.

Previo a ello es necesario hacer algunas observaciones acerca de la calidad del agua en la cuenca.

V.1 Calidad del agua

Los estudios de las ref. 5, 8 y 11 han aportado gran cantidad de información acerca de la calidad hidroquímica de las aguas de las zonas 1, 2, 3 y parcialmente 6. Para la intensamente solicitada zona 4, no se han presentado informes acerca de la calidad de las aguas alumbradas. Aparentemente es un aspecto que no interesa mayormente para los usos en minería. Para la zona 5 es comprensible que no haya información hidroquímica, pues es una zona del todo no explorada.

Los resultados de los estudios señalados se resumen a continuación.

V.1.1 Calidad del agua superficial

El agua superficial tiene buena calidad (esto es, salinidad compatible con usos potables y de riego, con el parámetro STD cercano a o bajo los 1000 mg/l), sólo en los sectores altos del relleno sedimentario de la cuenca (los puntos que se mencionan a continuación, se muestran en el Plano N° 2):

1. un manantial sobre el río Putana
2. los ríos Putana y Jauna
3. un manantial aguas arriba de la junta del río Grande con el río Salado
4. un manantial afluente al río Vilama
5. el río Grande antes junta río Salado
6. la quebrada de Honar en su entrada a la zona de relleno sedimentario
7. el río Talabre
8. el río Socaire, arriba

Una vez en contacto con el relleno sedimentario, las aguas superficiales rápidamente alcanzan salinidades de SDT de 2000, 3000 y 4000 mg/l.

V.1.2 Calidad del agua subterránea

De acuerdo a la rel. 5, el agua subterránea presentaría tres facies:

- I una facie somera, con SDT entre 1000 y 3000 mg/l, que corresponde al agua superior del acuífero, en la porción en que escurre libre sin confinamiento. Se puede aceptar, de acuerdo a las Figuras 19 a 21, que en las zonas 1, 2 y 3 esta facie tiene un espesor de 0 en el relleno arriba, aumentando a unos 50 m al centro del relleno, para disminuir nuevamente a 0 al borde del salar, desde donde es intruida por la salmuera.
- II una facie profunda, que correspondería a las aguas del acuífero confinado de las zonas 2 y 3, con valores de SDT sobre 30.000 mg/l, con aumento de los iones K, Mg y Na hacia el salar.
- III una facie correspondiente a las salmueras dentro del salar, con SDT de alrededor de 400.000 mg/l.

Para las salmueras dentro del salar, en el estudio de la ref. 8 se ha precisado lo siguiente:

En la zona del extremo norte del salar, alimentada desde la zona 1, la calidad del agua subterránea es similar al agua afluyente: con SDT entre 3000 y 5000 mg/l. Esta agua no es apta para su uso como agua potable, debido a su alto contenido de As (0.5 mg/l, límite norma AP es 0.05 mg/l), además de los SDT. Tampoco sería recomendable su uso en riego, debido al alto contenido de boro (alrededor de 20 mg/l, límite norma de riego es 3 mg/l).

V.1.3 Conclusiones acerca de la calidad

El agua de la cuenca del Salar de Atacama es utilizable como agua potable o para riego en forma limitada: el agua superficial tiene calidad aceptable sólo en puntos altos de la cuenca, donde el escurrimiento es fresco y no ha alcanzado a salinizarse, y el agua subterránea, sólo tiene calidad aceptable en su napa más somera.

De los recursos subterráneos almacenados en las zonas 1, 2 y 3, se estima que sólo el 20% superior puede tener una calidad aceptable para fomentar cualquier tipo de desarrollo que tenga restricciones

de calidad. El resto del acuífero presenta una calidad que más bien se adecúa a usos sin requerimientos de calidad, como podría ser la minería, o, directamente, a la explotación minera de elementos traza (como por ejemplo, el litio).

Por lo anterior, parecería razonable no inhibir el desarrollo de la actividad minera, que es la única que puede utilizar productivamente la mayor parte del recurso hídrico de la cuenca, a pesar de su baja calidad.

V.2 Recomendaciones para la explotación del almacenamiento por zona

a baja calidad y alta salinización de las aguas de esta cuenca, constituirán siempre una limitación para su desarrollo.

Es imperioso impulsar la utilización de las aguas donde ellas no se han deteriorado tanto aún, que es en las zonas altas y en los acuíferos más someros.

Sin embargo, las aguas de acuíferos profundos casi no tendrían usos alternativos a los usos en la minería. Asumiendo además que la actividad minera es temporal (20 o 25 años), se ha considerado adecuado proponer, para la cuenca del salar de Atacama, otra modalidad de constitución de derechos, que la acostumbrada en cuencas con aguas de buena calidad.

Se propone, para esta cuenca, permitir un uso intensivo de las aguas almacenadas, bajo el criterio de que las aguas subterráneas, especialmente en la zona 4, no presentan alternativas de uso frente al uso en la minería.

Lo anterior significa dejar a disposición de ser constituidos como derechos, además de todas las recargas renovables, una gran parte de los almacenamientos subterráneos, por ejemplo, entre un 30 y un 50%. El criterio de constitución de estos derechos podría ser el de permitir la "minería" de las aguas (de mala calidad) en conjunto con la minería de otros elementos, a un ritmo tal que el porcentaje determinado del almacenamiento subterráneo sea explotado en un lapso de 25 años (u otro, de acuerdo al criterio que se desee aplicar).

Los derechos sobre las recargas renovables serían derechos permanentes. Los derechos sobre las aguas del almacenamiento debieran tener características de eventuales, sin embargo, como este tipo de derecho no existe para las aguas subterráneas, estos

derechos debieran ser derechos afectos a una modalidad de uso. La modalidad de uso del derecho constituido a cuenta del almacenamiento subterráneo podría ser una condición ligada al nivel estático. Este derecho especial se desactivaría cuando los niveles estáticos bajaran más que una determinada cantidad de metros por debajo del nivel actual. El derecho permanente normal, sin embargo, permanece activo aun en tales condiciones.

De este modo, los volúmenes almacenados en los acuíferos se explotarían de la siguiente manera:

Tabla N° 12

Explotación propuesta del almacenamiento subterráneo

Zona	Delta NE permitido m	% correspond. del Almacenam. %	Almacen. corresp. MM m3	Caudal 25 años l/s
1	50	40	540	685
2	50	45	1166	1480
3	50	35	1278	1620
4	60	30	1920	2435
5	-	-	-	-
6 *	2	0.7	24.2	31

Nota: * Se refiere sólo a la parte norte del Salar

Se observa que el único acuífero del cual no se permite una explotación intensiva es el del Salar. Suponiendo que el uso de los recursos renovables ya podría afectar el nivel del salar en 1 m o algo más, y que hay flora y fauna dependiendo de este nivel estático, sólo se permitiría un descenso adicional de 2 m, por concepto de uso del almacenamiento.

De la Tabla N° 12 se obtiene el caudal que agotaría el % del almacenamiento subterráneo indicado en la columna central, en 25 años.

Por lo tanto, el valor del caudal señalado en la última columna de la Tabla, es el valor de los derechos efectivos por constituir sobre el almacenamiento, si se acepta una explotación de este recurso en las condiciones indicadas.

En la práctica, este porcentaje de almacenamiento será asociado al descenso máximo del nivel estático, indicado en la columna 2, el

cual, una vez alcanzado, hace cesar la validez de los derechos especiales. Para ello, naturalmente, el nivel estático debe ser monitoreado.

El presentado es sólo uno de los criterios aplicables. Podría permitirse otro porcentaje del almacenamiento, o su agotamiento en otro lapso de tiempo, etc, pero el concepto importante que está detrás de esta proposición, es permitir la explotación del recurso no renovable, en forma controlada.

V.3 Recomendaciones para la constitución de derechos por zona en el futuro

V.3.1 Recomendaciones Generales

Del estudio precedente se desprende que hay dos argumentos claros para constituir todos los derechos posibles en la cuenca del Salar de Atacama:

- el primero se refiere a que las aguas no utilizadas en las subcuencas aportantes o dentro del mismo salar, quedan indefectiblemente sometidas a la evaporación desde el salar, es decir, se pierden hacia la atmósfera. Parecería preferible consumirlas en un uso productivo, aunque la consecuencia de esto sea un descenso, entre leve y mayor, de los niveles estáticos en el salar.

- no hay muchas actividades tradicionales que puedan desarrollarse con las aguas de esta cuenca, especialmente las aguas de los acuíferos profundos, dada su baja calidad química. Como agua potable tiene serias restricciones, que hacen posible su uso sólo muy localmente, lo mismo como aguas de riego. Por lo anterior, cualquiera sea el uso productivo que se pueda dar a las aguas de esta cuenca, no debiera ser inhibido a través de la restricción del derecho de agua. Una de tales actividades que puede desarrollarse en la cuenca, es la minería. Esta actividad debiera ser fomentada aun a costa de los almacenamientos hidricos subterráneos, que, si no sirven a estos fines, probablemente nunca servirán para nada más.

Los derechos posibles de constituir en la cuenca, se han determinado por zona, y se componen, por un lado, de los recursos renovables disponibles, y por otro lado, de un porcentaje del almacenamiento. Para cada uno de estos recursos se propone su propia modalidad de constitución.

Los derechos sobre recursos renovables serían derechos permanentes normales, y podrían constituirse hasta agotarlos. Los derechos sobre el almacenamiento serían derechos especiales, atendidos a una condición de nivel estático.

Es necesario tener presente que con este proceder se incita a reducir hasta eliminar los aportes de agua hacia el salar, de modo de minimizar la pérdida evaporativa desde éste hacia la atmósfera.

La anulación de la pérdida evaporativa se logra con un descenso de los niveles estáticos hasta entre 1 y 2 m por debajo del nivel del terreno, dependiendo del tipo de costra salina.

Este hecho, como se dijo, podría tener algún efecto sobre la flora y fauna, efecto que sería necesario estudiar, sin embargo se produciría como reacción del sistema sólo en el largo plazo. Por otro lado, sería posible pensar que en el momento en que ocurriera este descenso del nivel estático en el salar, se podrían tomar algunas precauciones específicas, como resguardar estas lagunas en forma artificial, o profundizarlas, en busca del nuevo nivel de aguas.

En cuanto a los derechos sobre el volumen almacenado, éstos están concebidos como un volumen que se permite explotar en un lapso de tiempo de 25 años. Para cada almacenamiento en las zonas aportantes, se permitiría la explotación del alrededor de un 40% del volumen almacenado. Dentro del salar, en cambio, la explotación del almacenamiento debiera ser mucho más reducida.

Cada nivel de explotación se asocia a una posición final del nivel estático. Una vez alcanzado este nivel, el derecho queda desactivado, hasta que eventualmente el nivel se recupere. Incluso en caso de no recuperarse éste en el mediano plazo, el derecho habría cumplido su función de permitir el desarrollo temporal de una actividad productiva que en esencia es, también, temporal.

V.3.2 Caudales disponibles para la constitución de derechos permanentes normales

A continuación, en la Tabla N° 13, se resumen las cifras obtenidas en el presente estudio, con la finalidad de dar una pauta para la constitución futura de los derechos normales de aprovechamiento permanente en la cuenca del Salar de Atacama, tanto superficiales como subterráneos.

Se asume para cada derecho, constituido o por constituir, un uso efectivo del 75% del caudal nominal. Para los derechos subterráneos, se asume que ellos serían usados preferentemente en la minería, actividad a la cual se suele asignar este porcentaje de

uso efectivo. Para los derechos superficiales, en cambio, este porcentaje representa el recurso que se evapora o evapotranspira durante el proceso de riego. El restante 25% volvería al sistema.

En la última columna se presentan los caudales disponibles para constituir derechos en cada zona, de modo de utilizar por completo la recarga renovable antes de que alcance el salar. Nuevamente se ha considerado que la solicitud de RioChilex corresponde a la zona 1, donde hay recarga renovable disponible, por lo que podría ser constituido un derecho permanente normal.

Para efectos de la Tabla N° 13, hay que considerar, además, que los recursos renovables son alternativamente superficiales o subterráneos. Si se piden como recursos superficiales, porque localmente escurren superficialmente, deben descontarse del caudal total a constituir, lo mismo si son derechos subterráneos. Por esta razón, idealmente los caudales superficiales y subterráneos debieran llevar una contabilización conjunta y por zonas, tal como se ha presentado en este estudio.

Las cifras de la última columna de la Tabla N° 13 indican los caudales disponibles para derechos nuevos, o derechos de regularizaciones distintas a los usos efectivos ya considerados en las zonas 1, 2 y 3.

Tabla N° 13

Caudales disponibles renovables para constituir derechos permanentes normales

ZONA	Recurso renov	Total der.otor.	Total uso efec.	Total Caudal Dispon.	Der. por const.
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
1	1270	45	34	1236	1645
2	1050	162.3	122	928	1360
3	710	315	236	474	632
4	330	1905.3	1429	0	0
5	30	0	0	30	40
6	0	0	0	0	0

V.3.3 Caudales del almacenamiento para la constitución de derechos especiales

De acuerdo con lo señalado antes, se propone constituir una cantidad no despreciable de derechos subterráneos eventuales, a cuenta del volumen almacenado en los acuíferos.

En la Tabla que sigue, se presenta, por zona, los recursos almacenados que pueden ser constituidos como derechos subterráneos eventuales, y el caudal a constituirse, considerando para todos los derechos un porcentaje de uso efectivo de 75%.

En esta Tabla se considera que sólo se constituyen derechos sobre el almacenamiento, si están agotados los recursos renovables. Esto ocurre en la zona 4, donde 550 l/s de los derechos actualmente constituidos no tienen respaldo en los recursos renovables, y por lo tanto se utilizan a costa del almacenamiento.

El caudal explotable corresponde a aquél que agota el % permitido del almacenamiento en 25 años.

Tabla N° 13

Caudales disponibles para constituir derechos eventuales

?

Zona	Almacen. explot. MM m3	Caudal explot. l/s	Total Der. constit. l/s	Total Uso efect. l/s	Caudal Dispon l/s	Caudal por const. l/s
1	540	685	0	0	685	913
2	1166	1480	0	0	1480	1973
3	1278	1620	0	0	1620	2160
4	1920	2435	733	550 ✓	1885	2513 ?
5	-	-	-	-	-	-
6*	24.2	31	0	0	31	41 ?

2356

Nota: * Se refiere sólo al sector norte del Salar.

La condición o modalidad de uso asociada a estos derechos especiales es la reducción en el nivel estático. Este no debiera descender más que 50 m en las zonas 1, 2 y 3, 60 m en la zona 4, y 3 m en la zona 6.

1. Se ha desarrollado un balance hídrico en régimen "natural" para la cuenca completa del Salar de Atacama, observando el comportamiento de la cuenca aportante por subcuencas o zonas. Dicho régimen "natural" incluye el uso ancestral en riego para los cultivos de los sectores de San Pedro, Socaire y Tilomonte.

Se ha llegado a que el caudal aportado por el total de las zonas afluentes al salar, es de 3,94 m³/s, distribuido entre las zonas 1 a 5 de la siguiente manera: 1,27 m³/s, 1,05 m³/s, 0,71 m³/s, 0,88 m³/s y 0,03 m³/s.

Solamente en la zona 1 se mantiene un aporte superficial, estimado en 0,30 m³/s, hasta su llegada al salar. En todas las demás zonas, el aporte infiltra en su mayor parte, y su llegada al salar es subterránea.

Sobre la superficie del salar hay un aporte directo por parte de las precipitaciones, de 1,38 m³/s, lo que totaliza un caudal evaporado medio anual desde el salar, de 5,32 m³/s.

2. El escurrimiento determinado para cada zona aportante al salar constituye el recurso renovable, y puede ser constituido como derecho de aprovechamiento superficial o subterráneo, según dónde se pida el agua. Al respecto de los derechos subterráneos, si ellos pudieran afectar alguna vertiente cercana con derechos, deberán constituirse con condición de restitución del caudal comprometido.
3. De las cinco zonas aportantes al salar, sólo en la zona 4 el recurso renovable está totalmente comprometido a través de los derechos de agua ya constituidos. En las demás zonas, hay caudales disponibles en las siguientes cantidades: 1236 l/s en la zona 1; 928 l/s en la zona 2; 474 l/s en la zona 3, y 30 l/s en la zona 5.

Sobre estos caudales pueden constituirse derechos permanentes normales, superficiales o subterráneos, porque en las condiciones climáticas actuales tienen un respaldo hidrológico.

4. Se propone en el presente estudio, entender todos los caudales disponibles renovables como recursos que pueden ser constituidos en derechos permanentes, de modo de fomentar que se dé un uso productivo al agua antes de su llegada a salar, donde indefectiblemente se pierde por evaporación.

Este proceder, sin embargo, reduciría los aportes al salar, con lo cual se establecería un nuevo equilibrio entradas-salidas dentro de él, basado en una reducción del nivel freático.

La reducción del nivel freático alcanzaría entre 10 cm, en las condiciones actuales de uso en las subcuencas, y 1 a 2 m, en el caso extremo de que se anularan los aporte afluentes desde cada zona.

Aunque el efecto de la reducción de los afluentes sobre el salar sería muy retardado, para estas condiciones habría que estudiar la posibilidad de aplicar medidas mitigantes del efecto para la flora y fauna autóctonas. Como medidas podrían implementarse la mantención artificial de las lagunas, o la profundización de ellas, en busca del nuevo nivel freático.

5. La otra fuente de recursos en la cuenca, además de los recursos renovables, es el almacenamiento subterráneo. El almacenamiento subterráneo no es despreciable en cantidad, y, con excepción de las napas más someras, es de baja calidad química, debido a su elevada salinidad, y contenido de elementos tóxicos tanto para personas como para cultivos.

En vista de ello, y siendo restringida por la calidad la posibilidad de su uso productivo, se propone destinar un determinado porcentaje de este almacenamiento (entre un 30 y 45% en las zonas aportantes, y un 0,7% dentro del salar mismo)) a la "minería" del agua, para acompañar el desarrollo de la minería en la región, que depende del agua. De esta forma, ambos recursos, tanto los mineros como los hídricos, serían aprovechados temporalmente, y agotados (el agua sólo en el mencionado %), en un lapso de 25 años, después del cual, si la minería se acaba, el acuífero se comenzaría a recuperar. ← *no mineral
de 100%*

Los derechos constituidos sobre el almacenamiento serían de naturaleza especial, y estarían sujetos a una condición de nivel estático. Alcanzado un determinado descenso en cada zona, el derecho quedaría inactivo por la modalidad de uso en que fue constituido. Este nivel sería de 50 m bajo el nivel estático actual en las zonas 1, 2 y 3, de 60 m bajo el nivel estático actual en la zona 4 y de 3 m bajo el nivel estático actual en la zona 6.

La DGA tendría que efectuar un monitoreo sistemático, para identificar el cumplimiento de esta condición.

6. De todas formas, habiendo derechos permanentes disponibles en todas las zonas salvo en la zona 4, sólo en esta zona se presenta el problema de la sobreexplotación del acuífero. De acuerdo a lo determinado en el presente estudio, en esta zona habría un almacenamiento explotable de 1920 millones de m³, equivalente a un caudal de 2,435 m³/s durante 25 años. De este caudal, estarían comprometidos a través de derechos permanentes sin respaldo renovable, 550 l/s. Esto significa que habría una disponibilidad de 1885 l/s, los cuales, con un uso efectivo del 75%, podrían dar lugar a derechos especiales adicionales, de 2513 l/s.

En la actualidad, en la zona 4, hay solicitudes pendientes por 1985,5 l/s, las que, bajo el concepto presentado, podrían ser todas acogidas. Asumiendo un uso efectivo del 75% de estos derechos, si se constituyeran todos los solicitados hasta el momento de cerrar el listado DGA (junio 97), el caudal explotado efectivamente explotado del acuífero sería de 2039 l/s, y agotaría el 30% permitido del acuífero (1920 millones de m³), en 30 años.

Se recomienda incluir, en la constitución del derecho, la obligación de restituir el agua de las vertientes de Tilopozo u otras dentro de la zona 4, que pudieran verse afectadas con esta intensiva explotación.

7. La solicitud de RioChilex, de 450 l/s en la zona norte del salar, podría ser acogida como derecho permanente, a cuenta de las aguas que ingresan al salar desde la zona 1, pero con una restricción en la depresión aceptable, de 3 m bajo el nivel estático actual. Se recomienda constituir el derecho con obligación de restitución de aguas superficiales destinadas a otros eventuales usos, en una determinada área del salar (unos o 100 o 150 km² entorno a los pozos).

ANEXO FIGURAS

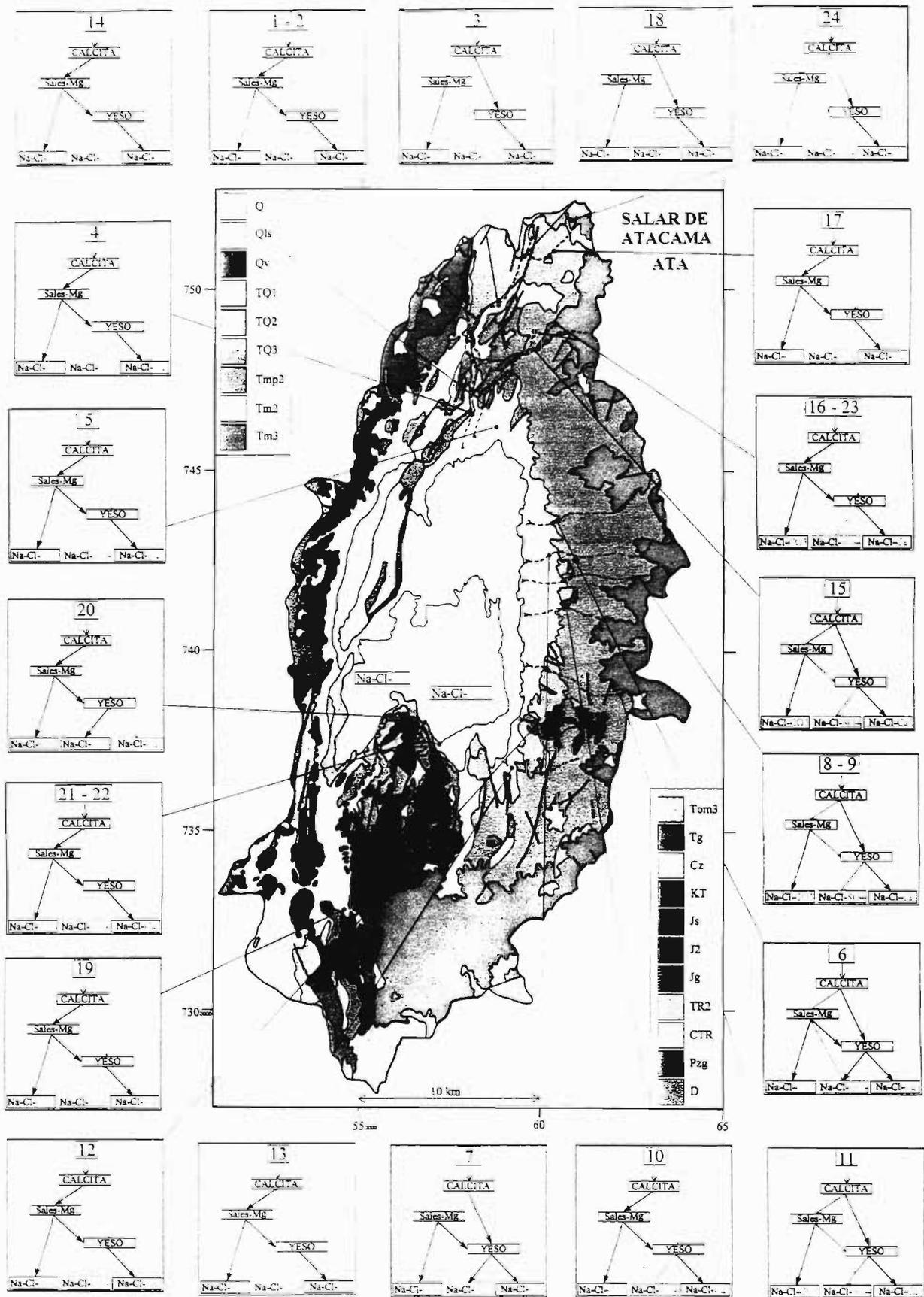
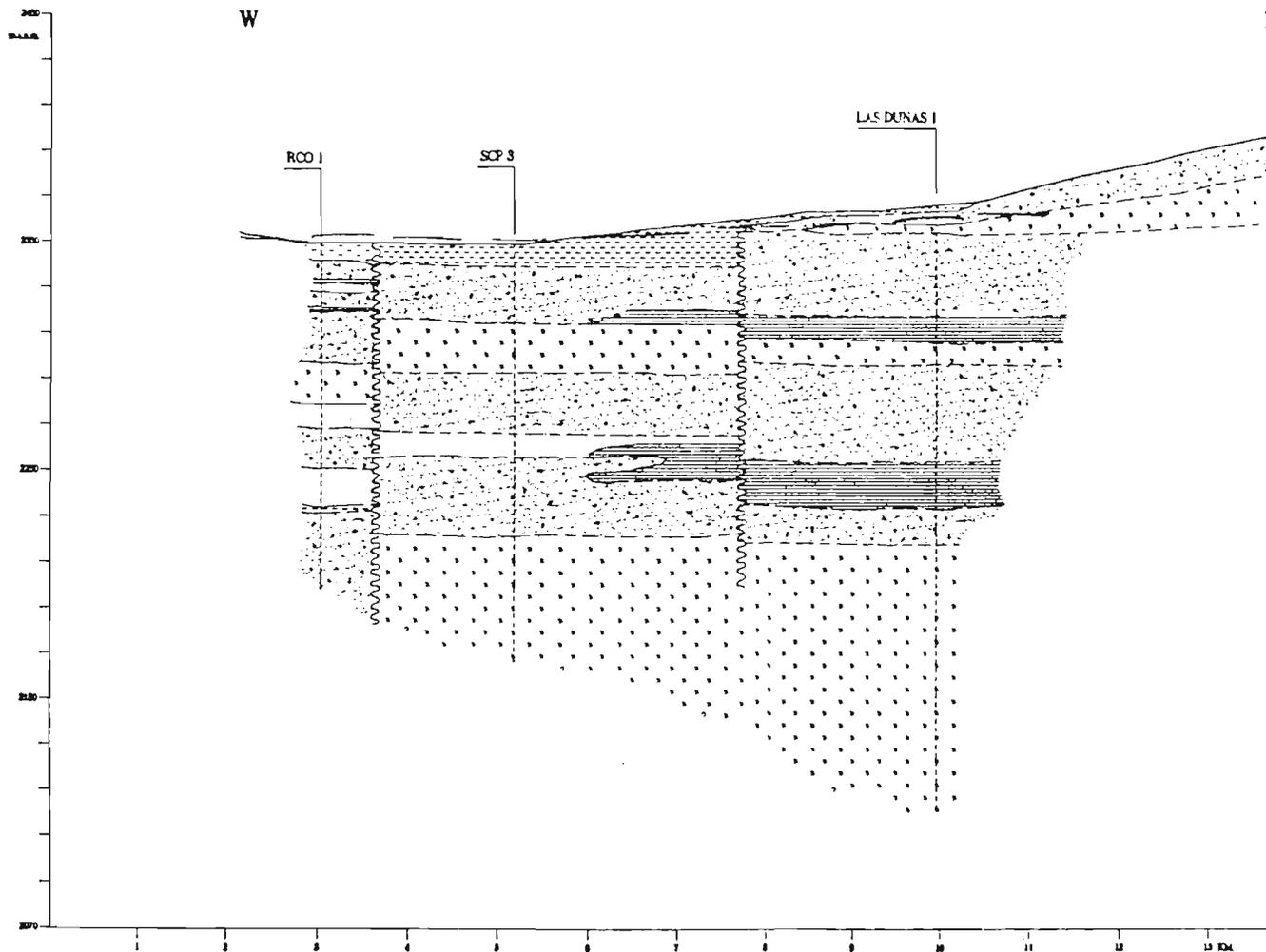


FIGURA N° 1: Geología de Superficie Cuenca Salar de Atacama



LEYENDA

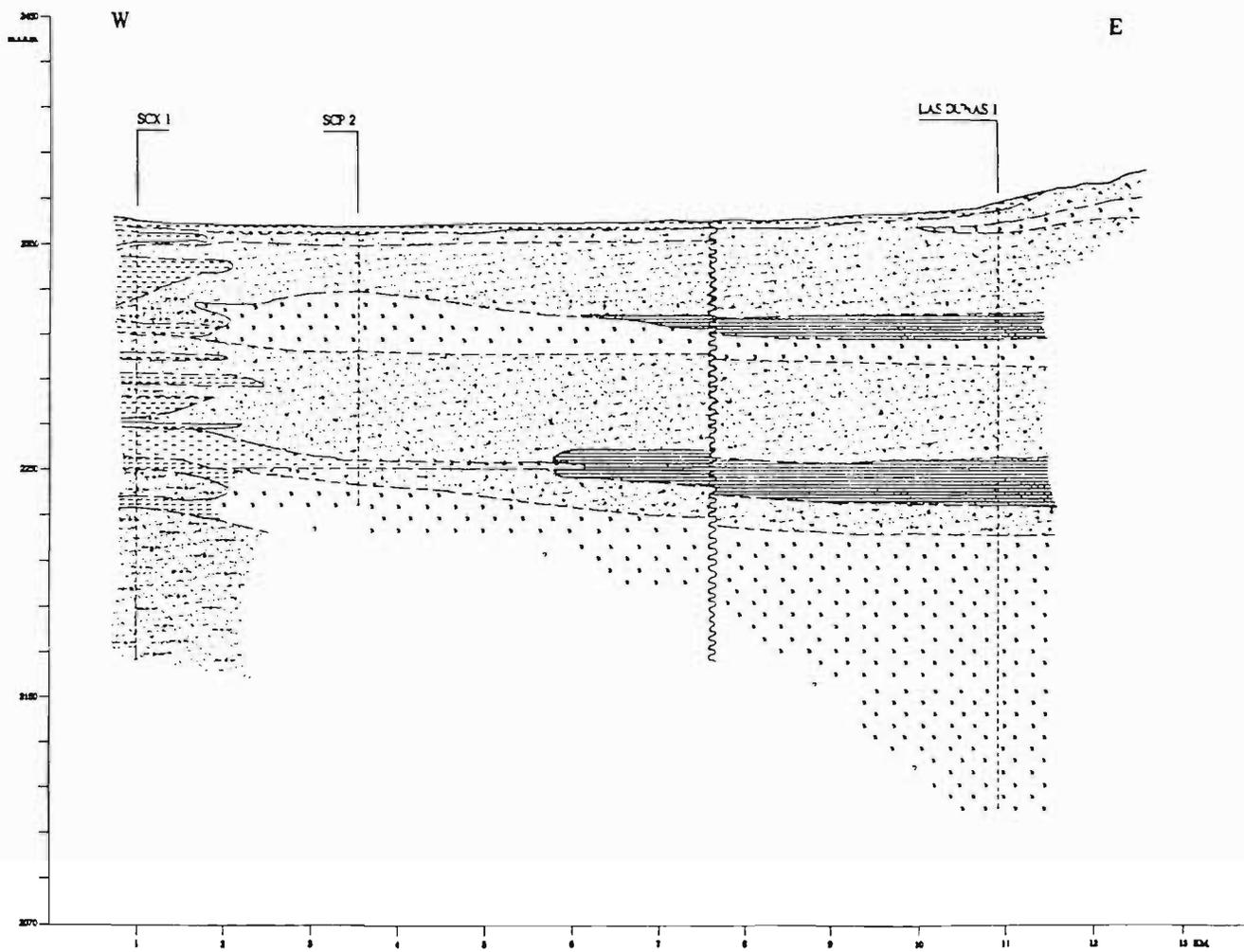
-  ARENAS
-  ARCILLAS
-  ARENAS GRUESAS, GRAVAS FINAS
-  ARENA Y LIMO
-  IGNI MBRITA
-  CALIZAS
-  CONTACTO INFERIDO
-  DISCONTINUIDAD

ESCALA HORIZONTAL 1:50 000
 VERTICAL 1:2 000

FIGURA Nº 2

ZONA A

COMPAÑIA MINERA RIOCHILEX S.A.		
TITULO		
PERFIL I		
RCO 1 SCP 3 LAS DUNAS I		
REALIZO	FECHA	FIGURA
ADRA S.A.	NOVIEMBRE / 1991	9.1



LEYENDA

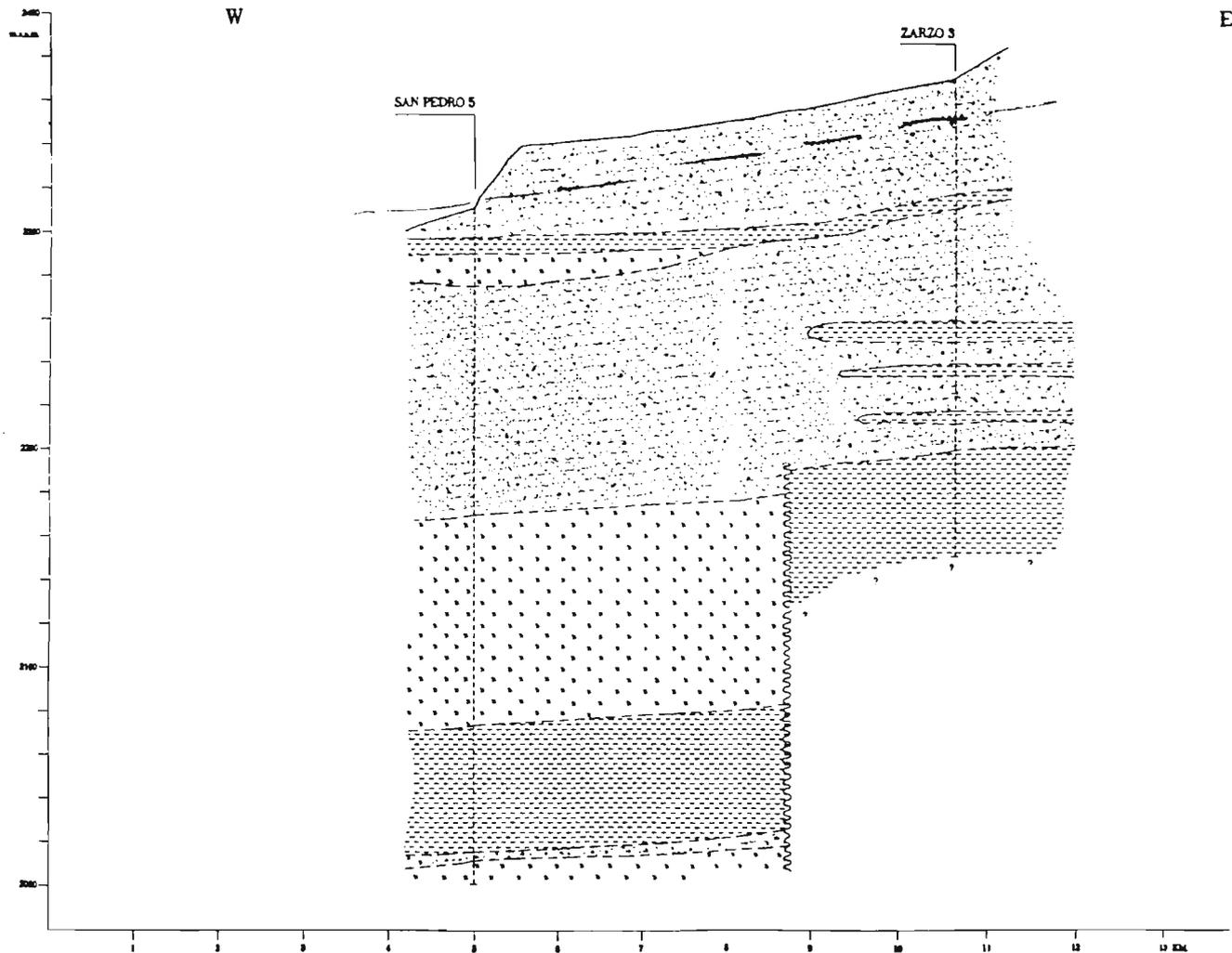
-  ARENAS
-  ARCILLAS
-  ARENAS GUESAS. GRAVAS FINAS
-  ARCILLA CON ARENA Y GRAVILLA
-  ARENA Y LIMO
-  CENIZAS VOLCANICAS
-  IGNIAMBRIJA
-  CALIZAS
-  CONTACTO INFERIDO
-  DISCONTINUIDAD

ESCALA HORIZONTAL 1:50 000
VERTICAL 1:2 000

FIGURA N° 3

ZONA A

COMPAÑIA MINERA RIOCHILEX S.A.		
TITULO		
PERFIL 2		
SCX 1 SCP 2 LAS DUNAS 1		
REALIZO	ELABORO	FECHA
EDRA S.A.	RODRIGUEZ / 1987	9.2



LEYENDA

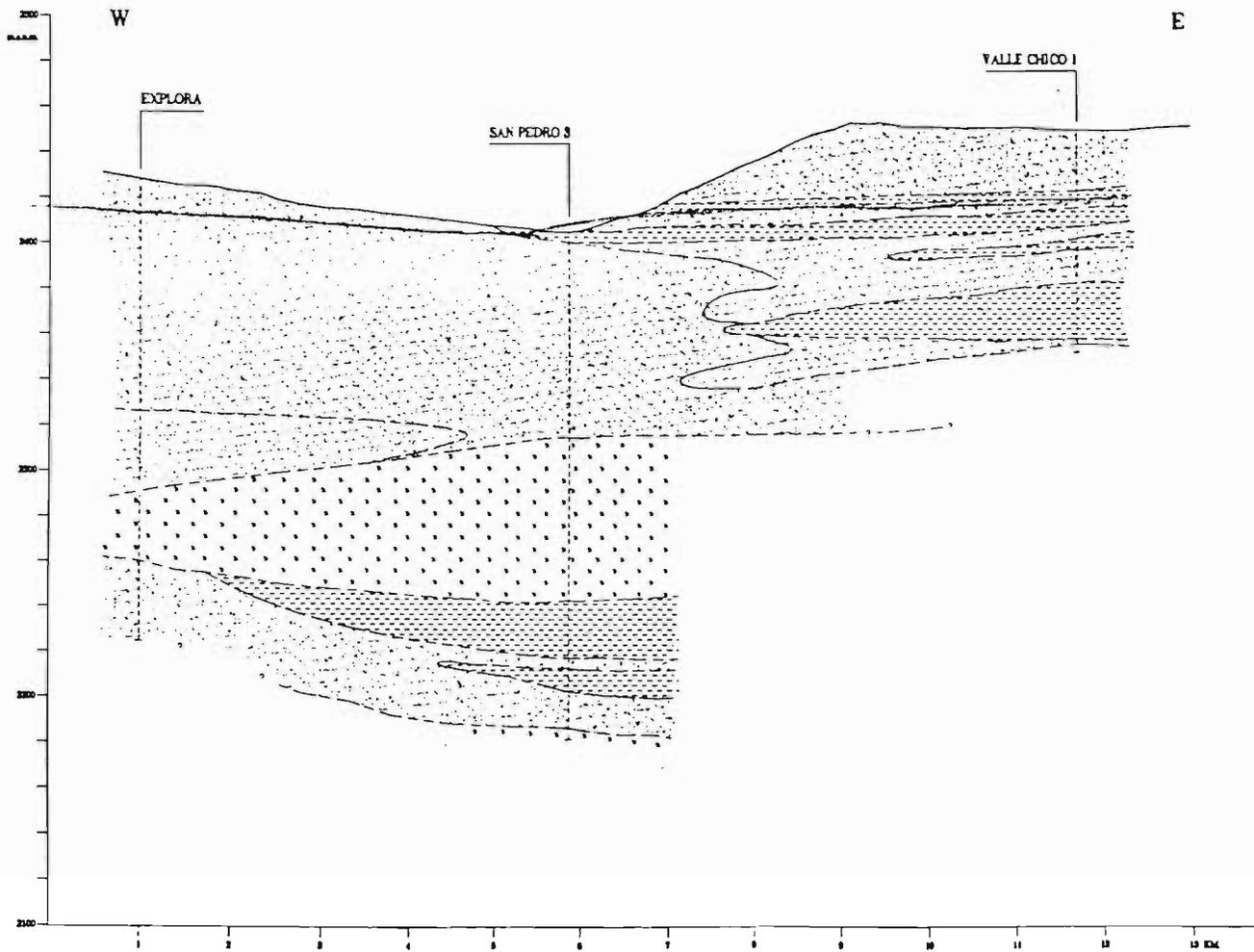
-  ARILLAS
-  ARENAS GRUESAS, GRAVAS FINAS
-  IGNIMBRITA
-  CONTACTO INFERIDO
-  DISCONTINUIDAD

ESCALA HORIZONTAL 1:50.000
 VERTICAL 1:1.000

FIGURA N°4

ZONA A

COMPAÑIA MINERA RIOCHILEX S.A.		
TITULO		
PERFIL 3		
SAN PEDRO 5 ZARZO 3		
REALIZO	ELABORA	FECHA
EDRA S.A.	NOVIEMBRE 1987	9.3



ESCALA HORIZONTAL 1:50.000
VERTICAL 1:2.000

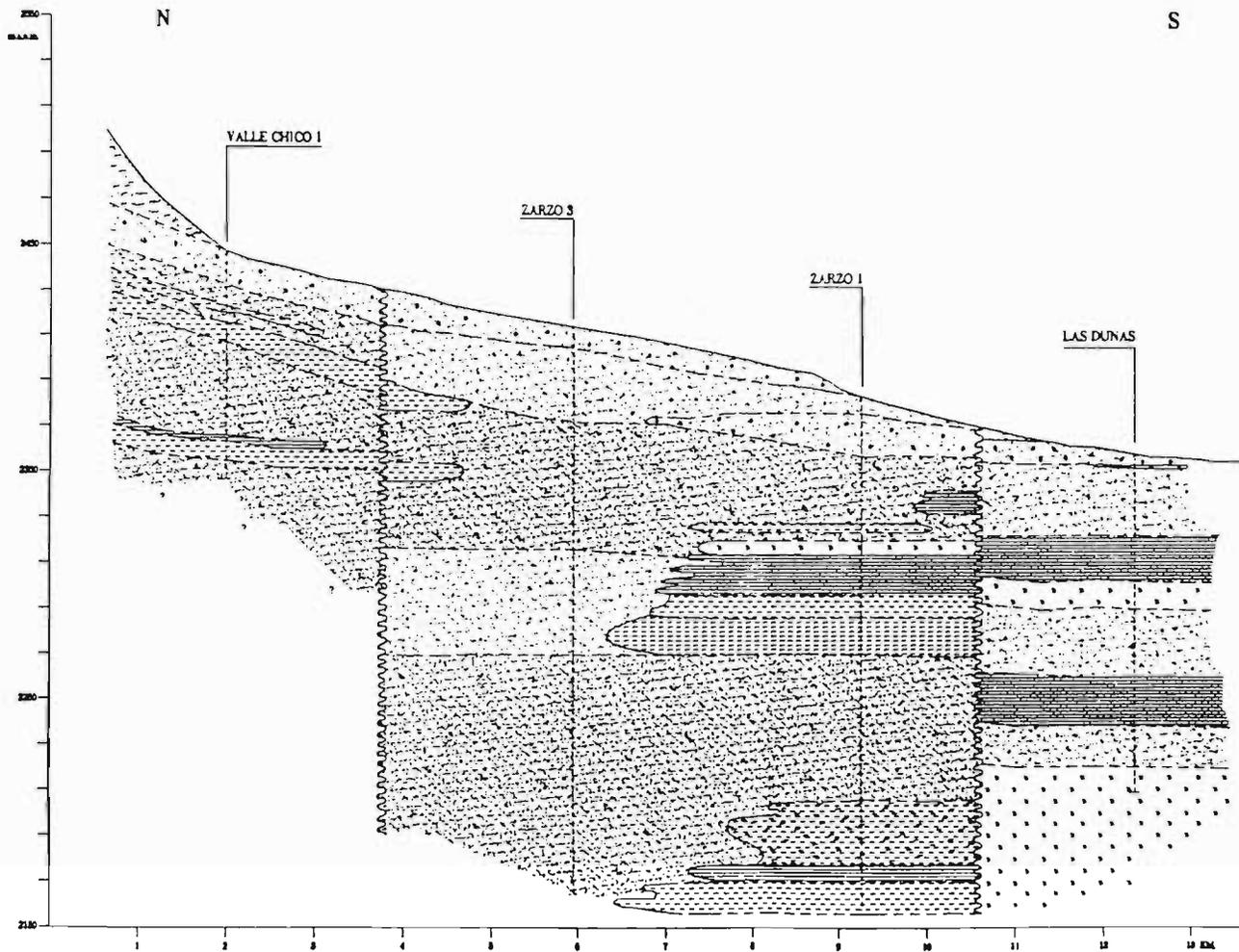
LEYENDA

-  ARENAS
-  ARCILLAS
-  ARENAS GRUESAS, GRAVAS FINAS
-  IGNI MBRITA
-  CONTACTO INFERIDO
-  DISCONTINUIDAD

FIGURA N°5

ZONA 1

COMPAÑIA MINERA RIOCHILEX S.A.		
PROYECTO		
PERFIL 4		
EXPLORA SAN PEDRO 3 VALLE CHICO I		
REALIZADO	FECHA	FIGURA
COMPAÑIA MINERA RIOCHILEX S.A.	NOVIEMBRE 1987	94



LEYENDA

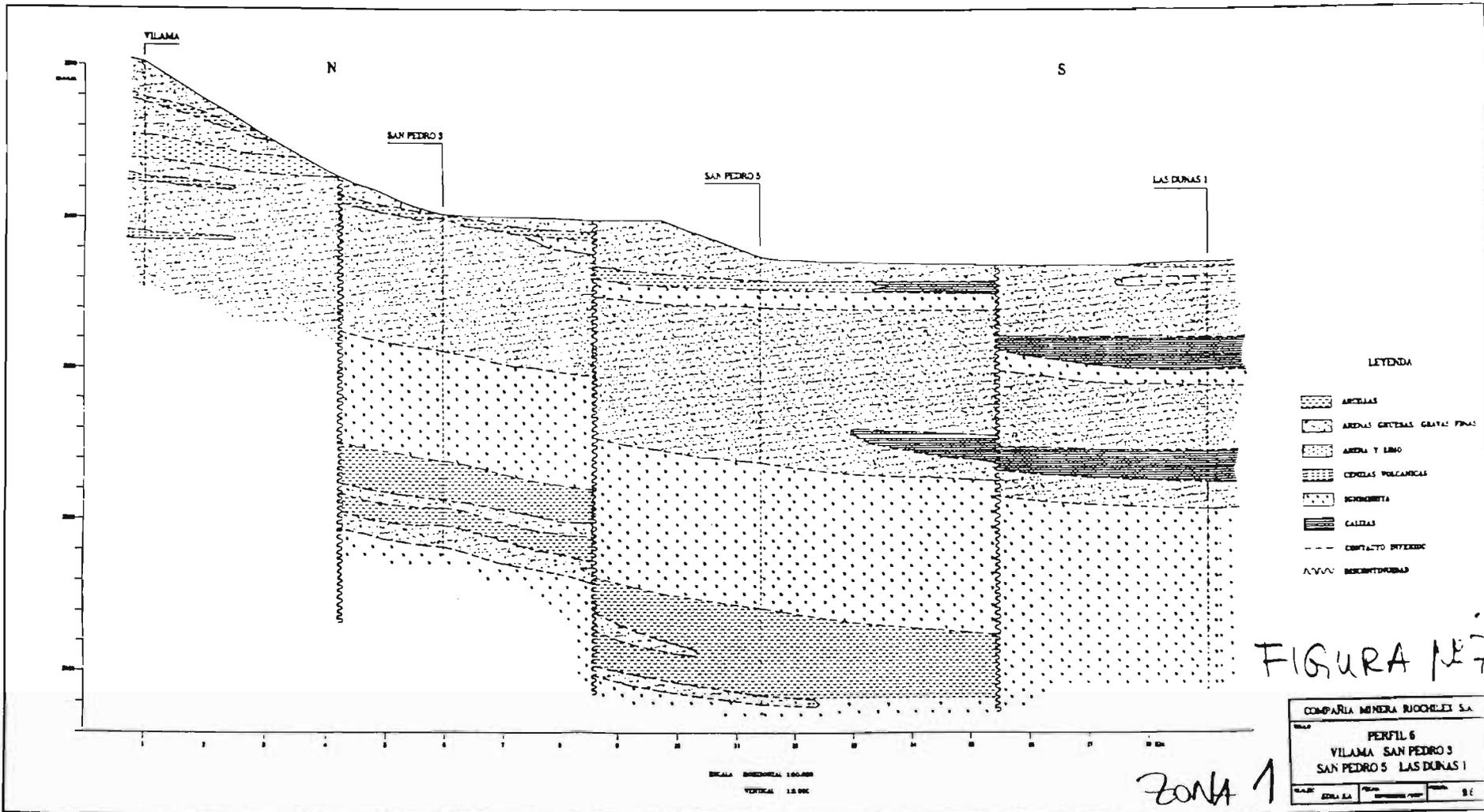
-  ARENAS CON CENIZA
-  ARCILLAS
-  ARCILLAS CON CENIZA
-  ARENAS GRUESAS, GRAVAS FINAS
-  GRAVAS GRUESAS, ARENA
-  GRAVAS FINAS, ARENAS, ARCILLAS
-  CENIZAS VOLCANICAS
-  IGNIMBRITA
-  CALIZAS
-  CONTACTO INFERIDO
-  DISCONTINUIDAD

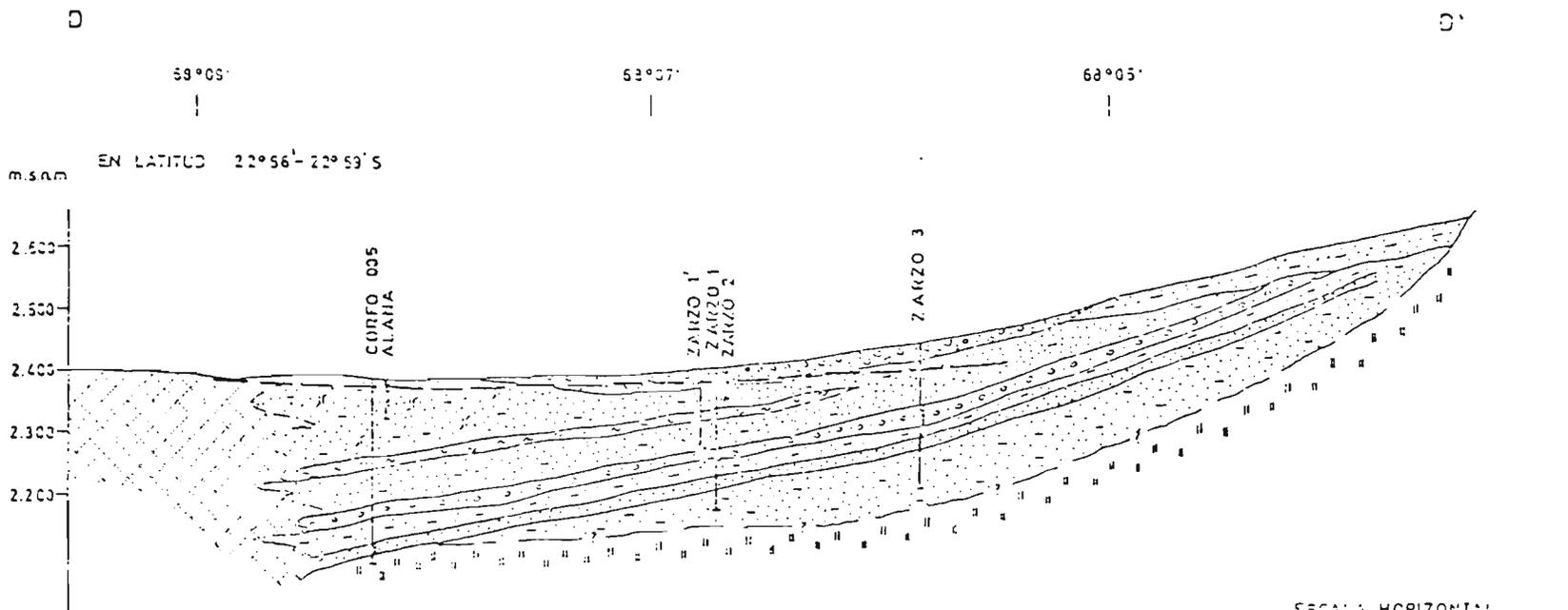
ESCALA HORIZONTAL 1:50 000
 VERTICAL 1:2 000

FIGURA N°6

ZONA 1

COMPAÑIA MINERA RIO CHILEX S.A.		
TITULO		
PERFIL 5 VALLE CHICO I ZARZO 3 ZARZO I LAS DUNAS		
REALIZO	FECHA	FIGURA
EDRA S.A.	NOVIEMBRE / 1997	9.5





LEYENDA

- | | | | |
|--|---------------|--|-----------------------|
| | Grava | | Arena gruesa |
| | Grava arenosa | | Ignimbrita |
| | Arena limosa | | Pozo con habilitación |
| | Sulfato | | Nivel freático |

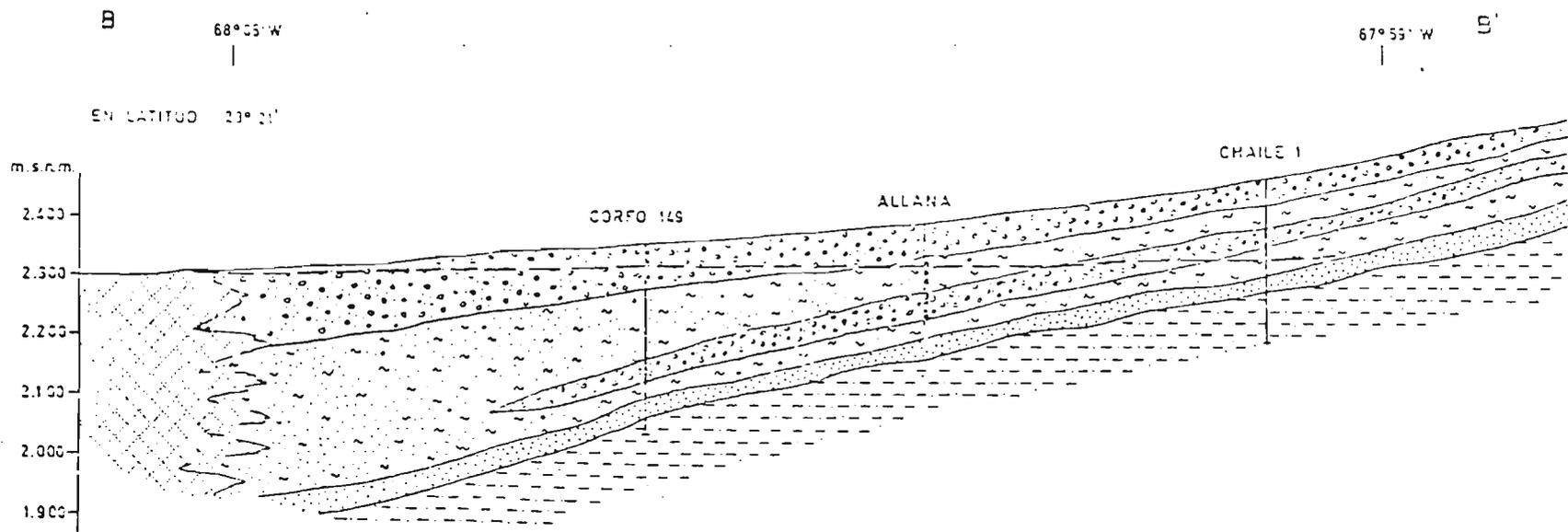
ZONA 2

FIGURA Nº 9

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE
 CHI-335
 CORFO ONU CGA CCC

SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA
 PERFIL TRANSVERSAL D-D'
 N 59° E

ESCALA



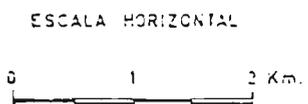
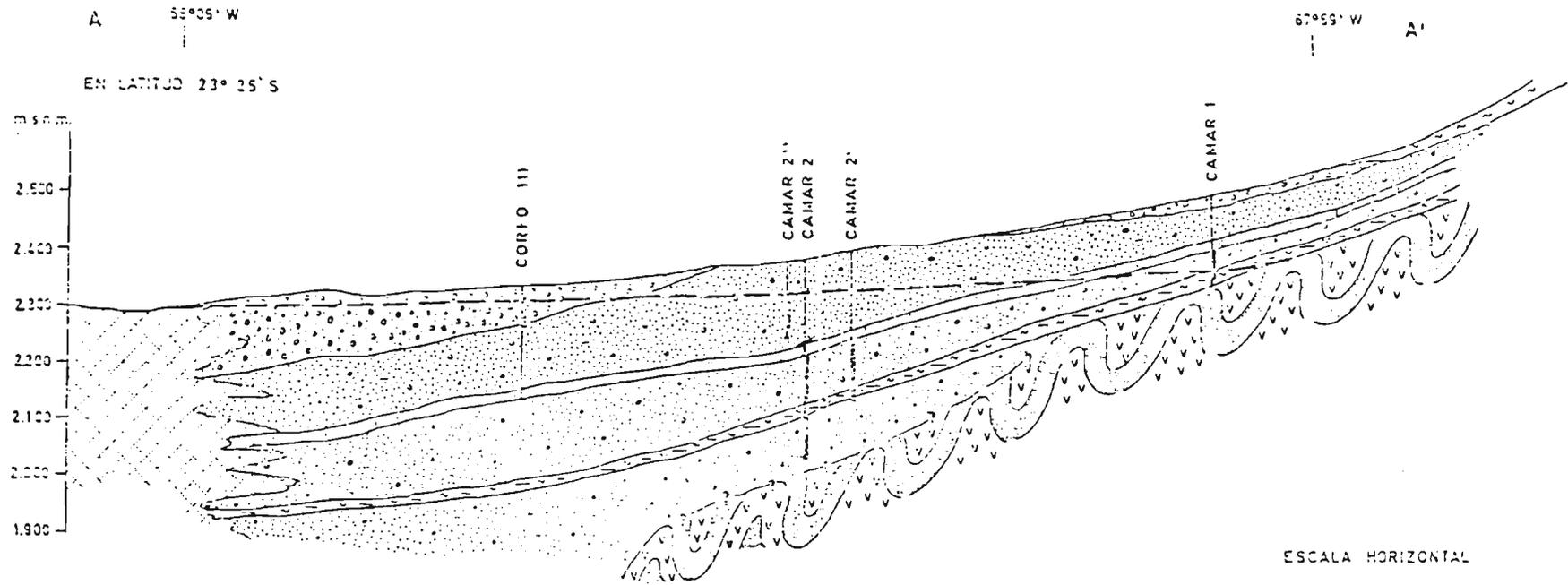
LEYENDA

- Nivel freático
- Grava arenosa
- Ceniza arenosa ocasionalmente gravosa
- Arena gruesa
- Lima arcilloso, poco arenoso
- Sedimentos salinos
- Pozo con habilitación

ZONA 2

FIGURA Nº 10

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE CHI-535 CORFO-ONU-CCA-CCC	
SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA	
PERFIL TRANSVERSAL B-B'	
ESCALA	Fig. - 7
FECHA	



LEYENDA

- | | | | |
|--|--------------------------------------|--|----------------------------------------------------|
| | Sedimento salino | | Limo arcilla ceniza |
| | Grava un poco arenosa | | Arena fina con poca grava fina |
| | Arena gruesa un poco gravosa | | Arenisca con intercalaciones de arenisco y lutitas |
| | Ceniza | | Pozo con habitación |
| | Ignimbrita | | Nivel freático |
| | Arena mediana y fina un poco gravosa | | |

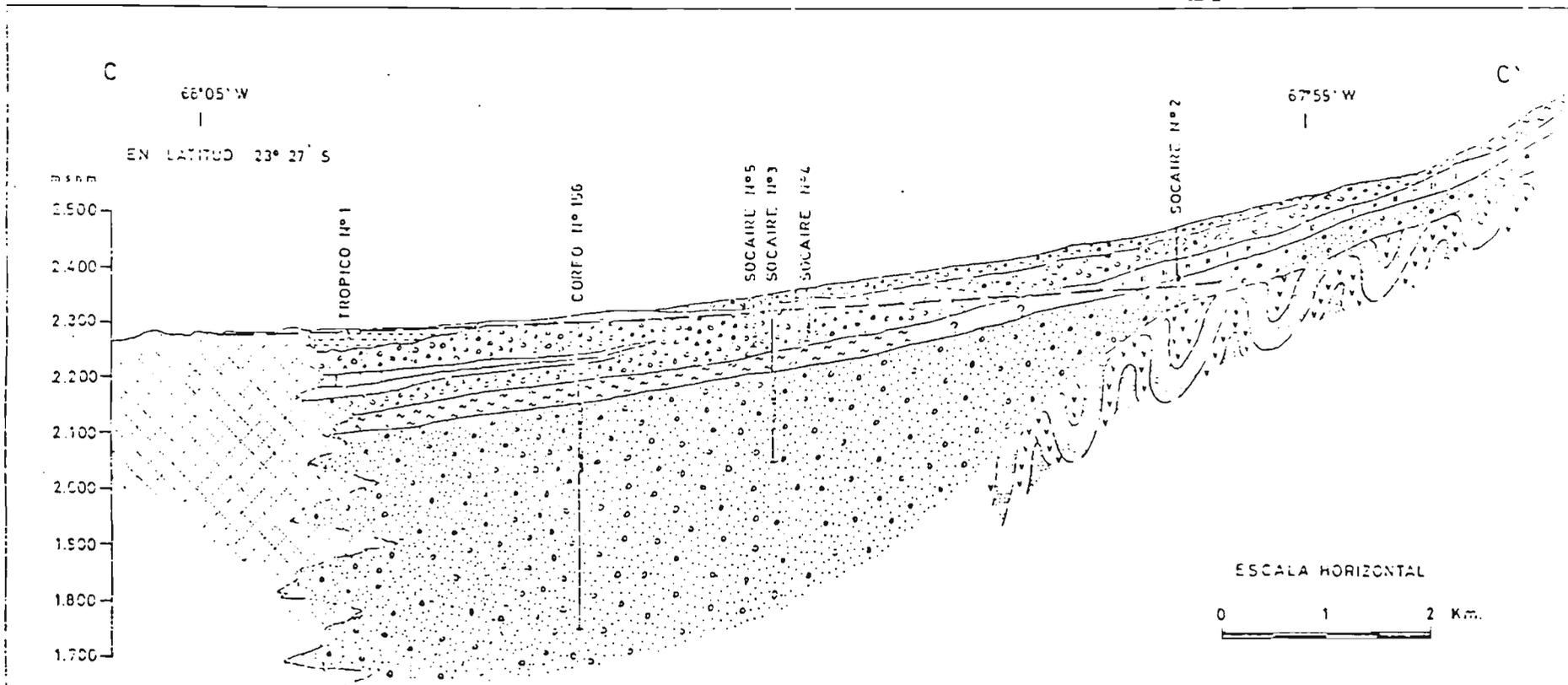
FIGURA N° 11

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE
 CHI-535
 CORFO-ONU-OGA-CCC

SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA
 PERFIL TRANSVERSAL A-A'

ESCALA :
 FECHA : Fig. 6

ZONA 3



LEYENDA

- | | | | |
|--|----------------------|--|----------------------------------------------------|
| | Grava con poca arena | | Nivel freático |
| | Arena con poca grava | | Sedimento salino |
| | Caliza | | Andesita con intercalaciones de arenisca y lutitas |
| | Ceniza | | Limo |
| | Ignimbrita | | Pozo con habilitación |

ZONA 3

FIGURA N° 12

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRAN	
CMI-535	
CORFO-CNU-DGA-CCC	
SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA	
PERFIL TRANSVERSAL C-C'	
ESCALA	Fig. - 8
FECHA ENERO 1977	

DETALLE DE GEOLOGIA Y CONSTRUCCION DE POZO MPW-16

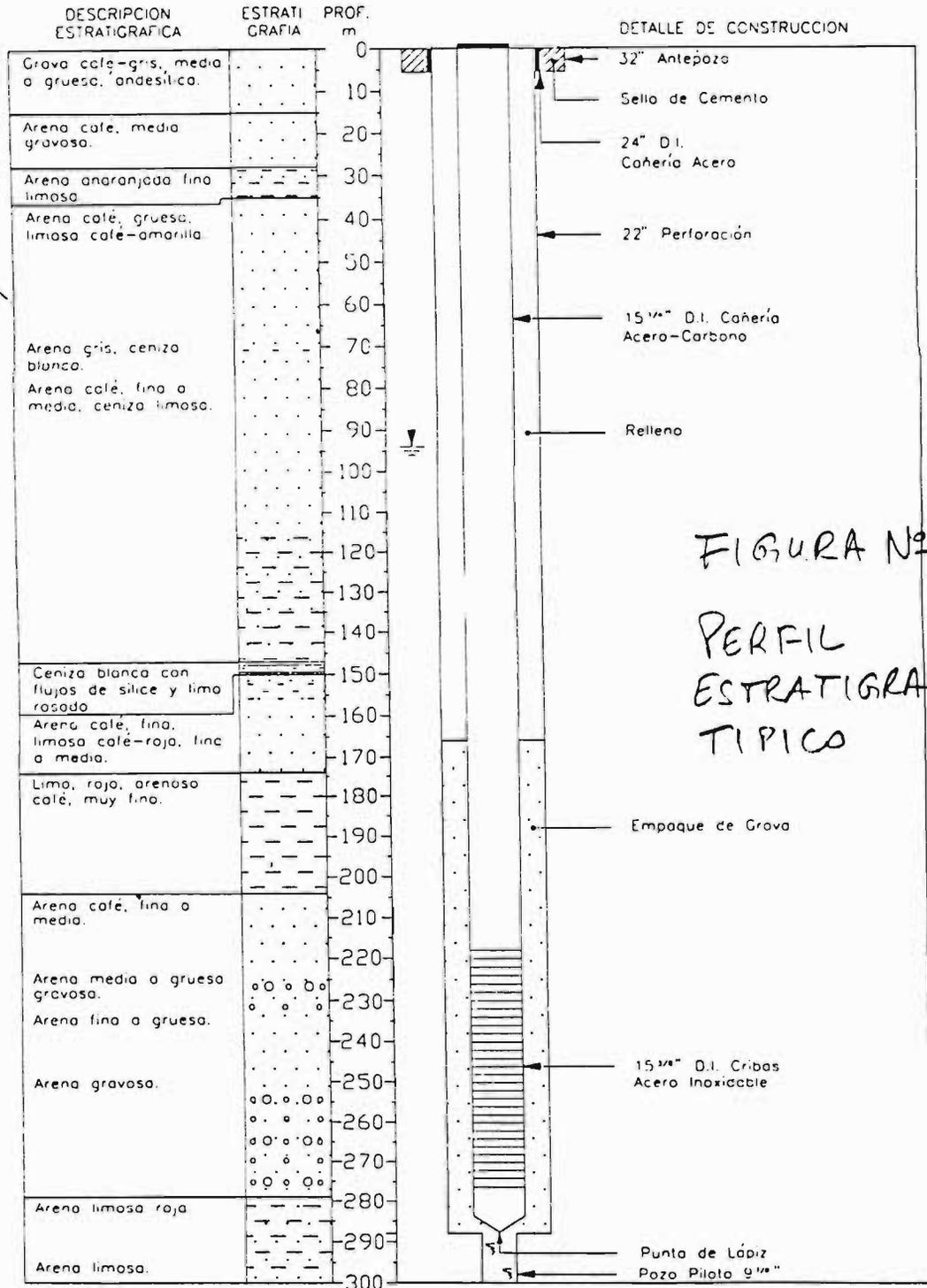


FIGURA N° 15
PERFIL
ESTRATIGRAFICO
TIPICO

ESCALA:
Horizontal: Sin escala
Vertical: 1:1500

FIGURA Nº 16
(ref. 2)

PRECIPITACION VS ELEVACION

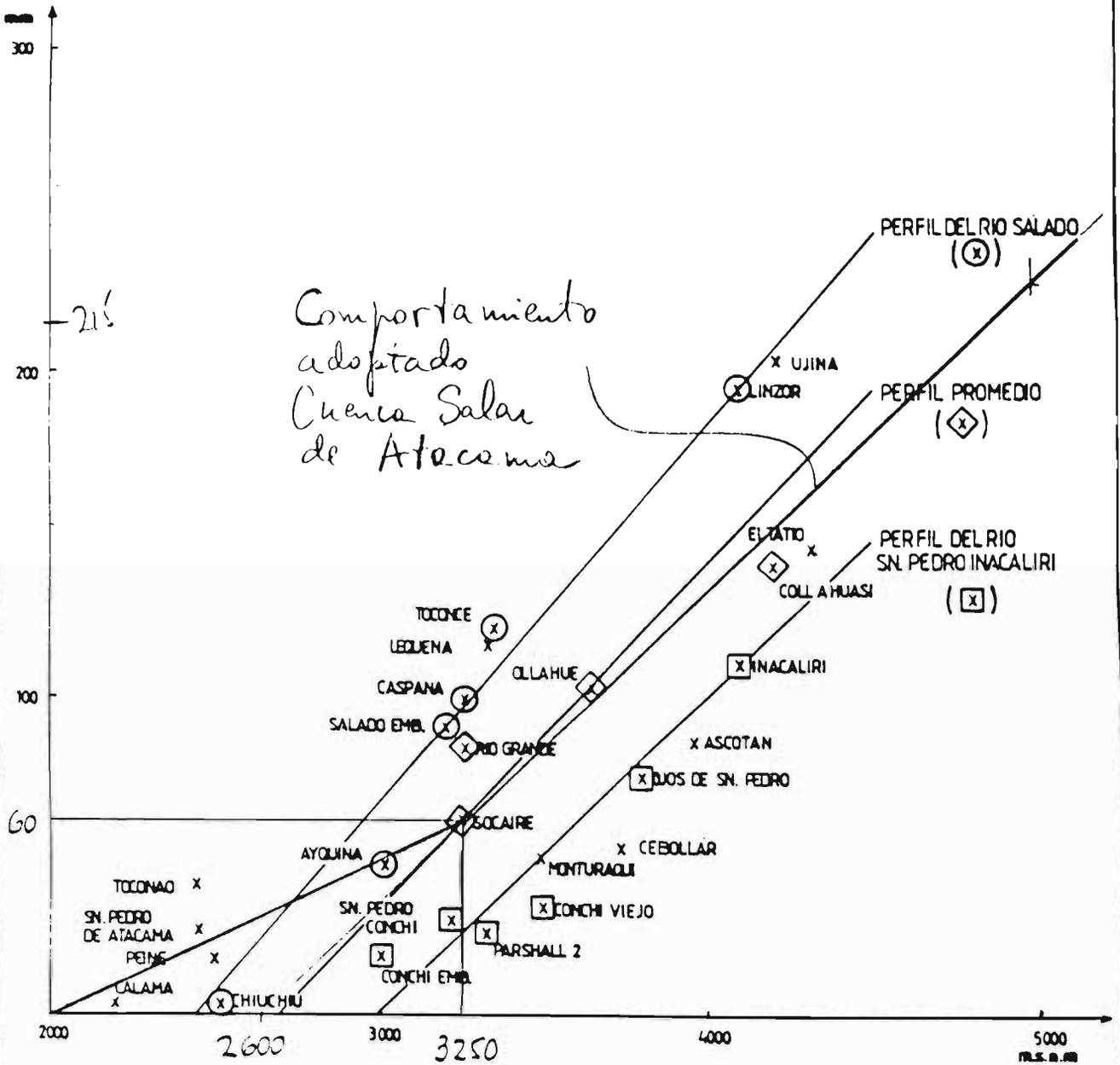


FIGURA Nº 17
(ref. 2)

EVAPORACION DE TANQUE TIPO A
VS.
ALTITUD

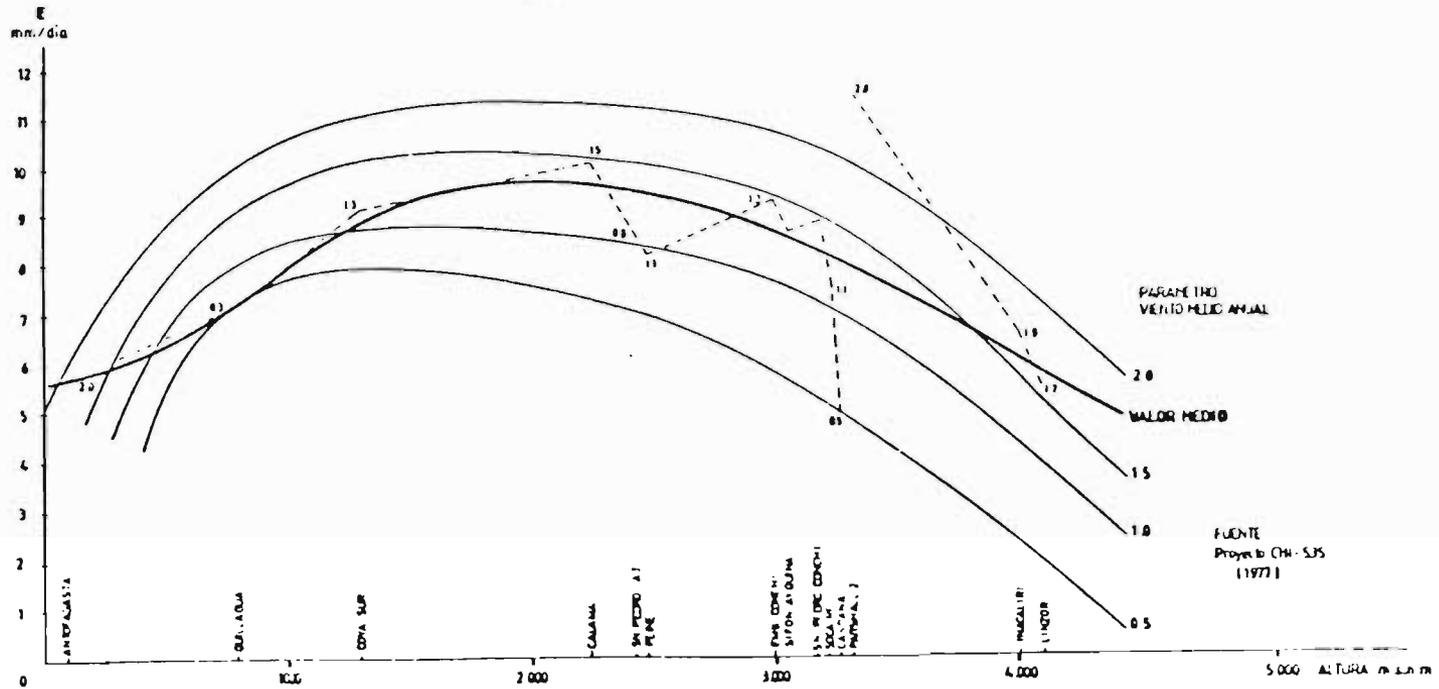
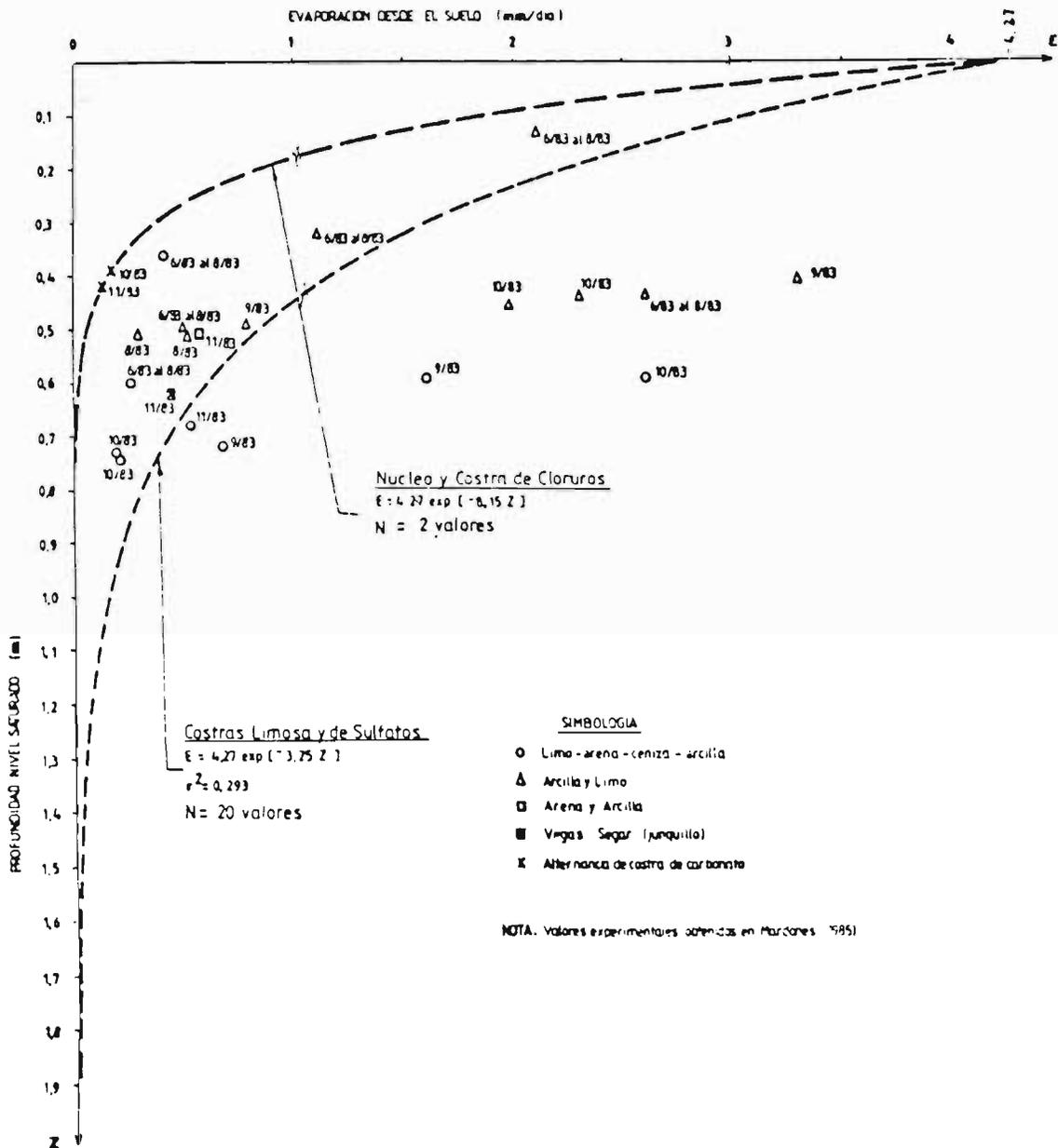
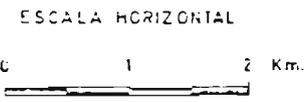
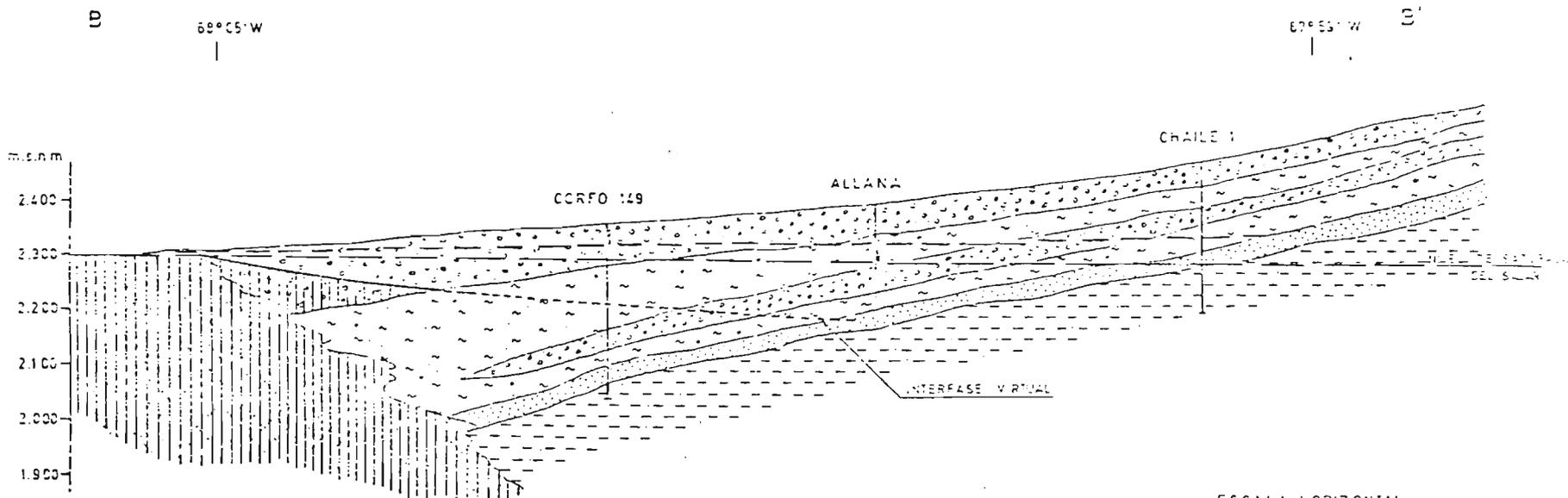


FIGURA Nº 18

EVAPORACION DESDE EL SALAR DE ATACAMA EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO.

(ref. 2)





LEYENDA

- Nivel freático
- Zona intrusiva
- Grava arenosa
- Ceniza arenosa ocasionalmente gravosa
- Arena gruesa
- Limo arcilloso, poco arenoso
- Sedimentos salinos
- Pozo con habilitación

FACIES SALINAS

FIGURA No 19

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRAN	
CHI-515	
CORFO-ONU-USA-CCC	
SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA	
PERFIL CORFO 149	
EN LATITUD 23° 21'	
ESCALA	Fig. 28
FECHA	

CUADRO N° 2 (cont.)

2/4

AGUA SUB.	N	E	Q (l/s)	EXP.	RESOLUCION	COMUNA	PETICIONARIO
POZO ES-58	7268334	504879	9		169 del 03/05/85	AFTA	MEL
POZO SB-7	7324183	522996	1		169 del 03/05/85	AFTA	MEL
POZO VN-31	7286464	512001	14		169 del 03/05/85	AFTA	MEL
ABUNDANCIA	7299104	510767	2		169 del 03/05/85	AFTA	MEL
DREN SAN CARLOS	7293900	508250	20		169 del 03/05/85	AFTA	MEL
POZO T-6	7316151	495751	13		103 del 28/02/86	AFTA	MEL
POZO T-7	7315854	496159	12.5		103 del 28/02/86	AFTA	MEL
POZO AC-4	7356622	451142	13.2		01 del 02/01/87	AFTA	MEL
POZO T-8	7316621	496301	5.4		06 del 05/01/87	AFTA	MEL
POZO T-9	7316190	496525	5.3		06 del 05/01/87	AFTA	MEL
POZO M4	7321052	568090	26		203 del 06/05/87	AFTA	MEL
POZO M6	7322391	570558	32		203 del 06/05/87	AFTA	MEL
POZO M-8A	7320160	566602	12		203 del 06/05/87	AFTA	MEL
PH-2	7307500	514000	5.6	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-4	7306000	512000	7	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-5	7306000	513500	14.1	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-6	7306000	515000	7	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-7	7304500	512500	8.4	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-8	7304500	514000	4.4	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-9	7303000	512000	35.1	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-10	7303000	513500	2.2	ND-II-245	143 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-2	7307500	514000	32.4	ND-II-280	142 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-5	7306000	513500	13.9	ND-II-280	142 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-12	7300997	515000	26.2	ND-II-280	142 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-26	7308501	514499	28	ND-II-280	142 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-3	7307500	515500	19	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-6	7306000	515000	10	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-8	7304500	514000	13.7	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-10	7303000	513500	17.8	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-13	7299500	515000	19	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-17	7295506	514996	21	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-18	7289000	513500	19.2	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-19	7288002	513503	34	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-20	7287000	513500	5	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-21	7286002	513500	37.2	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-22	7285000	513500	31	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-24	7285500	514000	25	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-27	7307001	512998	19.5	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL

CUADRO Nº 2 (cont)

3/4

AGUA SUB.	N	E	Q (l/s)	EXP.	RESOLUCION	COMUNA	PETICIONARIO
PH-34	7284530	514026	30	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-40	7290000	513500	21.5	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-41	7291000	513500	12.5	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-42	7283700	513000	1.8	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-43	7282700	513001	33.1	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-46	7303979	511488	65.3	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-48	7286460	514006	26	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-37	7305257	510521	0.14	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-38	7301150	511700	14.1	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-39	7299967	510976	2.1	ND-II-317	141 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-4	7306000	512000	33	ND-II-293	140 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-7	7304500	512500	28.6	ND-II-293	140 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-9	7303000	512000	44.9	ND-II-293	140 del 21/02/90	AFTA	MEL
PH-18	7289000	513000	15	ND-II-293	140 del 21/02/90	AFTA	MEL
T-8A	7316610	496303	6	ND-II-557	71 del 25/02/92	AFTA	MEL
T-10	7315967	496714	8.8	ND-II-557	71 del 25/02/92	AFTA	MEL
SX-9	7265527	506506	5	ND-II-604	77 del 05/03/92	AFTA	MEL
EP-4	7278536	511796	18	ND-II-510	181 del 25/05/92	AFTA	MEL
EP-7	7270660	507642	25	ND-II-510	181 del 25/05/92	AFTA	MEL
EP-11	7266545	506712	25.5	ND-II-510	181 del 25/05/92	AFTA	MEL
EP-13	7264577	506153	55	ND-II-510	181 del 25/05/92	AFTA	MEL
EP-15	7260801	504625	46	ND-II-510	181 del 25/05/92	AFTA	MEL
EX-2	7280777	513532	10.2	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
EX-3	7279816	513264	18.9	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
EX-5	7277612	512624	7	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
EX-6	7276650	512351	18	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
EX-7	7275657	512089	21	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-2	7271445	506763	30	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-4	7269494	506334	12	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-5	7267537	505888	17.5	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-6	7269646	507363	8	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-7	7267615	506949	30	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-8	7265958	505505	28	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
SX-9	7265527	506506	40	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
EP-9	7268623	507145	12.5	ND-II-524	539 del 12/11/92	AFTA	MEL
MX-1	7314648	565611	14.9	ND-II-615	264 del 08/07/93	AFTA	MEL
MX-2	7317075	563975	22	ND-II-615	264 del 08/07/93	AFTA	MEL
MX-3	7315613	563468	19.8	ND-II-615	264 del 08/07/93	AFTA	MEL

CUADRO N° 2
(cont.)

EXPEDIENTE ROL	Fecha Ingr.	COMUNA	Peticionario	Tipo de Derecho	Pozos/ Capatación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Caudal (l/s)
ND-II-1070	13-09-1993	San Pedro	M. D. ...					
ND-II-1071	13-09-1993	San Pedro	M. D. ...					
ND-II-1075	15-09-1993	San Pedro	M. D. ...					
ND-II-1283 F Imp. 06-3-85	06-03-1985	San Pedro	M. D. ...					

Zona
3
3
3
3
mod. c/...

der-spedr s/ r. reconsideración

Zona 3: 150 l/s

Total Zona 4: 1905,3 l/s
 Zona 3: 315,0 l/s
 Zona 2: 40,0 l/s
 Zona 1: 45,0 l/s
 Zonas 5,6: 0.

CUADRO N° 3

1/2 listado preparado por personal de II Región, junio 97

F. Impreso DERECHOS SOLICITADOS MONTURAQUI-NEGRILLAR-TILOPOZO

Zone

FECHA	CAFEACION	N	E	Q (l/s)	EXP.	COMUNA	PETICIONARIO	AGUA SUP/SUB	R.F	PROF.	Zone
24/05/94	SAT-1	7367992.33	578696.71	10	ND-II-1153	S. PEDRO	CMZ (TILOPOZO)	SUBTERRANEA	200	69	4
	SAT-2	7365832.10	579424.12	20	ND-II-1153	S. PEDRO	CMZ (TILOPOZO)	SUBTERRANEA	200	200	4
02/04/96	MONITOREO 1	7345157.38	580429.65	1	ND-11-1437	S. PEDRO	CMZ (MONITOREO)	SUBTERRANEA	2500	N.1	4
	MONITOREO 2	7348770.55	581150.85	1	ND-11-1437	S. PEDRO	CMZ (MONITOREO)	SUBTERRANEA	2500	N.1	4
	MONITOREO 3	7349519.44	581578.46	1	ND-11-1437	S. PEDRO	CMZ (MONITOREO)	SUBTERRANEA	2500	N.1	4
	MONITOREO 4	7354831.68	581607.05	1	ND-11-1437	S. PEDRO	CMZ (MONITOREO)	SUBTERRANEA	2500	N.1	4
	MONITOREO 5	7360069.41	580656.99	1	ND-11-1437	S. PEDRO	CMZ (MONITOREO)	SUBTERRANEA	2500	N.1	4
07/06/94	NUP-1	7327060.43	553258.43	40	ND-II-1144	AFTA	CMZ (NEURARA)	SUBTERRANEA	2500	N.1	4
	NUP-8	7328102.71	554844.61	25	ND-II-1144	AFTA	CMZ (NEURARA)	SUBTERRANEA	2500	300	4
	PN-11	7293075.23	511188.36	15	ND-II-188	AFTA	MEL (P. NEGRA)	DREN	199	4x2.5	—
	MPW-8	7323131.85	571869.71	94.2	ND-II-1455	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	270	4
	MPW-10	7322383.38	571126.36	50.5	ND-II-1455	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	249	4
	MPW-11	7322416.75	572109.81	52.9	ND-II-1455	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	261	4
	MPW-13	7321321.54	572175.14	40.3	ND-II-1455	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	276	4
	MPW-14	7320915.33	571284.25	37.8	ND-II-1455	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	280	4
25/07/96	MPW-15	7320273.85	570973.29	31.9	ND-II-1455	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	285	4
25/07/96	MPW-1	7326973.86	571284.25	73.6	ND-II-1456	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	251	4
	MPW-3	7326112.37	572897.85	57.6	ND-II-1456	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	240	4
	MPW4	7325068.19	571606.35	83.9	ND-II-1456	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	261	4
	MPW-5	7325117.03	573417.64	49.7	ND-II-1456	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	264	4
	MPW-7	7324195.47	572902.13	48.8	ND-II-1456	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	264	4
	MPW-21	7324278.97	571692.81	70.1	ND-II-1456	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	232	4
15/11/96	ASC-1	7362740.00	587224.00	120	ND-II-1496	S. PEDRO	ASTEC (TILOPOZO)	SUBTERRANEA	500	200	4
	ASC-2	7359347.00	580758.00	120	ND-II-1496	S. PEDRO	ASTEC (TILOPOZO)	SUBTERRANEA	500	150	4
	ASC-4	7364100.00	580690.00	120	ND-II-1496	S. PEDRO	ASTEC (TILOPOZO)	SUBTERRANEA	500	133	4
	ASC-5	7364195.00	586142.00	120	ND-II-1496	S. PEDRO	ASTEC (TILOPOZO)	SUBTERRANEA	500	147	4
07/01/97	POZO PEINE	7382218.00	593937.00	5	ND-II-1509	S. PEDRO	LITIO (PEINE)	SUBTERRANEA	200	40	3
	EX-1	7281739.00	513823.00	8.41	ND-II-605	AFTA	MEL (P. NEGRA)	SUBTERRANEA	5000	165	—
3/12/96	MPW-9	7320998.00	568077.00	105.1	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	225	4
	MPW-12	7321587.00	570397.00	60.8	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	255	4
	MPW-16	7319532.00	565361.00	101.1	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	276	4
	MPW-17	7318200.00	564575.00	72.1	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	264	4
	MPW-18	7318045.00	565714.00	92	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	294	4
	MPW-19	7317071.00	563990.00	78.1	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	277	4
	MPW-20	7317108.00	565107.00	102.8	ND-II-1488	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	278	4
3/12/96	MPW-2	7326130.00	571452.00	102.2	ND-II-1489	AFTA	MEL (MONTURAQUT)	SUBTERRANEA	5000	234	4

Zone 4 1985,50
Zone 3 50

Tiempo

CUADRO Nº 3 (cont)

2/2

Ton

10/08/97

CAPTACION	N	E	Q (l/s)	EXP.	COMUNA	PETICIONARIO	AGUA SUP:SUB	R.P	PROF.
EP-2	7278501.00	510968.00	5.5	ND-II-510	AFTA	MEL (P. NEGRA)	SUBTERRANEA		208
SCR2, SCR3, PC-1			45.2	N2-F-1522		PIOCILEX	"		

—

6

(1) : TODAS LAS AGUAS SOLICITADAS SE PRESUMEN SERAN UTILIZADAS EN MINERIA

Ton: 450

REPÚBLICA DE CHILE
 MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
 # REGIÓN - ANTOFAGASTA

CUADRO Nº 4

EXPEDIENTE	PETICIONARIO	COMUNA	NOMBRE CAPTACIÓN	MORTE	ESTE	L/S	INSCRIPCIÓN	FECHA INSC.
NR-II-1367	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE CUPO	CALAMA	BOCATOMA CANAL	7.556.180	571.170	10,20	60	19.11.97
			VERTIENTE CUPO EN CAMINO	7.555.250	570.920	6,90		
NR-II-1377	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE AYQUINA TURI		SAN ISIDRO	7.536.450	570.270	5,50	61	19.11.97
			NOYER	7.536.480	570.170	3,00		
			KOLO	7.536.500	570.400	2,60		
			YALUJEN	7.536.500	570.130	0,20		
			CHAÑARAL	7.536.000	572.000	7,20		
			ARCIPE	7.536.080	571.780	4,60		
			TAPA TAPA	7.535.930	572.725	12,00		
			KOYNA	7.535.860	572.725	5,10		
			MORUNA	7.536.035	573.530	3,70		
			CHIBER 1	7.536.480	570.340	1,40		
			CHIBER 2	7.536.480	570.360	0,10		
			LA PUNTA	7.536.240	569.520	0,10		
			EL MEDIO	7.536.250	569.840	0,10		
			LUDKORER	7.536.220	569.800	0,10		
NR-II-1386	ASOCIACIÓN ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DE SONCOR	SAN PEDRO DE ATACAMA	VERTIENTE SONCOR	7.419.968	607.950	12,30	62	19.11.97
NR-II-1381	ASOCIACIÓN ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DE AGUAS BLANCAS	SAN PEDRO DE ATACAMA	BOCATOMA Nº 1	7.427.848	604.153	110,00	63	19.11.97
			BOCATOMA Nº 2	7.427.938	604.140			
NR-II-1388	ASOCIACIÓN ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DE CELESTE	SAN PEDRO DE ATACAMA	VERTIENTE CELESTE	7.443.400	608.330	4,00	64	19.11.97
NR-II-1380	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE CONCHI VEJO	CALAMA	VERTIENTE CONCHI VEJO	7.572.480	528.270	0,30	65	19.11.97
NR-II-1383	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE PEINE	SAN PEDRO DE ATACAMA	VERTIENTE OSSA Y VILTE	7.380.930	596.200	18,90	66	19.11.97
			VERTIENTE TARAJINE	7.368.240	593.880	1,70		
			VERTIENTE CHAQUISQUE	7.370.800	626.700	2,30		
			RÍO TULÁN	7.368.340	581.400	43,00		
NR-II-1374	COMUNIDADES ATACAMEÑA DE CUPO Y DE AYQUINA TURI	CALAMA	VERTIENTE DE PANIRE	7.551.440	575.780	1,10	67	19.11.97
			VERTIENTE SOCAYÓN DE PANIRE	7.551.010	575.500	2,80		

NR-II-1378 COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCOYAO

SAN PEDRO DE ATACAMA RÍO ALITAN 7.739.030 642.970 130
 RÍO BETIACO 7.445.860 642.420 200

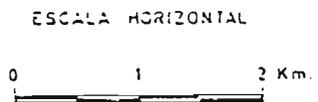
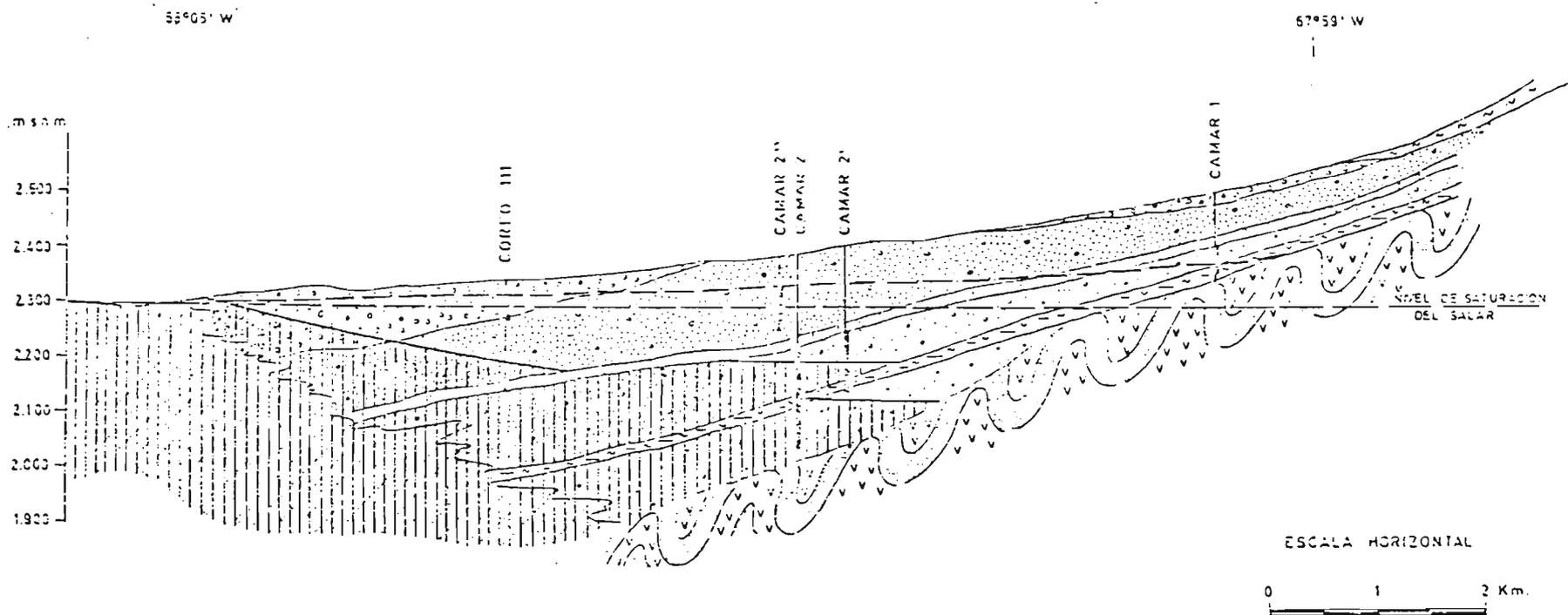
REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
II REGIÓN - ANTOFAGASTA

CUADRO Nº 4 (cont)

EXPEDIENTE	PETICIONARIO	COMUNA	NOMBRE CAPTACIÓN	NORTE	ESTE	LS	INSCRIPCIÓN	FECHA INSC
NR-II-1391	ASOCIACIÓN ATACAMEÑA DE REGANTES Y AGRICULTORES DEL RÍO VLAMA	SAN PEDRO DE ATACAMA	RÍO VLAMA	7 470 925	564 185	180,00	72	25.11.57
			RÍO PURTANA (GUATIN)	7 482 460	596 270	21,00		
			RÍO PURTANA (BAÑOS)	7 484 000	596 275	10,00		
			RÍO PURIFICA	7 482 460	596 430	10,00		

1: 221
 2: 122,3
 3: 65,8

PLANOS



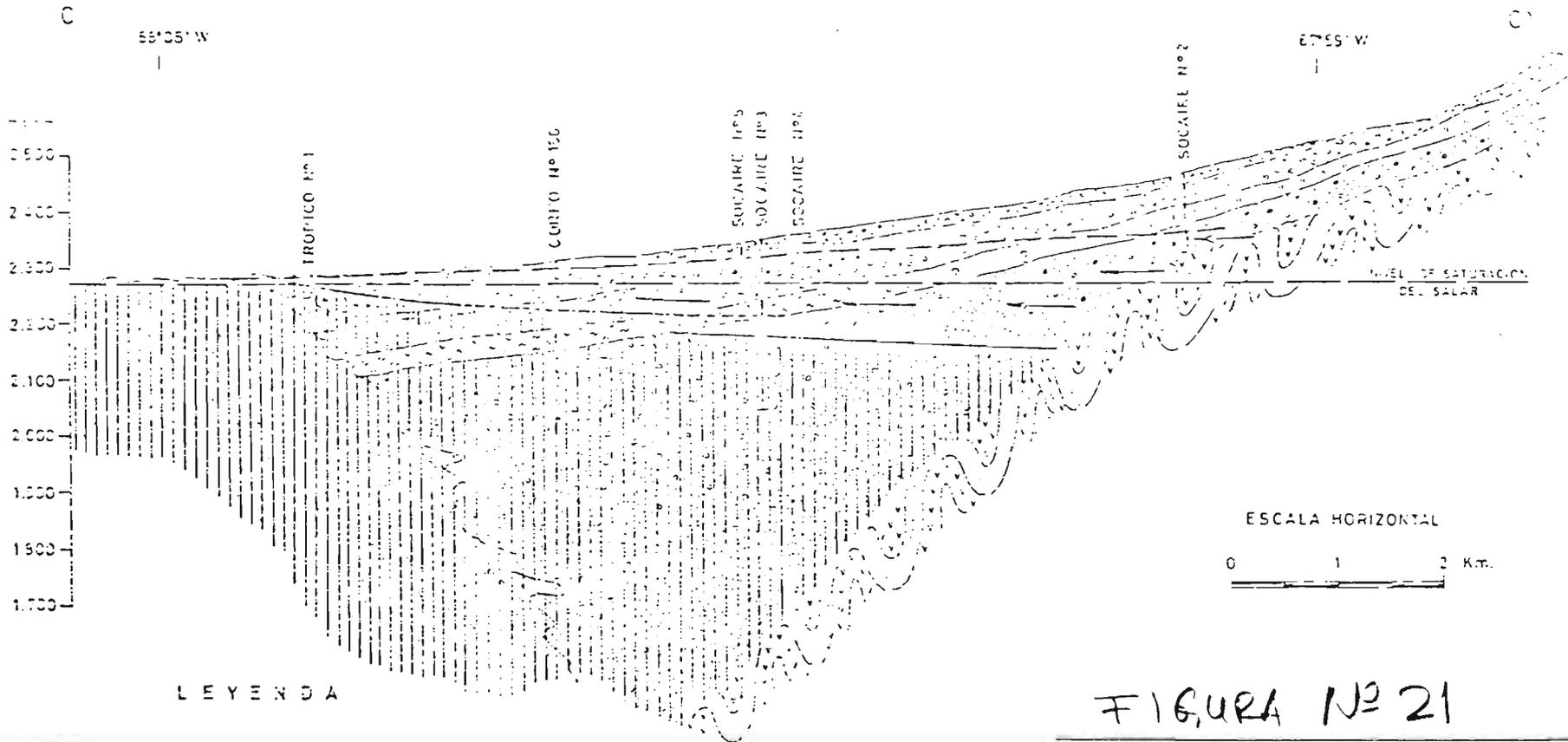
LEYENDA

- | | | | |
|--|----------------------------|--|----------------------------------------------------|
| | Sedimento salino | | Limo arcilla ceniza |
| | Grava un poco arenosa | | Arena fina con poca grava fina |
| | Arena gruesa un poco grava | | Arenisca con intercalaciones de arenisca y lutitas |
| | Ceniza | | Pozo con habilitación |
| | Ignimbrita | | Superficie freática |
| | Arena mediana y fina un | | Zona intruida |

FIGURA Nº 20

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE
 CHI-535
 CORFO-ONU-DGA-CCC

SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA
 PERFIL CAMAR
 EN LATITUD 23° 25' S



LEYENDA

- | | | | | | |
|--|----------------------|--|----------------------------------------------------|--|---------------------|
| | Grava con poca arena | | Superficie freática | | Zona intruida |
| | Arena con poca grava | | Sedimento salino | | Dirección del flujo |
| | Caliza | | Andesita con intercalaciones de arenisca y lutitas | | |
| | Ceniza | | Limo | | |
| | Ignimbrite | | Pozo con habilitación | | |

FACIES SALINAS

FIGURA Nº 21

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE
 CHI-535
 CORFO-ONU-BOA-000

SECTOR CENTRO ORIENTAL DEL SALAR DE ATACAMA

PERFIL SOCAIRE

EN LATITUD 23° 27' S

ESCALA

FECHA SEPT 1977

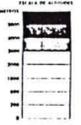
Fig. 26

ANEXO CUADROS

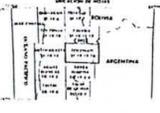
CUADRO Nº 1

CALCULO DEL BALANCE HIDRICO														
Precipitación - Evaporación = Escorrentía (superficial + subterránea)														
Precipitación - Escorrentía = Evaporación														
Zona	Area	Alt. media	P m.an	Q afl. precip	Temp. m.an. °C	L	Evap. nat. mm/año	Evap. nat. m3/s	Evap. cult. m3/s	Evap. Total m3/s	ESC. s+s m3/s	Esc. sup m3/s	Esc. subt m3/s	
1	2300-3000	410	2650	31	0.41	11.6	668	31	0.40		0.40	0.01		
1	3000-4000	620	3500	82	1.62	5.9	458	82	1.62		1.62	0.00		
1	4000-5000	600	4500	179	3.41	-0.8	280	157	2.98		2.98	0.43		
1	sobre 5000	260	5400	267	2.20	-6.8	113	105	0.87		0.87	1.33		
Total zona 1		1890	3894	128	7.64	3.3		98	5.87	0.50	6.37	1.27	0.30	0.97
2	2300-3000	600	2650	31	0.59	11.6	668	31	0.59		0.59	0.00		
2	3000-4000	570	3500	82	1.49	5.9	458	82	1.49		1.49	0.00		
2	4000-5000	620	4500	179	3.53	-0.8	280	157	3.08		3.08	0.45		
2	sobre 5000	140	5300	257	1.14	-6.2	134	120	0.53		0.53	0.61		
Total zona 2		1930	3688	110	6.75	4.6		93	5.70		5.70	1.05	0.21	0.84
3	2300-3000	550	2650	31	0.54	11.6	668	31	0.54		0.54	0.00		
3	3000-4000	820	3500	82	2.14	5.9	458	82	2.14		2.14	0.00		
3	4000-5000	440	4500	179	2.50	-0.8	280	157	2.19		2.19	0.32		
3	sobre 5000	115	5300	257	0.94	-6.2	134	120	0.44		0.44	0.50		
Total zona 3		1925	3593	100	6.13	5.3		87	5.31	0.11	5.42	0.71	0.25	0.46
4	2300-3000	530	2650	31	0.52	11.6	668	31	0.52		0.52	0.00		
4	3000-4000	1740	3500	82	4.55	5.9	458	82	4.55		4.55	0.00		
4	4000-5000	530	4500	179	3.02	-0.8	280	157	2.63		2.63	0.38		
4	sobre 5000	115	5300	257	0.94	-6.2	134	120	0.44		0.44	0.50		
Total zona 4		2915	3598	98	9.03	5.2		88	8.15		8.15	0.88	0.00	0.88
5	2300-3000	2060	2650	31	2.04	11.6	668	31	2.04		2.04	0.00		
5	3000-4000	960	3500	82	2.51	5.9	458	82	2.51		2.51	0.00		
5	sobre 4000	100	4200	150	0.48	1.2	330	143	0.45		0.45	0.03		
Total zona 5		3120	2961	51	5.03	9.5		51	5.00		5.00	0.03	0.00	0.03
Tot.zonas afl.		11780	3491	93	34.58	6.0		80	30.03	0.61	30.64	3.94	0.76	3.18
6	Salar	3020	2300	14	1.38	14					5.32	-3.94		
Balance Global Cuenca		14800		77	35.96						35.96	0.00		

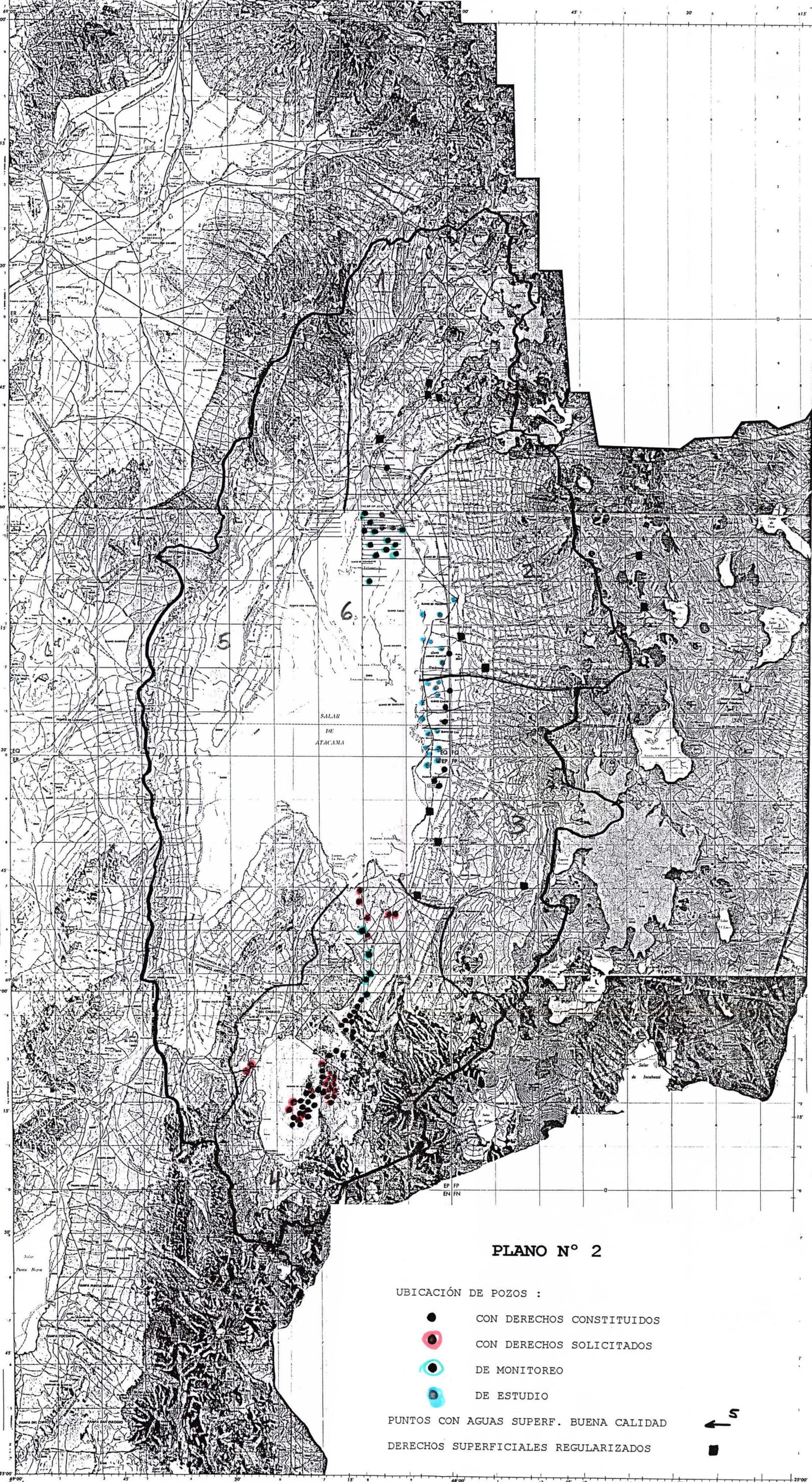
CALAMA
2200-6700



TOCONAO
2300-6700



SIERRA ALMEIDA
2400-6715



PLANO N° 2

UBICACIÓN DE POZOS :

- CON DERECHOS CONSTITUIDOS
- CON DERECHOS SOLICITADOS
- DE MONITOREO
- DE ESTUDIO

PUNTOS CON AGUAS SUPERF. BUENA CALIDAD
DERECHOS SUPERFICIALES REGULARIZADOS



Población	
Más de 100 000 habitantes	SANTIAGO
De 50 000 a 100 000 habitantes	VALPARAÍSO
De 10 000 a 50 000 habitantes	COPIAQUE
De 5 000 a 10 000 habitantes	VALDIVIA
De 1 000 a 5 000 habitantes	PUERTO MONTT
De 500 a 1 000 habitantes	VALDIVIA
De 100 a 500 habitantes	VALDIVIA
De 50 a 100 habitantes	VALDIVIA
De 10 a 50 habitantes	VALDIVIA
De 5 a 10 habitantes	VALDIVIA
De 1 a 5 habitantes	VALDIVIA

ESCALA 1:500 000
ALTITUDES EN METROS

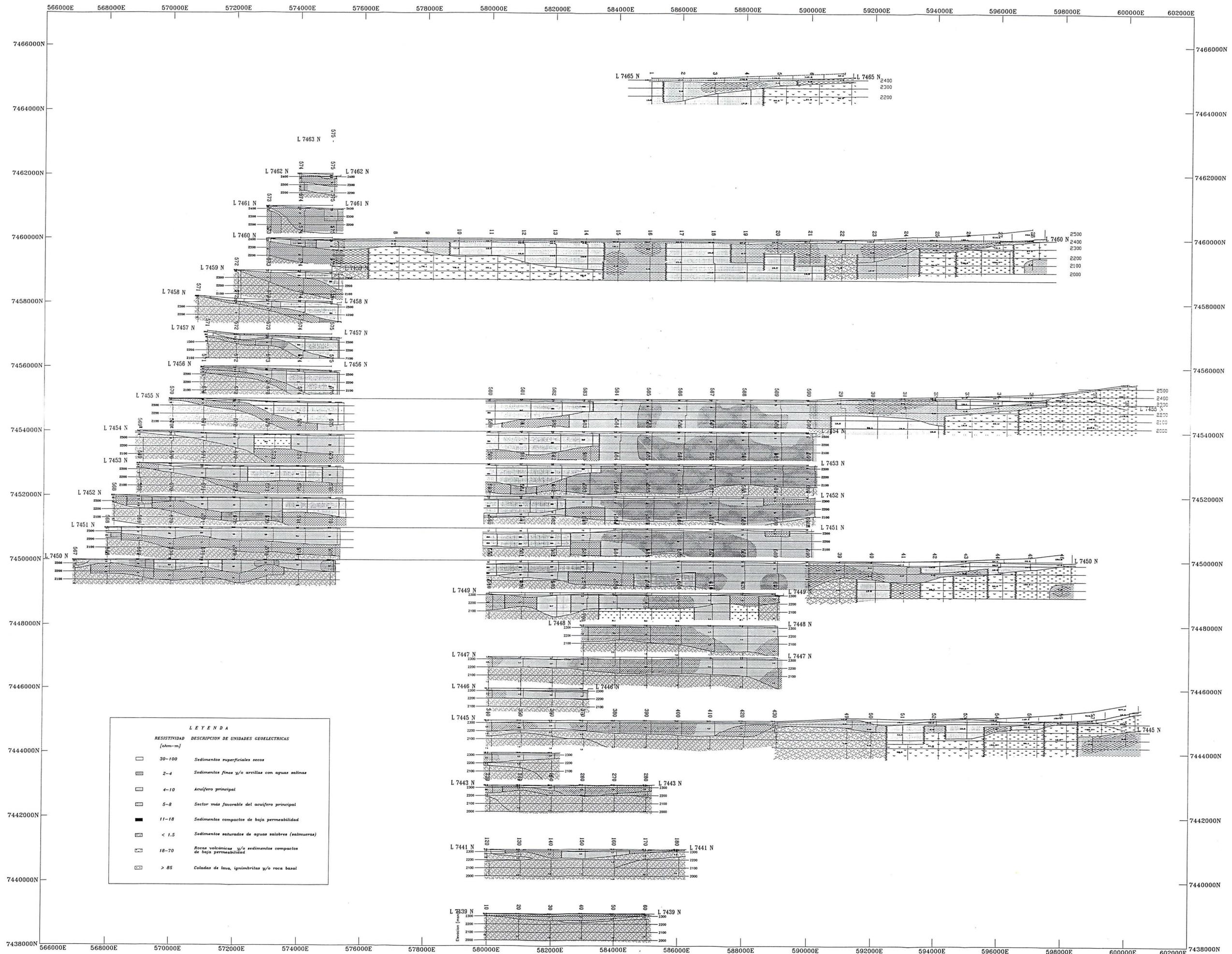
RECONSTRUCCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES

CARTA TERRESTRE

SECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
SERIE DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS Nº 173
SERIE DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS Nº 173
SERIE DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS Nº 173

REVISIÓN DEL TÍTULO
PROYECTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Nº 8739
AÑO 1973

SECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
SERIE DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS Nº 173
SERIE DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS Nº 173



PLANO N° 3

COMPAÑIA MINERA RIOCHILEX S.A.		
TITULO: PERFILES GEOFISICOS INTERPRETADOS		
REALIZO: GEOQUINTOS S.A.I.C	FECHA: NOVIEMBRE/1997	FIGURA: 7

Scale 1:50000
1000 0 1000 2000 3000
(metres)

L 7445 N 50 90 Proyecto Vilama - Tambillo

