

R 38

382

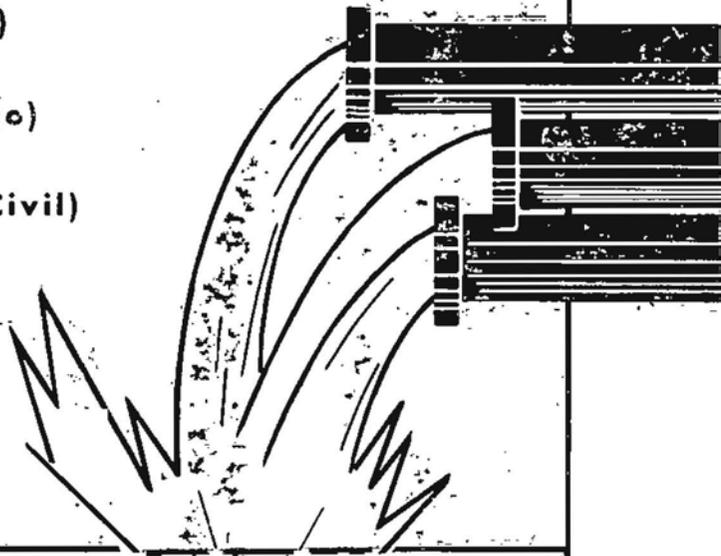
**GEOLOGIA DE SUPERFICIE, SUB-SUPERFICIE
Y GEOQUIMICA DEL SALAR DE
ATACAMA**



GERARDO DIAZ DEL RÍO (Geólogo)

RAMIRO BONILLA PARRA (Geólogo)

FERNANDO PERALTA TORO (Ing. Civil)



GEOLOGIA DE SUPERFICIE, SUB-SUPERFICIE Y GEOQUIMICA DEL

SALAR DE ATACAMA

por

Gerardo Díaz del Río - Geólogo
Ramiro Bonilla Parra - Geólogo
Fernando Peralta Toro - Ing. Civil

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS

C O R F O

Informe preparado por el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, con la colaboración de sus secciones de: Construcción de Obras Hidráulicas, Hidrometría y Calidad Química.

Marzo, 1972.

4094

P R O L O G O

Los autores agradecen la guía y colaboración recibida del señor Raúl Campillo Urbano, Jefe de la Sección Geología y Geofísica. Igualmente expresan su reconocimiento al personal del Departamento de Recursos Hidráulicos que laboró en las faenas del Salar de Atacama, a los señores dibujantes y especialmente al cuerpo de secretarias, sin cuyo concurso no se habría podido llevar a feliz término este estudio.

I N D I C E
= = = = =

	<u>Página</u>
Indice	1
Capítulo 1.- Conclusiones	4
Capítulo 2.- Recomendaciones	7
Capítulo 3.- Introducción	9
3.1.- Generalidades	9
3.2.- Ubicación del Area	13
3.3.- Objetivo y Extensión del Estudio	13
3.4.- Fuentes de Información	14
Capítulo 4.- Geomorfología	16
4.1.- Relieve	16
4.2.- Red de Drenaje	18
4.3.- Clima	20
Capítulo 5.- Geología de Superficie	22
5.1.- Generalidades	22
5.1.1.- Rocas Fundamentales	22
5.1.1.1.- Rocas Sedimentarias Paleozoicas	22
5.1.1.3.- Rocas Cenozoicas	24
5.1.1.3.1.- Depósitos Terciarios	24
5.1.1.3.2.- Depósitos Cuaternarios	25
5.1.1.4.- Rocas Intruxivas	27
5.1.1.5.- Estructura	27
Capítulo 6.- Geología de Sub-superficie	29
6.1.- Antecedentes de Sondajes	29
6.2.- Análisis de la Información	29

	<u>Página</u>
6.3.- Unidades Geológicas Diferenciables	30
6.4.- Sectores Diferenciables	34
6.4.1.- Sector Norte del Salar de Atacama	35
6.4.2.- Borde Oriental-Sur del Salar de Atacama	35
6.4.2.1.- Sub-Sector Tilopozo	35
6.4.2.2.- Sub-Sector Tilomonte-Socaire	36
6.4.2.3.- Sub-Sector Toconao-Camar	38
6.5.- Aspectos Hidrogeológicos	38
6.5.1.- Zona Acuífera Freática	39
6.5.2.- Zona Acuífera Confinada	42
6.5.2.1.- Sector Norte	42
6.5.2.2.- Sector Borde Oriental-Sur	43
6.5.2.2.1.- Sub-Sector Toconao-Camar	43
6.5.2.2.3.- Sub-Sector Tilomonte-Socaire	44
6.5.2.2.3.- Sub-Sector Tilopozo	46
6.6.- Análisis de las Zonas de Recarga y Descarga	47
6.6.1.- Recarga	47
6.6.2.- Descarga	48
Capítulo 7.- Geoquímica	50
7.1.- Antecedentes de Análisis Químicos	50
7.2.- Características Químicas del Agua	51
7.2.1.- Generalidades	51
7.2.2.- Total de Sólidos Disueltos	53
7.2.3.- Carácter Geoquímico de Aniones y Cationes	55
7.2.4.- Comparación de Aguas	61
7.3.- Utilización del Agua	65

	<u>Página</u>
7.3.1.- Calidad Química del Agua con Respecto del Uso Potable	65
7.3.2.- Condiciones de Potabilidad	68
7.3.3.- Calidad Química del Agua con Respecto al Uso en Riego	73
7.4.- Conclusiones Geoquímicas	77
Bibliografía	79

A N E X O S

I .- Habilitación de Pozos	80
- Potencias de Unidades	83
- Descripciones Estratigráficas	85
II.- Análisis Químicos	158
III.- Diagrama de Piper	161
IV.- Gráfico de Wilcox	162

CAPITULO Nº 1

= = = = =

C O N C L U S I O N E S

- 1º El Salar de Atacama presenta en casi toda su extensión una sucesión de cinco unidades perteneciente a edades terciarias y cuaternarias; éstas alcanzan hasta 575 mts., que es la profundidad máxima conocida.
- 2º Las Unidades 1, 3 y 5 presentan condiciones favorables para constituir acuíferos interesantes.
- 3º Las Unidades 2 y 4 corresponden a cenizas e ignimbritas cuya permeabilidad es baja.
- 4º Los espesores medios reconocidos en las Unidades 1, 3 y 5 son de 110; 72; 150 mts. en la parte Norte y Oriente del Salar y de 26 mts. la Unidad 1 y 57 mts. la Unidad 5, en el Sector Sur con el cual la Unidad Nº 3 no se depositó y por lo tanto no se detectó.
- 5º El Borde Oriental del Salar está constituido por un extenso plano inclinado de ignimbrita riolítica del terciario, que alcanza hasta la zona altiplánica, en la frontera con Argentina, este plano inclinado se ve interrumpido en zonas por volcanes del cuaternario.

- 60 Existe una Cordillera en sentido Norte-Sur en el borde Oriental del Salar, de edad jurásica que ha servido de barrera a la ignimbrita riolítica del Terciario en el sector comprendido entre Socaire y Tilomonte.
- 70 Aunque es posible suponer que ésta formación jurásica, subyace a la ignimbrita en el resto del Salar, esto no se ha comprobado aún en ningún sondaje.
- 80 El relleno cuaternario aluvial y de piedemonte existente en el Borde Oriental y Norte del Salar favorecen la infiltración de las aguas superficiales provenientes de las quebradas.
- 90 La existencia del plano inclinado de ignimbritas, debido a su extensión, hace factible pensar en una conexión hidrogeológica de la cuenca del Salar de Atacama con las cuencas inmediatamente al Este. Esto no ha sido comprobado, sino constituye solo una hipótesis basada en una interpretación de la Geología regional.
- 100 Existe un interesante volumen de agua almacenado en las diferentes unidades acuíferas, capaz de explotarse ya sea como recurso renovable o no renovable.
- 110 La Calidad química de las Aguas, es muy variable en todo el Salar, tanto en el sentido horizontal como vertical, sin embargo,

existen aguas de bajo y alto contenido salino.

- 120 Las Aguas Subterráneas poco profundas varían su contenido de sólidos disueltos desde 243 p.p.m. hasta 10.850 p.p.m., siendo el 53% de las aguas analizadas inferior a 2.000 p.p.m.
- 130 El Asy el B se presentan en casi todas las aguas tanto superficiales como subterráneas con excepción del 20% de los pozos poco profundos y las quebradas, Peine, Río Grande, Río Salado, que so lo tienen contenido de Boro.
- 140 Las Aguas Subterráneas profundas analizadas presentan contenido de S.D., desde 2.200 hasta 2.700 p.p.m., y A desde 0.32 p.p.m. hasta 0.37 p.p.m. y B desde 21 p.p.m. hasta 27 p.p.m.
- 150 Si bien es cierto la mayoría de las aguas analizadas están excedidas en el contenido de algunos iones, con relación a las normas existentes, esto no significa que no puedan ser utilizadas para diversos fines, pues la norma debe ser tolerante cuando no hay otro recurso disponible, como en el caso presente en el Salar de Atacama.
- 160 Lo dicho en el punto anterior es válido aún si se piensa en una utilización de éstas aguas fuera de la cuenca misma, pues su enorme reserva lo hace atractivo.

CAPITULO No 2
=====

R E C O M E N D A C I O N E S

- 2.1. Analizar químicamente las aguas subterráneas profundas de manera que se pueda definir la geoquímica de las aguas confinadas.
- 2.2. Tomar muestras duplicadas de cada pozo, debido a que en algunos análisis que existen se tienen determinaciones dudosas.
- 2.3. Efectuar corridas de análisis químicos a lo largo de las quebradas que tienen escurrimiento superficial, para así determinar los lugares exactos donde se produce la contaminación de estas aguas con Arsénico y Boro.
- 2.4. Si bien en general las aguas de la región están excedidas en varios aspectos, y especialmente con respecto al uso potable, es claro que por la inexistencia de aguas de buena calidad, la población debe ingerir sustancias tóxicas y sufrir los efectos de ellas; por lo tanto, es necesario que la autoridad sanitaria competente tome las providencias del caso.
- 2.5. Con respecto al uso del agua en riego, la gente del lugar tiene cultivos a pesar de que las aguas no son en general aptas para

este uso. Esto demuestra que las normas no son valores rígidos y que no deben tomarse en sentido estricto con respecto al uso del agua en riego.

- 2.6. En general, las normas se han establecido sobre la base de estudios en otros países y, al aplicarlas al caso de Chile, deben ser variadas, tomando en cuenta ciertos aspectos, como ser, en el caso de riego: disponibilidad de agua, tipo de suelo, tipo de cultivo y tipo de clima; en uso potable, debe tomarse en cuenta aspectos como ser: adaptabilidad del individuo al consumo de ciertos elementos tóxicos en el agua, disponibilidad de agua.

CAPITULO No 3I N T R O D U C C I O N3.1. GENERALIDADES

El Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, dentro de su misión de evaluar los recursos hidráulicos del País, se ha abocado al estudio de las diferentes fuentes de agua de la Provincia de Antofagasta. Este trabajo ha sido en parte financiado por el Instituto CORFO del Norte, a través del Comité de Operaciones Agropecuarias de Antofagasta. Sin el apoyo y el importante concurso económico de este organismo no habría sido posible su realización.

La Provincia de Antofagasta, para sus abastecimientos de agua, tanto poblacional como minero y agrícola, ha explotado principalmente los recursos de agua superficial y dentro de éstos aquellos en que el contenido de sólidos disueltos sea bajo. Para ello ha debido captar aguas de los diversos tributarios del río Loa en lugares cercanos a sus nacimientos, lo cual ha implicado la construcción de largas y costosas aducciones las cuales alcanzan a varias centenas de kilómetros.

Las actuales fuentes del río Loa y sus tributarios se encuentran todas ocupadas y por otra parte, algunas aducciones debido a

su edad, tienen escasos años de vida útil adicional.

Estas consideraciones unidas a la creciente demanda de agua para diversos fines en toda la provincia de Antofagasta, han movido desde siempre a sus habitantes a preocuparse de la solución a largo plazo de éste vital problema.

Como un aporte a la solución de este problema el Instituto CORFO Norte (INCONOR), y el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, unieron sus aportes para dar forma a una labor de evaluación de los principales recursos de agua de la Provincia, en él se incluyen los recursos superficiales y subterráneos y su evaluación tanto cualitativa como cuantitativa. Dentro de las fuentes a estudiar en una primera etapa, se han considerado:

- El Río Loa y sus tributarios
- El Salar de Atacama y sus tributarios
- El Salar de Aguas Blancas
- El Salar de Punta Negra
- El Salar del Carmen, desde Pampa Unión hasta la Cordillera de la Costa
- La Cuenca de Tal-Tal

Los estudios comenzaron el año 1968 con la obtención de antecedentes, principalmente en lo que a aguas subterráneas se refiere, asimismo se han estudiado los principales cursos superficiales en cuan

to a su comportamiento hidrológico, como también se ha analizado el actual abastecimiento de los diversos usuarios y las posibilidades de aumentar los recursos en base a redistribución de aguas, reuso de la misma y uso de fuentes semi-salinas.

El presente informe resume parte del actual conocimiento que sobre geología y geoquímica se tiene del Salar de Atacama.

El trabajo a realizar en dicho Salar tiene como finalidad establecer un balance hídrico general, como asimismo determinar los volúmenes de agua embalsados subterráneamente en el Salar, tanto en calidad como en cantidad.

La ejecución de el trabajo antes enunciado considera varias etapas, los cuales se detallan a continuación:

1º Balance hidrológico preliminar con la información disponible sobre los diversos parámetros hidrológicos para determinar los volúmenes que ingresan y que salen anualmente del Salar.

2º Levantamiento geológico de superficie para definir en líneas generales, las diversas unidades que afloran en superficie.

3º Reconocimiento de la superficie freática por medio de perforación

- de pozos poco profundos, para determinar profundidad, calidad, sen
tido de escurrimiento y calidad del agua freática.
- 40 Medición sistemática de los caudales superficiales afluentes al Sa
lar.
- 50 Reconocimiento de la geología de subsuperficie, por medio de po-
zos profundos de reconocimiento estratigráfico, tendiente a defi-
nir la geometría de los acuíferos, tanto en sentido vertical como
horizontal.
- 60 Determinación de las constantes elásticas de los acuíferos y cali
dad química de sus aguas por medio de la realización de pruebas de
bombeo. Esto con el objeto de definir los volúmenes embalsados y
las condiciones de explotación.
- 70 Balance hidrológico final, considerando todas las variables esta-
blecidas.

En el se incluyen un análisis general de precipitaciones, evapora
ción, evapotranspiración, infiltración, escorrentía superficial y
subterránea, volúmenes subterráneos embalsados y su variación con
el tiempo.

3.2. UBICACION DEL AREA

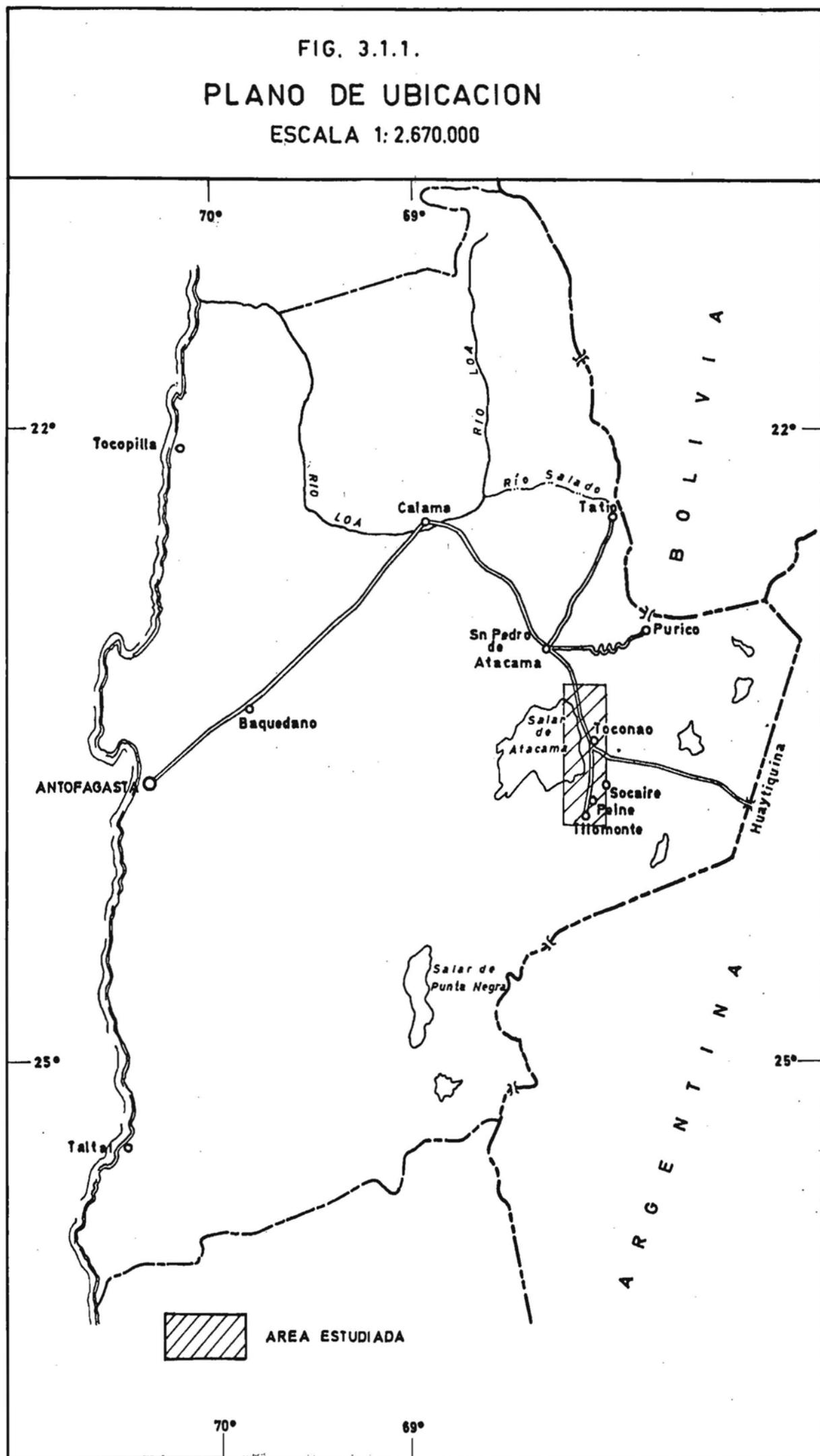
El área objeto del presente estudio (Fig. 3.1.1.) se encuentra dentro de la División Político-Administrativo del país en la Comuna de Calama, Departamento del Loa, Provincia de Antofagasta. Como parte de la Comuna, en el área estudiada se encuentran los distritos de San Pedro de Atacama, Toconao y Socaire, que corresponde a los principales poblados que existen en el Salar de Atacama, junto con las localidades de Peine, Tilomonte y Tumbres.

San Pedro de Atacama, principal centro poblado, dista 103 kilómetros hacia el Sur Este de Calama. Hacia este pueblo convergen varios caminos, siendo los principales los siguientes: Camino desde el Sur, que lleva a Toconao, Huaytiquina, Socaire, Peine, Tilomonte y Tilopozo; Camino desde el Este a Purico; Camino desde el Nor-Este, a Guatín, Puritama y Tatio; Camino desde el Nor-Oeste, a Calama.

3.3. OBJETIVO Y EXTENSION DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio es entregar una visión, hasta donde lo permiten los antecedentes disponibles, de la geometría de los acuíferos existentes en la parte Norte, Oriental y Sur del Salar de Atacama. Se entrega, además, un estudio geoquímico de las aguas subterráneas y superficiales, con lo cual se corrobora ciertas conclusiones geológicas, principalmente referentes a la recarga del acuífero freá-

FIG. 3.1.1.
PLANO DE UBICACION
ESCALA 1:2.670.000



tico, y se aborda lo concerniente a la utilización del agua en riego, y uso potable.

En cuanto a su extensión, el estudio define y sienta las bases geológicas para el posterior estudio hidrológico del Salar, con lo que se definirá las constantes elásticas de los acuíferos, sentido de escurrimiento, etc.

En este estudio se ha materializado las etapas 2a., 3a., y 5a. anteriormente señaladas en el presente capítulo.

3.4. FUENTES DE INFORMACION

En lo que respecta a la geología regional, se consultaron los trabajos de Brüggén (1950), Dingman (1965), Henríquez (1969) y Moraga et.al. (1969). Cabe señalar que el trabajo de Henríquez fue hecho a solicitud del Departamento de Recursos Hidráulicos. Los antecedentes de la geología de sub-superficie se obtuvieron de los sondajes contruídos en el área por CORFO, de los cuales los últimos han sido controlados geológicamente por la Sección Geología y Geofísica.

Los antecedentes para el estudio geoquímico los aportaron las muestras obtenidas por este Departamento, los que fueron analizados por el Laboratorio Químico del Instituto de Investigaciones Geológicas y por el Laboratorio de la Sección Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Chile.

Todos estos antecedentes han sido complementados por observaciones en terreno, efectuadas por el Geólogo de la Sección Geología y Geofísica, Sr. Ramiro Bonilla P. La base topográfica que se utilizó la constituye el Plano a Escala 1: 50.000 que está formado por tres hojas denominadas (de N. a S.) San Pedro de Atacama, Toconao y Tilomonte - Tilopozo, que corresponden a un levantamiento aerofotográfico efectuado por la Fuerza Aérea de Chile para el Departamento de Recursos Hidráulicos.

CAPITULO Nº 4
=====

G E O M O R F O L O G I A

4.1. RELIEVE.

El área objeto del presente estudio, está circunscrita al borde Norte-Oriental y Sur del Salar de Atacama.

El Salar de Atacama consiste en una gran depresión tectónica cerrada, cuenca intermontana, de aproximadamente 110 Kms. de largo por 60 Kms. de ancho (en su parte central). El fondo de la depresión corresponde al Salar propiamente tal, el que es una cuenca de evaporación, cuya cota promedio es del orden de 2.350 m.s.n.m., alcanzando una superficie del orden de 3.000 Kms²., aproximadamente. Es una superficie de evaporación, en la cual se han depositado grandes cantidades de evaporitas.

Se puede distinguir dos zonas diferentes en el Salar: núcleo y costa.

El núcleo es de color amarillento; consiste en una costra de sales de cloro con limo y arcillas; posee una densa red de canalículos y canales que permiten la evaporación de los continuos aportes de agua subterránea; se pueden distinguir también pequeñas lagunas e incluso ríos que, aunque angostos, tienen recorridos largos.

La costra circunda al núcleo y está limitada hacia afuera por las acumulaciones de piedemont que existen sobre el plano in

clinado; se caracteriza por eflorescencias salinas compuestas, principalmente, por cloruros y sulfatos.

El borde occidental del Salar lo constituye la cordillera de Domeyko, la cual está separada del Salar mismo por un plano de falla de carácter regional, de rumbo aproximado Norte-Sur. Esta cordillera tiende a unirse con la Cordillera de Los Andes al Norte de la cuenca y, forma así el límite o borde Norte de ésta. El borde Norte del Salar mismo, lo constituye otro elemento fisiográfico que se destaca en el área; corresponde a la llamada Cordillera de La Sal.

El borde oriental de la cuenca lo forma la Cordillera de Los Andes, gran elemento fisiográfico en el que se distinguen dos elementos menores, a saber: Plano^o inclinado o Pre-Cordillera Andina y Altiplano o Puna.

Plano Inclinado:

Este plano inclinado o Pre-Cordillera Andina está constituido, principalmente, por tobas ignimbríticas riolíticas que se extienden hacia el Oeste por debajo del relleno sedimentario del Salar. La disposición estructural de las riolitas en el área es la de un homoclinal de rumbo N-S con un 9% de pendiente hacia el Oeste. Una flexura hace descender las riolitas de 4.500 m.s.n.m. en el borde del Altiplano hasta alrededor de 2.300 mts. bajo el Salar de Atacama (Fig.No 4.1.1.). Sobre el plano inclinado y formando parte de él, se encuentran acumulaciones de piedemont, formando conos aluviales coalescentes que dan un rasgo muy característico a las desembocaduras de las quebradas afluentes del Salar, como ser: Homar, Zapar, Aguas Blancas,

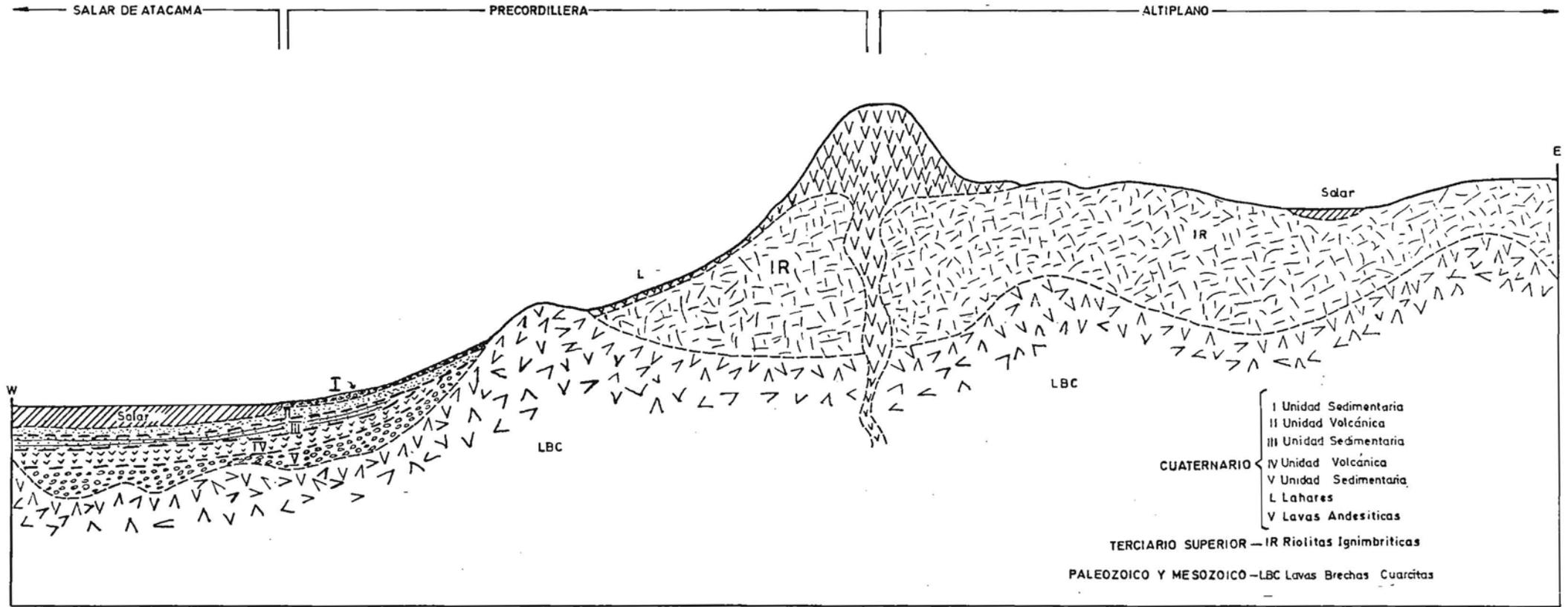


FIGURA 4.1
PERFIL ESQUEMATICO E-W

Socaire, Peine, Tarjne y otras.

Altiplano o Puna:

Consiste en una área muy extensa, con forma de planicie, cuya altura promedio es del orden de 4.500 m.s.n.m.. Posee numerosos volcanes recientes y varias cuencas cerradas con drenaje interior. Entre los primeros se destacan: Sairecabur, Licancabur, Jurique, Homar, Putas, Láscar (actualmente activo), Purico, Tumisa, entre otros. Las cuencas cerradas, algunas de las cuales dan origen a lagunas y/o Salares, son: Tara, Pujisa, Quisquiro, Aguas Calientes, Legía, Miscanti, Miñique, Laco y otras.

4.2. RED DE DRENAJE:

La red de drenaje de la hoya del Salar de Atacama está dentro de la región endorreica, donde existen numerosas cuencas o depresiones sin desagüe que actúan como centros de atracción de las aguas de los contornos.

Tal es el caso del Salar de Atacama, que atrae hacia él las aguas de numerosas quebradas que desembocan en él.

La ausencia de lluvias regulares en las partes bajas de la hoya, hace que no se conformen quebradas con caudal permanente sino que, lo más típico, son las avenidas que se producen en ocasiones en que las precipitaciones son intensas y prolongadas.

Entre los principales afluentes del Salar, están los ríos de la parte Norte: Río San Pedro, Río Vilama, los cuales tienen sub-

hoyas hidrográficas comparativamente más extensas que los otros afluentes.

El Río San Pedro desemboca en el Salar en el pueblo del mismo nombre y sus principales tributarios son el Río Grande, el Río Salado y el Río Putana. Los tributarios del Vilama son los ríos: Puritama, Puripica, Turipica, Río Frío.

Por el borde oriental del Salar confluyen en él las aguas de numerosas quebradas, de las cuales sólo algunas tienen escurrimiento superficial permanente. En general, estas quebradas tienen una marcada orientación E-W y son prácticamente paralelas entre sí. Entre las quebradas que poseen escurrimiento permanente están las siguientes: Zapar, Homar, Pocor, Aguas Blancas, Camar, Socaire, Peine, Tarjne. El resto de las quebradas son secas y, entre otras, son: Chaxas, Del Cajón, Soncor, Agua Blanca, Cas, Algarrobilla y numerosas otras, especialmente en la parte Sur-Occidental, que no tienen nombre.

De acuerdo a los valores dados por Henríquez y Ramírez, et. al.; los caudales aproximados de las quebradas son:

<u>Localidad</u>	<u>Q l/s.</u>
Tumbres	18-20
Zapar	50
Camar	1.5-2
Socaire	258.6
Tarjne	8-10

<u>Localidad</u>	<u>Q l/s.</u>
Aguas Blancas	126.7
Peine	15-20
Homar	65.8
Cuchabrachi (R. San Pedro)	823.2
Vilama	259.7
xx	

4.3. CLIMA

La parte baja del área estudiada (San Pedro de Atacama) tiene un clima desértico normal (EW), según Fuenzalida P.; las precipitaciones son escasas (como se puede apreciar en el cuadro Nº 4.3.1.). Principalmente ocurren durante el verano.

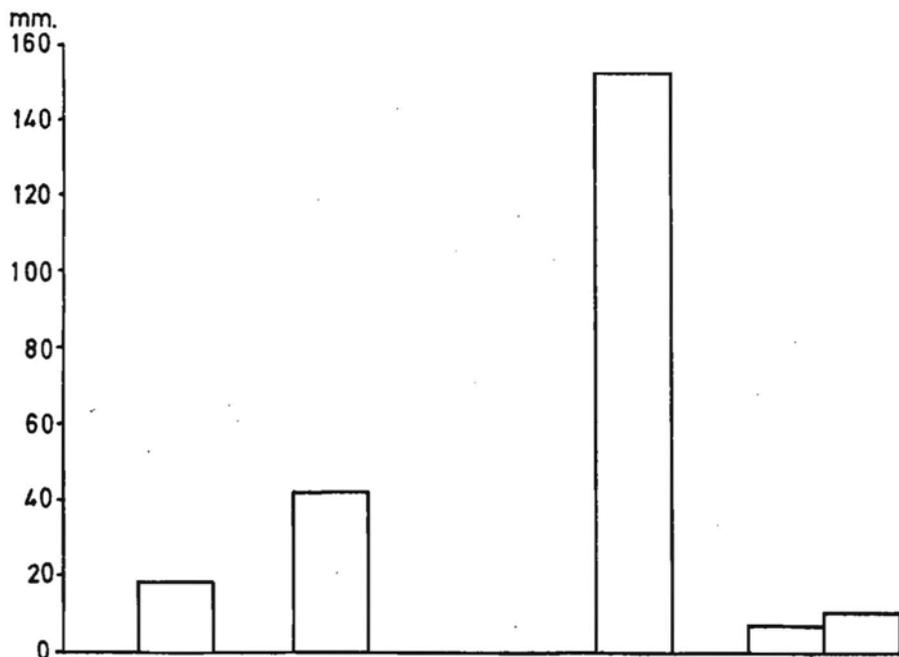
La parte alta del área en estudio, Precordillera y Altiplano, tiene, según el mismo autor citado, clima desértico marginal de altura (BWH). En esta área es donde se producen las mayores precipitaciones, tanto nivales como pluviales, las que disminuyen paulatinamente hacia el Oeste. Durante el verano se producen las mayores precipitaciones y en el invierno éstas ocurren sólo eventualmente. A este rasgo climático típico de la zona se le llama "Invierno Boliviano", el que se debe a que el recalentamiento estival de las montañas produce movimientos convectivos de las masas de aire que, a medida que se gana en altitud, favorecen más las precipitaciones. Extrapolando estaciones ubicadas mucho más al Norte y mucho más al Sur, se deduce que las precipitaciones en el Altiplano podrían alcanzar a 200 o 300 mm. anuales.

FIG. 4.3.1

PRECIPITACIONES MENSUALES E HISTOGRAMAS ANUALES EN MM.
SAN PEDRO DE ATACAMA COTA 2.438 m.

	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Ene.	—	—	—	41,9	—	—	—	—	—	—	3,3
Feb.	—	3,3	—	0,9	—	—	—	—	—	—	—
Mar.	—	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5
Abr.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	—
May.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,5
Jun.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jul.	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ago.	—	—	—	—	—	—	—	2,0*	—	—	—
Sept.	—	—	—	—	—	—	—	151,0	—	—	—
Oct.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nov.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dic.	—	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* 40 mm de nieve



les.

Promedios de temperaturas deducidas de valores de los años 1966-67, son los siguientes:

Mínima - 0.8°C. (Julio 1966)

Máxima - 27.0°C. (Enero 1968)

La oscilación térmica diaria promedio fue de 12°C. para el mismo lapso de tiempo de dos años.

Cabe señalar que la única estación meteorológica que existe es la estación de San Pedro, la cual registra la pluviometría del sector Norte, solamente. Existen ocasiones en que se han producido precipitaciones en el borde oriental y sur que no fueron registradas en la estación antes mencionada y que fueron advertidas por personal del Departamento de Recursos Hidráulicos que labora en esa zona.

= = = = = = = = = =

CAPITULO Nº 5.

G E O L O G I A D E S U P E R F I C I E

5.1 GENERALIDADES:

Sobre la base del estudio hecho por Moraga et. al (1969) y de trabajos de terreno efectuados por los autores, se entrega brevemente la geología del borde Norte, Oriental y Sur del Salar de Atacama.

5.1.1 Rocas Fundamentales:

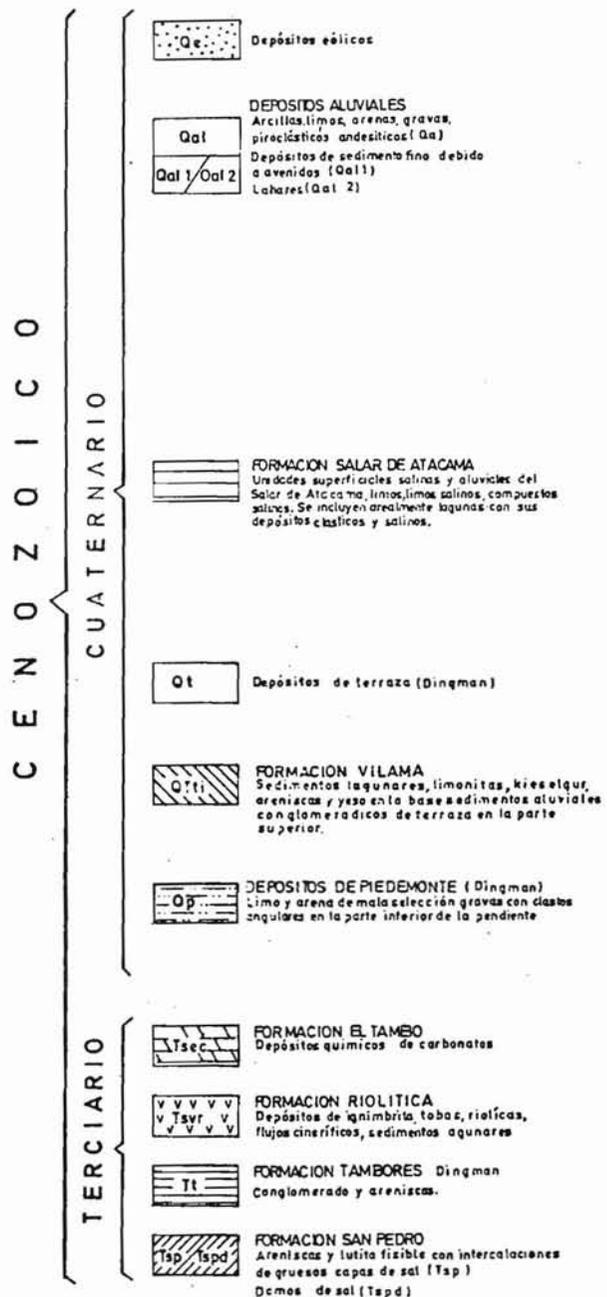
Las rocas fundamentales afloran en el área formando un cordón de cerros con rumbo N-S, que emerge del plano inclinado de ignimbritas riolíticas que inundaron el relieve pre-existente. Sobre la base de la composición petrográfica de estas rocas, y especialmente tomando en cuenta la estructura que presentan, se pueden definir como barrera hidrogeológica impermeable que detiene el escurrimiento del agua subterránea en sentido E-W y, probablemente, lo desvía hacia el Norte. A continuación se describirá brevemente estas rocas, separándolas de acuerdo a las edades geológicas (Ver Mapa Nº 5.1.1).

5.1.1.1. Rocas Sedimentarias Paleozoicas:

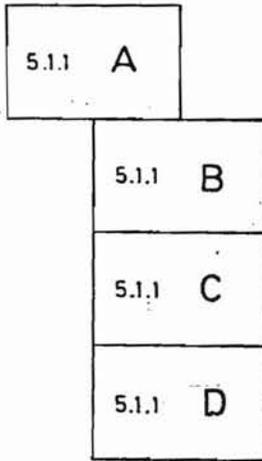
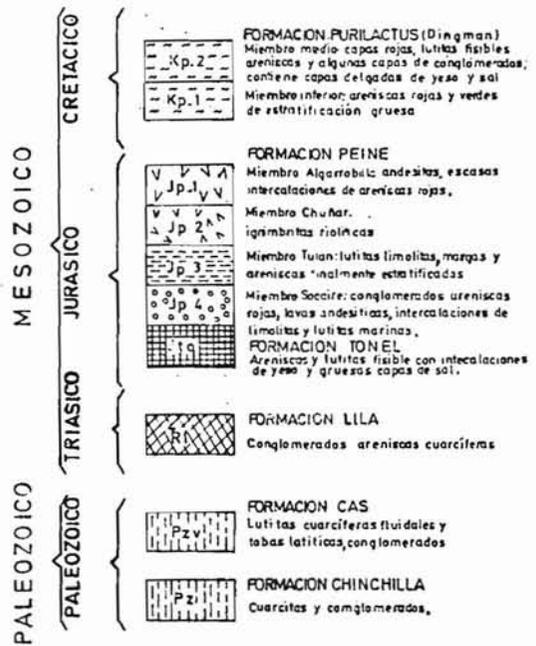
Afloran estas rocas en el borde Oriental del Salar y allí han sido definidas dos Formaciones.

- Formación Chinchilla: Está expuesta en el cerro isla del mismo nombre que sobresale del plano inclinado formado por las ig-

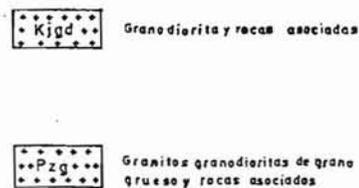
ROCAS ESTRATIFICADAS

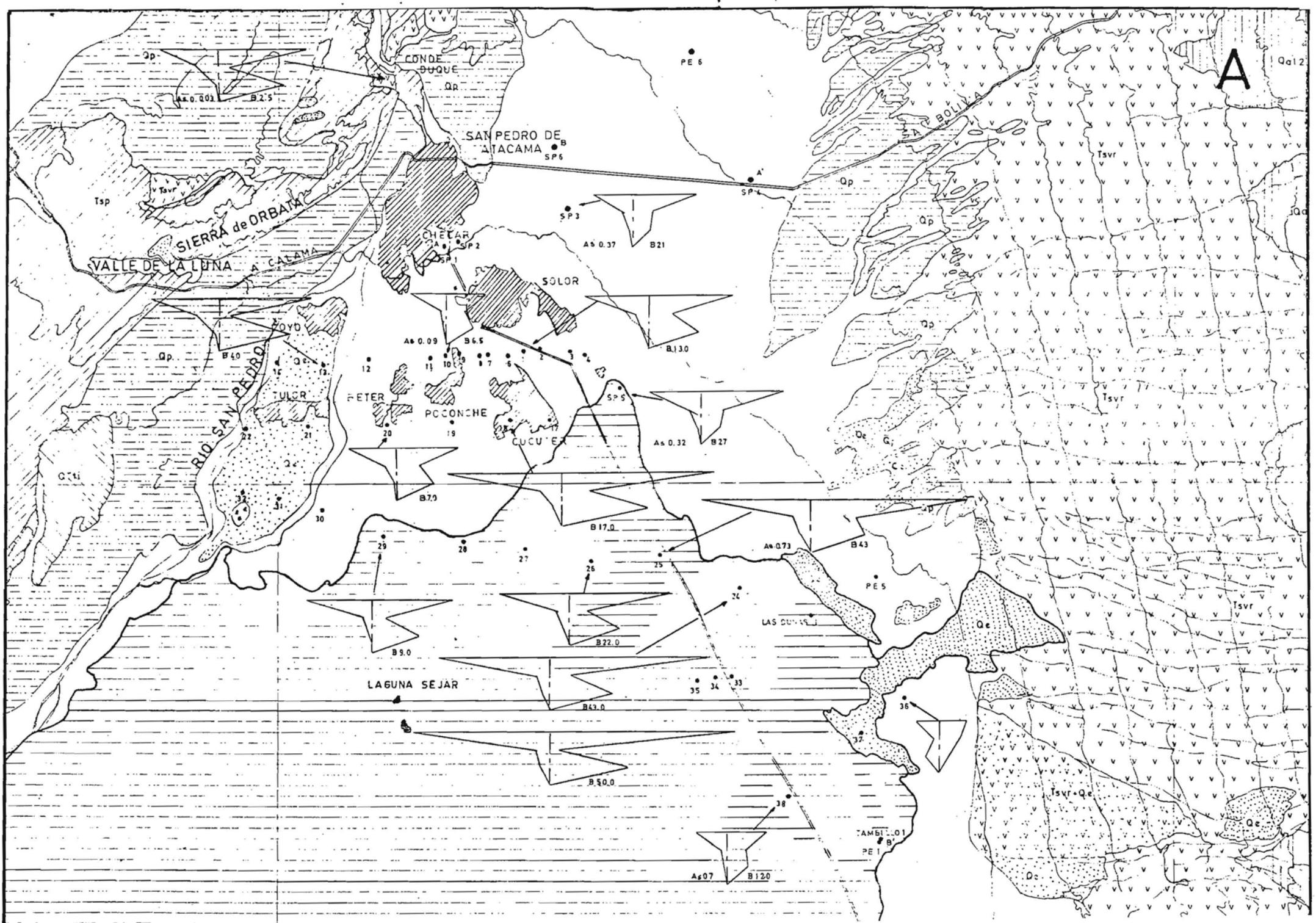


ROCAS ESTRATIFICADAS



ROCAS INTRUSIVAS

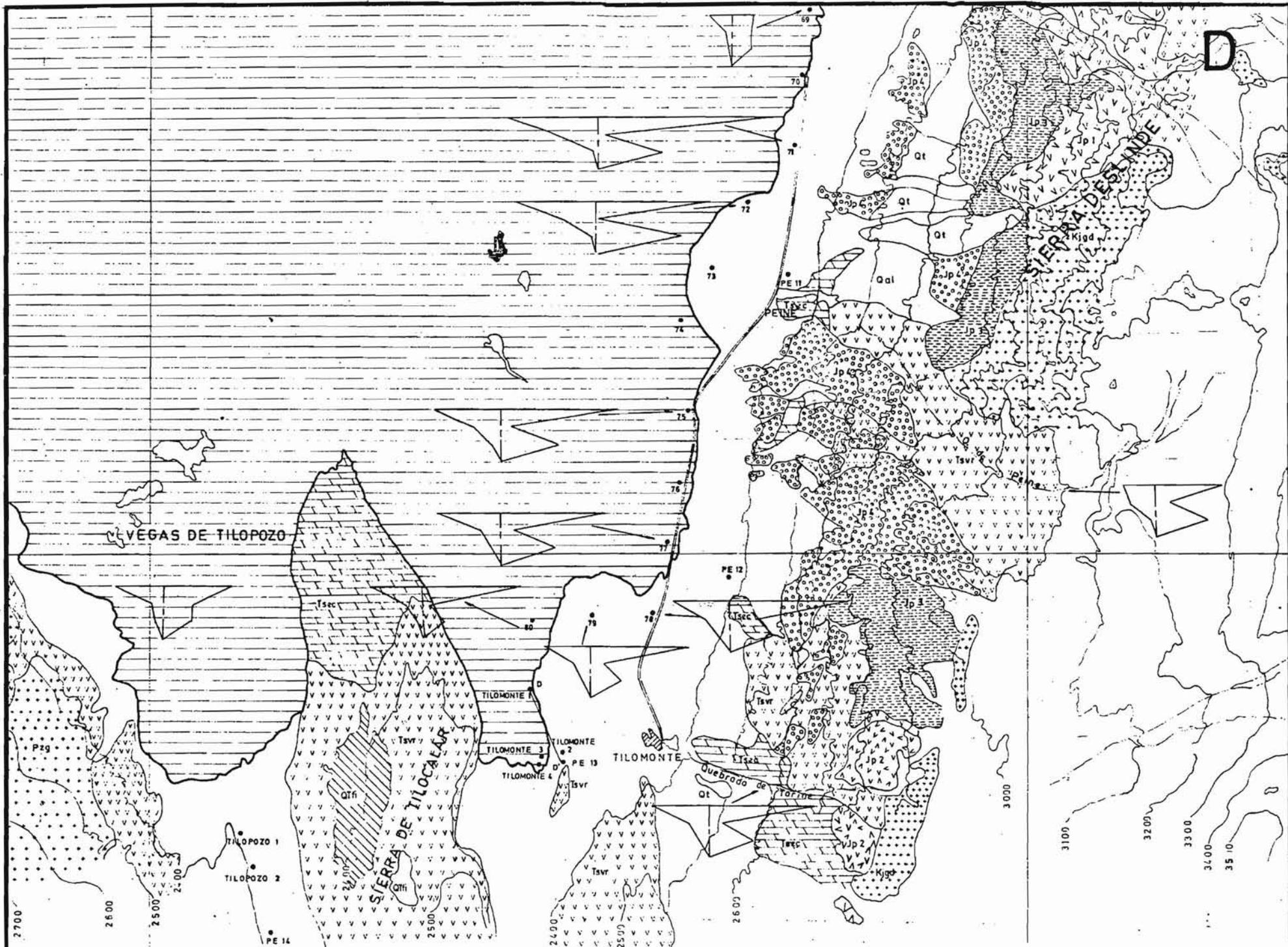




B







nimbritas, lahares y lavas modernas; se encuentra al N. del camino Internacional de Huaytiquina y a 14 Kms. hacia el S-E de Toconao. Su litología corresponde a cuarcitas finamente estratificadas con escasas intercalaciones de mica-esquistos y algunas de conglomerado.

- Formación Cas: Está expuesta en la parte Occidental de los cerros de Cas que se encuentran al S.E. del camino a Socaire. Su litología es la de las rocas volcánicas queratofíricas.

5.1.1.2. Rocas Sedimentarias Jurásicas:

Las rocas asignadas a esta edad afloran entre Toconao y Tilomonte, formando una cadena de cerros de dirección N-S que sobresale del plano inclinado ignimbrítico. Su litología corresponde a rocas sedimentarias clásticas depositadas en un ambiente marino muy litoral y en parte continental, y a rocas volcánicas andesíticas. Todas estas rocas constituyen la Formación Peine, la que se ha dividido en cuatro miembros diferenciables:

- Miembro Socaire: Constituido, en general, por areniscas arcóscas en la base y por lavas dasíticas y andesíticas en los niveles superiores.
- Miembro Chuñar: Corresponde a una secuencia de flujos de ignimbritas con algunas intercalaciones de areniscas y conglomerados.
- Miembro Tulan: Su litología es la de margas, lutitas, calizas y areniscas rojas, en capas bien estratificadas.
- Miembro Algarrobilla: Está constituido por lavas andesíticas y dacíticas.

5.1.1.3. Rocas Cenozoicas:5.1.1.3.1. Depósitos Terciarios:

Los principales depósitos terciarios que afloran en el sector Norte y Oriental-Sur del Salar de Atacama, corresponden a las siguientes Formaciones:

- Formación San Pedro: Se ha asignado esta Formación al Terciario Inferior; está constituida por 2.000 mts. de sedimentos continentales que incluyen lutita fisible, limolita, arenisca fina, algunas capas de conglomerado y gruesos depósitos de sal, formados principalmente por Sulfato de Calcio bihidratado (yeso) y por Cloruro de Sodio (halita).
- Formación Tambores: Cubre concordantemente a la Formación San Pedro. Consiste esencialmente en conglomerados y areniscas mal consolidadas, depositados en la pendiente Oriental de la Cordillera de Domeyko. Se sugiere una probable Edad Terciaria Media para esta Formación.
- Formación Riolítica: Corresponde en general a la Formación Liparítica de Brügger y a la Formación Altos de Pica de Galli et. al.. Consiste en flujos de ignimbritas con intercalaciones de sedimentos clásticos, que cubren toda la pendiente Occidental de la Puna de Atacama (Altiplano) y afloran en forma continua entre San Pedro de Atacama y Tilopozo. Sólo aparecen interrumpidas por cadenas de cerros en Toconao y Peine, pero rebasan hacia el Oeste por quebradas pre-existentes. Aparecen cortadas y combadas ha

cia el centro de la cuenca ya que han estado afectadas por una tectónica de bloques, determinada por flexuras, fallas y sobre escurrimientos.

- Formación El Tambo: Aflora en la Península de Tilocalar, ubicada en el extremo Sur-Oriental del Salar. Corresponde a calizas bien estratificadas que en parte tienen intercalaciones de sedimentos clásticos. Está afectada por la misma tectónica de bloques que afectó a las ignimbritas de la Formación Riolítica. Ha sido asignada a Plioceno-Pleistoceno.

5.1.1.3.2 Depósitos Cuaternarios:

Se incluyen entre éstos depósitos dos formaciones y otros depósitos sedimentarios. A las primeras corresponden la Formación Vilama y la Formación Salar de Atacama; a los últimos, corresponden los depósitos aluviales y los depósitos eólicos.

- Formación Vilama: Se reúnen en ella estratos lagunares de Kieselguhr que afloran al Oeste de San Pedro de Atacama y depósitos de piedemont y terrazas aluviales que allí existen. El río Vilama corre en un amplio sinclinal que afecta a esta Formación, la que además está afectada por una falla de corrimiento. Se le asigna una edad cuaternaria.

- Formación Salar de Atacama: Corresponde a los depósitos de evaporitas que rellenan el centro de la cuenca del Salar de Atacama.

- Depósitos Aluviales: En esta unidad se incluyen materiales de piedemont, depósitos fluviales, coluviales, y aluviales, desarrollados por crecidas poco frecuentes que acarrear gran cantidad de material detrítico a la cuenca. El aluvio, principal fuente de agua subterránea, consiste en capas interestratificadas de arcilla, limo, arena y grava. Los materiales más gruesos son de mala selección, excepto los depósitos fluviales del Río San Pedro y Vilama, y sus respectivos afluentes principales. También se inclu

yen dentro de esta unidad, aunque genéticamente no corresponde, capas de cenizas volcánicas provenientes del volcanismo moderno.

Los depósitos de piedemont se encuentran formando, como ya se dijo, conos coalescentes con mala estratificación; prácticamente no contienen arcilla, por lo cual permiten una rápida infiltración de las aguas meteóricas y superficiales y, posteriormente, el almacenamiento de las aguas, originándose un acuífero de características freáticas en todo el contorno Norte-Oriental-Sur del Salar.

Como se ha dicho, el borde Oriental de la hoya hidrográfica del Salar, se encuentra limitado por volcanes cuyas estructuras y emisiones de lava, generalmente andesíticas, se posaron directamente sobre los materiales de la Formación Riolítica. Este volcanismo es el responsable directo del alto contenido de sólidos disueltos de las aguas y, además, ha generado depósitos de lahares. Estos lahares o corrientes de barro volcánico se encuentran desde el volcán Licancabur hasta la Qda. de Socaire; tienen espesores desde 1 mt. hasta más de 100 mts. en las zonas altas. Petrográficamente están constituidos por andesitas, piedrapómez y cenizas volcánicas. Las precipitaciones se infiltran en parte en estos materiales y recargan en alguna medida los acuíferos.

- Depósitos eólicos: Los fuertes vientos que imperan en la zona son predominantemente de dirección Nor-Oeste y han

depositado y depositan materiales finos en toda la región. Al Norte de la Laguna de Cejas y en dirección a Toconao existe una franja de depósitos eólicos de aproximadamente 1 Km. de ancho.

5.1.1.4. Rocas Intrusivas:

Las rocas intrusivas del área van, en edad, desde el Paleozoico hasta el Terciario Medio.

- Granito Paleozoico: Aflora en los cerros de Lila, al Sur-Este del Salar.

- Granodiorita y Rocas Asociadas del Cretácico Medio: En los cerros del Nor-Este de Peine, en los cerros de Lila y, probablemente, en la Cordillera de Domeyko afloran estas rocas.

- Pórfidos Dacíticos del Terciario Medio: Afloran en los cerros de Peine.

5.1.1.5. Estructura:

Las rocas estratificadas del área presentan plegamientos según dos ejes principales: NW. a EW. que afecta a las rocas paleozoicas y triásicas y N-NE, impuesto sobre las formaciones mesozoicas. La Formación San Pedro aparece plegada en domos, sinclinales y anticlinales de doble buzamiento con ejes de igual rumbo.

Todas las rocas del área, excepto las sedimentarias y volcánicas del Cuaternario Superior, están afectadas por una tectónica de bloques, representada por fallas normales y sobreescurrimientos de rumbo

principal Norte, que se desarrolla prponderantemente en los márgenes de la cuenca.

La cuenca se ha mantenido con alzamientos que incluso al canzan hasta la actualidad, ya que se pueden observar fallas de desplome en el borde Oriental del Salar en el engrane de unidades salinas con unidades clásticas. La tectónica de bloques y la subsiden-cia del área del Salar están perfectamente evidenciadas por la distri-bución estructural de las ignimbritas.

= = = = =

CAPITULO Nº 6.
=====

G E O L O G I A D E S U B - S U P E R F I C I E

6.1 ANTECEDENTES DE SONDAJES:

La totalidad de los sondeos existentes en el área corresponden a realizaciones del Departamento de Recursos Hidráulicos, ejecutados en varias épocas. Para los fines de estratigrafía y de geología de sub-superficie se consideraron los siguientes sondeos profundos, cuyos datos constructivos y perfiles estratigráficos se incluyen al final de este informe: San Pedro N^{os.} 1, 2, 3, 4, 5 y 6, Las Dunas N^o1, Tambillos N^o1, Toconao N^o1, Aguas Blancas N^o1, Huaytiquina N^{os.} 1, 2 y 3, Camar N^o1, Tilomonte N^{os.} 1, 2, 3 y 4, Tilopozo N^{os.} 1, 2, 3 y 4, Perfil Este N^{os.} 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 11A, 12, 13 y 14. Existen además, 125 sondeos de pequeño diámetro y profundidad, destinados al estudio del nivel freático y de la calidad química del agua del acuífero freático.

6.2 ANALISIS DE LA INFORMACION:

Los sondeos San Pedro N^{os.} 1 al 6 y Toconao N^o1 fueron construidos hace 10 años usando máquinas de percusión; los sondeos restantes fueron construidos con máquinas de rotación durante los años 1968, 1969, 1970 y 1971. Considerando grandes unidades, la información proporcionada por los sondeos antiguos muestra una adecuada consistencia con los sondeos más recientes, los que han sido sometidos

a un control más estricto en lo que a geología se refiere. En el detalle de las unidades en que se subdividirá el relleno sedimentario, se registran ciertas discrepancias producto, en parte al menos, de una descripción tentativa.

La ubicación de los sondeos aparece indicada en el Plano N° 5.1.1 que se adjunta y es solamente aproximada, ya que se obtuvo por visadas a puntos topográficos destacados.

6.3 UNIDADES GEOLOGICAS DIFERENCIABLES:

Sobre la base de los materiales detríticos reconocidos en los sondeos, se ha podido diferenciar cinco grandes unidades, tres de las cuales corresponden a sedimentos depositados en ambiente fluvial, otra unidad es de origen volcánico y la última es una unidad sedimentaria volcánica. En el Anexo N° 1 de este informe, se han señalado las unidades que ha sido posible diferenciar en cada sondeo, pero es necesario dejar constancia de lo tentativa que es tal separación en algunos casos, dado que en ellos no se ha tenido antecedentes confiables.

La litología y granulometría de las cinco unidades antes mencionadas es la siguiente:

UNIDAD 1: Sedimentos aluviales constituidos principalmente por fracciones gruesas del tipo arena, grava y ripo con intercalaciones de limo-arcilla. La litología de los clastos es lógicamente muy variada. Se extiende por todo el borde Norte Oriental y Sur del Salar de Atacama

UNIDAD 2: Ceniza volcánica, sedimentos calcáreos con intercalaciones de sedimentos finos del tipo limo-arcilla y gruesos del ti

po arena, grava y ripio; esta unidad se detecta en toda el área estudiada.

UNIDAD 3: Sedimentos finos del tipo limo-arcilla con intercalaciones de poca potencia de sedimentos más gruesos. En la zona de los sondeos Aguas Blancas, Huaytiquina y Tambillo esta unidad está constituida por arena y grava con intercalaciones de sedimentos más gruesos. Desde el sondeo Socaire N°1 hacia el Sur, esta unidad no se detecta. Su litología es variada.

UNIDAD 4: Ignimbrita con variaciones en cuanto a color y textura, predominando la de color gris claro y rosada.

UNIDAD 5: Sedimentos aluviales constituidos por arcilla, arena y grava (5 a). Sedimentos calcáreos (5 b) con ceniza en la parte Sur del borde Oriental.

Los sondeos que presentan más claramente las unidades diferenciadas son: San Pedro N°1, Huaytiquina N°3, Tilopozo N° 3 y Tilomonte N°3, cuyas potencias aparecen en el cuadro N° 6.3.1 que sigue a continuación:

CUADRO N° 6.3.1 Potencias de unidades en sondeos tipo.

SONADJE	UNIDAD	POTENCIA	LITOLOGIA/GRANULOMETRIA
		RECONOCIDA	
Sn Pedro 1	1	91,00 mts.	Sedimentos aluviales, mayoritariamente constituidos por fracciones gruesas del tipo arena, grava y ripio, con intercalaciones de limo-arcilla.

SONDAJE	UNIDAD	POTENCIA RECONOCIDA	LITOLOGIA/GRANULOMETRIA
<u>San Pedro 1</u>	2	133,00 mts.	Ceniza volcánica con algunas intercalaciones de arena, ripio y arcilla.
	3	56,00	Sedimentos finos del tipo limo-arcilla con intercalaciones gruesas de poca potencia.
	4	44,50	Descrita como toba soldada en el perfil del sondeaje. Corresponde a ignimbrita gris ampliamente distribuida en el área.
	5	252,50	Arcilla compacta que hacia el termino del sondeaje pasa a arenisca.
<u>Huaytiquina 3</u>	1	148,96	Sedimentos aluviales mayoritariamente constituidos por arena, grava y ripio con intercalaciones de arcilla-limo y ceniza.
	2	76,69	Ceniza volcánica, en parte solidificada y vítrea, con intercalaciones de poca potencia de arena.
	3	28,53	Sedimentos aluviales del tipo arena, grava con intercalaciones de ignimbrita rosada vitrea.
	4	39,41	Ignimbrita color café claro con cristales de biotita y cuarzo visibles

SONDAJE	UNIDAD	POTENCIA RECONOCIDA	LITOLGIA/GRANULOMETRIA
<u>Huaytiquina 3</u>	4	39,41	macroscopicamente.
	5	148,27	Sedimentos constituidos por arena y grava.
<u>Tilomonte 3</u>	1	30,30	Sedimentos aluviales finos del tipo limo-arcilla con intercalaciones de grava, arena y ceniza.
	2	14,20	Ceniza con sedimentos calcáreos (caliza y arenisca calcárea).
	4	39,40	Ignimbrita gris y rosada.
	5a	32,45	Sedimentos aluviales constituidos por arena, grava, ripio y bolones.
	5b	17,45	Arenisca café calcárea y ceniza amarilla.
<u>Tilopozo 3</u>	1	17,99	Sedimentos aluviales constituidos mayoritariamente por arena y grava con intercalaciones de limo-arcilla.
	2	22,81	Arenisca calcárea.
	4	34,50	Ignimbrita gris, en parte se presenta fracturada y rellenada con carbonatos.
	5a	21,38	Arenisca café calcárea.
	5b	125,40	Sedimentos aluviales del tipo grava y arena.

Los cuatro pozos recién mencionados y cuyas unidades se describió, están ubicados en cuatro sectores tipos cuyas características geológicas generales se describen más adelante.

Las cinco unidades recién mencionadas y descritas en los sondeos tipo que se encuentran en el Salar de Atacama, tienen la siguiente equivalencia con las unidades descritas por Dingmann (1965) en superficie:

UNIDAD	DINGMANN	DESCRIPCION
1	Q al	Depósitos aluviales (arcilla, limo, arena y grava).
2	Ti ₂	Depósitos de ignimbrita (tobas soldadas y flujos cineríticos).
3	T a	Depósitos aluviales antiguos (arcilla, arena, grava y lentes de ceniza volcánica).
4	Ti ₁	Depósitos de ignimbritas (lahares de cenizas y tobas soldadas).
5	Tsp	Formación San Pedro (arenisca y lutitas fisibles).

6.4 SECTORES DIFERENCIABLES:

De acuerdo a las características que presentan las grandes unidades, puede distinguirse dos sectores claramente diferenciables en cuanto a la estratigrafía que presentan en profundidad en el relleno del Salar: Sector Norte y Borde Oriental-Sur del Salar de Atacama. En el gráfico N^o 6.4.1 se entrega un perfil esquematizado del Sector Norte y Borde Oriental-Sur.

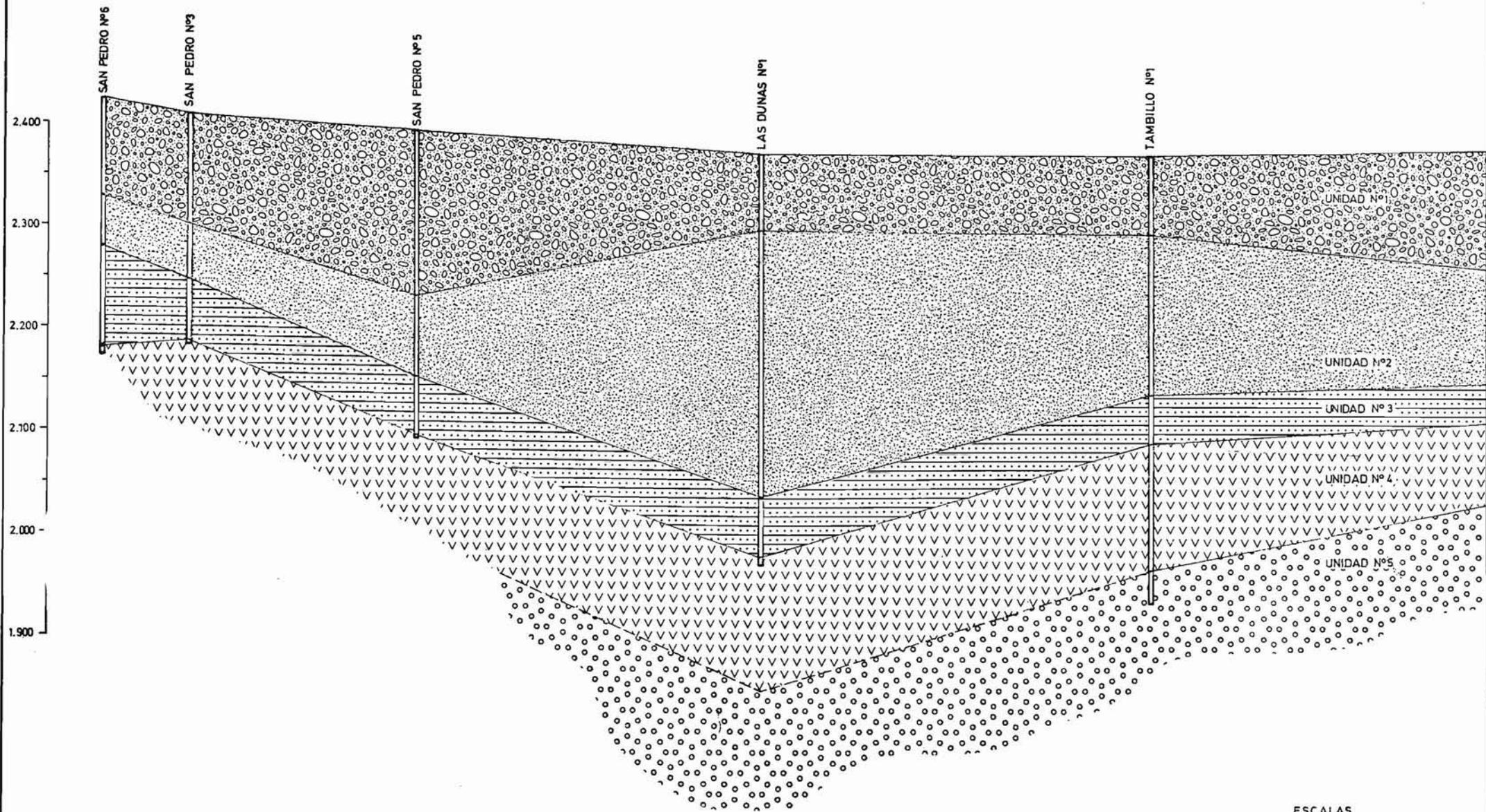
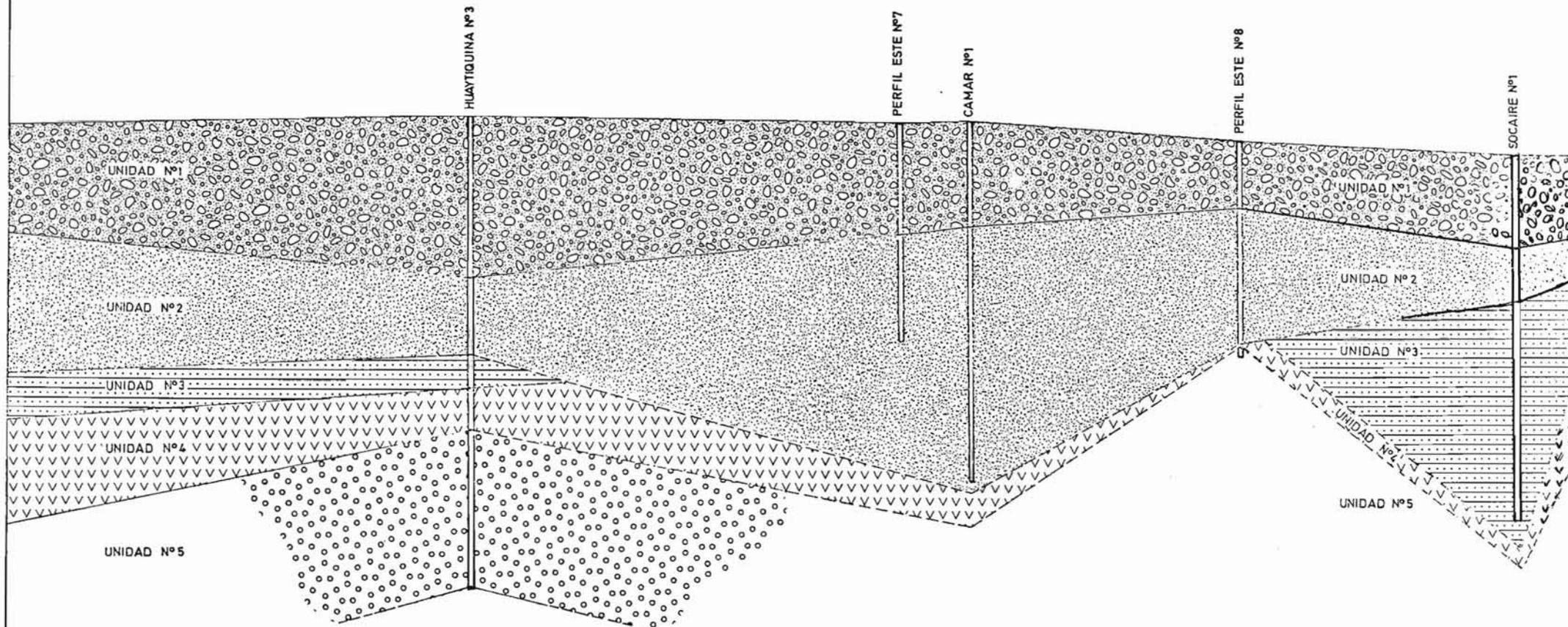


Fig. 6.4.1.- A.

ESCALAS
H 1:100.000
V 1: 4.000



ESCALAS

H 1:100.000

V 1: 4.000

Fig. 6.4.1. - B.

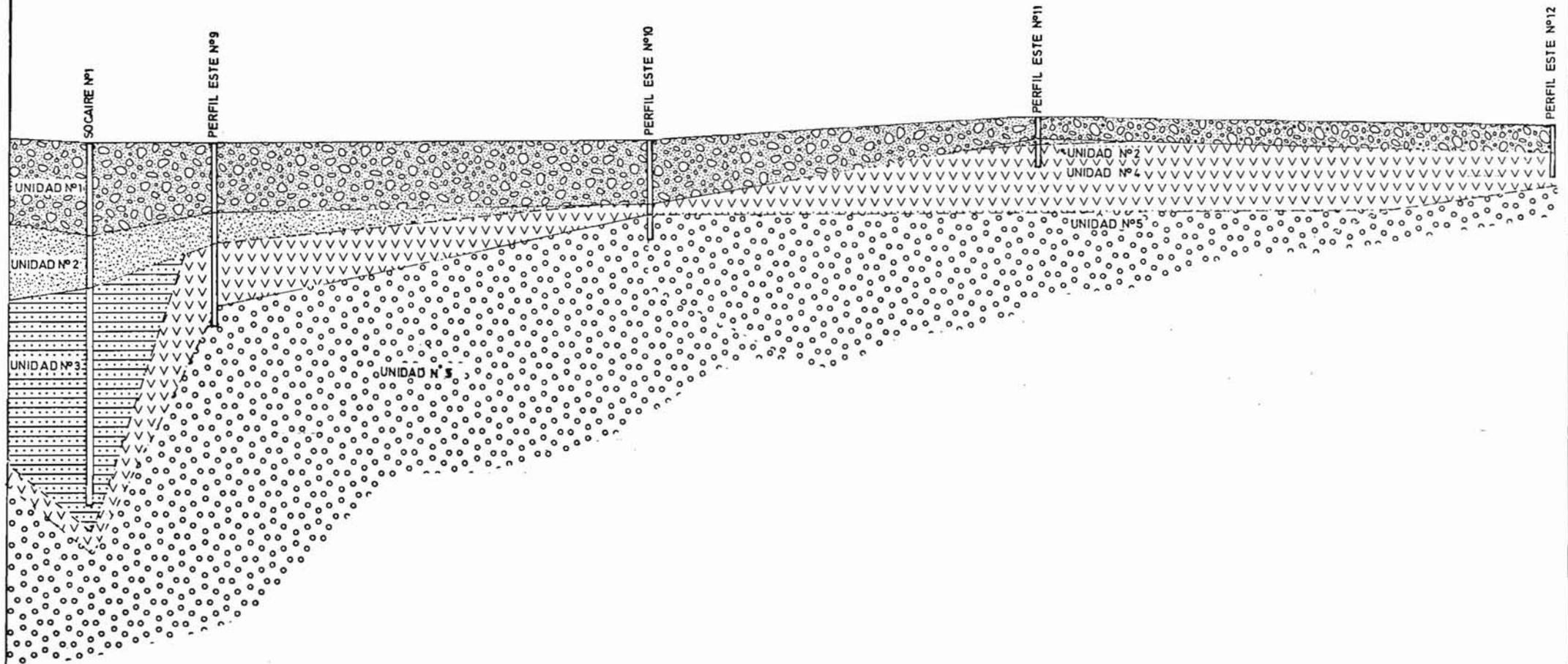


Fig. 6.4.1.-C.

ESCALAS

H 1:100.000

V 1: 4000

6.4.1. Sector Norte del Salar de Atacama:

Este sector comprende la parte Norte y Noreste del borde del Salar, desde un poco al Oeste de la desembocadura del río San Pedro en el Salar, hasta poco al Norte de la quebrada de Zapar.

Los sondeos profundos que se encuentran dentro de este sector son: San Pedro 1 al 6, Las Dunas N°1, Tambillo N°1, Perfil Este N°s 1, 2, 5 y 6.

En todos estos sondeos se diferencian las cinco unidades estratigráficas descritas anteriormente, presentándose en Las Dunas N°1 un aumento en la potencia de las unidades 2 y 3 y en el Tambillo N°1 se encuentra una intercalación de 34 metros de potencia de ignimbrita rosada, vitrea con fenocristales de cuarzo transparente, que no fue detectada en los otros sondeos del sector. Se entrega el gráfico N° 6.4.1.1. correspondiente al Sector Norte, en el cual se ha dibujado un perfil estratigráfico esquematizado.

6.4.2 Borde Oriental-Sur del Salar de Atacama:

Este sector se extiende desde la quebrada Zapar hacia el Sur, por el borde Oriental del Salar, hasta Tilomonte y desde allí hacia el Este, hasta la aguada de Tilopozo. Este borde puede dividirse en varios sectores que presentan diferentes características en su estratigrafía.

6.4.2.1 Sub-Sector Tilopozo:

Corresponde al margen Sur del Salar de Atacama, al Sur de la aguada de Tilopozo, entre los cerros de Lila por el Oeste y la Sierra de Tilocalar por el Este.

CORFO - RECURSOS HIDRAULICOS

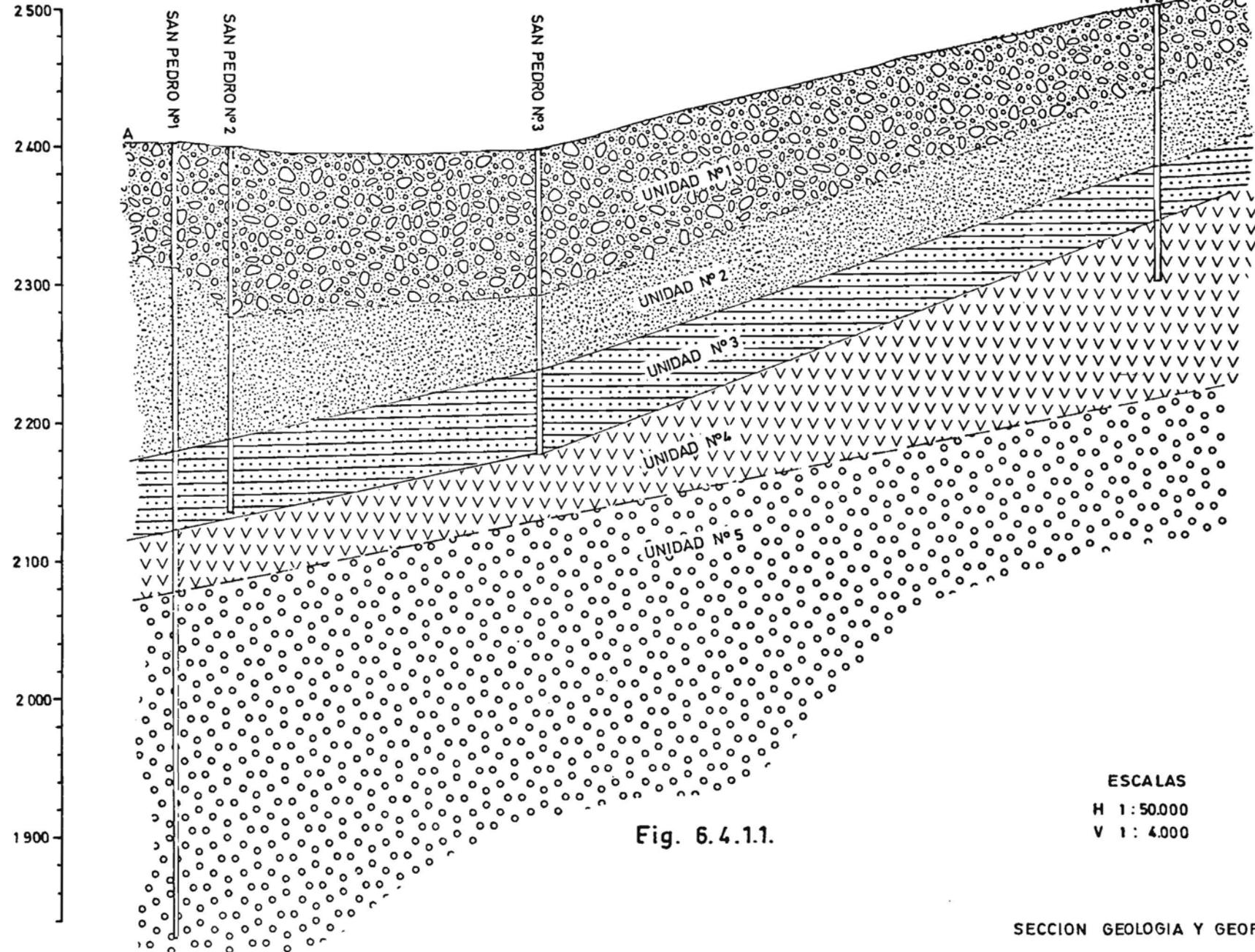


Fig. 6.4.1.1.

SECCION GEOLOGIA Y GEOFISICA

En este sub-sector, con los sondajes profundos Tilopozo N° 1 al 4 y Perfil Este N° 14, se reconocen cuatro unidades de las descri^utas anteriormente, no encontrándose la unidad 3.

UNIDAD	LITOLOGIA/GRANULOMETRIA
1	Sedimentos aluviales mayoritariamente constituídos por frac ^u ciones gruesas del tipo arena y grava, con intercalaciones de limo-arcilla y ceniza.
2	Sedimentos calcáreos, con intercalaciones de ceniza y limo.
4	Ignimbrita de color gris.
5a	Sedimentos calcáreos.
5b	Sedimentos aluviales del tipo grava.

La equivalencia de estas unidades con las de superficie es la siguiente: (Moraga et. al 1969).

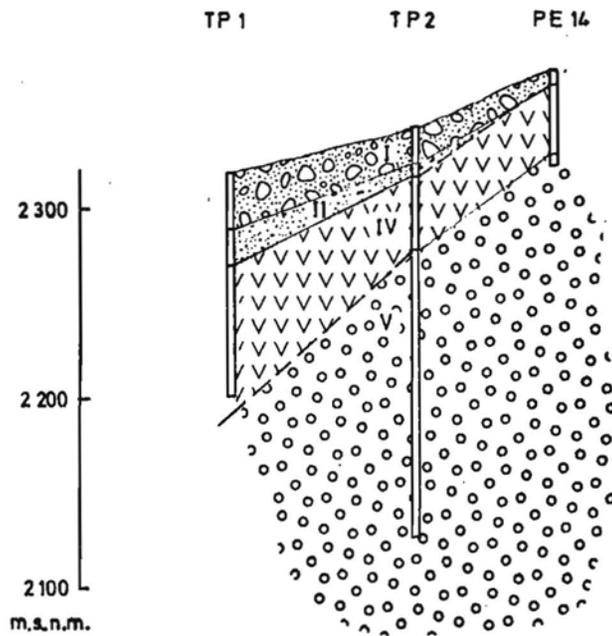
UNIDAD	MORAGA	LITOLOGIA
1	Q al	Depósitos aluviales (arena, grava, limo-arcilla).
2	T sec.	Formación de Tambo (calizas con intercalaciones de se ^u dimentos clásticos)
4	T svR	Formación Riolítica.
5	Tt	Formación Tambores.

En el gráfico N° 6.4.2.1. se ha dibujado un perfil estratigráfico esquemático de las unidades que se detectó en profundidad.

6.4.2.2 Sub-Sector Tilomonte-Socaire:

Se extiende desde la Sierra de Tilocalar hacia el Oeste, por el borde sur del Salar de Atacama, hasta el camino que va desde el

CORFO - RECURSOS HIDRAULICOS

ESCALAS

V 1:4.000
H 1:100.000

GRAFICO 6.4.21.
SECTOR TILOPOZO

SECCION GEOLOGIA Y GEOFISICA

camino Toconao-Peine a Socaire.

En este sub-sector existen los sondajes Tilomonte N^os 1 al 4, los Perfil Este N^os 9 al 13 y Socaire N^o1, con los cuales se ha diferenciado cuatro grandes unidades, que son las siguientes:

UNIDAD	LITOLOGIA/GRANULOMETRIA
1	Sedimentos aluviales mayoritariamente constituídos por fracciones gruesas del tipo arena y grava con intercalaciones de arcilla-limo y ceniza.
2	Ceniza volcánica y caliza.
4	Ignimbrita, predominando la de color gris.
5a	Sedimentos aluviales del tipo arena y grava con intercalaciones de arena y limo.
5b	Ceniza volcánica y arenisca calcárea.

Al igual que en el sub-sector Tilopozo, la unidad 3 descrita para la zona Norte, no se encuentra presente. En el sondaje Socaire N^o 1 no se detectó la unidad 4 de ignimbrita.

La equivalencia de estas unidades con las de superficie es la siguiente: (Moraga et. al 1969).

UNIDAD	MORAGA	LITOLOGIA
1	Q al	Depósitos aluviales (arena, grava, limo-arcilla)
2	T sec	Formación El Tambo (caliza con intercalaciones de sedimentos clásticos).
4	T svR	Formación Riolítica.

En el gráfico N^o 6.4.1.C. se entrega un perfil estratigráfico del sector Socaire - Perfil Este N^o 12 donde se visualizan estas

unidades y en el Gráfico N° 6.4.2.2.1. el perfil Tilomonte.

6.4.2.3. Sub-Sector Toconao-Camar:

Se extiende por el borde oriental del Salar desde la Quebrada Zapar, en el Norte, hasta el camino que va desde el camino Toconao-Peine a Socaire. Se encuentran en este sub-sector los sondeos profundos Toconao N°1, Aguas Blancas N°1, Huaytiquina N°s 1, 2, y 3, Perfil Este N°s 3, 4, 7 y 8 y Camar N° 1.

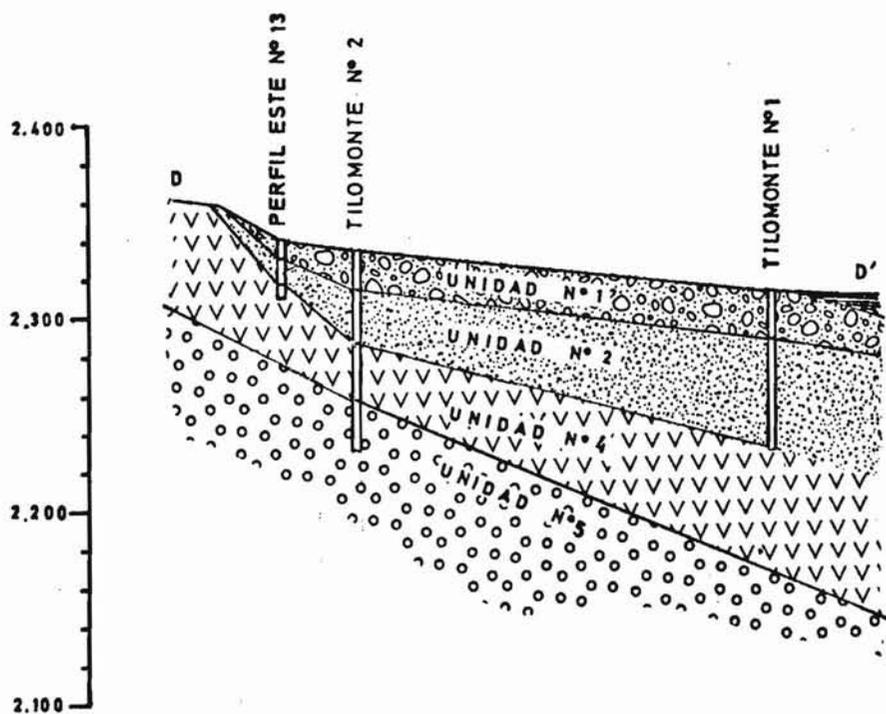
Se diferenciaron cinco unidades muy semejantes a las del sector Norte, solo que la unidad 5 está constituida por sedimentos más gruesos del tipo grava y arena. En los sondeos Huaytiquina N°s 1, 2 y 3 se encuentra en la unidad N° 3 una intercalación de ignimbrita rosada muy similar a la detectada en el sondeo Tambillo N°1.

En el gráfico N° 6.4.2.3.1. se ha dibujado un perfil estratigráfico en dirección N-S donde se visualizan estas cinco unidades. Además se entrega el gráfico N° 6.4.2.3.2. con el perfil estratigráfico del área de los sondeos Huaytiquina, en dirección E-W.

6.5. ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS:

En la cuenca del Salar de Atacama, se ha reconocido tres acuíferos, los que corresponden a las unidades 1, 3 y 5 descritas anteriormente. En la unidad 1 se registran condiciones de escurrimiento libre y en las dos unidades restantes el tipo de escurrimiento es confinado.

Se describirá separadamente los dos tipos de escurrimiento.



ESCALAS { H. 1: 50.000
V. 1: 4.000

Fig. 6.4.2.2.1.

CORFO - RECURSOS HIDRAULICOS

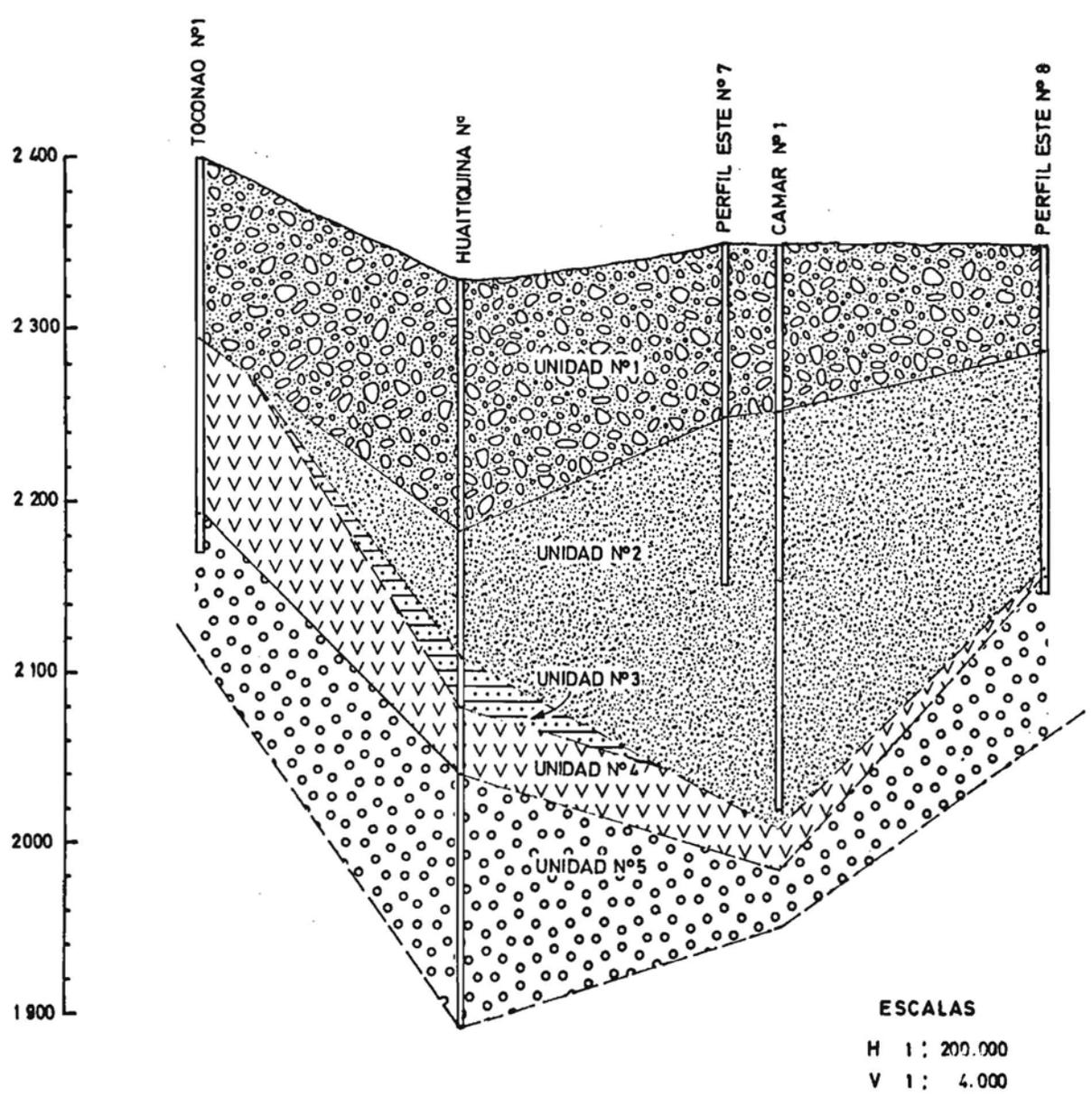


Fig. 6.4.2.3.1.

6.5.1. Zona acuífera freática:

Tanto en la zona Norte como en la Oriental-Sur, se encuentran materiales capaces de almacenar y transmitir agua subterránea en cantidades importantes, aunque no todos se encuentran saturados. Estos son los que corresponden a la unidad 1 (Q de Digmann). Sus potencias son variables y se encuentran marginando la costra del Salary y limitan hacia el Este con el plano inclinado ignimbrítico en la parte central y Sur. En la parte Norte limitan con la Formación Vilama.

Mediante los sondeos antiguos construídos con máquinas de percusión, se detectaron los siguientes acuíferos saturados en la zona freática que corresponde a la unidad 1:

SONDAJE		ACUIREROS SATURADOS	
San Pedro	Nº 1	24,00 a 26,00 m. ;	33,50 a 37,50 m.
San Pedro	Nº 2	21,70 a 24,40 m. ;	35,00 a 37,00 m.
San Pedro	Nº 3	26,50 a 29,00 m. ;	40,00 a 45,00 m.
San Pedro	Nº 4	Ninguno	
San Pedro	Nº 5	9,55 a 15,30 m. ;	31,47 a 44,60 m.
San Pedro	Nº 6	32,00 a 34,00 m. ;	72,50 a 74,60 m.
Toconao	Nº 1	30,20 a 31,20 m.	

De los demás sondeos perforados con máquinas de rotación no existen antecedentes confiables como para especificar cuales materiales se encuentran saturados, pero si existen antecedentes que han permitido determinar cuales materiales con capaces de transmitir y almacenar agua.

SONDAJE		ACUIFERO
Las Dunas	Nº 1	4.80 - 6.75; 7.50 - 9.40; 13.23 - 13.93; 19.03 - 23.90; 24.50 - 26.75; 27.50 - 38.50; 40.90 - 52.80; 53.70 - 58.20; 63.75 - 73.25.
Tambillo	Nº 1	3.00 - 7.10; 11.00 - 11.60; 12.75 - 14.80; 16.00 - 29.10; 30.20 - 35.30; 36.20 - 38.02; 42.00 - 44.60; 45.45 - 47.30; 48.50 - 52.52; 53.90 - 55.66; 60.40 - 63.85; 64.75 - 70.02.
Aguas Blancas	Nº 1	000 - 190.20.
Huaytiquina	Nº 1	000 - 154.00.
Huaytiquina	Nº 2	000 - 175.60.
Camar	Nº 1	0.50 - 95.90.
Socaire	Nº 1	000 - 10.41; 17.09 - 41.54; 51.98 - 68.39.
Tilomonte	Nº 1	2.15 - 5.20; 10.38 - 13.71; 15.80 - 25.00.
Tilomonte	Nº 2	2.77 - 5.47; 11.00 - 12.60; 13.65 - 15.25.
Tilomonte	Nº 3	13.56 - 21.66.
Tilomonte	Nº 4	19.95 - 23.85; 24.87 - 29.87.
Tilopozo	Nº 1	9.39 - 13.90.
Tilopozo	Nº 2	0.00-9.50; 11.50-13.40.-
Tilopozo	Nº 3	000 - 4.90; 7.85 - 17.99
Tilopozo	Nº 4	000 - 18.30.
Perfil Este	Nº 1	000 - 7.10; 21.15 - 27.80; 29.85 - 37.30; 52.90 - 57.20; 65.30 - 69.45.
Perfil Este	Nº 2	0.60 - 36.90
Perfil Este	Nº 3	000 - 69.25
Perfil Este	Nº 4	0.20 - 18.60; 19.45 - 21.85; 22.65 - 62.50.
Perfil Este	Nº 5	000 - 3.50; 18.95 - 48.30.
Perfil Este	Nº 6	000 - 20.65

SONDAJE		ACUIFERO
Perfil Este	Nº 5	000 - 3.50; 18.95 - 48.30.
Perfil Este	Nº 6	000 - 20.65.
Perfil Este	Nº 7	000 - 80.05; 92.50 - 102.10.
Perfil Este	Nº 8	000 - 61.40.
Perfil Este	Nº 9	000 - 8.30; 24.70 - 43.80; 54.05 - 66.08.
Perfil Este	Nº 10	000 - 57.00.
Perfil Este	Nº 11	000 - 20.80.
Perfil Este	Nº 11A	000 - 7.15; 10.10 - 19.50.
Perfil Este	Nº 12	000 - 27.63.
Perfil Este	Nº 13	000 - 10.65.
Perfil Este	Nº 14	000 - 7.58.

De los valores anteriores se desprende claramente que esta unidad sedimentaria (1 - Q al) es bastante variable en cuanto a su potencia, teniendo como mínimo 7,59 metros en el pozo Perfil Este Nº 14 y como máximo 190 metros en el pozo Aguas Blancas Nº 1.

En el gráfico Nº 6.4.1.A-B-C- se ha dibujado un perfil estratigráfico esquematizado valiéndose de los sondeos San Pedro 6, 3 y 5, Las Dunas Nº 1, Tambillos Nº 1, Huaytiquina. Nº 3, Perfil Este Nº 7, Ca-mar Nº 1, Perfil Este Nº 8, Socaire Nº 1, Perfil Este Nº 9, 10, 11 y 12.

En este perfil se ve que la mayor potencia de la unidad 1 se encuentra en el área de los sondeos Huaytiquina, zona en la que también están ubicados los sondeos Aguas Blancas Nº 1 y Perfil Este Nº 4, según puede verse en el gráfico antes mencionado.

6.5.2. Zona Acuífera Confinada:

6.5.2.1. Sector Norte: En el sector Norte, inmediatamente bajo la unidad 1 y en prácticamente todos los sondeos construidos, se cortó una secuencia de flujos cineríticos y tobas soldadas (Ti_2 Dingmann), que constituyen la pendiente de una secuencia aluvial antigua (Ta) que hacia su base y muy cerca del contacto con una capa de ignimbrita, registra sedimentos permeables en los cuales el agua escurre en forma confinada que incluso llega a la surgencia (pozo San Pedro N° 2, por ejemplo).

El confinamiento esta dado principalmente por una capa de arcilla que se localiza en esta unidad sedimentaria antigua y muy próxima al contacto con la unidad suprayacente descrita. Esta zona confinada presenta características que es importante destacar:

- 1.- Los acuíferos que en ella se localizan son de escasa potencia.
 - 2.- La temperatura del agua confinada es de aproximadamente 26 °C, valor superior a la media anual de la zona.
 - 3.- Uno de los acuíferos detectados se puede seguir muy bien en los sondeos San Pedro N°s. 1, 2, 3, 5 y 6.
 - 4.- En el sondeo San Pedro N° 3 se detectó, a diferencia de los restantes sondeos, dos acuíferos, uno de los cuales (el de 202.00 a 220.00 metros) es el que entrega la mayor surgencia reconocida en el área.
 - 5.- No se detectó ningún acuífero en el San Pedro N°4.
- De acuerdo a los intentos hechos hasta ahora para ex

plicar la hidrogeología de este sector, sería el más próximo a la zona de recarga.

6.- Su mejor definición en el sentido de explicar la zona de recarga y descarga es particularmente compleja. A pesar de la incertidumbre, es dable adelantar algunas hipótesis.

- a) El sentido de depositación de los sedimentos que constituyen esta zona confinada debe haber sido N - S y/o NE - SW.
- b) No hay indicios claros que permitan afirmar que el acuífero está descargando en cantidades importantes hacia la zona acuífera freática.

6.5.2.2. Sector Borde Oriental - Sur: Este sector, como se ha dicho anteriormente, presenta características especiales, por lo cual, a continuación se describirá las características hidrogeológicas de cada Sub-Sector en la que respecta a las zonas acuíferas confinadas.

6.5.2.2.1. Sub-Sector Toconao-Camar: En este Sub-Sector se ha reconocido materiales capaces de almacenar y transmitir agua en condiciones de confinamiento. En la zona de los sondeos Huaytiquina se presenta infrayaciendo a un espesor de cenizas en parte arcillosas, que hacia el Este se acuñan, sedimentos aluviales que podrían presentar condiciones de confinamiento aunque no de mucha importancia; el yacente de este acuífero lo constituye la ignimbrita de la unidad 4.

Bajo las ignimbritas, en esta área se desarrollan sedimen

tos constituidos principalmente por grava y arena, cuya base se determinó en el sondaje Huaytiquina N° 3; estos materiales formarían otro acuífero confinado en que la ignimbrita sería la capa confinante.

En ese Sub-Sector se detectó las cinco unidades anteriormente mencionadas, las que pueden correlacionarse perfectamente con las unidades detectadas en los demás sondajes hacia el Norte. En la zona confinada presentan características que es conveniente destacar:

- 1.- Los acuíferos son relativamente potentes.
- 2.- La unidad 3 (acuífero) no se puede seguir hacia el Sur, probablemente debido a un acuñamiento, según se esbosa en el perfil estratigráfico del gráfico N° 6.4.2.3.1.
- 3.- Aunque no se dispone de análisis químicos de las aguas subterráneas de los acuíferos confinados, es muy posible que estas presenten características similares a aquellas detectadas en los acuíferos confinados del sector Norte, debido a que las unidades sedimentarias son las mismas y a que el volcanismo reciente es también importante en este sector.

6.5.2.2.2. Sub-Sector Tilomonte - Socaire: En este sector se tiene características sub-superficiales diferentes al sector anterior. Infrayaciendo a la unidad 2, que aquí se ha detectado hasta frente a Socaire, no se encuentra la unidad 3 que corresponde a un acuífero confinado; esta unidad sólo aparece en el pozo Socaire N° 1 y tanto hacia el Sur como hacia el Norte de este, no se cortó su homónima, lo

que indica que los sedimentos aluviales que conforman la unidad 3, se depositaron sobre un relieve ignimbrítico preexistente bastante irregular, que en la parte Sur del Salar de Atacama estaba a mayor cota con respecto a la parte Central y Norte.

Bajo la unidad 2, se tiene directamente la unidad ignimbrítica N° 4 e infrayaciendo a esta última, la unidad sedimentaria N°5. Esta zona confinada presenta entonces las siguientes características relevantes:

- 1.- Los acuíferos confinados (Unidad 3) se presentan sólo en el sondaje Socaire N° 1 y tienen una potencia considerable, (Ver gráfico N° 6.4.1.B-C).
- 2.- En los demás sondajes, la unidad 3 no se cortó.
- 3.- La mayor potencia reconocida en esta unidad se encuentra en este sector y es de 207, 38 metros.
- 4.- La unidad 4 (ignimbrita) se acuña hacia el Sur y ya no se detecta en el sondaje Perfil Este N° 10; vuelve a aparecer en el sondaje Perfil Este N° 11; no se detecta en el sondaje Perfil Este N° 12 y reaparece en el sondaje Perfil Este N° 13.
- 5.- El techo de la unidad N° 5 se detectó en sólo tres sondajes. En el resto de ellos, esta se ha supuesto de modo de poder trazar el perfil esquemático que aparece en el gráfico N° 6.4.1-C.
- 6.- La base de la unidad 5 se ha cortado solamente en el sondaje Huaytiquina N° 3.

6.5.2.2.3. Sub-Sector Tilopozo: Al igual que en el Sub-Sector Tilomonte-Socaire, los sedimentos que conforman el acuífero confinado se presentan bajo la ignimbrita que los suprayace. Esta unidad sedimentaria, de bastante potencia reconocida, contiene en su parte superior sedimentos calcáreos y en algunas zona, tiene porcentajes de limo de alrededor de 30%, aunque presenta horizontes en que este valor desaparece.

En el gráfico N° 6.4.2.1. puede visualizarse que también en este sub-sector se ha detectado las unidades 1, 2, 4 y 5 y no se ha detectado la unidad 3. Las características de esta zona acuífera confinada son:

- 1.- La unidad 2 sufre un acuñamiento hacia el Sur y ya no se detecta en el pozo Perfil Este N° 14.
- 2.- La unidad N° 3 (primer acuífero confinado) no se encuentra en este sub-sector.
- 3.- Directamente infrayaciendo a la unidad 2 se detectó la unidad ignimbrítica N° 4.
- 4.- Bajo esta unidad 4 se encuentra la unidad 5 cuyo techo se corto en los pozos Tilopozo N° 2 y Perfil Este N° 14. En el sondaje Tilopozo N°1 no se llegó hasta este contacto, por lo que en el perfil que se entrega (Gráfico N° 6.4.2.1), aparece inferido el techo de la unidad N° 5.
- 5.- Se desconoce la base de la unidad 5 en este sub-sector.

6.6. ANALISIS DE LAS ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA:

Para definir las zonas de recarga y descarga, se tiene varios antecedentes que, a nuestro juicio, son aclaratorios al respecto. Un antecedente valiosísimo son las conclusiones que se ha obtenido a través del estudio geoquímico de las aguas subterráneas y superficiales, del cual se desprende el sentido general de escurrimiento de las aguas, el cual coincide plenamente con el sentido general de escurrimiento que indican las curvas de equipotenciales del acuífero freático. Debido a que se tiene antecedentes suficientes relacionados con el acuífero freático (geoquímicos y de niveles estáticos), éste es el que está mejor definido, no así los acuíferos confinados.

6.6.1. Recarga:

La principal fuente de recarga son las precipitaciones tanto nivales como pluviales, que se producen en el área; las últimas ocurren preferentemente durante los meses estivales y se caracterizan por ser de tipo torrencial, de corta duración y muy esporádicas.

El agua de las precipitaciones, debido a las características de ésta, se infiltra en cierta medida en los sedimentos permeables y en las grietas y diaclasas que existen en las rocas ignimbríticas y lahares. Otra parte del agua se evapora y el resto escurre superficialmente llegando, en última instancia, a recargar el acuífero freático. Existen numerosas vertientes o aguadas cuyas aguas generalmente son usadas en riego y/o agua potable pero que, finalmente, también pasan a recargar el acuífero freático.

La recarga más significativa, en el acuífero freático, se produce directamente por el aporte de las quebradas y precipitaciones cerca del contacto entre los sedimentos permeables que conforman la unidad Q al (Mapa 5.1.1) y el plano inclinado ignimbrítico. Esto se aprecia claramente en el sector Norte y Oriental-Sur, donde las aguas, después de ser ocupadas en regadío y uso potable, se infiltran en el acuífero freático; tal es el caso de los ríos San Pedro y Vilama y de las quebradas de Zapar, Homar, Camar, Peine, Socaire y Tilomonte.

El mecanismo de recarga de los acuíferos confinados difiere en parte del que tiene el freático. No se sabe exactamente como se produce esta recarga, pero se puede adelantar, como hipótesis de trabajo, lo siguiente: la infiltración de las aguas meteóricas que posteriormente pasarían a recargar el o los acuíferos confinados, se producirá a través del denso sistema de diaclasas y grietas verticales abiertas que se han desarrollado en las tobas ignimbríticas riolíticas (Formación Riolítica), como producto de tensión del enfriamiento de estas tobas. También se ha producido un denso agrietamiento vertical debido al tectonismo post-ignimbrítico que se ha desarrollado en la cuenca del Salar de Atacama.

6.6.2. Descarga:

La descarga del acuífero freático se produce por evaporación de las lagunas que existen en el Salar, por evapotranspiración de las plantas y cultivos y, por último, mediante evaporación desde el suelo. Las lagunas se forman en aquellos lugares donde la superficie del terreno intercepta la mesa freática y es así como existen aguadas

y también ríos de corta extensión.

La descarga del acuífero confinado debe corresponder a una difusión general hacia arriba, a través de las capas confinantes, hacia el sistema del acuífero superior para formar parte del acuífero freático, el que tiene la descarga recién explicada.

Los acuíferos confinados tienen descarga artificial en el Sector Norte, la que se efectúa a través de los pozos San Pedro N^{os} 3 y 5 y alcanza a un caudal del orden de 70 lts/seg.

= = = = =

CAPITULO N° 7G E O Q U I M I C A7.1. ANTECEDENTES DE ANALISIS QUIMICOS:

Para la elaboración de este capítulo, se usó 83 análisis químicos de aguas subterráneas y de aguas superficiales. Se desglosa a continuación los análisis, indicando a qué tipo de agua pertenecen y la entidad que efectuó el análisis:

Aguas Subterráneas:

- 40 análisis efectuados por el Laboratorio químico del Instituto de Investigaciones Geológicas (I.I.G.).
- 16 análisis efectuados por la Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, de la U. de Chile.

Aguas Superficiales:

- 16 análisis hechos por la Sección Ingeniería Sanitaria de la U. de Chile.
- 11 análisis hechos por el I.I.G..

De los 37 análisis de aguas subterráneas efectuados por el I.I.G., tres corresponden a aguas profundas. Todos son análisis completos y contienen las determinaciones que habitualmente se hacen; además, se incluye la determinación de boro. Salvo los tres análisis de aguas profundas, el resto no tiene determinación de arsénico. Al respecto, todos los análisis efectuados por la U. de Chile tienen determinación de arsénico y boro.

Los análisis de aguas superficiales corresponden a todos los afluentes del Norte, Este y Sur del Salar de Atacama en los cuales existe escorrentía superficial.

Cabe señalar que los análisis de aguas subterráneas corresponden a muestras tomadas de los pozos de pequeño diámetro y de poca profundidad que se perforaron en el Salar.

En el Anexo N^o II se incluyen las determinaciones de todos los análisis químicos

7.2. CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA:

7.2.1. Generalidades:

Para determinar estas características de las aguas subterráneas y superficiales de la hoya del Salar de Atacama, se calculó los valores correspondientes y se graficó los análisis químicos en el diagrama de Piper. Para cada grupo de los análisis desglosados en el Capítulo 7.1, se usó un diagrama. En el Anexo III se incluye un Diagrama de Piper, en el cual se han graficado todos los análisis anteriores, tanto de aguas subterráneas como superficiales.

Con respecto a las características químicas del agua subterránea, la zona de estudio puede dividirse en dos grandes sectores: Norte y Oriental-Sur.

Sector Norte: Este sector comprende la parte Norte del Salar, desde poco al Oeste de la desembocadura del río San Pedro, hasta poco al Norte de la Quebrada de Zapar o Silapeti (Ver Plano N^o 5.1.1.

Se dispone de análisis químicos de las aguas de los ríos San

Pedro y Vilama; de 15 análisis de aguas subterráneas de poca profundidad (pozos A-1 al A-38); de análisis de aguas profundas que corresponden a los pozos San Pedro N^{os}. 3 y 5.

Remitiéndonos al diagrama de Piper, vemos que todas estas aguas, incluso la de los pozos San Pedro, corresponden prácticamente a un mismo tipo de aguas: aguas en que el álcali no carbonatado excede el 50%, lo cual significa que las propiedades químicas están dominadas por los álcalis, y ácidos fuertes: Sodio, Potasio, Sulfatos, Cloruros y Nitratos.

Sector Oriental-Sur: Este sector se extiende desde la Quebrada de Zapar hacia el Sur, por el borde Oriental del Salar, hasta la Aguada de Tilopozo, ubicada en el extremo Sur del Salar.

Las características químicas de las aguas, en este sector son en parte muy distintas de las del sector Norte; además, algunas son muy diferentes entre sí, lo que se advierte claramente en el diagrama de Piper que se adjunta, aunque si bien en general son aguas en que predominan los álcalis y los ácidos fuertes, al igual que los del sector Norte y, por lo tanto, las Puentes de los aniones y cationes son en general las mismas.

De esta zona se tiene análisis de aguas superficiales de las siguientes quebradas: Zapar, Aguas Blancas, Camar, Socaire, Peine y Tilomonte. De aguas subterráneas de poca profundidad, se dispone de 26 análisis químicos (Pozos A-39 al A-81) y un análisis químico de agua profunda: Pozo Toconao.

7.2.2. Total de sólidos disueltos:

El total de sólidos disueltos en el agua corresponde prácticamente a la suma algebraica de todas las concentraciones determinadas separadamente para cada uno de los aniones y cationes presentes en el agua. Esta medida tiene algunas limitaciones ya que los elementos que habitualmente se determinan en los análisis químicos del agua, no son todos los que se encuentran presente en ella. Sin embargo, los aniones y cationes no determinados presentan concentraciones bajísimas y prácticamente su omisión no incide en el total de los sólidos disueltos. En los pozos y quebradas del área en estudio, se encuentran aguas cuyas concentraciones de sólidos disueltos van desde 248 a 10.846 (mg/l.).

La concentración de los sólidos disueltos en el agua, generalmente aumenta en el sentido de escurrimiento de ésta. Este fenómeno es especialmente significativo en el agua subterránea cuando se trata de una misma agua y donde las concentraciones aumentan varias veces a lo largo de pocos kilómetros. Esto se aprecia claramente en el Salar de Atacama, tanto en el sector Norte como en el Oriental-Sur. Al observar el plano de ubicación de sondajes (Plano 5.1,1), en el cual se ha puesto los valores del total de sólidos disueltos de aquellos pozos que poseen análisis químicos de agua, se verá que en cada zona el contenido de sólidos aumenta; estas zonas se han delimitado sobre la base precisamente de las concentraciones de sólidos. Se aprecia, por ejemplo, que en el sector Norte, la Zona III corresponde a una cuña enclavada en la Zona II, ya que en esta última zona, el pozo 1 tiene 3.500

ppm. de sólidos y el pozo 10 de la Zona II posee 1.380 ppm.. Sobre la base del fenómeno antes mencionado, los pozos que están a igual altura en el sentido general de escurrimiento, debieran tener concentraciones similares de sólidos disueltos, se ve que el pozo 1 sobrepasa al pozo 10 en casi un 100%.

El fenómeno de aumento en el total de sólidos disueltos, se cumple en prácticamente todo el Salar. Se ve que en el sector Norte, los sólidos aumentan de Norte a Sur, de NE. a SW y de E. a W. cerca del contacto entre el Sector Norte y el Sector Oriental-Sur.

Con este criterio de los sólidos disueltos se puede obtener, por otra parte, el sentido de escurrimiento, el que en cada zona corresponde lógicamente al sentido en que aumenta la concentración de sólidos disueltos. Obtenido el sentido de escurrimiento, se obtiene también, entonces, las probables zonas de recarga donde se infiltra el agua subterránea.

En el sector Oriental-Sur no se presenta tan clara la situación recién expuesta para el sector Norte. En general, el contenido de sólidos disueltos del agua aumenta en sentido E-W, que es también el sentido general de escurrimiento del agua subterránea, pero no siempre se trata de una misma agua, sino que de mezclas de distintas aguas. Como ejemplo, se puede citar el caso del río Aguas Blancas, que tiene 1.450 ppm. de sólidos disueltos. El pozo que se ubica frente a este río, en el Salar, tiene aguas distintas (ver diagrama de Piper) y los sólidos disueltos disminuyen a 1.320 ppm.. Así como este caso, existen varios otros hacia el Sur. La única explicación es que la recarga

se produce a través de grietas y/o diaclasas de lahares e ingnimbritas, lo que indica que no existe una clara conexión directa entre algunas de las quebradas y el acuífero freático que se encuentra en el Salar, frente a las desembocaduras de las quebradas de este último.

7.2.3. Carácter Geoquímico de Aniones y Cationes:

Los valores medios de las concentraciones en mg/l. de los distintos aniones y cationes que se encuentran en las aguas del área que se estudia, son:

	<u>Superficiales</u>	<u>Subterráneas</u>
Ca	131.95	179.61
Mg	53.81	62.22
Na	479.12	668.53
K	49.67	46.88
Li	2.10	2.56
HCO ₃	244.10	232.33
Cl	731.11	979.85
SO ₄	576.03	573.55
NO ₃	11.25	31.85
SiO ₂	606.72	82.93
As	0.67	0.47
B	10.28	11.27
Dureza total	675.50	832.70
" no carbonatosa	49.61	69.77
Sólidos totales	2.516.87	2.883.45
pH	7.5	7.8

Con el fin de entregar una visión panorámica de las características químicas principales de las aguas subterráneas existentes en el Salar de Atacama, se han dibujado en todos aquellos pozos en los cuales se tiene análisis químicos, el correspondiente diagrama de Stiff.

El gráfico está constituido por cuatro líneas horizontales ubicadas a la misma distancia una de otra. Una línea vertical trazada por la mitad de estas líneas horizontales las divide en ocho segmentos.

Sobre los segmentos ubicados a la izquierda se ponen, en una escala dada, las cantidades de los cationes en el siguiente orden: $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{++} , Mg^{++} y Fe^{++} , y sobre los segmentos situados a la derecha, los aniones Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{--} y CO_3^{--} . La cantidad de cada ion está expresada en equivalentes por millón.

CARACTER GEOQUÍMICO DE ANIONES Y CATIONES

Se analizará brevemente el carácter geoquímico de los aniones y cationes recién mencionados a modo de explicación del alto contenido de alguno de ellos que tienen las aguas del Salar de Atacama.

Sodio y Potasio: La abundancia del sodio en las rocas ígneas es un poco superior a la del potasio, siendo ambos constituyentes importantes de las rocas y, éstas rocas, las principales constituyentes de los cerros del flanco Oriental-Sur y parte del Norte del Salar (Ver Plano 5.1.1.). La abundancia de estos dos elementos, en promedio, de todas las rocas ígneas, es:

Na - 28.300 gr/T.

K - 25.900 Gr/T.

que, como se puede apreciar, son igualmente abundantes. En las lipari

tas y andesitas, que son el principal tipo de rocas ígneas extrusivas que alfora en el área, los feldespatos (principales aportadores de Na y K), se disuelven por completo durante la meteorización; son extraídos rápidamente por lixiviación efectuada por el agua meteórica en la que, debido a su baja concentración de sales y alto contenido de anhídrido carbónico, tiene una potente acción lixivadora. El sodio y potasio que quedan en libertad durante la meteorización, tienden a permanecer en solución iónica, aunque la velocidad de descomposición de los minerales de sodio es algo mayor que la de los de potasio.

Las fuentes de sodio son las rocas ígneas, las cuales tienen hasta un 60% de feldespatos (aluminio silicatos de álcalis o alcalino-terreos). La albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ -feldespato), cuando es atacada por aguas ricas en CO_2 , se descompone para formar sílice, carbonato de sodio y arcilla lo que, lógicamente, contribuye a influenciar la composición en sólidos disueltos y en sodio de las aguas que se originan en áreas como la que es objeto del presente estudio. Igual cosa sucede con la ortoclasa (KAlSi_3O_8).

Las fuentes de potasio son principalmente los feldespatos potásicos (ortoclasa). Estos feldespatos se descomponen más lentamente que los de sodio y, además, pueden volver en determinadas circunstancias a la fase sólida; tal es el caso de la adsorción del potasio por las arcillas. Por otro lado, las rocas fundamentales que rodean el área en estudio, poseen escasa ortoclasa, por lo que el contenido de potasio es muy bajo en las aguas del Salar.

Sulfatos: El Azufre se encuentra en el agua principal-

mente en forma oxidada como sulfato ($\text{SO}_4^{''}$). Los sulfatos se pueden acumular en el agua en concentraciones bastante altas, debido a que los cationes que van en solución, generalmente no forman compuestos insolubles con sulfatos.

En las rocas ígneas, el azufre es un constituyente poco relevante; por lo tanto, el origen de los sulfatos hay que buscarlo en otra parte.

Las fuentes más importantes de sulfatos son los depósitos de evaporitas que contienen sulfato cálcico en la forma de anhídrita y de yeso. Es precisamente este tipo de minerales el que se encuentra formando parte de la Formación San Pedro (Capítulo 5. .) y son ellos los que contribuyen a elevar las concentraciones de sulfatos en el agua. Los sulfatos más comunes son los de Sodio, Potasio y Calcio; los dos primeros son los más abundantes en el agua de la región que se estudia. Por otra parte, el volcanismo cuaternario que ha afectado al área, es otra probable fuente del azufre y, por ende, de los sulfatos que contienen las aguas ya que durante la meteorización los sulfuros se oxidan a sulfatos.

Cloruros: El cloro es un elemento que forma pocas sales insolubles; por lo tanto, no se precipitan con facilidad. Se disuelve fácilmente durante la meteorización, formando cloruros alcalinos y alcalino-terreos.

La fuente del anión cloruro que se encuentra en concentraciones elevadas en las aguas del Salar de Atacama, debe buscarse en los depósitos de cloruro de sodio que existen en la Formación San Pedro (Cor

dillera de La Sal). Otra fuente de cloro son las emanaciones volcánicas que en el área han ocurrido y ocurren en la actualidad. El contenido de cloruros en las aguas es relativamente alto, llegando a un máximo de 2.660 mg/l., con un mínimo de 85 mg/l.

Nitratos: Los compuestos de nitrógeno son muy solubles y se separan de las rocas durante la meteorización; por lo tanto, los nitratos se encontrarán en solución.

Las rocas ígneas contienen muy pocos nitratos. Una fuente de nitratos la constituye el subsuelo donde éste se enriquece a través de la acción de las plantas. Ciertas plantas toman nitrógeno del aire y lo fijan al suelo como nitrato. Las plantas que hacen esta función son las leguminosas, que incluyen numerosas plantas naturales de las regiones desérticas. Localmente, el nitrato de las aguas puede deberse a emanaciones volcánicas. En el Salar de Atacama, el contenido de nitrato de las aguas es generalmente muy bajo.

Boro y Arsénico: El agua, cuando tiene concentraciones excesivas de boro y arsénico, es tóxica: el boro, para riego; el arsénico, para uso potable y pecuario.

Las características geoquímicas principales de estos elementos, son:

Boro:

Este elemento se encuentra directamente relacionado con la actividad volcánica que se ha desarrollado en el área. El boro de las emanaciones volcánicas se acumula en las proximidades de los centros de actividad volcánica

y térmica en forma de sublimados, compuestos por ácido bórico y diversos boratos.

En las rocas ígneas, el boro se encuentra en la turmalina, que es el mineral de boro más abundante. En las liparitas tienen un contenido de 31 g/Ton.

Durante la meteorización, se libera el boro y se moviliza éste en solución.

Las concentraciones de boro en el área van desde 1 mg/l. a 50 mg/l..

Arsénico:

Una de las propiedades principales del arsénico es la de combinarse directamente con el azufre. El área, como se ha dicho, ha experimentado un intenso volcanismo reciente, el que aporta arsénico a través de sus emanaciones. En el área existen varias azufreras, las que tienen alto contenido de arsénico, especialmente en los relaves. En la azufrera Purico se tiene los siguientes valores:

Caliche	2.5 ppm. de As.
Concentrado de Flotación	1.4 ppm. de As.
Colas	4.8 ppm. de As.
Azufre refinado	0.2 ppm. de As.

El alto valor de arsénico de las colas, demuestra la alta solubilidad del arsénico.

El agua meteórica se infiltra en el área de intenso volcanismo reciente y arrastra a su paso parte del arsénico.

nico, contenido en los caliches de azufre o de aquel producido por emanaciones.

El contenido de arsénico en las aguas subterráneas del Salar de Atacama, va de 0.0 mg/l. a 3.5 mg/l..

7.2.4 COMPARACION DE AGUAS:

Se analizará a continuación las semejanzas y diferencias que existen en cuanto a características químicas de las aguas de este Salar, de acuerdo al diagrama de Piper, procediendo de Norte a Sur por el borde Oriental y Sur del Salar de Atacama y haciendo una comparación entre los pozos ubicados frente a cada una de las quebradas y las quebradas mismas.

El sector Norte del Salar de Atacama se ha dividido en 6 zonas (I a VI), sobre la base de los pozos de pequeño diámetro y poca profundidad, cuyas aguas han sido analizadas químicamente. Los límites de estas zonas son tentativos y sólo aproximados debido a que la ubicación de los pozos es aproximada y a que no se tiene una densidad de pozos suficiente como para delimitar exactamente estas zonas.

Con los valores de Totales de Sólidos Disueltos se determinó estas zonas, lo que concuerda en general con cada catión y/o anión presentes en el agua, según se desprende del diagrama de Piper (Anexo)

Con estos valores se puede afirmar entonces, que el sentido de escurrimiento es convergiendo hacia la parte central del Salar, en todo el sector Norte.

Los valores de sólidos disueltos, arsénico y boro se dan a

continuación para cada zona, con valor máximo y mínimo, en el sentido de escurrimiento:

Z o n a	I	II	III	IV	V	VI
T.S.D.	2.200 a 10.800	2.200 a 6.000	1.830 a 3.820	1.740 a 3.780	5.550 a 6.440	1.067 a 1.643
B.	1.67 a 5.36	11.06 a 17	6.0 a 9.0	11.0 a 22.0	43.0 a 50.0	8.55 a 12
As.	0.25 a 0.16	0.59 a ?	0.09 a ?	0.32 a ?	No hay datos	0.68 a 0.7

Además de los pozos de pequeña profundidad, existen también en este sector Norte, 6 pozos profundos (San Pedro N^{os}. 1 al 6), los que, por captar aguas subterráneas profundas y confinadas no son comparables con los pozos chicos. Las características químicas de las aguas analizadas en dos pozos profundos, son:

- Son aguas en que predominan los álcalis y ácidos fuertes.
- Las aguas de los sondajes San Pedro N^{os} 3 y 5 son sensiblemente iguales.
- La zona confinada tiene características químicas similares a las aguas del sistema hidrográfico del río San Pedro, río Salado y río Frío.
- No hay indicios claros de similitud entre las aguas del río Vilama y el sistema acuífero confinado.

Frente a la Quebrada de Zapar existen 4 pozos de pequeño

diámetro, de los cuales tres análisis químicos (41, 42 y 43 I.I.G.) indican que las aguas tienen características muy similares a las del sector Norte. La muestra 40 no concuerda con las otras 3 y es relativamente distinta en cuanto a sus características químicas. El agua de la Quebrada de Zapar es notoriamente diferente.

Siguiendo hacia el Sur, está la Quebrada de Homar, donde se encuentra el pueblo de Toconao. Frente a esta quebrada se construyó 3 pozos de pequeño diámetro y poca profundidad. El análisis de sus aguas refleja cierta similitud en 2 de ellos (45 y 47) con el agua de la quebrada misma. El agua del tercer pozo (46) es bastante distinta, al igual que el agua del sondaje profundo (Pozo Toconao).

La aguada Pocor que aparece en el Mapa N° 5.1.1 que se adjunta, no tiene escurrimiento superficial.

El río Aguas Blancas tiene escurrimiento superficial y el análisis de sus aguas es muy distinto a los pozos que hay frente a él (49, 51 y 53), los que a su vez son diferentes entre sí.

Siguiendo hacia el Sur está la quebrada Soncor, la que no tiene escurrimiento superficial.

Poco más al Sur, está la Quebrada de Camar. El análisis químico de sus aguas difiere de los pozos que se encuentran frente a su desembocadura en el Salar (pozos 55, 57, 59 y 60). Estos pozos, al igual que el caso anterior, difieren entre sí. Existe una diferencia en cuanto a calidad química y a sólidos disueltos totales, entre la Quebrada Camar y el pozo 57, el que se perforó exactamente a la salida de la quebrada. El agua de este pozo se caracteriza porque ningún par ca

ti3n-ani3n excede al 50%. El agua de la quebrada tiene en general, las mismas caracter3sticas (ver diagrama de Piper), pero, en detalle, son aguas distintas. El alto contenido de s3lidos disueltos del agua del pozo 57, probablemente se debe a la proximidad de 3ste a la costra del Salar (ver Plano de ubicaci3n de sondajes N3 5.1.1.)

La Quebrada Agua Blanca no tiene escurrimiento superficial.

De la Quebrada de Socaire se tiene an3lisis qu3micos de sus aguas. El tipo de agua corresponde a aquel de la Quebrada de Camar, en que ning3n par cati3n-ani3n excede el 50%.

Las aguas de los pozos de peque3o di3metro que se ubican frente a la Quebrada Socaire (62, 64, 65 y 67) presentan caracter3sti - cas diferentes a las aguas de la quebrada, ya que corresponden a aguas cuyas propiedades qu3micas est3n regidas por los 3lcalis y 3cidos fuer - tes. Adem3s, los pozos antes mencionados difieren entre s3.

Entre las caracter3sticas qu3micas de las aguas de la Que - brada de Peine y la de los pozos que existen frente a ella (71, 72 y 75) existe una leve concordancia. Del diagrama de Piper se desprende que tienen caracter3sticas similares.

La misma concordancia existe entre los pozos 77, 78, 79 y 80, perforados frente a la Quebrada de Tul3n-Tarjne (Tilomonte).

Del an3lisis reci3n efectuado, se desprenden varios hechos significativos, los que dan luces respecto a la probable fuente de recar ga y el probable mecanismo mediante el cual 3sta se efectúa, seg3n se vi3 en el Cap3tulo 6.6.1.

7.3. UTILIZACION DEL AGUA:

La calidad química del agua subterránea señala su aplicabilidad a determinados usos. Los factores principales que condicionan el uso del agua son: sólidos disueltos totales, dureza, Boro, Arsénico, Magnesio, Sodio, Potasio, Sulfatos, Cloruros, Nitratos y pH.

7.3.1 CALIDAD QUIMICA DEL AGUA CON RESPECTO AL USO POTABLE:

A continuación, se hará una reseña de los distintos tipos de aguas con relación a las normas establecidas con respecto al uso potable, sobre la base de los análisis químicos disponibles.

Sólidos Disueltos:

Se considera apta para cualquier uso, el agua que contiene hasta 300 ppm. de sólidos disueltos; en condiciones determinadas se puede aceptar hasta 2.000 ppm.. De acuerdo con las cantidades de sólidos disueltos, las aguas del área pueden agruparse de la siguiente forma:

Aguas con menos de 300 ppm.

Se encuentran en pocos pozos y quebradas de la región siendo los únicos casos los siguientes:

Subterráneas: A-45, Pozo Toconao.

Superficiales: Homar, Zapar, Tumbres.

Aguas entre 500 y 1.000 ppm.

Subterráneas: A-47, A-49, A-46, A-65.

Superficiales: Socaire.

Aguas entre 1.000 y 2.000 ppm. de sólidos:

Subterráneas: A-5, A-10, A-36, A-38, A-40, A-41, A-42,

A-43, A-51, A-53, A-55, A-59, A-60, A-62,
A-64, A-67, A-69.

Superficiales: Río San Pedro (Cuchabrachi), Río Vilama,
Aguas Blancas, Camar, Puripica, Puritana,
Río Frío, Canal Vilama, Río Salado, Río
Grande.

Aguas entre 2.000 y 3.000 ppm. de sólidos:

Subterráneas: A-15, A-16, San Pedro 3, 5 y 6, Toconao.

Superficiales: Tilopozo.

Aguas entre 3.000 ppm. de sólidos:

Subterráneas: A-1, A-13, A-18, A-23, A-24, A-25, A-26,
A-35, A-57, A-71, A-72, A-75, A-77, A-78,
A-79, A-80.

Superficiales: Peine, Tilomonte, (Tulán-Tarjne), laguna
Miscanti, Miñique.

Si bien es claro que la mayoría de las aguas se encuentran excedidas del máximo prescrito por la norma (500 ppm.), la imposibilidad física de obtener aguas de mejor calidad hace que máximo hasta 2.000 ppm. de sólidos disueltos, las aguas sean aptas para el consumo potable y agropecuario.

Cabe señalar que las mejores aguas (agua dulce bajo 1.000 ppm.), se encuentran en las localidades de Quebrada de Zapar y pozos frente a esta Quebrada, Toconao y pozos de los alrededores, Socaire y pozos frente a la Quebrada de igual nombre. Las restantes aguas son salobres o saladas de acuerdo a la siguiente escala:

Agua dulce	menos de 1.000 ppm.
Agua Salobre	1.000 a 3.000 ppm.
Agua Salada	3.000 a 10.000 ppm.

Dureza:

La dureza se refiere a la mayor o menor capacidad del agua para consumir o precipitar jabón. La dureza total se divide en carbonatosa (ión carbonato + ión bicarbonato) y no carbonatosa, constituida principalmente por sulfatos y cloruros.

Para la clasificación de las durezas se usará la siguiente clasificación de Bennison, modificada en esta ocasión debido a que las aguas del Salar, en su mayoría, presentan durezas muy altas:

<u>ppm. de CaCO₃</u>	<u>Tipo de dureza</u>
menos de 90	blanda
90 - 170	dura
170 - 250	excesivamente dura.
sobre 250	Inaceptable para casi todos los usos; deben ser ablandadas por tratamientos.

Sobre la base de los análisis químicos que tienen determinación de dureza, se tiene la siguiente agrupación de las aguas del área en estudio:

Aguas Blandas:

Solamente tienen este tipo de dureza el pozo A-51 (construido frente al río Aguas Blancas) y la Quebrada de Homar con 78 ppm. de CaCO₃, que tienen solamente dureza temporal (no carbonatosa).

la base de estudios posteriores, se ha indicado aumentar este máximo y se ha propuesto como máximo permisible, una concentración de hasta 0.12 ppm. de As (Norma Internacional de Agua Potable en la Organización Mundial de la Salud, 1967). De acuerdo con la última norma, las aguas del área estudiada con respecto al As son:

Aguas Potables: (hasta 0.12 ppm. de As).

Subterráneas: A-10, A-46, A-57, A-65, A-72, A-78, A-80.

Superficiales: Río San Pedro frente al Pucará, Zapar, Homar, Peine, Tilomonte, Río Salado, Río Grande y Tumbres.

De este desglose de las distintas fuentes de agua, se desprende que en el Sector Norte, el agua que actualmente consume la población de San Pedro, está excedida con respecto a lo que indica la norma para el arsénico. Cabe señalar, sin embargo, que existen aguas de buena calidad en varias de las quebradas de la vertiente Oriental-Sur del Salar.

Aguas no Potables: (Sobre 0.12 ppm. de As).

Subterráneas: Todos los pozos restantes y especialmente el pozo A-51 con 3,5 ppm. de As. ubicado frente al Río Aguas Blancas.

Superficiales: Todas las restantes, y en coincidencia con el pozo A-51, el río Aguas Blancas es especialmente poco potable, ya que su concentración de As alcanza a 5,4 ppm.

Magnesio:

La concentración máxima aceptable permitida por la norma para el Mg es de 30 ppm., y la máxima tolerable es de 125 ppm., siempre que el sulfato presente sea menor que 200 ppm.. Sobre esta base existen las siguientes clases de agua:

Aguas hasta 30 ppm. de Mg.

Subterráneas: A-10, A-15, A-36, A-40, A-42, A-43, A-45, A-46, A-51, A-53, A-62, A-64, A-65, A-67, río San Pedro 3 y 4, pozo Toconao.

Superficiales: Tumbres, Cuchabrachi (San Pedro), Zapar, Puripica, Río Salado, Río Grande, Río Aguas blancas, Homar.

Aguas entre 30 y 125 ppm. de Mg.

Subterráneas: A-5, A-13, A-16, A-18, A-20, A-24, A-25, A-29, A-32, A-35, A-55, A-59, A-60, A-69, A-71, A-72, A-75, A-80, A-81.

Superficiales: Socaire, Laguna Miscanti, Peine, Puritama, Río Frío, Canal Vilama.

Aguas sobre 125 ppm. de Mg.

Subterráneas: A-36, A-57, A-75, A-77, A-78, A-79.

Superficiales: Laguna Miñique, Tilomonte, Camar.

Cloro:

La norma establece como máximo permisible, una concentración de 250 ppm. de Cl. por lo que se tiene:

Aguas Potables hasta 250 ppm. de Cl:

Subterráneas: A-45, A-46, A-47, A-49, A-51, A-62, A-64, A-65, A-67,, Pozo Toconao.

Superficiales: Tumbres, Socaire, Zapar, Homar, Río Aguas Blancas, Camar.

Agua No-Potable sobre 250 ppm. de Cl:

Subterráneas: Todos los pozos del sector Norte y Sur, donde se tiene un máximo de 4.465,00 ppm. de Cl en el pozo A-32 y un mínimo excedido a la norma de 320 ppm. de Cl en el pozo A-69.

Superficiales: Miscanti, Miñique, Peine, Tilopozo, Cuchibra-chi, Puripica, Puritama, Río Frío, Canal Vila ma, Río Salado, Aguas Blancas.

Sulfatos:

La concentración máxima establecida por la norma es de 250 ppm. de SO_4 : el agua puede dividirse entonces en:

Agua Potable (hasta 250 ppm. de SO_4):

Subterráneas: A-36, A-43, A-45, A-46, A-47, A-49, A-51, A-65, Pozo Toconao.

Superficiales: Zapar, Homar, Río Aguas Blancas, Tumbres, Puripica.

Agua No-Potable: (sobre 250 ppm. de SO₄):

Subterráneas: Todo el sector norte, especialmente el pozo A-18, con 1.220 ppm. de SO₄. En el sector Oriental-Sur, los pozos A-40, A-41, A-53, A-57, A-59, A-60, A-62, A-64, A-67, A-69, A-71, A-72, A-75, A-77, A-78, A-80

Superficiales: Laguna Miscanti, Miñique, Peine, Tilomonte, Río Frío, Cuchibrachi, Canal Vilama, Camar, Tilopozo.

Nitratos:

La norma establece una concentración máxima de 66,0 ppm. de este anión. Se tiene entonces que, salvo 6 pozos, el resto está bajo este límite y, por lo tanto, son aguas potables. Cabe señalar que esta conclusión se basa en sólo 19 análisis por NO₃ que se hizo.

Aguas No-Potables:

A-10, A-25, A-32, A-57, A-72, A-80,

pH:

El pH del agua subterránea puede variar en el tiempo una vez extraída la muestra de agua. Se analizará a continuación el pH de las muestras analizadas, dejando constancia que se hace sobre la base de información que es sólo aproximada.

Las aguas con pH inferior a 7 pueden disolver el fierro, cobre y plomo; en consecuencia, los equipos de bombeo y cañería usados

en la extracción y transporte del agua pueden ser corroidos, de acuerdo al índice de Langelier.

Los valores de pH de las aguas del área van de 6.8 a 9.8 siendo los valores inferiores a 7 sólo dos y, el resto, principalmente entre 7 y 8.

7.3.3 CALIDAD QUIMICA DEL AGUA CON RESPECTO A SU USO EN RIEGO:

La aplicabilidad al riego del agua depende, en gran parte, de las sales que ésta tenga en solución, ya que éstas actúan tanto sobre las plantas como sobre el suelo. Se debe conocer la concentración de boro, concentración total y por ciento de Sodio, para determinar esta aplicabilidad.

El boro es un elemento constituyente menor en las rocas y en las aguas naturales. El boro, en bajas concentraciones en el agua y en el suelo, puede producir daño a ciertos cultivos.

La siguiente tabla (Scofield, 1936), clasifica las aguas con respecto al riego y al contenido de Boro:

T A B L A N o 7.3.3.1.

Clase de Agua	Cultivos sensibles en ppm.	Cultivos semitoler. en ppm.	Cultivos toler. en ppm.
1. Excelente	menos de 0,33	menos de 0.67	menos de 1.00
2. Buena	0.33 a 0,67	0,67 a 1,33	1,00 a 2,00
3. Tolerable	0.67 a 1.00	1.33 a 2.00	2.00 a 3.00
4. Dudosa	1.00 a 1.25	2.00 a 2.50	3.00 a 3.75
5. Inútil	más de 1.25	más de 2.50	más de 3.75

Del estudio del análisis por boro de todas las muestras que se analizaron, se desprende que la concentración de boro en las aguas va de 0,2 a 50 ppm.. En general, las aguas son inútiles incluso para los cultivos tolerantes al boro. La excepción la constituyen:

Aguas Subterráneas:

A-15	}	Tolerable para los cultivos semitolerantes.
A-45		
A-49		

A-47	}	Tolerable para cultivos sensibles.
Pozo Toconao		

A-23	}	Tolerable para cultivos tolerantes.
A-67		
A-69		

Aguas Superficiales:

- Río San Pedro (frente a Pucará), tolerable para cultivos tolerantes.
- Zapar, Río Salado y Tumbres = excelente para cultivos sensibles.
- Homar = Tolerable para cultivos semitolerantes.
- Río Grande = Tolerable para cultivos sensibles.
- Cuchibrachi = Tolerable para cultivos semitolerantes.

Por ciento de Sodio:

El suelo cuando es regado en forma continuada con aguas ricas en sodio, pasa a transformarse en suelo alcalino, ya que el Ca y Mg del suelo tenderá a reemplazar al Na del agua y, por ende, en el suelo se romperá el equilibrio que debe existir entre el cultivo y la permeabilidad de él.

Se puede predecir hasta dónde un agua rica en sodio podrá producir este fenómeno, sobre la base del por ciento de Na y el total de sólidos disueltos. El por ciento de Na se define mediante los equivalentes de los elementos, según la siguiente relación:

$$\%Na = \frac{Na \times 100}{Ca+Mg+Na+K}$$

Los sólidos disueltos han sido ya definidos anteriormente. Wilcox (1948), ha desarrollado un diagrama en el que delimitan campos que señalan diferentes categorías de agua. El eje horizontal del diagrama representa la concentración total en ppm.; el eje vertical representa el por ciento de Na. Con estas dos variables se confeccionó la siguiente tabla:

T A B L A N O 7.3.3.2

Clase de agua	Concentración en ppm.	Porcentaje de Na
Muy buena	0 a 175	menos de 20
Buena	175 a 525	20 a 40
Tolerable	525 a 1.400	40 a 60

Clase de agua	Concentración en ppm.	Porcentaje de Na
Dudosa	1.400 a 2.100	60 a 80
Inútil	más de 2.100	más de 80

En el gráfico de Wilcox (Anexo N^o IV.3.2.) se dibujó las distintas aguas tanto subterráneas como superficiales; de él se desprende que para riego, las aguas se pueden agrupar como sigue:

Clase de Agua	Quebrada y/o Pozo
Excelente a buena.	Tumbres, Homar.
Buena a Tolerable.	Río Grande, Zapar, Socaire, A-45, A-46, A-47, A-65.
Dudosa a Inútil.	Río Frío, Cuchabrachi, Puripica, Puritama, Canal Vilama, Camar, Aguas Blancas, A-5, A-10, A-15, A-40, A-41, A-42, A-43, A-55, A-59, A-60, A-64.
Inútil.	Laguna Miscanti, Laguna Niñique, Tilopozo, Tilomonte, Peine, A-1, A-16, A-18, A-20, A-20, A-23, A-24, A-25, A-26, A-29, A-32, A-35, A-57, A-71, A-72, A-75, A-77, A-78, A-79, A-80, San Pedro N ^{os} . 3 y 5, Toconao.

El agua del sector Norte es, en general, dudosa a inútil para destinarla a riego ya que poseen un alto contenido de So-

dio y, además, un total de sólidos disueltos por sobre 2.500 ppm..

Una situación peor aún, se produce en el sector Sur (Tilopozo y Tilomonte), donde las aguas tienen un por ciento de Na que va de 55 a 58 % y un total de sólidos disueltos de 2.660 ppm..(Tilopozo) y de 5.398 ppm.. (Tilomonte).

En el centro del sector Oriental existen aguas de buena calidad y tolerables: Tumbres, Zapar, Homar, Socaire, respectivamente.

7 .4. CONCLUSIONES GEOQUIMICAS:

1.- Con todos los análisis químicos que se han incluido en este estudio, la visión que se ha logrado dar es concluyente con respecto, principalmente, al uso del agua subterránea y superficial.

2.- El sector Norte tiene aguas de mala calidad (de acuerdo a las normas vigentes), tanto para riego como para uso potable. Para riego están excedidas en boro, en sodio, en sólidos disueltos totales y en dureza. Como agua potable, están excedidas en arsénico, sólidos disueltos, cloruros y sulfatos.

3.- Con respecto a las normas vigentes, el sector Oriental-Sur presenta aguas de buena calidad y de mala calidad. Entre las primeras están las siguientes localidades: Homar, Zapar, Tumbres, que no están excedidas en ningún elemento presente en el agua. Las aguas restantes son de mala calidad, en el sentido que están excedidas de la norma en por lo menos, dos aspectos, llegando algunas a estar ampliamente excedidas casi en todo, como es el caso de Aguas Blancas, que tiene:

Sólidos disueltos totales	:	1.450 ppm.
Cloro	:	322.6 ppm.
Arsénico	:	3.5 ppm.
Boro	:	20.58 ppm.
% de Sodio	:	Dudosa a inútil.

Los tres últimos aspectos inhabilitan esta agua para uso potable y para uso en riego.

4.- Las localidades del extremo Sur (Peine, Tilopozo, Tilomonte), están excedidas en: sólidos disueltos, dureza, As (Tilopozo), Ca (Tilomonte y Peine), Mg (Tilomonte), Cl, Sulfatos, B, por ciento de Na.

B I B L I O G R A F I A

- Brüggen, J. (1950) : Fundamentos de la Geología de Chile. Santiago, I.G.M.
- Campillo U. Raúl (1969) : Hidrogeología del Sector Norte del Salar de Atacama. Informe Preliminar. Santiago. CORFO. (Informe Inédito)
- Dingman, R.J. (1965) : Cuadrángulo San Pedro. Santiago. I.I.G. Carta Geológica de Chile Publicación Nº 14.
- Henríquez, A.H. (1969) : Avance Hidrogeológico del Borde Oriental del Salar de Atacama. Santiago. CORFO (Informe Inédito).
- Moraga, A. et. al. (1969) : Estudio Geológico del Salar de Atacama. Prov. de Antofagasta. Antofagasta. IIG. (Informe Inédito)
- U.S.G.S. (1969) : Study an Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, Paper 1473. Washington, U.S.A.
- Ramírez, E. Et. al. (1971) : Características Climatológicas e Hidrológicas de la Hoya del Salar de Atacama. Santiago. CORFO. (Informe Inédito).
- Rankama, K. y Sahama, T.G. (1950) : Geoquímica. Chicago, U.S.A.
- INDITECNOR, (1970) : Agua Potable, Requisitos Nch409 n70.. Santiago.

= = = = =

A N E X O S

- I.- HABILITACION DE POZOS.
 - POTENCIAS DE UNIDADES.
 - DESCRIPCIONES ESTRATIGRAFICAS
- II.- ANALISIS QUIMICOS.
- III.- DIAGRAMA DE PIPER.
- IV.- DIAGRAMA DE WILCOX.

Nº CORFO	NOMBRE	PP	PH	FP	RANURADOS
193	Sn. Pedro #1	575.00	273.00	1957	266.92 - 273.00
194	Sn Pedro #2	264.50	263.85	1957	253.76 - 260.13
239	Sn Pedro #3	221.00	220.15	1957	206.80 - 218.41
255	Sn. Pedro #4	200.20	- - -	1957	No se habilitó
260	Sn Pedro #5	303.50	303.20	1958	294.24 - 299.52
316	Sn Pedro #6	246.50	216.70	1959	200.47 - 213.09
272	Toconao #1	210.00	206.10	1958	30.20 - 31.20 197.81 - 202.48
858	Las Dunas #1	441.65	42.53	1969	Sin ranurado
811	Tambillo #1	436.35	298.00	1969	255.00 - 295.00
930	Aguas Blancas #1	346.50	80.50	1970	
950	Huaytiquina #1	336.15	336.00	1970	289.00 - 295.00 300.00 - 310.00 315.00 - 335.00
983	Huaytiquina # 2	289.04	174.00	1970	
937	Camar # 1	331.00	60.00	1970	15.00 - 59.00
934	Socaire # 1	338.50	42.00	1970	14.96 - 41.00
880	Tilomonte # 1	103.26	30.26	1970	Sin ranurado.
920	Tilomonte # 2	200.50	55.16	1970	11.66 - 13.26 14.26 - 15.96 49.96 - 54.76
951	Tilomonte # 3	133.80	91.00	1970	85.00 - 90.00
978	Tilomonte # 4	115.30	22.00	1970	15.00 - 21.00
874	Tilopozo # 1	69.20	30.63	1969	8.64 - 13.26 18.76 - 22.06 27.59 - 30.63

Nº CORFO	NOMBRE	PP	PH	FP	RANURADOS
919	Tilopozo #2	255.50	35.71	1970	7.50 - 13.40 15.30 - 19.20 23.20 - 35.08
952	Tilopozo #3	200.70	19.00 46.00 200.00	1970	15.00 - 18.00 40.00 - 45.00 100.00 - 109.00 135.00 - 138.00 141.00 - 144.00 163.00 - 169.00 194.00 - 199.00
977	Tilopozo #4	240.00			no se habilitó
749	Perfil Este #1	170.45	140.00	1968	6.00 - 7.00 25.00 - 27.00 30.00 - 36.00 65.00 - 68.00 130.00 - 136.00
755	Perfil Este #2	127.90	120.00	1968	55.00 - 60.00 93.00 - 99.00 103.00 - 109.00 116.00 - 118.00
761	Perfil Este #3	102.50	102.00	1968	34.00 - 40.00 52.00 - 58.00 76.00 - 82.00 94.00 - 100.00
762	Perfil Este #4	62.50	45.00	1968	24.00 - 30.00 37.00 - 40.00 42.00 - 45.00
773	Perfil Este #5	97.80	73.00	1968	36.00 - 42.00 54.00 - 60.00 70.00 - 73.00
776	Perfil Este #6	154.40	- - -	1970	No se habilitó
818	Perfil Este #7	200.88	125.00	1969	No se habilitó
831	Perfil Este #8	200.48	79.10	1969	3.00 - 4.00 13.00 - 65.00
839	Perfil Este #9	170.40	63.00	1969	12.00 - 43.00 53.00 - 59.00

Nº CORFO	NOMBRE	PP	PH	FP	RANURADOS
846	Perfil Este #10	93.50	61.00	1969	15.00 - 59.00
924	Perfil Este #11	50.12	50.00	1970	no se habilitó
935	Perfil Este #11A	30.00	30.00	1970	18.00 - 29.00
912	Perfil Este #12	49.93	49.93	1970	14.50 - 28.00 31.00 - 34.00 37.00 - 40.00 43.00 - 44.00
910	Perfil Este #13	30.50	29.60	1970	15.00 - 20.00 22.00 - 29.60
933	Perfil Este #14	64.37	21.00	1970	18.50 - 20.50

PP = Profundidad Perforada
PH = Profundidad Habilitada
FP = Fecha Perforación

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena gruesa con poca arcilla.	4.30	212.70	217.00
Arena, ripio fino, poca arcilla.	15.00	217.00	232.00
Arenisca fina, arcilla.	9.00	232.00	241.00
Liparita sólida.	5.50	241.00	246.50

= = = = = = = = =

UN.	<u>TILOPOZO #1</u>			<u>TILOPOZO #2</u>			<u>TILOPOZO #3</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	000-	30.52	30.52	000-	19.20	19.20	000-	17.99	17.99
2	30.52-	48.90	18.38	19.20-	35.08	15.88	17.99-	40.80	22.81
3									
4	48.90-	69.20	20.30	35.08-	73.70	38.62	40.80-	75.30	34.50
5				73.70-	225.00	151.30	75.30-	200.70	125.40

UN.	<u>TILOPOZO #4</u>			<u>PERFIL ESTE #1</u>			<u>PERFIL ESTE #2</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	000-	18.30	18.30	000-	69.45	69.45	000-	36.90	36.90
2	18.30-	41.20	22.90	69.45-	170.75	101.30	36.90-	102.45	65.55
3							102.45-	118.70	16.26
4	41.20-	75.70	34.50				118.70-	127.90	9.20
5	75.70-	240.00	164.30						

UN.	<u>PERFIL ESTE #3</u>			<u>PERFIL ESTE #4</u>			<u>PERFIL ESTE #5</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	000-	91.50	91.50	000-	62.50	62.50	000-	48.30	48.30
2							48.30-	73.90	25.60
3									
4	91.50-	102.50	11.00				73.90-	97.80	23.90
5									

UN.	<u>PERFIL ESTE #6</u>			<u>PERFIL ESTE #7</u>			<u>PERFIL ESTE #8</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	000-	76.25	76.25	000-	102.00	102.00	000-	61.40	61.40
2				102.00-	200.88	98.88	61.40-	188.56	127.16
3									
4	76.25-	154.40	78.15				188.56-	191.20	2.64
5							191.20-	200.48	9.28

UN.	<u>PERFIL ESTE #9</u>			<u>PERFIL ESTE #10</u>			<u>PERFIL ESTE #11</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	000-	66.08	66.08	000-	59.50	59.50	000-	20.80	20.80
2	66.08-	109.50	43.42				20.80-	25.63	4.83
3									
4	109.50-	153.00	43.50	59.50-	69.40	9.90	25.63-	50.00	24.37
5	153.00-	170.40	17.40	69.40-	93.60	24.20			

UN.	<u>PERFIL ESTE #12</u>			<u>PERFIL ESTE #13</u>			<u>PERFIL ESTE #14</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	000-	27.63	27.63	000-	10.65	10.65	000-	7.58	7.58
2				10.65-	24.90	14.25			
3									
4	27.63-	49.93	22.30	24.90-	30.50	5.60	7.58-	43.66	36.08
5							43.66-	49.49	5.83

UN.	<u>LAGUNA LINQUE</u>			<u>HUAYTIQUINA</u>		
	DE	HASTA	POT. REC.	DE	HASTA	POT. REC.
1	0.0	-148.96	148.96	0.0	- 65.65	65.65
2	148.96-	221.65	72.69	65.65-	160.85	95.20
3	221.65-	250.18	28.53	160.85-	289.90	129.05
4	250.18-	289.59	39.41	--	--	--
5	289.59-	437.36	148.27	239.90-	575.20	285.30

= = = = =

= S A N = P E D R O = N º 1 =

Pozo S.A.S. # 193.

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena, limo en polvo, ripio con bolones, arcillita.	3.50	0.00	3.50
Arena, ripio y bolones.	9.50	3.50	13.00
Conglomerado ripio, arcilla y arena.	11.00	13.00	24.00
Ripio fino con arena - Napa.	2.00	24.00	26.00
Conglomerado de ripio y arcilla.	2.00	26.00	28.00
Ripio suelto, grueso.	4.00	28.00	32.00
Conglomerado y poca arcilla.	1.50	32.00	33.50
Ripio fino y arena - Napa.	4.00	33.50	37.50
Conglomerado, ripio y poca arcilla.	21.50	37.50	55.00
Arcilla.	2.50	55.00	61.50
Arenisca.	7.50	61.50	69.00
Arcilla.	4.00	69.00	73.00
Ceniza volcánica.	3.00	73.00	76.00
Conglomerado.	15.00	76.00	91.00
Ceniza volcánica.	10.00	91.00	101.00
Arenisca.	21.00	101.00	122.00
Arena con ripio chico.	1.60	122.00	123.60
Ceniza volcánica.	8.40	123.60	132.00
Ceniza volcánica cementada con arena.	16.00	132.00	148.00
Arcillita arenosa.	10.00	148.00	158.00

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Ceniza volcánica.	66.00	158.00	224.00
Arcillita compacta.	43.50	224.00	267.50
Arena y ripio chico.	4.00	267.50	271.50
Arcilla compacta.	4.65	271.50	276.15
Arenisca.	3.85	276.15	280.00
Liparita.	44.35	280.00	324.50
Arcilla compacta.	89.50	324.50	414.00
Arcilla con arena.	29.00	414.00	443.00
Arenisca.	4.50	443.00	447.50
Arcilla compacta y liparita.	13.50	447.50	461.00
Arcilla con arena.	23.00	461.00	484.00
Arenisca.	0.90	484.00	484.90
Arcilla con arena.	19.10	484.90	504.00
Arcilla compacta.	24.00	504.00	528.00
Arenisca.	5.00	528.00	533.00
Arcilla con arena.	42.00	533.00	575.00

= = = = =

= S A N P E D R O N O 2 =

<u>Pozo S.A.S. # 194.</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Capitas sucesivas de arena, limo en polvo, arcillita y ripio con bolones.	3.50	0.00	3.50
Ripio con arena.	5.50	3.50	9.00
Conglomerado de ripio, arcilla y arena.	12.70	9.00	21.70
Ripio chico con arena - Napa.	3.00	21.70	24.70
Conglomerado de ripio, arcilla y arena.	10.30	24.70	35.00
Ripio chico con arena - Napa.	2.00	35.00	37.00
Conglomerado.	33.00	37.00	70.00
Arcilla.	3.00	70.00	73.00
Conglomerado.	17.00	73.00	90.00
Arcillita arenosa.	6.00	90.00	96.00
Arenisca.	27.00	96.00	123.00
Ceniza volcánica.	89.00	123.00	212.00
Arcilla compacta.	42.00	212.00	254.00
Arena y ripio fino - Napa.	9.00	254.00	259.00
Arcilla.	5.00	259.00	264.00

= = = = =

= S A N = P E D R O = N o 3 . =

<u>Pozo S.A.S. # 239.</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arcilla.	0.60	0.00	0.60
Arena.	0.60	0.60	1.20
Arcilla.	2.40	1.20	3.60
Arena, ripio y arcilla.	22.90	3.60	26.50
Ripio y arena - Napa.	2.50	26.50	29.00
Conglomerado.	11.00	29.00	40.00
Ripio y arena - Napa.	5.00	40.00	45.00
Arena con poca arcilla.	28.00	45.00	73.00
Arcilla con poca arena.	3.00	73.00	76.00
Arenisca con poca arcilla.	4.00	76.00	80.00
Arcilla.	10.00	80.00	90.00
Arena con ceniza volcánica.	5.00	90.00	95.00
Ceniza volcánica con arena.	6.00	95.00	101.00
Arenisca.	6.00	101.00	107.00
Ceniza volcánica color amarillo.	24.00	107.00	131.00
Ceniza volcánica color blanco.	29.00	131.00	160.00
Arcilla.	25.00	160.00	185.00
Arenisca.	2.50	185.00	187.50
Arena y ripio chico - Napa surgente.	4.50	187.50	191.00
Arcilla.	11.00	191.00	202.00
Arena y ripio - Napa surgente	18.15	202.00	220.15
Liparita.	0.85	220.15	221.00

= = = = =

= S A N = P E D R O = N o 4 =

<u>Pozo S.A.S. # 255.</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena, bolones y ripio.	18.00	0.00	18.00
Arena y ripio chico.	8.10	18.00	26.10
Arenisca.	26.30	26.10	52.40
Arenisca con ceniza volcánica.	8.60	52.40	61.00
Ceniza volcánica solidificada.	1.50	61.00	62.50
Ceniza volcánica solidificada con grietas	2.30	62.50	64.80
Ceniza volcánica solidificada.	26.70	64.80	91.50
Ceniza volcánica.	17.30	91.50	108.80
Ceniza volcánica solidificada con grietas.	8.30	108.80	117.10
Arenisca.	13.90	117.10	131.00
Conglomerado.	1.60	131.00	132.60
Arenisca.	24.40	132.60	157.00
Liparita.	43.20	157.00	200.20

= = = = =

= S A N = P E D R O = N.º = 5. =

<u>Pozo S.A.S. # 260.</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arcillita arenosa.	0.50	0.00	0.50
Arena.	0.60	0.50	1.10
Arenisca con ceniza volcánica.	0.70	1.10	1.80
Arena.	0.45	1.80	2.25
Arenisca.	0.60	2.25	2.85
Ceniza volcánica.	1.15	2.85	4.00
Arena con ripio.	4.00	4.00	8.00
Arenisca con ceniza volcánica.	1.55	8.00	9.55
Arena, ripio y poca arcilla - filtrac. de agua.	5.75	9.55	15.30
Arcilla con ceniza volcánica.	1.70	15.30	17.00
Arcillita arenosa.	1.50	17.00	18.50
Arenisca.	0.80	18.50	19.30
Ceniza volcánica.	12.17	19.30	31.47
Arena y ripio - Napa.	13.13	31.47	44.60
Arenisca con ceniza volcánica.	8.40	44.60	53.00
Conglomerado de material chico.	5.65	53.00	58.65
Arcilla con ceniza volcánica.	1.45	58.65	60.10
Ceniza volcánica.	2.60	60.10	62.70
Arenisca.	2.15	62.70	64.85
Bolones y ripio.	2.15	64.83	67.00
Arenisca.	14.30	67.00	81.30
Conglomerado de material chico.	2.00	81.30	83.30

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arenisca muy poco cementada.	13.70	83.30	97.00
Arenisca con capitas de ceniza volcánica.	12.00	97.00	109.00
Arenisca muy poco cementada.	33.00	109.00	142.00
Ceniza volcánica.	7.20	142.00	149.20
Arenisca.	2.80	149.20	152.00
Ceniza volcánica.	2.00	152.00	154.00
Arenisca.	2.00	154.00	156.00
Arenisca de granos gruesos, con arcilla.	5.00	156.00	161.00
Ceniza volcánica.	76.50	161.00	237.50
Arcilla compacta con estratificaciones de ceniza volcánica y arenas liparíticas.	56.95	237.50	294.45
Arena y ripio fino - Napa.	3.18	294.45	297.63
Arenisca con poca arcilla.	0.77	297.63	298.40
Liparita.	5.10	298.40	303.50

= = = = =

= S A N = P E D R O = N º 6 . =

<u>Pozo S.A.S. # 272.</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena, ripio y bolones con arcilla.	3.00	0.00	3.00
Arena con poca arcilla y ripio fino.	29.00	3.00	32.00
Arena y ripio - Napa.	2.00	32.00	34.00
Arenisca fina.	8.00	34.00	42.00
Arenisca con ripio y poca arcilla.	11.00	42.00	53.00
Arenisca con poca arcilla.	16.00	53.00	69.00
Arena gruesa.	3.50	69.00	72.50
Arena gruesa y ripio fino - Napa.	2.10	72.50	74.60
Arenisca con capas de arcilla.	10.40	74.60	85.00
Arenisca con menos arcilla.	11.00	85.00	96.00
Arenisca con capas de ceniza volcánica y arcilla.	20.40	96.00	116.40
Arenisca amarilla con capas de arcilla.	8.60	116.40	125.00
Arenisca con ceniza volcánica color café.	6.00	125.00	131.00
Arenisca más gruesa con arcilla y capas de ceniza volcánica.	7.00	131.00	138.00
Arcilla con ceniza volcánica.	6.50	138.00	144.50
Arenisca fina amarilla	3.00	144.50	147.50
Arenisca pura.	1.30	147.50	148.80
Arcilla con arena y ripio fino.	16.70	148.80	165.50
Arcilla con arena fina.	40.30	165.50	205.80
Arena y poco ripio	6.90	205.80	212.70

= T O C O N A O N o 1 . =

<u>Pozo S.A.S. #272</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena con poco ripio.	2.70	0.00	2.70
Bolones con arena.	1.20	2.70	3.90
Arena con poco ripio.	25.10	3.90	29.00
Arenisca.	1.20	29.00	30.20
Arena y ripio chico - Napa.	1.00	30.20	31.20
Arenisca.	32.80	31.20	64.00
Conglomerado.	9.50	64.00	73.50
Arenisca.	3.05	73.50	76.55
Arcilla.	0.10	76.55	76.65
Arenisca.	8.20	76.65	84.85
Liparita.	22.15	84.85	107.00
Arenisca.	3.00	107.00	110.00
Liparita.	77.00	110.00	187.00
Arenisca.	3.00	187.00	190.00
Arenisca con poca arcilla.	9.00	190.00	199.00
Arena y ripio - Napa.	3.50	199.00	202.50
Arenisca Liparítica.	7.50	202.50	210.00

= = = = =

= L A S = D U N A S = N º 1 =

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Limo arcilloso café y negro,	1.50	000	1.50
Arcilla limosa café.	1.45	1.50	2.95
Ceniza limosa blanca.	1.05	2.95	4.00
Arena gruesa (muy gruesa, media, grava fina angulosa a subangulosa).	0.80	4.00	4.80
Grava fina, media (subredondeada), arena muy gruesa (subangular a subredondeada), arena gruesa, grava (subredondeada), ripio fino (subredondeado a subangular).	1.95	4.80	6.75
Arcilla.	0.75	6.75	7.50
Grava fina, media gruesa (subredondeada a subangular), arena muy gruesa.	1.90	7.50	9.40
Arcilla.	0.80	9.40	10.20
Ceniza blanca.	2.30	10.20	12.50
Limo café, grava fina y media, arena media.	0.73	12.50	13.23
Arena muy gruesa, grava fina media, arena gruesa.	0.70	13.23	13.93
Arcilla.	1.15	13.93	15.08
Limo, grava fina, media, gruesa, arena fina y media.	1.02	15.08	16.10
Ceniza blanca. (Calcárea).	0.60	16.10	16.70
Ceniza, limo 80%, grava fina, arena media a fina (20%).	2.33	16.70	19.03
Arena muy gruesa, grava fina, arena media.	4.87	19.03	23.90
Ceniza 50% y limo 50%.	0.60	23.90	24.50

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa, gruesa, y grava fina.	2.25	24.50	26.75
Ceniza 50% y limo 50%.	0.75	26.75	27.50
Grava fina, arena muy gruesa, media, limo	1.40	27.50	28.90
Grava gruesa, media, fina, ripio fino 5%.	0.60	28.90	29.50
Ripio fino (subredondeado), grava gruesa.	1.33	29.50	30.83
Arena muy gruesa, grava fina (subangulosa), arena gruesa, media.	4.67	30.83	35.50
Grava fina, arena muy gruesa, gruesa, media.	3.00	35.50	38.50
Ceniza blanca (no calcárea).	2.40	38.50	40.90
Arena muy gruesa, gruesa media, grava fina media.	11.90	40.90	52.80
Ceniza blanca (no calcárea).	0.90	52.80	53.70
Arena gruesa, muy gruesa, y grava fina.	4.50	53.70	58.20
Ceniza blanca (un poco calcárea) con limo.	1.70	58.20	59.90
Arena muy gruesa, gruesa, grava fina, ceniza y limo.	3.85	59.90	63.75
Arena media, gruesa, muy gruesa, fina (cuarcosa)	6.40	63.75	70.15
Grava fina, arena media, gruesa, muy gruesa.	3.10	70.15	73.25
Ceniza blanca con algo de limo (calcárea).	2.60	73.25	75.85
Caliza blanca (calcárea con cristales de cuarzo) y ceniza.	2.73	75.85	78.68

	POTENCIA	DE	HASTA
Ceniza gris y blanca, ignimbrita? blanca (10%) (calcárea).	8.80	301.20	310.00
Ceniza gris (calcárea), ceniza blanca (menos calcárea) ignimbrita? (caliza?) blanca (calcárea).	5.00	310.00	315.00
Ignimbrita blanca (un poco calcárea) ceniza blanca 10%, ignimbrita gris y rosada (en poca cantidad).	5.00	315.00	320.00
Ceniza blanca, ignimbrita? blanca (calcárea) ignimbrita gris y rosada (en poca cantidad).	5.18	320.00	335.18
Ceniza blanca e ignimbrita? blanca (caliza?) 10 a 15% de ignimbrita gris y rosada en forma de arena gruesa y muy gruesa con cristales de cuarzo.	59.82	335.18	395.00
Ceniza blanca y gris (calcárea) y arena media (bastante cuarzosa) arena gruesa, grava fina.	5.00	395.00	400.00
Ceniza limo, arena gruesa (cuarzosa), arena muy gruesa y grava fina de ignimbrita gris café.	5.00	400.00	405.00
Limo ceniza, arena gruesa, y media (cuarzosa).	10.00	405.00	415.00
Ceniza limo (calcáreo), arena gruesa, media 20%	15.00	415.00	430.00
Ignimbrita gris, cristales de biotita y cuarzo.	11.65	430.00	441.65

=====

<u>Pozo S.A.S. # 811</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina limosa, arena media (subangularosa) cuarzosa.	0.90	.000	0.90
Grava fina (30%), media (10%), gruesa (10%) arena muy gruesa (30%) gruesa (10%) media (10%) (subredondeada a redondeada).	1.60	0.90	2.50
Ceniza limosa.	0.50	2.50	3.00
Grava fina (40%) arena muy gruesa (30%) gruesa (10%) media (10%) limo (10%) grava media (10%).	4.10	3.00	7.10
Ceniza limosa.	2.10	7.10	9.00
Grava media (sebredondeada) 30% grava fina 20% limo 30% arena muy gruesa, gruesa y media 20%.	1.80	9.20	11.00
Grava media y fina 30% gruesa 30% ripio fino 20% (subredondeado) arena muy gruesa, gruesa y media (20%).	0.60	11.00	11.60
Ceniza limosa.	1.15	11.60	12.75
Grava gruesa (20%) media (40%) fina (20%) ripio fino (10%) arena (10%).	2.05	12.75	14.80
Ceniza limosa.	1.20	14.80	16.00
Ripio fino (10%) grava gruesa (30%) media (20%) fina (30%) arena y limo (10%) (subredondeadas a redondeadas).	1.40	16.00	17.40
Arena muy gruesa (20%) gruesa (30%) media (20%) grava fina (20%) media (10%).	9.80	17.40	27.20
Grava fina (70%) (subangular a angular) grava gruesa, (10%) grava media (20%).	1.90	27.20	29.10
Ceniza limosa.	1.10	29.10	30.20
Grava media (80%) grava gruesa (10%) grava fina (10%) (subredondeada).	2.00	30.20	32.20

	POTENCIA	DE	HASTA
Ceniza blanca.	8.37	157.13	166.50
Ceniza gris clara.	22.73	166.50	189.23
Ignimbrita verde oscura, vítrea.	3.27	189.23	192.50
Ceniza gris-azul.	13.15	192.50	205.65
Vidrio Volcánico.	1.00	205.65	206.65
Ceniza blanca y amarilla.	9.77	206.65	216.42
Ceniza blanca con arena muy fina y fina.	6.29	216.42	222.71
Arenisca.	6.09	222.71	226.80
Ceniza blanca.	1.73	226.80	228.53
Ignimbrita blanca y café claro muy vítrea con un poco de vidrio volcánico negro y café.	3.07	228.53	231.60
Arena media y fina (cuarzosa) subredondeada a subangular, ignimbrita café claro vítrea.	0.83	231.60	232.43
Grava fina (al parecer de desintegración de ignimbrita rosada con cristales de mica negra) arena gruesa media y fina (cuarzosa, cuarzo blanco transparente).	3.00	232.43	235.43
Ignimbrita rosada, vítrea con un 5% de ignimbrita gris.	1.03	235.43	236.46
Ceniza gris claro.	1.50	236.46	237.96
Ignimbrita rosada vítrea con cristales de cuarzo en partes tiene pedacitos de pómez incluidos, arena muy gruesa, gruesa cuarzosa (cuarzo blanco transparente).	31.46	237.96	269.42
Arena muy gruesa, gruesa redondeada (cuarzosa, cuarzo blanco transparente y amarillo) capitas de arenisca muy fina.	3.34	269.42	272.76
Arenisca muy fina, gris (cuarzosa, cuarzo blanco) con capitas de ignimbrita vítrea café claro.	0.84	272.76	273.60

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena media, fina, gruesa, cuarzosa (cuarzo café amarillo) con capitas de arenisca fina y muy fina.	2.24	273.60	275.84
Arenisca muy fina, ignimbrita gris.	1.00	275.84	276.84
Arena gruesa, media, cuarzosa, (90% cuarzo amarillo) subredondeada.	2.73	276.84	279.57
Arena muy gruesa y gruesa con cuarzo amarillo y blanco, arenisca de cuarzo amarillo; ignimbrita gris (los granos de cuarzo de la rena son subredondeados a redondeados).	3.79	279.57	283.36
Ignimbrita gris claro, arena muy gruesa, gruesa de cuarzo blanco con cristales de biotita (seguramente provenientes de la ignimbrita).	7.64	283.36	291.00
Ignimbrita gris claro con cristales de biotita.	6.82	291.00	297.82
Ignimbrita gris verde claro con cristales de biotita y cuarzo.	71.23	297.82	369.05
Ignimbrita verde con cristales de biotita y cuarzo, muy vítrea.	1.55	369.05	370.60
Arenisca gris-amarilla, cuarzosa (ortocuarcita).	1.07	370.60	371.67
Ignimbrita gris verde con cristales de biotita y cuarzo.	18.91	371.67	390.58
Ignimbrita rosada (60%) con cristales de biotita y cuarzo gris verde claro (30%) con cristales de biotita cuarzo y ferromagnesianos? y café (10%) vítrea.	12.42	390.58	403.00
Arena gruesa, media, cuarzosa (cuarzo blanco y violeta). Ignimbrita café gris verde claro.	1.35	403.00	404.35
Arena muy gruesa subangular a angular, cuarzosa (cuarzo blanco transparente 50% fragmentos líticos 50%) arena gruesa media, fina (un poco de cuarzo amarillo).	5.97	404.35	410.32

= = A G U A S = B L A N C A S = N ° 1 . =

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena media, fina y gruesa limosa, grava fina.	7.80	0.00	7.80
Arena media gruesa fina, grava media (5 a 10%).	1.70	7.80	9.50
Arena gruesa, media, grava fina (20%) bolones.	4.65	9.50	14.15
Arena gruesa y media, ripio medio y grueso (30%) bolones (10% a 20%).	11.73	14.15	25.88
Arena gruesa media fina, grava media a gruesa (10% a 20%).	8.57	25.88	34.45
Ripio fino, medio y grueso subredondeado (50%), arena media gruesa y fina 30%, grava fina 20%.	17.35	34.45	51.80
Arena gruesa media cuarzosa (50%), ripio medio, grueso 30%, grava fina, media gruesa 20%.	6.90	51.80	58.70
Arena media gruesa cuarzosa (cuarzo blanco transparente).	5.05	58.70	63.75
Ripio fino y medio 70%, grava media y fina (20%), arena muy gruesa y gruesa (10%).	4.50	63.75	68.25
Arena media, gruesa, fina, cuarzosa (cuarzo amarillo y blanco transparente).	8.05	68.25	76.30
Arena media, fina, cuarzosa, ripio 1/2 y fino (20%), grava fina y media (10%).	6.35	76.30	82.65
Arena gruesa, media, cuarzosa.	5.39	82.65	88.04
Arena gruesa, muy gruesa, media, cuarzosa, en partes con intercalaciones de grava fina y de limo y/o arcilla.	102.16	88.04	190.20
Ignimbrita con cristales de biotita y cuarzo.	44.30	190.20	234.50

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa, gruesa, media, cuarzosa, en la parte superior con intercalaciones de grava fina.	76.50	234.50	311.00
Arena muy gruesa, gruesa, media, cuarzosa, la dureza de 311.00 mts. en adelante aumentó notablemente.	35.50	311.00	346.50

= = = = =

= H U A I T I Q U I N A = N o 1 . =

<u>Pozo S.A.S. # 950</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa a media subredondeada, grava fina (10%).	15.00	0.00	15.00
Arena muy gruesa a media subredondeada, grava fina y media (20%).	9.00	15.00	24.00
Arena muy gruesa a media (50%) subredondeada, grava gruesa a fina (50%) subredondeada.	3.00	24.00	27.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada, con 10 a 20% grava fina.	27.00	27.00	54.00
Ripio fino subredondeado a redondeado (50%), grava gruesa (40%) subredondeada a redondeada, arena muy gruesa a media (10%).	3.00	54.00	57.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada.	18.00	57.00	75.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada, grava fina a media subredondeada (15%).	9.00	75.00	84.00
Arena muy gruesa a fina subredondeada a redondeada.	6.00	84.00	90.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada, grava fina (10%) subredondeada a redondeada.	12.00	90.00	102.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada.	3.00	102.00	105.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada, grava fina (10%).	6.00	105.00	111.00
Arena muy gruesa a fina, subredondeada a redondeada.	12.00	111.00	123.00
Arena muy gruesa a media subredondeada a redondeada, grava fina (10%).	31.00	123.00	154.00
Arcilla con ceniza.	4.00	154.00	158.00

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arcilla (50%), arena muy gruesa a media (50%), subredondeada a redondeada.	3.50	158.00	161.50
Arena muy gruesa a fina con 10% de ceniza y arcilla.	11.70	161.50	173.20
Ceniza blanca (30%), ignimbrita? blanca, grano muy fino (70%).	3.60	173.20	176.80
Arena muy gruesa a fina con ceniza y arcilla.	2.80	176.80	179.60
Ceniza blanca y verde con arcilla.	4.40	179.60	184.00
Ceniza blanca con arena muy gruesa a gruesa (305)	8.20	184.00	192.20
Ignimbrita blanca y amarilla grano muy fino.	9.70	192.20	201.90
Ceniza negra (60%), ceniza blanca (40%).	1.70	201.90	203.60
Ceniza blanca algo limosa.	21.75	203.60	225.35
Arena muy gruesa a media, grava gruesa a fina, con una intercalación de ignimbrita rosada afanítica (aproximadamente entre los 231.00 mts. y los 240 mts.).	26.49	225.35	251.84
Ignimbrita café rosada, de textura gruesa, con fenocristales de cuarzo y biotita.	36.96	251.84	288.80
Arena muy gruesa a media, subredondeada a redondeada, grava gruesa, fina (50%).	32.75	288.80	321.55
Grava gruesa a fina (90%), ripio fino (30%).	8.45	321.55	330.00
Arena muy gruesa a media, grava gruesa a fina (50%).	6.15	330.00	336.15

=====

= H U A Y T I Q U I N A = N Q 2 2 =

<u>Pozo S.C.O.H. # 983</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina 30%, media 50%, gruesa 10%, grava fina a gruesa 10%.	3.10	0.00	3.10
Grava fina 20%, media 40%, gruesa 20%, ripio fino 10% subangular a subredondeado. Arena muy gruesa y gruesa 10%.	2.40	3.10	5.50
Ripio fino 35%, medio 15%, grava 1/2 10%, fina 20%, gruesa 5% subredondeado a redondeado, arena gruesa y muy gruesa 15%.	2.90	5.50	8.40
Ripio fino 20%, grava gruesa 20%, media 30%, fina 20% subredondeados a redondeados. Arena muy gruesa y gruesa 10%.	3.60	8.40	12.00
Ripio fino 20%, grava gruesa 10%, media 10%, fina 20%. Arena muy gruesa y gruesa a 40%.	3.00	12.00	15.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 10%, fina 10%, grava fina 20%, media 10%, gruesa 10%, ripio fino 10% subredondeados a redondeados.	9.00	15.00	24.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, grava fina 10%.	3.00	24.00	27.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, grava fina 20%.	12.00	27.00	39.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, grava fina 10%.	3.00	39.00	42.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, grava fina 20%.	12.00	42.00	54.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, grava fina 10%.	6.00	54.00	60.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, grava fina y media 20%.	6.00	60.00	66.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, grava fina 10%.	3.00	66.00	69.00

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, grava fina 20%.	6.00	69.00	75.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 10%, grava fina 10%.	6.00	75.00	81.00
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, grava fina 20%.	3.65	81.00	84.65
Grava fina 30%, media 10%, gruesa 15%, ripio fino 10%, medio 5% subredondeado a redondeado. Arena muy gruesa 20%, gruesa a fina 10%	2.35	84.65	87.00
Grava fina 30%, media 10%, gruesa 10%, ripio fino 10%, medio 5%, arena muy gruesa y gruesa 30%. Arena media y fina 5%, subangulares a redondeadas.	3.00	87.00	90.00
Grava fina 30%, ripio fino y medio 20%, grava media y gruesa 10%, Arena muy gruesa y gruesa 40%.	3.00	90.00	93.00
Grava fina 30%, media 10%, gruesa 10%, ripio fino 10%, medio 5%. Arena muy gruesa y gruesa 30%, arena media y fina 5%, subangulares a redondeadas.	9.00	93.00	102.00
Arena muy gruesa y gruesa 60%, grava fina 20%, ripio fino 10%, arena media y fina 10%.	3.00	102.00	105.00
Arena muy gruesa y gruesa 60%, grava fina 20%, media 10%, arena media y fina 10%.	3.00	105.00	108.00
Grava fina 30%, ripio fino y medio 20%, grava media y gruesa 10%, arena muy gruesa y gruesa 40%.	8.70	108.00	116.70
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 5% a 10% de grava fina subredondeada.	12.30	116.70	129.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 10% a 20% de grava fina subredondeada.	6.00	129.00	135.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 40% de grava fina y media subredondeada.	3.00	135.00	138.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 10% a 20% de grava fina subredondeada.	3.00	138.00	141.00

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 40% de grava fina subredondeada.	3.00	141.00	144.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 5 a 10% de grava fina subredondeada.	9.00	144.00	153.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 5 a 10% de grava fina subredondeada.	3.00	153.00	156.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 10 a 20% de grava fina subredondeada.	3.00	156.00	159.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 5 a 10% de grava fina subredondeada.	9.00	159.00	168.00
Arena muy gruesa a fina cuarzosa con un 10 a 20% de grava fina subredondeada.	7.60	168.00	175.60
Ceniza amarilla verdosa (en húmedo), arena muy gruesa 30% y gruesa, posible ignimbrita blanca (dura y vidriosa).	1.40	175.00	177.00
Arena muy gruesa a media 55%, ceniza 30%, arcilla 10%, posible ignimbrita blanca 5%.	9.51	177.00	186.51
Ceniza café amarilla (en húmedo), con arcilla y un 20% de posible ignimbrita blanca.	6.17	186.51	192.68
Posible ignimbrita blanca (muy afanítica) con 20% de arena media y fina y ceniza 10%.	6.32	192.68	199.00
Ceniza negra.	5.33	199.00	204.33
Ceniza gris verdosa (en húmedo) con 20% de posible ignimbrita blanca.	5.67	204.33	210.00
Posible ignimbrita blanca 70%, ceniza gris verdosa (en húmedo) 30%.	9.00	210.00	219.00
Ceniza blanca amarillenta 80% ceniza rosada (en húmedo) 10%, posible ignimbrita blanca 10%.	3.25	219.00	222.25
Arena con un 30% de arenisca.	3.39	222.25	225.64
Arena muy gruesa a media, cuarzosa grava fina 20%.	6.11	225.64	231.75

	POTENCIA	DE	HASTA
Ignimbrita café rosada (afanítica).	5.25	231.75	237.00
Arena cuarzosa muy gruesa y gruesa, ignimbri <u>ta</u> café rosado 30%.	3.00	237.00	240.00
Arena muy gruesa a media (cuarzosa, cuarzo transparente).	6.00	240.00	246.00
Arena muy gruesa a media con un 20% de grava fina.	3.00	246.00	249.00
Arena muy gruesa y gruesa, cuarzosa (cuarzo amarillo), redondeada, grava fina y media 20% subredondeada a redondeada.	3.38	249.00	252.38
Ignimbrita café con cristales de cuarzo y bi <u>o</u> tita (dura de perforar); el cuarzo es transpa <u>ra</u> rente.	33.72	252.38	286.10
Arena muy gruesa y gruesa, cuarzosa, grava fi <u>na</u> y media 20%.	2.94	286.10	289.04

=====

SONDAJE ESTRATIGRAFICO HUAYTIQUINA

Nº 3 - S.C.O.H. = 1062

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 10%, gruesa 10%, media 25%, muy fina 20%, grava subredondeada media 5%, chica 5%, arena fina 25%	2.25	0.00	2.25
Arena muy gruesa 25%, gruesa 30%, media 10%, fina 10%, muy fina 10%, grava subredondeada grande 5%, chica 5%, ripio subredondeado chico 5%.	2.75	2.25	5.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 15%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 10%, chica 25%.	5.00	5.00	10.00
Arena muy gruesa 15%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 10%, chica 15%.	2.75	10.00	12.75
Arena muy gruesa 10%, gruesa 10%, media 10%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 15%, media 10%, chica 10%, ripio subredondeado 20%.	11.25	12.75	24.00
Arena muy gruesa 15%, gruesa 10%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 15%, ripio chico subredondeado 20%.	12.00	24.00	36.00
Arena muy gruesa 10%, gruesa 15%, media 15%, fina 10%, muy fina 10%, grava subredondeada grande 10%, media 5%, chica 5%, ripio chico subredondeado 20%.	9.00	36.00	45.00
Arena muy gruesa 10%, gruesa 10%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 15%, media 15%, chica 10%, ripio chico subredondeado 20%.	3.45	45.00	48.45
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 15%, fina 10%, muy fina 5%, grava chica subredondeada 20%.	6.67	48.45	55.12

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 15%, gruesa 10%, media 5%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 15%, chica 15%, ripio chico subredondeado 20%.	2.88	55.12	58.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 15%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 5%, chica 20% ripio chico subredondeado 10%.	6.00	58.00	64.00
Arena muy gruesa 10%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, grava subredondeada media 10%, chica 10%.	9.00	64.00	73.00
Arena muy gruesa 10%, gruesa 30%, media 30%, fina 15%, muy fina 10%, grava media subredondeada 5%.	3.00	73.00	76.00
Arena muy gruesa 15%, gruesa 15%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 20%, media 5%, chica 5%, ripio chico subredondeado 20%.	4.00	76.00	80.00
Arena muy gruesa 15%, gruesa 15%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 15%, media 10%, chica 10%, ripio chico subredondeado 15%.	5.00	80.00	85.00
Arena muy gruesa 15%, gruesa 5%, media a muy fina 10%, grava subredondeada grande 20%, media 20%, chica 20%, ripio chico subredondeado 10%.	5.00	85.00	90.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 15%, ripio chico subredondeado 10%, media 5%.	4.20	90.00	94.20
Arena muy gruesa 20%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, grava subredondeada media 5%, chica 5%.	5.80	94.20	100.00
Arena muy gruesa. 10%, gruesa 35%, media 35%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada chica 5%.	8.73	100.00	108.73
Arena muy gruesa 10%, gruesa 10%, media			

	POTENCIA	DE	HASTA
10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 15%, chica 15%, ripio subredondeado medio 5%, chico 15%.	5.72	108.73	114.45
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 5%, chico 10%.	5.55	114.45	120.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 25%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 5%, chica 15%.	1.49	120.00	121.49
Arena muy gruesa 20%, gruesa 15%, media 15%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%.	3.51	121.49	125.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 30%, media 15%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, chica 10%, ripio chico subredondeado 5%.	12.00	125.00	137.00
Arena muy gruesa 15%, gruesa 15%, media 15%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 15%, ripio chico subredondeado 5%.	11.96	137.00	148.96
Ceniza color café un poco arcillosa.	4.90	148.96	153.86
Arena muy gruesa 15%, gruesa 45%, media 25%, fina 10%, muy fina 5%.	3.25	153.86	157.11
Ignimbrita blanca (afanítica muy soldada) 70%, ceniza blanca 10%, arena gruesa a muy fina 20%.	3.54	157.11	160.65
Ceniza blanca 100% (en húmedo el color es plomo verdoso).	9.69	160.65	170.34
Arena muy gruesa 10%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, ceniza blanca 10%, ignimbrita blanca 10%.	2.35	170.34	172.69
Ceniza color blanco en seco, café claro húmeda.	3.11	172.69	175.80
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, ceniza blanca 15%, grava subredondeada gruesa a chica 10%.	5.13	175.80	180.93

	POTENCIA	DE	HASTA
Ceniza color blanco en seco y verde claro húmeda.	8.57	180.93	189.50
Ignimbrita color blanco (afanítica) 80%, ceniza blanca 20%.	0.92	189.50	190.42
Arena cuarzosa, muy gruesa 10%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, ignimbrita blanca 20%.	0.99	190.42	191.41
Ignimbrita blanca 70%, ceniza blanca 30%	3.34	191.41	194.75
Ceniza color blanco en seco, café claro verdoso húmeda.	7.15	194.75	201.90
Ceniza blanca 50%, negra 40%, ignimbrita blanca 10%	4.37	201.90	206.27
Ignimbrita blanca 00%, ceniza blanca 20%	3.73	206.27	210.00
Ignimbrita blanca 80%, ceniza blanca 20%.	3.22	210.00	213.22
Ceniza color blanco en seco, café claro en húmedo.	1.56	213.22	214.78
Ignimbrita blanco en seco, café plumizo claro en húmedo afanítica.	3.87	214.78	218.65
Ignimbrita color rosado claro afanítica.	3.00	218.65	221.65
Arena muy gruesa 25%, gruesa 10%, media 5%, grava subangular a subredondeada grande 5%, media 25%, chica 30%.	8.55	221.65	230.20
Arena muy gruesa 15%, gruesa 30%, media 30%, fina 10%, muy fina 5%, grava chica 10%.	1.05	230.20	231.25
Ignimbrita rosada afanítica.	12.50	231.25	243.75
Arena cuarzosa subredondeada a redondeada muy gruesa 25%, media 10%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada media 15%, chica 10%, arena gruesa 25%	2.58	243.75	246.33
Arena cuarzosa (qz. amarillo) subredondeada a redondeada muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 20%, fina 10%, muy fina 5% grava subredondeada media 5%, chica 10%.	2.45	246.33	248.78
Arena cuarzosa (cuarzo amarillo y blanco			

	POTENCIA	DE	HASTA
transparente) muy gruesa 15%, gruesa 10%, media 5%, fina 5%, muy fina 5% , grava subredondeada grande 15%, media 10%, chica 15%, ripio chico subredondeado 20%.	1.40	248.78	250.18
Ignimbrita color café claro de grano grueso con cristales de cuarzo transparente y biotita.	31.27	250.18	281.45
Ignimbrita igual a la anterior, más blanda.	3.75	281.45	285.20
Ceniza color café con un 20%, de arena media a muy fina.	1.54	285.20	286.74
Arena muy gruesa 15%, gruesa 25%, media 30%, fina 10%, muy fina 5%, grava grande 5%, media 5%, chica 5%.	1.08	286.74	287.82
Ceniza color café con un 20% de arena media a muy fina.	1.77	287.82	289.59
Arena cuarzosa muy gruesa 15%, gruesa 35%, media 30%, fina 10%, muy fina 5% , grava media subredondeada 5%.	4.63	289.59	294.22
Arena cuarzosa muy gruesa 15%, gruesa 35%, media 30%, fina 10%, muy fina 5% , grava media subredondeada 5%.	2.34	294.22	296.56
Arena muy gruesa 15%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 15%, chica 15%.	3.94	296.56	300.50
Arena muy gruesa 10%, gruesa 40%, media 35%, fina 10%, muy fina 5%.	1.20	300.50	301.70
Arena muy gruesa 15%, gruesa 25%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, grava subangular media 10%, chica 10%, ripio chico subangular 5%.	3.55	301.70	305.25
Arena muy gruesa 15%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 5%, grava subangular a subredondeada grande 5%, media 5%, chica 10%.	4.95	305.25	310.20

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 20%, gruesa 30%, media 30%, fina 10%, grava chica 10%.	3.39	310.20	313.59
Arena muy gruesa 15%, gruesa 25%, media 15%, fina 10%, muy fina 5%, grava suban- gular grande 10%, media 10%, chica 10%.	3.00	313.59	316.59
Arena muy gruesa 10%, gruesa 20%, media 20%, fina 5%, grava subredondeada gran- de 5%, media 15%, chica 20%, ripio chi- co subredondeado 5%.	28.11	316.59	344.70
Arena muy gruesa 15%, gruesa 30%, media 25%, fina 10%, muy fina 5%, grava suban- gular a subredondeada grande 5%, chica 5%, media 5%.	2.20	344.70	346.90
Arena fina 15%, muy fina 15%, limo 70%.	1.90	346.90	348.80
Arena muy gruesa 30%, gruesa 25%, media 15%, fina 10%, muy fina 5%, grava chica 15%.	3.95	348.80	352.75
Arena muy gruesa 10%, gruesa 30%, media 30%, fina 20%, muy fina 10%.	1.30	352.75	354.05
Arena muy gruesa 5%, gruesa 40%, media 45%, fina 5%, muy fina 5%.	1.80	354.05	355.85
Bolón.	0.25	355.85	356.10
Arena fina 15%, muy fina 15%, limo 70%.	15.63	356.10	371.73
Arena muy gruesa 10%, gruesa 30%, media 35%, fina 15%, muy fina 10%.	5.40	371.73	377.13
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, grava media y chica 5%.	3.71	377.13	380.84
Arena muy gruesa 15%, gruesa 20%, media 30%, fina 15%, muy fina 5%, grava suban- gular grande 5%, media 5%, chica 5%.	1.74	380.84	382.58
Arena fina 15%, muy fina 15%, limo 60%, arcilla 10%.	0.65	382.58	383.23
Arena cuarzosa muy gruesa 5%, gruesa 10%			

	POTENCIA	DE	HASTA
media 35%, fina 25%, muy fina 10%, limo 10%, grava media y chica 5%.	4.66	383.23	387.89
Arena cuarzosa muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina 5%, muy fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 10%, chica 20%, ripio chico subredondeado 5%.	4.75	387.89	392.64
Arena cuarzosa muy gruesa 10%, gruesa 15%, media 25%, fina 20%, muy fina 10%, limo 15%, grava grande a chica 5%.	2.25	392.64	394.89
Arena cuarzosa muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, muy fina 10%, grava subredondeada grande 5%, media 5%, chica 5%, ripio chico subredondeado 5%.	5.16	394.89	400.05
Arena cuarzosa muy gruesa 20%, gruesa 40%, media 25%, fina 10%, grava subredondeada grande a chica 5%.	1.45	400.05	401.50
Arena cuarzosa muy gruesa 30%, gruesa 35%, media 15%, fina 10%, grava subredondeada grande a chica 10%.	5.42	401.50	406.92
Arena cuarzosa muy gruesa 15%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo arcilloso 20%, grava subredondeada a subangular grande 10%, media 10%, chica 5%.	11.95	406.92	418.87
Arena cuarzosa muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20%, fina y muy fina 10%, arcilla 30%.	8.31	418.87	427.18
Arena cuarzosa muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 10%, fina y muy fina 10%, ceniza 50%.	10.68	427.18	437.86
Ignimbrita color gris claro con cristales de cuarzo.	12.14	437.86	450.00

=====

= C A M A R = N o 1 o =

<u>Pozo S.A.S. # 937</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena media (30%), fina (30%), grava media (5%), ripio fino (5%), lima (30%).	0.50	0.00	0.50
Grava media (50%), fina (30%), ripio fino (20%), subredondeados a redondeados.	0.60	0.50	1.10
Grava fina (40%), media (30%), arena muy gruesa (30%), subredondeados.	28.90	1.10	30.00
Grava fina (40%), arena muy gruesa (20%), gruesa (20%), media (20%).	5.00	30.00	35.00
Grava fina (50%), media (30%), arena muy gruesa (20%), subredondeados a subangular.	60.90	35.00	95.90
Grava media (20%), grava fina (30%), arena muy gruesa, gruesa y fina (30%), ceniza (20%).	2.80	95.90	98.70
Ceniza limosa (90%), grava media (10%), redondeada a angulosa.	19.50	98.70	118.20
Limo arcilloso (70%), ceniza gris blanco (30%).	31.80	118.20	150.00
Limo arcilloso (60%), ceniza (30%), grava fina (10%), redondeada a subredondeada.	45.00	150.00	195.00
Ceniza gris (60%), limo arcilloso (30%), arenisca muy fina, un poco calcárea (10%).	10.00	195.00	205.00
Ceniza gris y negra (60%), limo arcilloso (40%).	8.00	205.00	213.00
Ceniza (calcárea), blanca, ceniza gris.	7.00	213.00	220.00
Ceniza (calcárea) blanca, ceniza gris, caliza? (un poco calcáreo), arenisca?.	10.00	220.00	230.00
Ceniza gris y blanca.	10.00	230.00	240.00
Ceniza gris, blanca, limo arcilloso (20%).	10.00	240.00	250.00
Ceniza gris, blanca.	17.00	250.00	267.00

121.-

I - 43

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Ceniza, limo, arena muy gruesa (10%).	9.00	267.00	276.00
Arena muy gruesa (30%), grava fina (30%), ceniza y limo.	14.60	276.00	290.60
Ceniza limo, grava fina (20%), arena (20%).	22.20	290.60	312.80
Limo, ceniza (20%), grava fina (10%), arena (10%).	18.20	312.80	331.00

= = = = =

SONDAJE ESTRATIGRAFICO LAGUNA LINQUE

SCOH - 945

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arcilla 20%, ceniza solidificada (posiblemente depositada en agua, tiene restos vegetales).	3.10	7.30	10.40
Ceniza solidificada (tiene restos vegetales)	1.50	10.40	11.90
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 10%, fina 10%, muy fina 10%, grava subredondeada media y chica 10%.	2.15	11.90	14.05
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 10%, grava subredondeada grande 5%, media 10%, chica 10%, ceniza 5%.	4.45	14.05	18.50
Arcilla 80%, ceniza 20%.	7.60	18.50	26.10
Arena muy gruesa 20%, gruesa 30%, media 30%, fina 10%, muy fina 10%.	1.40	26.10	27.50
Ceniza color café verdoso claro	3.60	27.50	31.10
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, grava subredondeada media y chica 5%.	0.85	31.10	31.95
Grava suredondeada grande 15%, media 35%, Chica 30%, arena muy gruesa a muy fina 20%	4.30	31.95	36.25
Grava subredondeada a redondeada grande 10% media 30%, chica 30%, arena muy gruesa 10%, media a muy fina 10%.	2.50	36.25	38.75
Arena muy gruesa 40%, gruesa 20%, media a muy fina 10%, grava suredondeada a redondeada media 10%, chica 20%.	0.50	38.75	39.25
Ceniza Color café amarillo claro	9.40	39.25	48.65
Grava subredondeada a redondeada grande 10%, media 20%, chica 30%, arena muy gruesa 30%, gruesa a muy fina 10%.	4.35	48.65	53.00

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 30%, gruesa 10%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 30%.	6.95	53.00	59.95
Ceniza color verde amarillo 70%, arena muy gruesa 10%, media a muy fina 20%.	2.75	59.95	62.70
Arena muy gruesa 30%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, arcilla color negro 10%, grava subredondeada a redondeada chica 20%.	2.95	62.70	65.65
Ceniza gris solidificada con abundantes restos vegetales (calcárea).	0.90	65.65	66.55
Grava subangular grande 20 %, media 20%, chica 20%, arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, ripio chico subangular 10%.	1.40	66.55	67.95
Ceniza color gris verdoso (calcárea).	3.45	67.95	71.40
Ceniza gris y limo arcilloso color negro (calcárea).	1.90	71.40	73.30
Ceniza 50%, caliza 50%, (con restos vegetales).	4.00	73.30	77.30
Caliza color café claro; 20% ceniza	0.45	77.30	77.75
Caliza	5.45	77.75	83.20
Caliza	2.40	83.20	85.60
Ceniza blanca (calcárea)	5.50	85.60	91.10
Ceniza Blanca y caliza	4.30	91.10	95.40
Arena muy gruesa a muy fina 30%, arcilla 10%, ceniza 50%, ceniza solidificada 10%.	1.00	95.40	96.40
Arcilla	5.00	96.40	101.40
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subredondeada a redondeada media 20%, chica 15%.	11.20	101.40	112.60
Ceniza gris verdosa 80%, con un 20% de ceniza solidificada	6.80	112.60	119.40

	POTENCIA	DE	HASTA
Arcilla 90%, ceniza 10%.	1.50	119.40	120.90
Ceniza café claro	4.35	120.90	125.25
Arena muy gruesa 25%, gruesa 10%, media a muy fina 10%, grava subredondeada a redondeada grande 5%, media 5%, chica 25%, ceniza 20%.	7.65	125.75	132.90
Ceniza gris verdosa 80%, ceniza blanca 20%.	3.70	132.90	136.60
Ceniza café clara y ceniza blanca 20%	16.40	136.60	153.00
Ceniza gris verde claro	6.05	153.00	159.05
Ignimbrita color ladrillo (posible bolón)	0.80	159.05	160.85
Grava subangular a subredondeada grande 10%, media 30%, chica 30%, arena muy gruesa 20%, gruesa a muy fina 10%.	4.15	160.85	165.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 20%, media a muy fina 10%, grava subangular a subredondeada gruesa y media 10%, chica 30%.	5.00	165.00	170.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, grava subangular a subredondeada grande 15%, media 10%, chica 20%.	5.00	170.00	175.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media, chica 20%.	5.00	175.00	180.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%, ripio chico subredondeado 10%.	5.00	180.00	185.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 10%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%	5.00	185.00	190.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%, ripio chico subredondeado 5%.	5.00	190.00	195.00

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 20%, gruesa 15%, media 15%, fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 15%, chica 15%, ripio chico subredondeado 5%.	5.00	195.00	200.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 10%, fina 5%, grava subredondeada grande 10%, media 20%, chica 20%, ripio chico subredondeado 5%.	5.65	200.00	205.65
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, grava subredondeada gruesa 10%, media 25%, chica 25%, ripio chico subredondeado 10%.	4.35	205.65	210.00
Arena gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina 5%, grava subredondeada grande 5%, media 15%, chica 20%.	6.40	210.00	216.40
Arena muy gruesa 15%, gruesa 10%, media 10%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 15%, limo arcilloso color negro 30%.	2.40	216.40	218.80
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 5%, grava subredondeada grande 5%, media 15%, c chica 20%, ripio chico subredondeado 5%, arcilla 20%.	6.20	218.80	225.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 10%, media 5%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 25%, limo 10%, arcilla 5%.	5.00	225.00	230.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 5%, grava subangular a subredondeada grande 5%, media 10%, chica 20%, limo 10%.	5.00	230.00	235.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 5%, chica 10%, limo 10%, arcilla 10%, grava subangular a subredondeada grande y media 5%.	5.22	235.00	240.22
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subredondeada grande 5%, media 10%, chica 10%, ripio chico subredondeado 5%, limo 5%, arcilla 15%.	4.78	240.22	245.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 10%, media 5%, fina y muy fina 5%, ripio chico subangular a subredondeado 10%, grava subangular a subredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%, limo 10%.	3.25	245.00	248.25

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 20%, fina y muy fina 10%, grava subredondeada grande 5%, media 5%, chica 10%.	1.60	248.25	249.85
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 10%, limo 10%, arcilla 10%.	2.15	249.85	252.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada grande 5%, media 15%, chica 20%.	1.50	252.00	253.50
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20% fina 10%, muy fina 5%, grava subangular a subredondeada grande y media 5%, chica 5%, limo 5%, arcilla 10%.	1.90	253.50	255.40
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, grava subangular grande y media 5%, chica 15%, limo 5%.	5.75	255.40	261.15
Arena muy gruesa 20%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, grava chica 10%.	1.20	261.15	262.35
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 5%, limo 5%, ripio chico subredondeado 5%, grava subredondeada grande 5%, media 15%, chica 15%.	2.65	262.35	265.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava suredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%.	5.00	265.00	270.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20%, fina y muy fina 10%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 10%.	12.46	270.00	282.46
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10% fina y muy fina 10%, grava subredondeada grande 10%, media 10%, chica 20%.	7.44	282.46	289.90
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 20% fina 10%, muy fina 10%, cuarzosa, cuarzo transparente	3.28	289.90	293.18
Arena muy gruesa 15%, gruesa 25%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, grava media y chica 5% limo 5%, arcilla 5%.	2.40	293.18	295.58

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 10% fina 5%, grava subangular a subredondeada grande 5%, media 10%, chico 20%.	4.42	295.58	300.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 20%, fina 5%, grava subangular media 5%, chica 10%.	6.00	300.00	306.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 20%, fina 10%, muy fina 10%, grava subangular a subredondeada chica 15%, limo 5%.	0.90	306.00	306.90
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 10%, fina 10%, muy fina 10%, grava subangular grande 5%, media 5%, chica 10%.	7.80	306.90	314.70
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 20%, fina 10%, muy fina 5%, grava subangulosa a subredondeada chica 15%.	1.20	314.70	315.90
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, muy fina 5%, grava subangular media 10%, chica 20%.	9.10	315.90	325.00
Arena muy gruesa 35%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 5%, chica 20%.	25.00	325.00	350.00
Arena muy gruesa 35%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 5%, grava subangular a subredondeada chica 20%.	3.00	350.00	353.00
Arena muy gruesa 35%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 5%, chica 20%.	6.00	353.00	359.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 20%, fina y muy fina 10%, grava chica angular a subangular 10%.	15.00	359.00	374.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, ripio anguloso a subanguloso grande 5%, medio 5%, grava angulosa a subredondeada media 10%, chica 20%.	3.00	374.00	377.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 30%, media 20%, fina 10%, muy fina 10%, grava chica 5%.	3.00	377.00	380.00

	POTENCIA	DE	HASTA
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, muy fina 5%, ripio chico subredondeado 5%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 20%.	3.00	380.00	383.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 15%, media 10%, grava subredondeada grande 5%, media 10%, chica 35%.	2.40	383.00	385.40
Bolón de andesita	1.00	385.40	386.40
Arena muy gruesa 20%, gruesa 20%, media 10%, fina 10%, muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 20%.	16.94	386.40	403.34
Arena muy gruesa 10%, gruesa 10%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 20%, arcilla 40%.	1.00	403.34	404.34
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 5%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 20%.	3.66	404.34	408.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 25%	3.00	408.00	411.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 15%, fina y muy fina 10%, grava chica 15%.	3.00	411.00	414.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 5%, grava subangular a subredondeada media 5%, chica 10%.	3.00	414.00	417.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 5%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 20%.	3.00	417.00	420.00
Arena muy gruesa 35%, gruesa 25%, media 10%, fina y muy fina 10%, limo 5%, grava subangular a subredondeada media 5%, chica 10%.	3.00	420.00	423.00
Arena muy gruesa 25%, gruesa 25%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subangular a subredondeada media 10%, chica 20%.	3.00	423.00	426.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 30%, media 20%, fina y muy fina 10%, grava chica subangular a subredondeada 10%.	3.00	426.00	429.00

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa 25%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subredondeada media 10%, chica 25%.	3.00	429.00	432.00
Arena muy gruesa 30%, gruesa 20%, media 10%, fina y muy fina 10%, grava subredondeada chica 30%.	2.48	432.00	434.48
Arena muy gruesa 15%, gruesa 15%, media 10%, fina 10%, muy fina 10%, limo 10%, arcilla 30%	3.52	434.48	438.00
Arcilla 55%. limo 35, arena media a muy fina 10%	4.54	438.00	442.54
Arena muy gruesa 15%, gruesa 30%, media 25%, fina 15%, muy fina 10%, grava chica 5%.	3.46	442.54	446.00
Arena muy gruesa 20%, gruesa 30%, media 25%, fina 10%, muy fina 10%, grava chica 5%.	3.00	446.00	449.00
Arena 60%, muy gruesa a muy fina, grava 40% gruesa a chica subangular a subredondeada	56.85	449.00	505.85
Limo 40%, arena gruesa a muy fina 60%	1.40	505.85	507.25
Ripio chico 5%, grava 40% gruesa a chica subangular a subredondeada, arena 55% muy gruesa a muy fina	6.45	507.25	513.70
Bolón de ignimbrita gris	0.60	513.70	514.30
Arena 80% muy gruesa a muy fina, grava 20% media a chica	10.87	514.30	525.17
Arena 70% muy gruesa a muy fina, limo 20% grava chica 10%	6.31	525.17	531.48
Arena muy gruesa a muy fina 60% grava chica 10% limo arcilloso 30%	43.72	531.48	575.20
Arcilla	1.40	575.20	576.60

= S O C A I R E = N o 1 =

<u>Pozo S.C.O.H. # 934</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Grava fina (30%), media (30%), gruesa (20%), (subredondeadas), arena gruesa, media (20%), bolones chicos.	10.41	0.00	10.41
Limo arcilloso con un 10% de grava fina y media.	6.68	10.41	17.09
Arena gruesa, muy gruesa, media, fina (70%), grava fina (20%), media (10%) (subredondeadas a subangular).	7.39	17.09	24.48
Grava fina (40%), arena muy gruesa, gruesa media fina (20 a 30%), grava media y gruesa (20%), limo (10%).	1.91	24.48	26.39
Grava fina (70%), subangular a subredondeada, arena muy gruesa (10%), grava media y gruesa (20%).	15.15	26.39	41.54
Limo arcilloso con ceniza (calcárea).	2.23	41.54	43.77
Limo con ceniza (calcárea), arena media a fina (10%), arenisca muy fina y fina con cemento calcáreo (10%).	8.21	43.77	51.98
Arena media (30%), grava fina (30%), arena muy gruesa (30%), arena gruesa y fina (10%).	16.41	51.98	68.39
Grava fina (30%), arena fina (30%), arena muy gruesa y gruesa (20%), limo y ceniza.	15.16	68.39	83.55
Limo con ceniza calcárea (40%), caliza (50%), grava fina y arena muy gruesa (10%), (en la grava hay pedacitos de arenisca con cemento calcáreo).	3.98	83.55	87.53
Caliza (70%), ceniza (25%), shert?, sílice (5%).	43.09	87.53	130.62
Grava fina (50%), media (30%), arena muy gruesa (20%), subredondeadas a subangulosas.	4.38	130.62	135.00
Grava fina (70%), media (20%), arena muy gruesa (10%), subredondeadas a subangulosas.	5.00	135.00	140.00

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Grava fina (60%), media (20%), arena muy gruesa (20%), subredondeada a subangulosa.	8.00	140.00	148.00
Grava media (50%), grava fina (25%), arena media, gruesa y fina (25%), subangulosas a subredondeadas.	14.00	148.00	162.00
Arena muy gruesa (30%), arena gruesa (15%) arena media (15%), grava fina (30%), media y gruesa (10%).	6.75	162.00	168.75
Grava fina (40%), arena muy gruesa (40%), grava media (20%), subangulares a subredondeadas.	25.84	168.75	194.59
Grava fina (20%), arena muy gruesa (30%), gruesa (10%), media (10%), grava media (30%).	6.03	194.59	200.62
Arena muy gruesa (50%), gruesa (10%), media (10%), grava fina (30%),	9.08	200.62	209.70
Grava fina (60%), arena muy gruesa (30%), grava media (10%).	5.25	209.70	214.95
Arena muy gruesa (60%), grava fina (30%), arena gruesa y media (10%).	5.05	214.95	220.00
Arena muy gruesa (40%), grava fina (40%), grava media.	5.00	220.00	225.00
Arena gruesa y media; en partes varían los porcentajes y presenta intercalaciones de arcilla, en profundidad aumenta el porcentaje de arena sobre la grava.	113.50	225.00	338.50

=====

= T I L O M O N T E N o 1 . =

<u>Sondaje S.A.S. # 880</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Limo arcilloso con costra de sal.	0.20	0.00	0.20
Limo arcilloso café.	1.95	0.20	2.15
Arena gruesa, media, grava fina.	3.05	2.15	5.20
Arena media, gruesa, grava media, gruesa, limo arcilloso.	5.18	5.20	10.38
Arena media y gruesa, ceniza (10%).	3.33	10.38	13.71
Ceniza amarillo-blanco.	2.09	13.71	15.80
Arena media, gruesa, grava fina, ceniza (10%).	2.70	15.80	18.50
Arena gruesa y muy gruesa, ceniza amarillo claro.	3.10	18.50	21.60
Arena gruesa y muy gruesa, con ceniza (5 a 10%).	3.40	21.60	25.00
Ceniza color amarillo.	8.50	25.00	33.50
Ceniza color blanco.	2.40	33.50	35.90
Ceniza color amarillo y gris con pedazos de vidiro volcánico?.	3.10	35.90	39.00
Ceniza color amarillo con vidrio volcánico.	3.50	39.00	42.50
Ceniza color amarillo y caliza blanca (10 a 20%).	5.90	42.50	48.40
Ceniza color amarillo y caliza blanca ? (30 a 40%).	43.57	48.40	91.97
Caliza blanca.	10.05	91.97	102.02

= = = = =

T I L O M O N T E N º 2.
 = = = = =

<u>Pozo S.C.O.H. # 920</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena media, fina, gruesa, grava fina (angulosa), media y limo.	0.30	0.00	0.30
Limo arcilloso.	2.47	0.30	2.77
Grava fina (70%), media (25%), arena muy gruesa (5%), subangulosas a angulosas.	2.70	2.77	5.47
Limo arcilloso, grava media y fina.	5.53	5.47	11.00
Arena muy gruesa (subangulosa), grava fina (subangulosa), media y gruesa (angulosas).	1,60	11,00	12,60
Ceniza blanca café (limosa), con grava fina y media.	1.05	12.60	13.65
Grava fina (40%), media (30%), subangulosas, ripio fino (20%), subanguloso a subredondeado, arena muy gruesa (10%).	1.60	13.65	15.25
Ceniza blanca algo limosa.	3.03	15.25	18.28
Limo arcilloso con arena muy gruesa angulosa y un poco de grava fina.	1.82	18.28	20.10
Limo arcilloso, arena muy gruesa, grava gruesa.	0.40	20.10	20.50
Limo arcilloso (90%), arena muy gruesa, grava media.	0.80	20.50	21.30
Ceniza blanca (30%), caliza (70%), blanca.	5.60	21.30	26.90
Ceniza blanca con un poco de limo.	22.40	26.90	49.30
Arena muy gruesa (50%) de ignimbrita gris, arena gruesa (25%), y grava fina (25%).	4.80	49.30	54.10
Ignimbrita gris (soldada).	23.10	54.10	77.20

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Ignimbrita gris y gris-café con cristales de mica negra.	0.75	77.20	77.95
Ignimbrita gris-verde claro con cristales de mica rojiza.	1.85	77.95	79.80
Grava fina (65%), media (25%), arena muy gruesa (10%), angulosas a subangulosas.	6.60	79.80	86.40
Grava media (60%), fina (30%), arena muy gruesa (10%).	4.64	86.40	91.04
Grava gruesa (60%), media (40%), angulosas.	5.51	91.04	96.55
Limo, grava media, gruesa, fina, arena muy gruesa.	9.75	96.55	106.30
Grava media, fina, arena muy gruesa, media, ceniza, arenisca con cemento calcáreo.	1.80	106.30	108.10
Arenisca con cemento calcáreo, grava fina (5%).	0.65	108.10	108.75

= = = = =

= T I L O M O N T E = N O 3 =

129.-
I - 57

Pozo S.C.O.H # 951	POTENCIA	DE	HASTA
Limo arcilloso con sal.	3.50	0.00	3.50
Limo arcilloso con 5% de grava gruesa a fina, redondeada.	1.80	3.50	5.30
Grava fina subangulosa (50%), grava media y gruesa (30%), subangulosa a subredondeada, limo (20%).	0.25	5.30	5.55
Limo arcilloso con un 10% de arena fina a media.	5.32	5.55	10.87
Ceniza blanca, limo (20%), caliza blanca (10%).	2.69	10.87	13.56
Grava fina (40%), subangulosa, arena muy gruesa (20%), gruesa (10%), media (10%), subangulosa a subredondeada, grava media (10%) subangulosa, limo (10%).	4.50	13.56	18.06
Grava fina y media (50%), arena muy gruesa gruesa, media y fina (40%), subangulosa, limo (10%).	1.61	18.06	19.67
Grava media (20%), fina (20%), arena muy gruesa (20%), arena gruesa, media y fina (20%), subangulares a subredondeadas, limo (20%).	1.99	19.67	21.66
Limo (60%), arena muy gruesa (20%), subredondeada, arena media y fina (10%), subredondeadas.	8.64	21.66	30.30
Ceniza limosa calcárea, caliza blanca (10%).	2.60	30.30	32.90
Caliza blanca.	1.15	32.90	34.05
Arenisca con cemento calcáreo, presenta clastos de tamaño de grava fina.	3.30	34.05	37.35
Ceniza limosa calcárea.	7.15	37.35	44.50
Ignimbrita gris con cristales de biotita (40%), ignimbrita blanca (40%), ceniza blanca limos (20%).	2.15	44.50	46.65

	POTENCIA	DE	HASTA
-gnimbrita gris con cristales de biotita y cuarzo.	36.01	46.65	82.66
Ignimbrita rosada.	1.24	82.66	83.90
Grava fina (40%), media (30%), gruesa (30%), subangular a subredondeada (el 50% de la grava corresponde a andesita negra; al parecer con bolones).	7.60	83.90	91.50
Grava fina (50%), bolones de andesita.	7.96	91.50	99.46
Ceniza limosa (50%), grava media (10%), subangulosa a subredondeada, grava fina (10%), subangulosa a subredondeada, arena muy gruesa a media (30%).	5.64	99.46	105.10
Andesita negra, posibles bolones.	6.80	105.10	111.90
Grava fina (60%), subredondeada, ceniza limosa (10 a 20%), grava media y gruesa (20%) subredondeada.	4.45	111.90	116.35
Arenisca café con cemento calcáreo (tiene clastos de tamaño de grava fina, subredondeados).	9.20	116.35	125.55
Ceniza amarilla.	8.25	125.55	133.80

= = = = =

T I L O M O N T E = N o 4. =

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Limo arcilloso, ripio fino 20%, redondeado, arena fina y media 10%.	1.26	0.00	1.26
Limo arcilloso.	2.74	1.26	4.00
Limo arcilloso con 5% de arena fina y media.	6.07	4.00	10.07
Ceniza gris blanca, limosa calcárea, con 5% de caliza.	1.90	10.07	11.97
Limo arcilloso con un 5 a 10% de arena muy fina a media.	2.93	11.97	14.90
Ceniza blanca, limosa-calcárea con un 10% de caliza.	0.60	14.90	15.50
Limo arcilloso con un 10% de caliza.	3.75	15.50	19.25
Grava fina 30%, media 10%, gruesa 10%, subredondeada, arena mg. 10%, subredondeada, arena fina a gruesa 10%, limo 30%.	0.85	19.25	20.10
Grava media y gruesa 80% (en parte es de andesita y arenisca), subangular, limo 20%.	2.75	20.10	22.85
Grava fina 40%, subangular a subredondeada, arena media a fina 30%, limo 30%.	1.00	22.85	23.85
Arena muy gruesa y gruesa 20%, grava fina y media 20%, subredondeada a subangular, arena fina y muy fina 10%, limo 50%.	1.02	23.85	24.87
Arena muy gruesa y gruesa 40%, grava fina, 30%, subredondeada a subangular, limo 30%.	3.62	24.87	28.49
Arena muy gruesa a media 50%, grava fina 20%, limo 30%.	1.38	28.49	29.87
Ceniza blanca calcárea.	1.16	29.87	31.03

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Caliza blanca con un 10% de ceniza blanca calcárea.	2.05	31.03	33.08
Arena muy gruesa 40%, arena gruesa y media 20%, grava fina 30%, media 10%.	1.75	33.08	34.83
Limo con ceniza con un 10% de grava fina y arena.	1.57	34.83	36.46
Ceniza blanca con un 5 a 10% de arena fina.	2.20	36.46	38.60
Ceniza limosa con un 20% de caliza y 10 a 20% de arena muy fina a muy gruesa y grava fina y media.	3.93	38.60	42.53
Caliza con un 20% de ceniza.	3.96	42.53	46.49
Ignimbrita gris con cristales de biotita y cuarzo (vidrioso).	15.01	46.49	61.50
Ignimbrita gris clara con cristales de biotita, y cuarzo en partes mica rojiza, (la biotita aparece en partes alterada.).	10.00	61.50	71.50
Ignimbrita gris morada con cristales de biotita y cuarzo (vidriosa).	10.73	71.50	82.83
Ignimbrita rosada con cristales de biotita y cuarzo.	1.27	82.83	83.50
Grava fina 60%, media 20% subredondeada a subangular, posibles bolones de andesita.	13.60	83.50	97.10
Grava fina 40%, arena media a fina 20% , limo con ceniza 40%.	3.10	97.10	100.20

=====

<u>Pozo S.A.S. 874</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Limo arcilloso con sal.	9.39	0.00	9.39
Arena gruesa a fina, grava fina.	4.51	9.39	13.90
Ceniza blanca amarilla.	3.05	13.90	16.95
Limo arcilloso café, ceniza (10%)	2,55	16,95	19,50
Limo arcilloso café, grava fina (10%)	3,30	19.50	22,80
Limo arcilloso café.	5,02	22,80	27,82
Limo arcilloso café, grava fina (10%)	2,70	27,82	30,52
Caliza blanca.	2,03	30,52	32,55
Limo arcillosa, café con ceniza	0,47	32,55	33,02
Limo arcilloso café claro de textura más gruesa que la anterior.	1,84	33,02	34,86
Caliza café limosa? (o arenisca limosa calcárea).	2,25	34,86	37,11
Caliza blanca en partes arenosa.	1,60	37,11	38,71
Caliza café limosa? (o arenisca muy fina limosa calcárea).	0.19	38,71	38,90
Caliza blanca con algo de limo café.	2,80	38,90	41,70
Limo arcilloso con ceniza y caliza blanca. (10%).	4,40	41,70	46,10
Caliza blanca.	2,60	46,10	48,70
Ignimbrita gris café con arena gruesa (10 a 20%).	19,56	48,70	68,46
Arena muy gruesa y gruesa.	0,64	68,46	69,10
Ignimbrita gris con cristales de mica rojiza y cuarzo (semejante a la anterior).	0,10	69,10	69,20

= = = = =

= T I L O P O Z O = N O Z O =

<u>Pozo S.C.O.H. # 919</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Grava fina(cuarzosa), grava media, grue <u>sa</u> .	3.40	0.00	3.40
Limo, grava fina.	2.90	3.40	6.30
Grava fina (80%) subredondeada, grava me <u>dia</u> , arena muy gruesa.	3.20	6.30	9.50
Limo arcilloso, grava media, fina, ripio fino.	2.00	9.50	11.50
Arena muy gruesa, grava fina, arena grue <u>sa</u> , grava media.	1.90	11.50	13.40
Arenisca fina café claro.	1.90	13.40	15.30
Limo, grava fina, arena muy gruesa, gra <u>va</u> gruesa.	2.20	15.30	17.50
Grava fina, arena muy gruesa, arena grue <u>sa</u> , grava gruesa.	1.70	17.50	19.20
Arenisca café claro fina, en partes más gruesa.	4.00	19.20	23.20
Grava fina, arena muy gruesa, arena grue <u>sa</u> , grava gruesa.	3.53	23.20	26.73
Ripio fino (clastos arenisca e ignimbri <u>ta</u> gris), grava fina, media, gruesa.	8.35	26.73	35.08
Ignimbrita gris claro.	16.59	35.08	51.67
Ignimbrita gris claro con fracturas re <u>l</u> lenas por carbonato.	20.39	51.67	72.06
Ignimbrita gris, igual a la anterior pe <u>r</u> o un poco más oscura.	1.64	72.06	73.70
Caliza café claro, arenosa con fracturas re <u>l</u> lenas por carbonato.	8.20	73.70	81.90
Arena muy gruesa, grava fina, ceniza.	5.05	81.90	86.95
Caliza blanca.	0.90	86.95	87.85
Grava fina, media gruesa, limo.	4.09	87.85	91.94

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Grava fina, media, arena gruesa, media, limo.	7.07	91.94	99.01
Arena muy gruesa, gruesa, grava fina, limo.	79.39	99.01	178.40
Arena gruesa, media y muy gruesa, con poco limo (cuarzosa, subangular a angular).	46.60	178.40	225.00

= = = = =

= T I L O P O Z O = N^o = 3 =

<u>Pozo S.C.O.H. # 952</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena media y fina (60%), suoredondeada, grava fina (30%), limo (10%).	0.60	0.00	0.60
Grava fina (40%), media (30%), gruesa (30%), subredondeada.	4.30	0.60	4.90
Limo arcilloso con un 10% de grava media y gruesa.	2.95	4.90	7.85
Grava fina (60%), subredondeada, grava media (20%) subredondeada, arenisca café (20%).	10.14	7.85	17.99
Arenisca café con cemento calcáreo.	22.81	17.99	40.80
Ignimbrita gris con cristales de mica rojiza y cuarzo.	9.20	40.80	50.00
Ignimbrita gris igual a la anterior, con fracturas rellenas por carbonato.	25.30	50.00	75.30
Arenisca café con cemento calcáreo (contiene clastos del tamaño de grava fina), en partes hay limolita calcárea.	21.38	75.30	96.68
Grava fina, media, arena muy gruesa a fina con un pequeño porcentaje de limo en algunas partes.	104.02	96.68	200.70

= = = = =

= T I L O P O Z O = N o = 4 . B O M B E O =

	<u>POTENCIA</u> <u>RECONOCIDA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa a media 60%, grava fina a gruesa 20%, ripio fino 10%, limo 10%.	0.40	0.00	0.40
Grava fina a gruesa, subredondeada a sub angular 70%, arena muy gruesa a media 30%, subredondeada a subangular.	4.90	0.40	5.30
Grava a media y gruesa 40%, grava fina 20%, arena muy gruesa y gruesa 20%, arena media a muy fina 10%, subredondeada a subangular, limo 10%.	8.40	5.30	13.70
Grava fina 50%, subredondeada, arena muy gruesa a gruesa 30%, grava media 20%, sub redondeadas a subangulares.	4.60	13.70	18.30
Arenisca color café claro con cemento cal cáreo.	12.70	18.30	31.00
Arenisca color café claro con cemento cal cáreo con clastos de tamaño grava media.	4.40	31.00	35.40
Arenisca color café claro con cemento cal cáreo.	5.80	35.40	41.20
Ignimbrita gris claro con cristales de mica rojiza y cuarzo (blanda).	5.60	41.20	46.80
Ignimbrita gris claro con cristales de biotita y cuarzo (dura).	8.20	46.80	55.00
Ignimbrita gris claro con cristales de mica rojiza y cuarzo (tiene grietas rellenas con carbonato) (semidura).	5.00	55.00	60.00
Ignimbrita igual que la anterior (color morada en mojado) (un poco más violeta).	14.80	60.00	74.80
Ignimbrita gris (en mojado color verde claro amarillo) con cristales de biotita y cuarzo (blanda).	0.90	74.80	75.70

	<u>POTENCIA</u> <u>RECONODICA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arenisca color café claro y rojiza, con cemento calcáreo.	10.20	75.70	85.90
Arenisca igual que la anterior con clas <u>tos</u> de tamaño grava fina.	0.70	85.90	86.60
Grava fina y media subredondeada a subangular 60% y arenisca un 40%.	3.40	86.60	90.00
Grava fina y media, subredondeada a subangular 60% y arenisca 40%.	5.00	90.00	95.00
Grava fina y media 50%, subredondeada a subangular, arena muy gruesa 30 a 35% , limo 5 a 15%.	5.00	95.00	100.00
Grava fina y media 80%, arena muy gruesa a gruesa 20%, subredondeados.	5.00	100.00	105.00
Grava fina 20%, media 30% y gruesa 15%, arena muy gruesa a media 20%, limo 5% , ripio fino 10%, subredondeados a subangulares.	5.00	105.00	110.00
Grava fina subredondeada 50%, arena muy gruesa a media 30%, media 10%, limo 10%.	6.90	110.00	116.90
Igual al material anterior (110.00 a 116.90).	10.60	116.90	127.50
Grava fina a media 30%, subangular a subredondeada, arena muy gruesa a media 40%, limo 30%.	42.80	127.50	170.30
Arena muy gruesa a gruesa 30%, grava fina 40%, limo y ceniza 30%.	24.40	170.30	194.70
Grava fina 60%, arena muy gruesa a gruesa 35%, un 5% de limo.	13.80	194.70	208.50
Grava fina y media 50%, arena muy gruesa y gruesa 40%, limo 5 a 10%.	10.10	208.50	218.60
Limo arcilloso 50%, grava fina y media arena muy gruesa y gruesa.	4.70	218.60	223.30
Arena gruesa y muy gruesa, grava fina limo (10%) (muy duro de perforar).	16.70	223.30	240.00

= = = = = = = = = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o = 1 = . =

<u>Pozo S.A.S. # 749</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina y media.	1.50	0.00	1.50
Ripio fino y medio con estratos de arenisca.	2.50	1.50	4.00
Arena fina y gruesa con ripio fino, limo oscuro y arenisca.	3.10	4.00	7.10
Conglomerado de arcilla limosa amarilla con arena gruesa y ripio fino.	3.50	7.10	10.60
Conglomerado de arcilla limosa oscura y amarilla con arena gruesa y ripio fino.	3.10	10.60	13.70
Conglomerado de arcilla limosa con ceniza volcánica, ripio fino y medio.	1.90	13.70	15.60
Conglomerado arcilla café limosa, arena gruesa y ripio fino.	5.55	15.60	21.15
Arena fina, media y gruesa, con ripio fino y medio.	6.65	21.15	27.80
Arcilla limosa café, blanda.	2.05	27.80	29.85
Ripio grueso, medio y fino.	7.45	29.85	37.30
Conglomerado de arcilla limosa amarilla.	9.05	37.30	46.35
Conglomerado de arcilla café y amarilla, limosa, con pómez, ripio fino y medio.	6.55	46.35	52.90
Pómez cuarzo, arena gruesa, fino, ripio fino.	4.30	52.90	57.20
Conglomerado de arcilla oscura limosa, arena fina y media con pómez y ripio medio.	8.10	57.20	65.30
Pómez, cuarzo, arena fina y media.	4.15	65.30	69.45
Pómez, arenisca cementada y ceniza volcánica.	36.45	69.45	105.90

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Pómez, arenisca cementada y poca ceniza volcánica.	6.90	105.90	112.80
Arenisca cementada con pómez y poca ceniza volcánica.	17.00	112.80	129.80
Arena gruesa, ripio fino y medio.	7.50	129.80	137.30
Conglomerado de ceniza volcánica, arena gruesa, ripio fino.	3.20	137.30	140.50
Conglomerado de ceniza, arena gruesa, ripio fino y pómez.	6.85	140.50	147.35
Ceniza y bastante pómez.	8.55	147.35	155.90
Conglomerado de ceniza, pómez estratos de arenisca fina, arena gruesa y cuarzo.	4.80	155.90	160.70
Conglomerado de ceniza gris, pómez y ceniza volcánica.	1.30	160.70	162.00
Pómez y arenisca cementada media.	4.00	162.00	166.00
Ceniza gris, pómez y poca ceniza volcánica.	4.75	166.00	170.75

=====

= P E R F I L = E S T E = N o = 2 . =

<u>Pozo S.A.S. # 755</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena media y fina con limo café y poco ripio medio y fino.	0.60	0.00	0.60
Ripio medio y fino, estratos, arenisca media.	2.40	0.60	3.00
Arena fina y media, estratos arenisca media y cuarzo.	7.80	3.00	10.80
Ripio medio y fino con arenisca media y cuarzo.	3.80	10.80	13.80
Ripio fino, arena gruesa y fina, estratos arenisca y cuarzo.	4.90	13.80	18.70
Arena media y fina con poco ripio y estratos arenisca.	6.00	18.70	24.70
Ripio fino, arena gruesa, estratos arenisca y arena fina.	12.20	24.70	36.90
Bolones, liparita café y gris descompuesta.	60.47	36.90	97.37
Conglomerado, arcilla café limosa, ceniza, arena gruesa y ripio fino.	1.07	97.37	98.44
Bolones, liparita café y gris descompuesta.	4.01	98.44	102.45
Conglomerado, arena gruesa, ripio fino, estrato arcilla solidificada y limosa café y pómez.	7.25	102.45	109.70
Arcilla café limosa con poca arena gruesa y pómez.	3.90	109.70	113.60
Arcilla café limosa, pómez y ceniza volcánica.	2.40	113.60	116.00
Pómez y arena gruesa.	2.70	116.00	118.70
Liparita café y roca gris.	9.20	118.70	127.90

= = = = =

141.-

= P E R F I L = E S T E = N o = 3 =

I - 70

<u>Pozo S.A.S. # 761</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina y media.	23.55	0.00	23.55
Arena fina, media y gruesa con pómez y cuarzo.	45.70	23.55	69.25
Bolones, liparita café, estratos de arcilla café solidificada y pómez.	17.75	69.25	87.00
Arcilla café solidificada, cuarzo, arena media y pómez.	4.50	87.00	91.50
Liparita café descompuesta y pómez.	11.00	91.50	102.50

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o 4 . =

<u>Pozo S.A.S. # 762</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Ripio grueso, medio, con arena media, fina y limo.	0.20	0.00	0.20
Arena fina y media con pequeñas estratas arenisca y limo.	11.10	0.20	11.30
Arena fina y media, ripio fino, medio, arena gruesa.	5.40	11.30	16.70
Ripio medio y fino, arena media y gruesa.	7.90	16.70	18.60
Liparita rosada, descompuesta y roca gris.	0.85	18.60	19.45
Arena gruesa y poco ripio fino.	2.40	19.45	21.85
Bolones, liparita rosada descompuesta, arena gruesa y ripio fino.	0.80	21.85	22.65
Arena fina y media con ripio fino y medio.	2.75	22.65	25.40
Arena fina, media y gruesa.	9.20	25.40	34.60
Bolones, liparita rosada descompuesta, ripio fino y medio.	3.06	34.60	37.66
Arena fina media y gruesa con cuarzo.	3.99	37.66	41.65
Bolones, liparita rosada gris y oscura.	20.85	41.65	62.50

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o 5 =

<u>Pozo S.A.S. # 773</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina y media con ripio fino y arena gruesa.	1.60	0.00	1.60
Arena media y fina.	1.90	1.60	3.50
Bolones, liparita descompuesta (duro).	15.45	3.50	18.95
Arena fina media y gruesa, con boloncitos liparita (duro).	8.85	18.95	27.80
Arena fina media y gruesa, boloncitos liparita y limo café.	11.80	27.80	39.60
Arena fina media y gruesa con boloncitos liparita y estratas arenisca.	8.70	39.60	48.30
Ceniza amarilla, ceniza volcánica, arena gruesa (bolones).	1.10	48.30	49.40
Ceniza café, boloncitos liparita, arena media gruesa y fina (bolones).	5.20	49.40	54.60
Ceniza amarilla, ceniza volcánica y arena gruesa (bolones).	1.20	54.60	55.80
Ceniza café y arena gruesa (bolones) (duro).	10.95	55.80	66.75
Ceniza amarilla y café con ceniza volcánica, poca arena gruesa y ceniza solidificada.	7.15	66.75	73.90
Liparita café descompuesta y poca ceniza café.	20.90	73.90	93.80

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o 6 =

<u>Pozo S.A.S. # 776</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Ripio grueso y medio con arena, gruesa, media y limo.	0.70	0.00	0.70
Ripio fino con bastante arena media y fina.	0.50	0.70	1.20
Arena gruesa, media y fina (bolones).	6.30	1.20	7.50
Ripio fino, arena gruesa y muy poca ceniza café (bolones).	2.90	7.50	10.40
Arena gruesa media y fina con poca ceniza café.	10.25	10.40	20.65
Liparita café descompuesta.	33.05	20.65	53.70
Conglomerado de ceniza café, ceniza volcánica, cuarzo, poco ripio y arena media	2.75	53.70	56.45
Arenisca media y fina y poca ceniza.	3.55	56.45	60.00
Arenisca y boloncitos roca descompuesta color verde y poco pómez.	2.50	60.00	62.50
Pómez y boloncitos roca gris descompuesta con estratas de arenisca y poca ceniza.	9.65	62.50	72.15
Cuarzo, pómez y estratas arcilla café solidificada y ceniza.	0.60	72.15	72.75
Roca descompuesta, cuarzo y estratas arenisca.	0.90	72.75	73.65
Arcilla café limosa y estratas arenisca (blando).	0.55	73.65	74.20
Liparita café y café claro descompuesta. (duro).	5.70	74.20	79.90
Liparita gris y cuarzo.	1.40	79.90	81.30
Liparita gris y ceniza volcánica.	3.20	81.30	84.50

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Liparita café.	4.92	84.50	89.42
Ceniza volcánica, liparita café y gris.	6.78	89.42	96.20
Vidrio volcánico, ceniza solidificada rosada, y arena fina.	23.28	96.20	119.48
Ceniza solidificada semi-rosada, vidrio volcánico y arena fina.	13.12	119.48	132.60
Ceniza solidificada rosada, gris y vidrio volcánico.	15.20	132.60	147.80

NOTA:

Desde 79.90 a 147.80: descrito por Ramiro Bonilla.

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o 7 = . =

Pozo S.A.S. # 818	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Conglomerado (grava gruesa, arena media y fina).	55.48	0.00	55.48
Grava media, arena media y fina.	19.57	55.48	75.05
Grava media, arena media, fina y arcilla café limosa.	14.45	75.05	89.50
Grava media y arcilla café limosa.	3.00	89.50	92.50
Grava media m., f. y arcilla café limosa.	9.60	92.50	102.10
Arcilla café y amarilla, grava media.	5.04	102.10	107.14
Arcilla café y amarilla.	10.36	107.14	117.50
Grava media y poca arcilla café.	2.17	117.50	119.67
Grava media, arena fina y arcilla café.	17.00	119.67	136.67
Arcilla café y poca grava media.	0.81	136.67	137.48
Grava media, arcilla café, arena media.	3.97	137.48	141.45
Arcilla café y amarilla, poca grava media.	5.25	141.45	146.70
Grava media, arcilla café, arena media y fina.	39.70	146.70	186.40
Arcilla café y amarilla, poca grava media.	9.76	186.40	196.16
Arcilla blanca y café, poca grava media y arena fina.	4.72	196.16	200.88

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o 8 =

<u>Pozo S.A.S. # 831.</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Grava media, fina, arena muy gruesa, gruesa, fina.	1.39	0.00	1.39
Ripio fino, grava gruesa, media, fina, arena.	2.36	1.39	3.75
Grava media fina, arena.	5.69	3.75	9.44
Grava media, fina, limo, arena muy gruesa, gruesa, media.	3.56	9.44	13.00
Grava media, fina, gruesa, arena muy gruesa, media fina, limo.	35.00	13.00	48.00
Grava media, fina, arena muy gruesa, media fina, limo.	13.40	48.00	61.40
Limo arcilloso, grava media y fina, arena fina.	23.49	61.40	84.89
Limo arcilloso café claro con ceniza blanca.	18.91	84.89	103.80
Limo arcilloso café claro, grava fina, arena fina.	48.40	103.80	152.20
Grava gruesa, media, fina, limo, arena fina.	5.27	152.20	157.47
Limo arcilloso, color café, con ceniza blanca.	24.95	157.47	182.42
Limo arcilloso café con ceniza blanca.	6.14	182.42	188.56
Ignimbrita rosada.	2.64	188.56	191.20
Grava media, fina, gruesa, muy gruesa, media, fina.	5.00	191.20	196.20
Grava fina, media, arena muy gruesa, gruesa.	4.28	196.20	200.48

=====

= P E R F I L = E S T E = N O 9 =

<u>Pozo S.A.S. # 839</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina, media y gruesa con poco limo (10 a 20%).	0.30	0.00	0.30
Grava fina y media (60%) con arena media, gruesa y fina.	7.80	0.30	8.10
Limo (30 a 40%), grava fina y media (30 a 40%), arena media, gruesa, muy gruesa (20 a 30%).	4.90	8.10	13.00
Limo (50%), arena media, fina (30 a 40%) muy gruesa, grava fina (5%).	5.00	13.00	18.00
Grava fina (30 a 40%), media (20%), limo (20%), arena muy gruesa (20%), media (5 a 10%), subredondeadas a subangulares.	6.70	18.00	24.70
Arena muy gruesa (50%), gruesa (20%), media (9 a 10%), fina (10%), grava fina (5%), subangulosas.	6.10	24.70	30.80
Grava fina subredondeada (30%), arena media (30%), grava media (25%), arena gruesa (15%), muy gruesa (10%).	12.20	30.80	43.00
Arcilla café limosa con capitas de arenisca fina y caliza limosa (el material parece ser una arcilla limosa con partes más arenosas y cementadas por carbonato).	11.05	43.00	54.05
Grava fina (30%), subangulosa, arena muy gruesa (30%), arena gruesa (10%), arena media, grava media (10%).	12.03	54.05	66.08
Arcilla café limosa con capitas de arenisca fina y caliza limosa (el material parece ser una arcilla limosa con partes más arenosas y cementadas por carbonato).	0.87	66.08	66.95
Ceniza gris y amarilla (calcárea), con arena media, gruesa y fina (10 a 20%).	4.05	66.95	71.00

	POTENCIA	DE	HASTA
Caliza blanca.	0.50	71.00	71.50
Arenisca con cemento calcáreo y un 10 a 20% de ceniza.	4.15	71.50	75.65
Caliza blanca.	4.80	75.65	80.45
Caliza arenosa con grava fina de otras rocas.	4.00	80.45	84.45
Caliza blanca.	4.55	84.45	89.00
Caliza arenosa, hay algunos clastos <u>an</u> gulosos del tamaño de grava fina a <u>me</u> dia de otras rocas; hay también un <u>po</u> co de ceniza y partes silicificadas.	4.45	89.00	93.45
Caliza blanca; tiene moldes de gastrópod ^o s? y ostracod ^o s?.	0.65	93.45	94.10
Ceniza blanca, un poco calcárea, con vidrio volcánico (color café claro a blanco).	15.40	94.10	109.50
Grava media a fina con ceniza gris.	6.10	109.50	115.60
Grava media a fina angulosa a subangul ^{ar} .	6.54	115.60	122.14
Caliza blanca en partes arenosa, con ceniza blanca.	2.46	122.14	124.60
Grava media a fina.	1.80	124.60	126.40
Caliza blanca con grava fina y pedaci ^o tos de yeso.	1.20	126.40	127.60
Ceniza blanca con caliza blanca.	8.55	127.60	136.15
Grava fina (80 a 90%), media (5 a 10%) arena gruesa.	2.65	136.15	138.80
Ignimbrita rosada con cristales de biot ^{ita} y de mica rojiza.	2.90	138.80	141.70
Ignimbrita gris-azul (más vitrea) y ro ^s ada con cristales de biotita y mica rojiza.	3.90	141.70	145.60

Ignimbrita rosada con cristales de biotita (un poco calcárea).	3.00	145.60	148.60
Ignimbrita gris y rosada con cristales de biotita; se encuentra un 10% de arena gruesa y muy gruesa de otras rocas.	4.40	148.60	153.00
Grava fina, ignimbrita gris y rosada (30 a 40%).	5.15	153.00	158.15
Grava fina, arena gruesa (subredondeada de distintos tipos de rocas).	12.25	158.15	170.40

= = = = =

P E R F I L = E S T E = N º 10.

<u>Pozo S.A.S. # 846</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arená fina, media (20%), ripio fino (5%), limo (5a 10%)	0.40	0.00	-0.40
Grava fina (angulosa a subangulosa) (80 a 90%), arena media y fina (10 a 20%)	3.00	0.40	-3.40
Grava fina, media (angulosa), arena media (20%), muy gruesa (10%).	1.60	3.40	-5.00
Grava gruesa, media (angulosa), arena muy gruesa (20 a 30%).	5.00	5.00	-10.00
Ripio fino (subangular a subredondeado), grava fina, media, arena muy gruesa, gruesa, media	9.20	10.00	-19.20
Grava fina (angulosa), arena muy gruesa (angulosa), grava media, arena gruesa, media.	5.80	19.20	-25.00
Grava fina (angulosa), arena muy gruesa, gruesa, media, grava media.	10.00	25.00	-35.00
Arena muy gruesa, grava fina media, arena media (angulosa a subangulosa).	21.50	35.00	-56.50
Grava fina media, arena media, muy gruesa, gruesa.	0.50	56.50	-57.00
Grava media, fina arcilla café, ignimbrita gris	2.50	57.00	-59.50
Ignimbrita gris café con cristales de mica rojiza y cuarzo.	7.10	59.50	-66.60
Ignimbrita gris con cristales de biotita y cuarzo	2.80	66.60	-69.40
Arcilla café limosa, grava fina, arena gruesa, media y fina (20 a 30%).	4.65	69.40	-74.05
Toba sedimentos finos de colores rosados y verdes	19.55	74.05	-93.60

=====

= P E R F I L = E S T E = N o 1 1 . =

<u>Pozo C.O.H. # 924</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena media, fina (45%) subangulosa, grava media (25%), ripio fino (25%), anguloso a subanguloso, limo (5%).	0.30	0.00	0.30
Ripio fino, anguloso a subangular (70%), grava media y fina (30%), angulosa a subangular.	0.57	0.30	0.87
Grava fina (60%), angulosa, arena muy gruesa (20%), grava gruesa (20%) angulosa.	2.30	0.87	3.17
Grava gruesa (70%), angulosa, grava fina (20%), angulosa, arena muy gruesa (10%), angulosa.	4.45	3.17	7.62
Arena muy gruesa (40%), subangulosa a angulosa, arena gruesa (20%), angulosa a subangulosa, grava fina (30%), subangulosa, a subredondeada, grava media y gruesa (10%).	2.15	7.62	9.77
Grava gruesa (50%), angulosa a subangulosa, grava media (10%), angulosa a subangulosa, grava fina (20%), angulosa a subangulosa, arena muy gruesa (20%).	3.36	9.77	13.13
Grava fina y media (el 60% de los clasos es de ignimbrita gris claro con cristales de mica rojiza), angulosa.	2.16	13.13	15.29
Grava fina (50%), angulosa, arena muy gruesa y gruesa (50%), angulosa y subangulosa.	1.20	15.29	16.49
Grava gruesa (60%), angulosa, grava fina (30%), angulosa a subangulosa, arena muy gruesa (10%), (La mayor parte de la grava es de arenisca calcárea).	3.01	16.49	19.50
Grava fina angulosa a subangulosa (60%) arena muy gruesa (40%), angulosa a subangulosa.	1.30	19.50	20.80

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Caliza blanca.	0.46	20.80	21.26
Arenisca con cemento calcáreo (20 a 30%), grava fina (60%), subangulosa arena muy gruesa (10 a 20%).	3.15	21.26	24.41
Arenisca con cemento calcáreo.	1.22	24.41	25.63
Ignimbrita gris claro con cristales de mica rojiza y cuarzo.	15.00	25.63	40.63
Ignimbrita gris claro con cristales de biotita y cuarzo.	9.37	40.63	50.00

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N O 1 2 = =

<u>Pozo S.C.O.H. # 912</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy fina (40%), fina (20%), media (10%), grava fina (20%), media (10%).	0.90	0.00	0.90
Grava media (40%), fina (30%), arena muy gruesa (20%), arena gruesa (10%), subangulares a subredondeadas.	3.30	0.90	4.20
Grava media (50%), angular a subangular, grava fina (30%), subredondeada a subangular, arena muy gruesa y gruesa (20%), subredondeada a subangular	3.70	4.20	7.90
Arena gruesa (50%), muy gruesa (20%), media (10%), grava fina (20%), subredondeada.	6.60	7.90	14.50
Arena muy gruesa (50%), gruesa (30%), grava fina (20%), subangulares a subredondeadas.	8.28	14.50	22.78
Grava fina (30%), angulosa a subangulosa, grava media (10%), subangulosa a angulosa, arena muy gruesa (20%), subredondeada a subangular, arena media y fina (30%), subredondeada a subangular, limo (10%).	4.85	22.78	27.63
Ignimbrita gris con cristales mica roja y cuarzo.	7.05	27.63	34.68
Ignimbrita gris un poco más oscura con cristales de biotita y cuarzo.	5.32	34.68	40.00
Ignimbrita gris con cristales de biotita y cuarzo y mica rojiza.	5.00	40.00	45.00
Ignimbrita gris con cristales de biotita y cuarzo y mica rojiza.	4.93	45.00	49.93

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o = 1 3 . =

<u>Pozo S.C.O.H. # 910</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena fina, media, gruesa, limosa, grava fina, bolones chicos subredondeados.	0.80	0.00	0.80
Grava fina, arena muy gruesa, ripio fino no anguloso a subanguloso.	1.70	0.80	2.50
Grava fina, arena muy gruesa, gruesa (de ignimbrita gris-rosada-café) subredondeada.	8.15	2.50	10.65
Ceniza blanca algo limosa.	0.60	10.65	11.25
Ceniza blanca y gris (50 a 70%) con algo de ceniza blanca (20 a 30%).	0.70	11.25	11.95
Ceniza blanca con un 20 a 30% de caliza blanca.	8.70	11.95	20.65
Caliza blanca con 25 a 30% de caliza blanca y un poco de arena.	1.55	20.65	22.20
Caliza blanca 50% y ceniza blanca 50%.	2.70	22.20	24.90
Ignimbrita gris con xx de mica rojiza.	0.92	24.90	25.82
Ignimbrita gris con xx de mica rojiza; ignimbrita café (más soldada) con xx de Qz (y de mica rojiza). Este se encuentra formando diferenciaciones dentro de la ignimbrita gris.	1.10	25.82	26.92
Ignimbrita gris con xx de mica rojiza.	3.58	26.92	30.50

= = = = =

= P E R F I L = E S T E = N o = 1 4 . = (TILOPOZO) =

<u>Pozo S.C.O.H. # 933</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Arena muy gruesa (40%), arena gruesa (20%), grava media (20%), grava gruesa (10%), grava fina (10%), angulosa a subangulosa.	2.25	0.00	2.25
Grava fina (50%), arena muy gruesa (20%), grava gruesa (10 a 20%), arena gruesa (10%), subanulosa a subredondeadas.	1.75	2.25	4.00
Grava media (60 a 70%), grava gruesa (20%), grava fina (10%), arena muy gruesa (5 a 10%), ripio fino (5%).	3.58	4.00	7.58
Ignimbrita gris claro, con cristales de mica rojiza y cuarzo (muy cuarzo-sa).	11.42	7.58	19.00
Grava fina (40%) subredondeada, grava media (30%), subredondeada, grava gruesa (20%), subredondeada, ceniza (50%).	1.50	19.00	20.50
Ignimbrita gris claro, con cristales de mica rojiza y cuarzo.	8.45	20.50	28.95
Ignimbrita gris-rosado con cristales de mica rojiza y cuarzo.	9.67	28.95	38.62
Ignimbrita gris-rosado con cristales de mica negra y cuarzo.	3.60	38.62	42.22
Ignimbrita gris claro con cristales de mica negra y cuarzo. (40 a 50%).	1.44	42.22	43.66
Ignimbrita gris-rosada con cristales de mica negra y cuarzo (20 a 30%).			
Ignimbrita gris-café (calcárea) con cristales de mica negra y cuarzo (30%).			
Arena muy gruesa y gruesa (60 a 70%), grava fina (10 a 20%), angulosa, grava media angulosa (10%), limo y ceniza (20%) calcárea (parte de la grava es ignimbrita calcárea y la ceniza también es calcárea).	0.38	43.66	44.04

	<u>POTENCIA</u>	<u>DE</u>	<u>HASTA</u>
Grava fina (60%), (angulosa de ignim brita rosada de grano gruesa calcárea) arena muy gruesa y gruesa (20%), limo y ceniza (10%).	2.20	44.04	46.24
Grava media angulosa a subangular (40%), grava fina (20%), arena muy grue sa y gruesa (20%), limo y ceniza (20%).	3.15	46.24	49.49

=====

ANÁLISIS QUÍMICOS DE AGUAS DE LA HOYA HIDROGRÁFICA DEL

SALAR DE ATACAMA

(Valores en miligramos por litro excepto pH)

ANÁLISIS EFECTUADOS POR U. DE CHILE

Ubicación	Fecha	sólidos totales	Ca	Mg	Na	K	As	Li	SiO ₂	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	B	Dureza Total No-Carb.	pH	
Tumbres	6.7.70	422,0	26,3	5,3	57,5	2,0	0,07	0,0	718,1	110,6	=	84,2	19,7	=	0,3	87,4	--	6,8
Socaire	6.7.70	996,0	93,4	42,9	110,0	10,0	0,2	0,3	818,1	223,9	=	133,3	272,4	=	2,2	409,2	225,8	7,2
Peine	6.7.70	3.400,0	370,6	57,7	471,1	11,0	0,0	0,7	741,5	164,7	=	960,9	750,6	=	9,0	1.161,7	1.026,8	7,3
Tilomonte	6.7.70	5.398,0	302,2	129,8	760,1	46,0	0,14	1,7	724,0	181,2	=	1.606,2	638,7	=	9,8	1.287,5	1.139,0	7,5
Zapar	6.7.70	394,0	22,9	8,9	48,1	0,0	0,02	0,0	423,7	88,9	=	49,1	59,3	=	0,2	93,6	20,8	6,8
Cuchabrachi	6.7.70	1.646,0	117,6	20,0	356,1	11,0	0,25	0,4	724,0	192,6	=	561,1	276,5	=	1,7	375,4	217,7	7,4
Puripica	6.7.70	1.774,0	100,0	26,3	339,1	42,0	0,58	4,1	1.003,7	227,7	=	603,2	129,2	=	11,7	357,8	171,2	7,6
Aguas Blancas	6.7.70	1.450,0	110,9	15,7	238,0	26,0	5,40	2,6	830,3	407,5	=	322,6	199,2	=	20,6	341,1	7,3	7,8
Río Grande	6.7.70	1.084,0	88,4	25,0	160,0	9,0	0,00	0,4	738,3	177,8	0,0	231,5	211,5	=	1,8	323,4	177,8	7,2
Río Salado	6.7.70	1.320,0	105,9	8,9	226,0	1,5	0,00	0,0	587,9	141,5	0,0	399,8	135,0	=	0,3	300,6	184,8	7,0
Canal Vilama	6.7.70	1.958,0	139,6	34,4	360,9	37,0	0,59	3,8	990,8	278,8	0,0	568,1	352,2	=	11,1	489,9	261,4	7,4
Río Frío	6.7.70	1.874,0	135,5	32,1	348,1	34,0	0,14	3,7	1.030,4	237,9	0,0	519,0	381,9	=	10,1	470,1	275,2	7,6
Puritama	6.7.70	1.900,0	117,1	42,5	338,0	33,0	0,25	3,9	1.067,7	241,1	0,0	540,1	351,4	=	10,9	467,0	269,4	7,3
Mifiqué	6.7.70	9.610,0	650,3	186,4	1.890,9	300,0	1,90	2,4	1.070,9	214,4	0,0	2.272,5	3.615,4	=	32,9	2.388,9	2.213,3	7,9
Miscanti	6.7.70	5.460,0	217,6	76,1	1.358,0	148,0	4,30	1,8	1.103,1	261,4	0,0	1.234,5	2.022,9	=	24,5	855,9	641,7	8,0
A-10	7.9.70	1.669,0	89,3	31,1	490,0	32,0	0,09	2,1	64,9	152,9	=	572,1	367,9	124,0	6,5	350,7	225,4	7,5
A-25	7.9.70	5.450,0	239,9	111,7	1.502,0	90,0	0,73	15,0	107,9	382,8	=	2.288,3	788,4	86,8	43,0	1.058,0	744,3	7,8
A-32	7.9.70	10.846,0	833,8	46,7	3.070,3	50,0	0,16	1,8	15,1	61,4	=	4.464,2	2.415,5	84,3	5,4	2.272,8	2.222,4	7,4
A-36	7.9.70	1.051,0	81,1	19,1	260,0	16,0	0,68	2,3	100,4	183,6	=	365,0	175,7	18,6	9,0	281,1	130,7	7,6
A-40	7.9.70	1.903,0	144,2	26,6	400,0	29,0	1,20	4,6	98,8	216,1	=	666,8	312,7	=	12,8	469,0	291,9	7,6
A-43	7.9.70	1.982,0	119,3	28,12	520,0	34,0	0,36	5,5	91,31	224,52	=	849,32	217,27	=	12,9	413,33	229,35	7,6
A-46	7.9.70	537,0	42,9	12,5	110,0	13,0	=	0,0	85,27	109,07	=	143,9	97,94	6,2	1,3	158,48	69,1	7,5
A-51	24.7.70	1.022,0	11,59	2,73	340,0	34,0	3,5	1,6	56,35	138,8	52,8	221,1	210,28	49,6	10,65	40,16		8,4
A-57	23.7.70	4.060,0	354,04	188,79	500,0	30,0	=	0,3	111,4	245,0	=	405,36	1.825,0	68,2	6,59	1.659,74	1.458,99	7,8
A-60	23.7.70	1.483,0	107,28	63,8	286,0	17,0	0,2	1,1	102,12	93,01	=	333,4	309,86	16,74	9,42	530,05	126,07	7,9
A-65	7.9.70	921,0	94,4	16,54	96,1	10,0	0,07	0,5	83,73	157,74	=	119,33	234,14	12,4	1,65	303,57	174,32	7,5
A-69	23.7.70	1.312,0	90,12	42,97	300,0	22,0	0,2	1,5	79,14	239,46	=	331,66	358,0	68,2	1,84	401,55	205,34	7,6
A-72	23.7.70	4.747,0	534,28	55,98	1.120,0	68,0	0,06	1,1	9,41	0,0	68,5	1.696,89	1.291,89	124,0	7,63	1.563,37	1.342,27	9,8
A-75	23.7.70	4.624,0	412,83	119,65	1.195,94	40,0	0,28	2,7	68,56	529,76	=	1.670,57	529,6	24,8	11,98	1.522,1	1.088,01	7,7
A-78	23.7.70	4.468,0	358,33	183,58	800,0	68,0	=	2,2	81,9	418,84	=	1.712,68	652,23	37,2	11,69	1.649,03	1.305,83	7,7
A-80	23.7.70	3.634,0	256,62	75,38	720,0	42,0	0,06	2,0	63,4	120,65	=	1.437,18	337,84	68,2	6,99	950,34	851,48	7,7

ANALISIS QUIMICOS DE AGUAS DE LA HOYA HIDROGRAFICA DEL SALAR DE ATACAMA

159.-

(Valores en miligramos por litro excepto pH).

ANALISIS EFECTUADOS POR EL I.I.G.

Ubicacion	Fecha	sólidos totales	Ca	Mg	Na	K	As	Li	SiO ₂	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	B	Dureza		pH
																Total	No Carbonat.	
R. Sn. Pedro, frente Pucará	4.10.67	3.575	341	60	800	25	0,03	0,3	65	227	0	910	1.260	0,4	2,5	1.100	914	7,58
Pozo # 3 S.P.	25.10.67	2.218	149	45	520	56	0,37	4,7	90	264	0	260	940	1,6	21	554	338	8,10
Pozo # 5 S.P.	25.10.67	2.693	174	50	650	72	0,32	6,0	101	301	0	280	1.180	4,2	27	640	393	8,08
Pozo# A-38 S.P.	15.11.67	1.643	90	31	400	40	0,7	3,1	80	253	0	280	580	2,5	12			
Qda. Zapar.	7.8.68	900	76	23	192	16	0,04	0,8	64	173	0	112	324	2,4	5,1	283	141	7,19
Qda. Homar	2.10.67	248	19	7,3	36	4,8	0,01	0	61	87	3,6	29	44	0	1,0	78	1	8,28
R. Aguas Blancas	3.9.68	1.180	91	20	272	11	5,0	1,6	71	366	0	207	294	1,1	22	310	10	7,54
Qda. Camar.	2.10.67	1.817	141	127	260	22	0,28	0,5	86	600	0	642	238	0	5,5	876	385	7,94
Qda. Peine	1.10.67	2.724	306	85	450	71	0,03	0,3	73	111	0	750	920	3,2	9,7	1.112	1.021	7,92
Qda. Tilomonte	1.10.67	3.559	268	140	740	74	0,03	1,2	63	170	0	650	1.530	0	10	1.247	1.108	7,96
Qda. Tilopozo	1.10.67	2.660	162	88	570	100	0,40	5,8	105	436	0	425	978	1,9	10	766	409	7,77
A--5	Dic. 1969	1.740	74	31	420	60		7,0	71	170		410	540	0	11			7,76
A--16	Dic. 1969	2.250	100	58	510	55		1,5	68	210		290	840	0	22			7,94
A--13	Dic. 1969	4.000	300	58	920	56		0	61	140		1.030	1.320	0	4			7,65
A--10	Dic. 1969	1.830	92	25	490	50		0	54	270		380	580	0	6			7,82
A--1	Dic. 1969	3.500	190	62	880	46		4,0	70	310		730	1.200	0	13			7,86
A--20	Dic. 1969	2.620	150	41	680	40		0	68	320		540	860	0	7			7,96
A--18	Dic. 1969	5.990	300	100	1.550	95		4,0	88	370		1.220	2.180	0	17			7,68
A--15	Dic. 1969	2.030	120	13	560	27		4,0	64	100		360	790	14	2			7,66
A--23	Dic. 1969	3.240	210	44	840	30		0	64	180		650	1.200	0	3			7,82
A-26	Dic. 1969	3.780	170	80	930	88		3,7	86	210		700	1.410	0	22			7,70
A-24	Dic. 1969	5.550	190	110	1.440	140		8,5	57	260		890	2.220	0	43			7,74
A-35	Dic. 1969	6.640	190	110	1.780	160		10,0	75	99		1.110	2.650	14	50			8,06
A-36	Dic. 1969	1.240	82	170	300	31		0	90	290		150	380	0	7			7,96
A-42	Dic. 1969	1.660	83	21	430	51		1,7	80	200		170	660	0	11			7,99
A-43	Dic. 1969	1.910	98	27	520	45		2,2	68	220		210	800	0	14			7,82
A-29	Dic. 1969	3.320	130	41	900	48		0	700	170		670	1.180	0	9			7,66
A-41	Dic. 1969	1.910	95	19	500	58		2	82	290		310	640	0	11			7,98
A-55	Dic. 1969	1.710	63	32	450	49		7	69	260		250	580	21	19			7,94
A-57	Dic. 1969	4.910	430	190	720	52		0	58	350		2.440	430	0	16			7,57
A-75	Dic. 1969	4.740	360	130	890	74		5	66	140		840	1.710	20	13			7,66
A-77	Dic. 1969	4.290	290	130	830	76		5	70	170		800	1.540	1	10			7,56

Ubicación	Fecha	sólidos totales	Ca	Mg	Na	K	As	Li	SiO ₂	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	H	Dureza total No-Carbonat.	pH
A- 45	Dic. 1969	530	56	12	85	18		0	67	200		73	110	.1	2		7,96
A- 47	Dic. 1969	620	60	5	110	30		0	61	190		150	85	1	1		7,82
A- 49	Dic. 1969	630	32	5	170	17		0	36	300		64	110	1	2		7,71
A- 51	Dic. 1969	1.170	53	13	330	28		0	58	400		250	230	0	12		7,90
A- 53	Dic. 1969	1.320	64	18	330	36		0	63	270		260	340	0	23		8,00
A- 59	Dic. 1969	1.830	95	94	340	30		0	63	360		570	350	0	7		8,12
A- 60	Dic. 1969	1.430	61	68	320	26		0	70	330		370	340	0	9		7,86
A- 62	Dic. 1969	1.250	87	28	260	20		0	90	330		270	240	12	7		7,86
A- 64	Dic. 1969	1.400	160	26	240	18		0	46	160		600	190	0	5		7,88
A- 67	Dic. 1969	1.100	83	30	210	19		0	64	220		310	210	15	3		7,82
A- 69	Dic. 1969	1.370	81	44	250	65		0	64	270		280	320	22	3		8,05
A- 71	Dic. 1969	6.560	620	63	1.250	69		5	42	76		930	2.550	0	11		7,17
A- 81	Dic. 1969	5.670	150	120	1.420	220		7	72	170		450	2.440	22	12		7,96
A- 79	Dic. 1969	3.560	250	130	630	67		0	63	160		410	1.440	20	-		7,81

=====

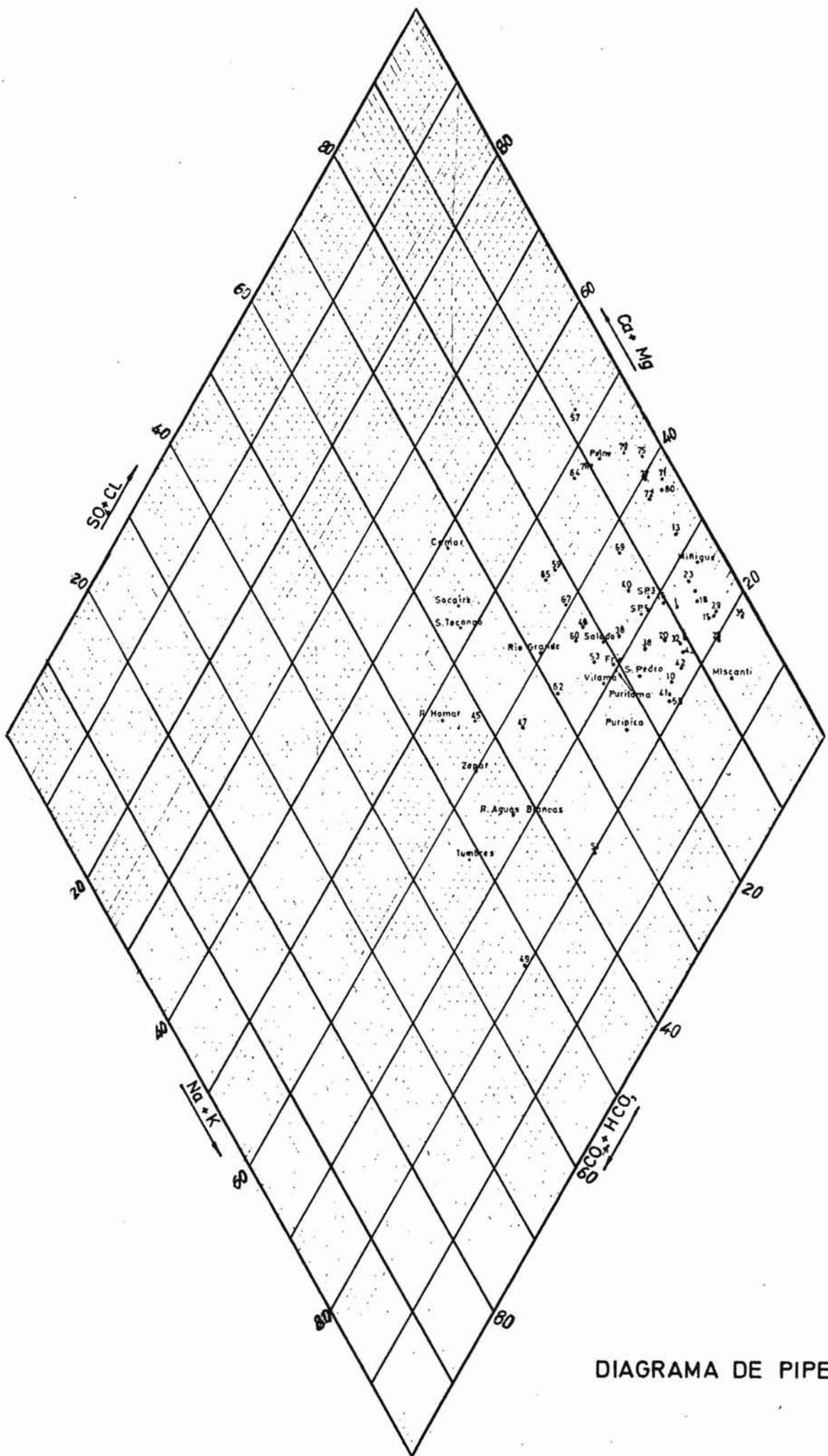
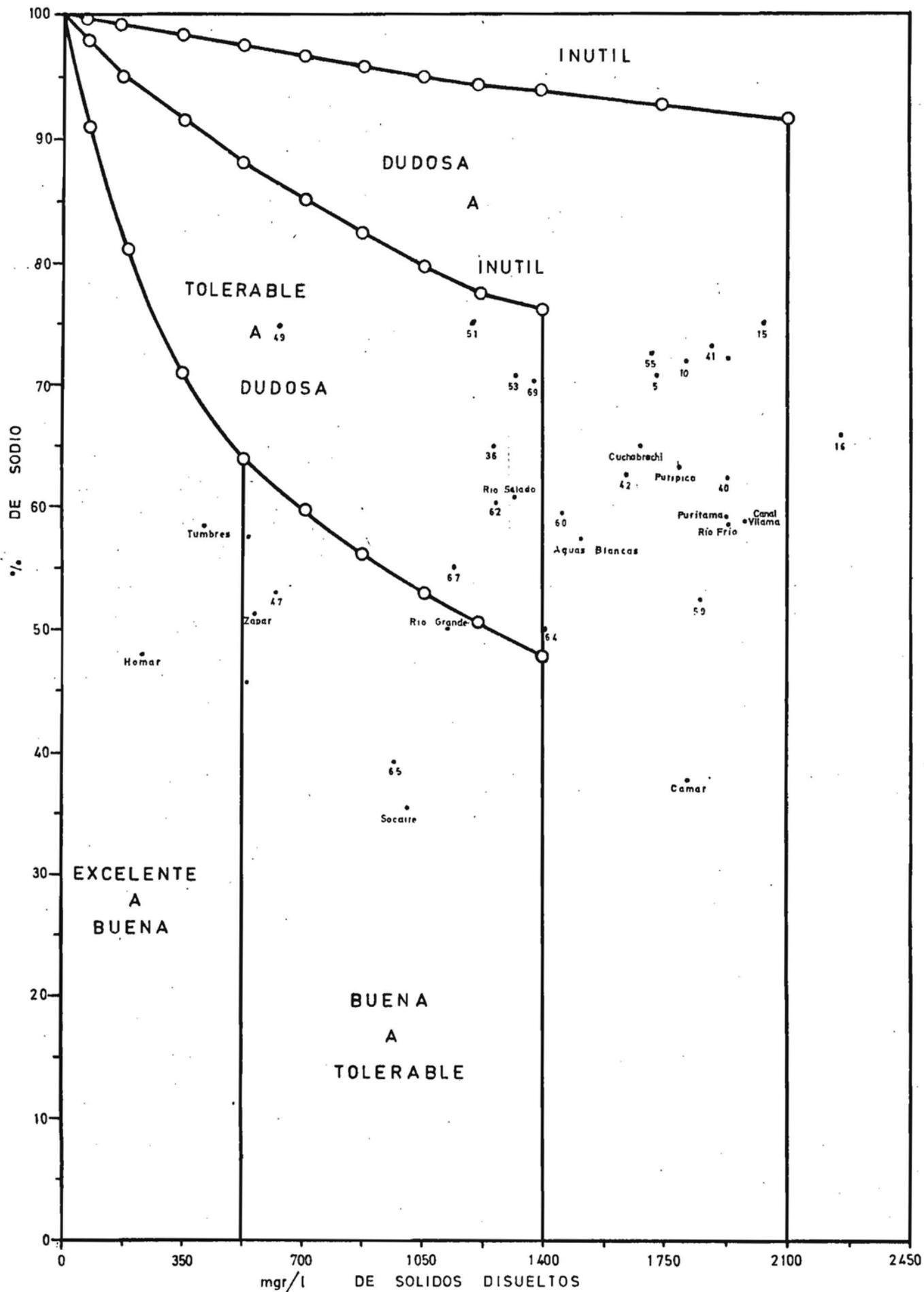


DIAGRAMA DE PIPER

APLICABILIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA EN RIEGO

(ADAPTADO DE WILCOX)



NOTA.- Los números corresponden a los pozos