

CORP. ...	DEPARTAMENTO
Depto. Hídricos
Ofna. Archivo	No. 11

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA

EN LA REGION DE LA CONCORDIA

por

Octavio Castillo Urrutia



RESULTADOS PRELIMINARES DE LA INVESTIGACION
HIDROGEOLOGICA EN LA REGION DE LA CONCORDIA

por
Octavio Castillo Urrutia

I N D I C E

	Pág.
ANTECEDENTES	1
DESCRIPCION DEL AREA	2
ANTECEDENTES GEOLOGICOS	3
EL AGUA SUBTERRANEA	3
Recarga	4
Descarga	5
Capacidad de los sedimentos para transmitir y contener agua subterránea	6
Relación entre el agua dulce y de mar	7
Avance del cono de depresión	8
CALIDAD QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA	9
CONCLUSIONES	11
RECOMENDACIONES	13
REFERENCIAS	16

H I M U T A

AGUA SUBTERRANEA EN LA CONCORDIA - ARICA

La Sección Aguas Subterráneas estaba observando en el valle de Arica un continuo descenso de los niveles del agua en los pozos debido a la gran extracción existente en ese Valle.

Por ese motivo y en vista que gran parte del caudal extraído en ese valle se utilizaba como Agua Potable de Arica, se consideró interesante la búsqueda de una nueva fuente de Agua Potable; así fue como se iniciaron las perforaciones en la Concordia.

Con el informe actual y en vista de la posibilidad de extraer 130 lts/seg., se estima que deberá impulsarse esta utilización del agua ya sea como agua para las industrias ariqueñas, agua potable o agua con fines de riego del Área Concordia-Copacalluta.

ANTECEDENTES :

Esta Sección inició el estudio de las posibilidades de agua subterránea en la región de la Concordia en el año 1959 como consecuencia de la escasez de agua que se hacía notar en la zona de Arica. Hasta el presente se han realizado 15 perforaciones profundas con un total de aproximadamente 2.600 mts. perforados.

El agua subterránea en la región de la Concordia se encuentra en condiciones frías o libre en los materiales sedimentarios que rellenan una fosa tectónica de profundidad desconocida. Estos sedimentos, compuestos principalmente de detritus riolíticos, provienen de la erosión de la formación Oaya.

El nivel de saturación ha sido reconocido entre 84 a 120 mts. de profundidad desde el nivel del terreno. El acuífero productor más importante se ha localizado entre 120 a 130 mts. el que ha sido habilitado como zona productora de agua en la mayoría de los pozos de la zona, en el pozo 9 se ha habilitado otros acuíferos más profundos.

De acuerdo con la interpretación del plano de la superficie freática, el agua subterránea de esta región proviene de dos fuentes: agua subterránea procedente del noroeste escurre bajo un gradiente hidráulico de 1.1 por mil y ocupa el sector norte del área; agua recargada en el cauce inferior del río Illuta y por la quebrada de la Concordia escurren bajo gradientes hidráulicos entre 2.4 y 3 mil.

La calidad química de estas aguas indica tres tipos definidos de agua: el primer grupo presenta un contenido salino entre 600 y 700 ppm. de sólidos disueltos. Las aguas del segundo grupo corresponden a las aguas recargadas por el río Lluta, variando su contenido de sólidos tanto por el lugar donde ellas se infiltran como también por el volumen de agua superficial transportada, siendo el agua infiltrada de mejor calidad cuando el río transporta un volumen grande de agua; el contenido salino en los pozos más cercanos a la zona recargada señalan valores entre 1,500 a 2,800 mgr./l. El tercer grupo de agua correspondería a una mezcla de los grupos anteriores.

De acuerdo con los antecedentes disponibles se recomendó una zona de explotación considerando: altura de agua sobre el nivel del mar, calidad química del agua, altura de bombeo, sentido del escurrimiento y capacidad de los sedimentos de entregar agua; tomando en cuenta estos aspectos la zona más favorable quedó circunscrita por los pozos 4 - 8 y 9.

En esta situación se tienen alturas desde 5 a 8 mts. de agua sobre el nivel del mar, calidad química de las aguas aludidas de 500 mg/l. (la que posiblemente aumenta durante la explotación).

Los niveles de agua en estos pozos son:

<u>POZO N°</u>	<u>NIVEL ESTÁTICO</u>
4	46,00
8	32,00
9	27,00

Para la explotación de estos pozos se recomendó:

- 1) Una explotación en conjunto que no excediera los 150 lts/seg., iniciándola con un gasto menor, e incrementándola hasta alcanzar el valor indicado.
- 2) Los pozos 2, 3, 6 y 7 utilizados como pozos de observación del cono de depresión, pero especialmente para controlar la posible salinización como consecuencia de la intrusión de agua de mar.

SANTIAGO, 26 de Abril de 1966.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA
EN LA REGION DE LA CONCORDIA

ANTECEDENTES

Este informe tiene por objeto analizar y deducir conclusiones de los datos obtenidos mediante las perforaciones realizadas en la región de La Concordia por la Sección Aguas Subterráneas de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Esta sección inició el estudio de las posibilidades de agua subterránea en la región de La Concordia en el año 1959 como consecuencia de la escasez de agua que se hacía notar en la zona de Arica. Hasta el presente (enero de 1964) se han realizado 13 perforaciones profundas con un total de 2.200 m perforados.

Desde el 22 al 31 de enero de 1964 se realizó una corta etapa de trabajo de terreno para completar las informaciones existentes. Personal de este Instituto conjuntamente con los señores Fernando Alamos C., Sergio Vial y personal de la Sección Aguas Subterráneas de la CORFO destacado en Arica, recorrieron la zona y discutieron los antecedentes del área.

En esa oportunidad se trató de determinar la interfase entre el agua dulce y la salada en los pozos 2, 3 y 7, mediante la medición de la conductividad del agua en el pozo, operación que no tuvo éxito por fallas en la aislación de las conexiones, se obtuvieron dos muestras de agua en el pozo 6, se midieron los niveles de agua en la mayor parte de ellos y se observaron las muestras del terreno atravesado.

Manuel Valenzuela M. (IIG) realizó y calculó la nivelación topográfica de todos los pozos de la zona; Eduardo Falcón M. (IIG) calculó los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento de los datos obtenidos de la prueba de bombeo del pozo 2, en noviembre de 1959 dirigida por él y de los datos de la prueba de bombeo de los pozos 1 y 4, además hizo sugerencias y comentarios durante la preparación de este informe; Fernando Alamos C. de la Sección Aguas Subterráneas de CORFO colaboró tanto en la etapa de terreno, como en la realización del informe.

DESCRIPCIÓN DEL AREA

La superficie que comprende este estudio está limitada al norte por la línea de La Concordia (Límite Internacional Chile-Perú), al sur por el río Lluta, al este por la carretera Arica-Tacna (Carretera Panamericana) y al oeste por el Océano Pacífico, en esta área se encuentra situado el Aeropuerto Internacional de Chacalluta (figura 1). Dentro de estos límites se encierra un área de 55 km². Esta región corresponde a parte de una planicie desarrollada en las cercanías del mar, modelada por la acción del agua y el viento, cubierta por materiales detríticos de tamaño de arena gruesa con abundante cuarzo. La mayor parte de esta superficie es bastante plana, con algunas pequeñas ondulaciones, presenta una inclinación hacia el mar de aproximadamente 11 m por kilómetro y está atravesada por dos cursos intermitentes que han oradado cauces de 2 a 3 m de profundidad; la quebrada de Escritos en el sector norte y la quebrada de Concordia a unos 2 km al norte del río Lluta.

La planicie de La Concordia está interrumpida hacia el mar por un barranco distante de la costa 500 m en la parte norte y 1000 m en la parte sur. La franja costera, situada entre el barranco y el océano, desciende rápidamente hacia el mar y se observa en ella una esparcida vegetación natural.

T A B L A I

REGISTRO DE POZOS - CONCORDIA

N°	Dueño	Perforador	Fecha T	Tipo	Prof. Perf. (m)	Prof. Hab. (m)	Ø	Perf11	N.E. (m)	Fecha	Gasto 1/seg	Depresión (m)	Análisis	Observaciones
S-1	Corfo # 303	Corfo	4/ 9/59	PP	200	126	12"	Sí	12,90	26/11/59	32	17,40	sf	
S-2	" # 344	"	5/ 2/60	"	136			Sí	14,80	9/ 5/60	50	3,20	"	
S-3	" # 352	"	14/ 5/60	"	136	125,50	10"	Sí	14,45	8/ 5/60	25	5,90	"	
S-4	" # 377	"	21/ 1/61	"	155,60	144,55	12"	Sí	45,86	19/ 1/61	35	10,14	"	
S-5	" # 450	"	6/ 6/63	"	253,60	122,50	14"	Sí	83,60	4/ 7/63	3,5		"	
S-6	" # 466	"	22/10/65	"	144	139,63	8"	Sí	16,61	1/10/63			"	
S-7	" # 467	"	25/11/64	"	432		16"	Sí	34,80	6/ 1/64			"	
SG1	" # 388	"	29/ 5/62	"	395	300,97	6"	Sí	31,56	28/ 5/62	25	9,40	"	
SL	Celzac # 388	Celzac	18/10/63	"	61	60,50	10"	Sí	40,85		8	9,28	"	
SG1	Corfo # 431	Corfo	27/ 4/63	"	152	146,46	12"	Sí	31,45	15/ 4/63	55	2,96	"	
SG2	" # 451	"	22/11/63	"	168	83,40	10"	Sí	29,52	27/11/63	14		"	
SG3	" # 468	"	23/11/64	"	384	80,64	12"	Sí	28,91	23/11/64	30	10	"	

T A B L A N ° 2

ANALISIS QUIMICO (mgr/l) - AGUA SUBTERRANEA

P o z o	Fecha	Sólidos disueltos	Sílice	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Bicar- bonato	Sulfato	Cloruro	Nitrato	D U R E Z A		pH	T °
												Total	no carbo- natosa		
S-1	25/10/63	1.020	70	153	14	158	10	68	115	435	6,6	440	384	7,02	23,5
S-2	28/11/60	696	77	87	15	97	12	92	168	170	10	281	206	7,44	24
S-3	23/ 5/61	650	79	100	5	84	10	88	165	151	2,8	270	198	7,20	17
S-4	14/ 3/63	582	53	50	4,9	130	9,2	74	64	211	14	144	83	7,28	26
S-5	20/ 6/63	625	61	38	4,4	152	14	63	94	211	6,6	112	60	6,74	20,
S-6	4/ 3/64	2.425	71	279	5,2	358	41	123	648	680	2,5	909	808	6,81	23
S-7	7/ 8/64	600	45	70,5	9,0	107,0	7,0	195,6	172,6	71,2	14,6	213,2	52,9	7,12	16
SG1	14/ 3/63	2.275	47	250	69	384	36	74	761	670	1,3	906	845	6,53	26
SL	15/ 1/60	1.080	53	54,5	44,9	282,4	14,6	64,1	110,9	430,1	3,5	154,8	102,2	7,44	23
SG1	15/ 5/63	2.903	56	352	95	451	52	89	933	900	2,3	1.267	1.164	6,72	18,
SG2	6/12/63	2.700	60	283	82	465	53	71	879	808	0,3	1.041	983	6,60	25

ANTECEDENTES GEOLOGICOS

La región de La Concordia está situada en una fosa tectónica producida por fallas. De acuerdo con los estudios geológicos realizados por el IIG en el Departamento de Arica, se ha podido establecer la existencia de un sistema de fallas que han producido una tectónica de bloques con corridas entre 117° y 32° W y buzamiento hacia el norte; por otra parte, otro sistema de fallas E-W ha afectado la región produciendo un descenso del lado norte; esto posiblemente ha provocado el desaparecimiento de la Cordillera de la Costa en esta región (al norte del Morro de Arica).

Las capas de kieselguhr ubicadas a aproximadamente 190 m sobre el nivel del mar (medición fotogramétrica realizada por Carlos Chávez) indican la existencia de una planicie continua con escaso drenaje que existió hasta que gran parte de ella fue hundida. El último episodio geológico de la región es un sollevamiento variable entre 35 m en la parte sur a 15 m en el extremo norte.

Los sedimentos atravesados por las perforaciones corresponden en su mayoría a materiales riolíticos que provienen de la erosión de los materiales retrabajados de la formación Oxaya que aflora más al este. El espesor total de estos materiales que rellenan esta fosa se desconoce siendo la profundidad máxima reconocida de 430 m (pozo 7).

EL AGUA SUBTERRANEA

Los pozos perforados en el área han encontrado el agua subterránea saturando los materiales que rellenan esta fosa. No se han reconocido acuíferos confinados; la mayor parte de los pozos han sido habilitados en un estrato de más o menos 10 m de espesor situado entre los 120 a 130 m de profundidad.

Recarga

De acuerdo con las gradientes de las curvas de la superficie freática se deduce que a la región de La Concordia concurren dos corrientes de agua subterránea; una proveniente desde el noreste (Perú) y la otra desde el sureste (quebrada de Concordia y valle de Lluta). La primera de estas corrientes escurre bajo un gradiente hidráulico de aproximadamente 1,1 por mil y correspondería a aguas infiltradas en el cono aluvial del río Caplina (valle de Tacna). Las aguas del sureste posiblemente infiltradas en su mayor parte en el curso inferior del Lluta y parte en el lecho de la quebrada de La Concordia escurren bajo gradientes entre 2,4 a 8 por mil.

De acuerdo con las líneas de flujo trazadas a igual distancia, en la curva equipotencial de 4 m (figura 1), se puede establecer que las aguas procedentes del noreste alcanzarían hasta unos 500 m al norte del pozo 6 y las aguas del sureste ocuparían el sector inmediatamente al sur hasta el río Lluta. Se puede observar además que las líneas de flujo pasan muy separadas por la zona del pozo 5; esto significa que el agua que pasa por dicha zona es relativamente escasa, lo que implica el bajo rendimiento obtenido en este pozo.

Las temperaturas del agua medidas durante las pruebas de bombeo (Tabla 3) son del orden de 29-30°C siendo la temperatura media anual en Arica de 20,2°C (1957). Este hecho estaría indicando una procedencia profunda del agua, lo que daría apoyo a la hipótesis elaborada por Raúl Salas (EIG) en el sentido de que el agua de la región de La Concordia provendría desde el sureste a consecuencia de la tectónica de bloques observada en el Departamento y desde profundidades entre 300 a 360 m de acuerdo a un gradiente termal normal.

Temperaturas del agua subterránea

Pozo	Fecha	Temperatura	Observación
1	1°/10/1963	31°C	Medida durante prueba de bombeo
2	17/10/1960	29°C	Medida durante prueba de bombeo
3	9/5/1960	31°C	Medida durante prueba de bombeo
4			
5			
6	24/1/1964	30,5°C	Medida durante prueba de bomb
7	29/1/1964	29°C	Temperatura medida bajando al pozo el termómetro dentro de una botella
LAN	29/1/1964	29°C	

Descarga

El agua subterránea es descargada en el océano. En la costa entre el río Lluta y el límite internacional, existe una franja con vegetación discontinua que indica una zona de descarga del agua continental; es probable que la descarga continúe bajo el nivel del mar hasta una distancia tal donde se establezca el equilibrio entre la columna de agua salada y la presión del agua dulce.

Capacidad de los sedimentos para transmitir y contener agua subterránea.

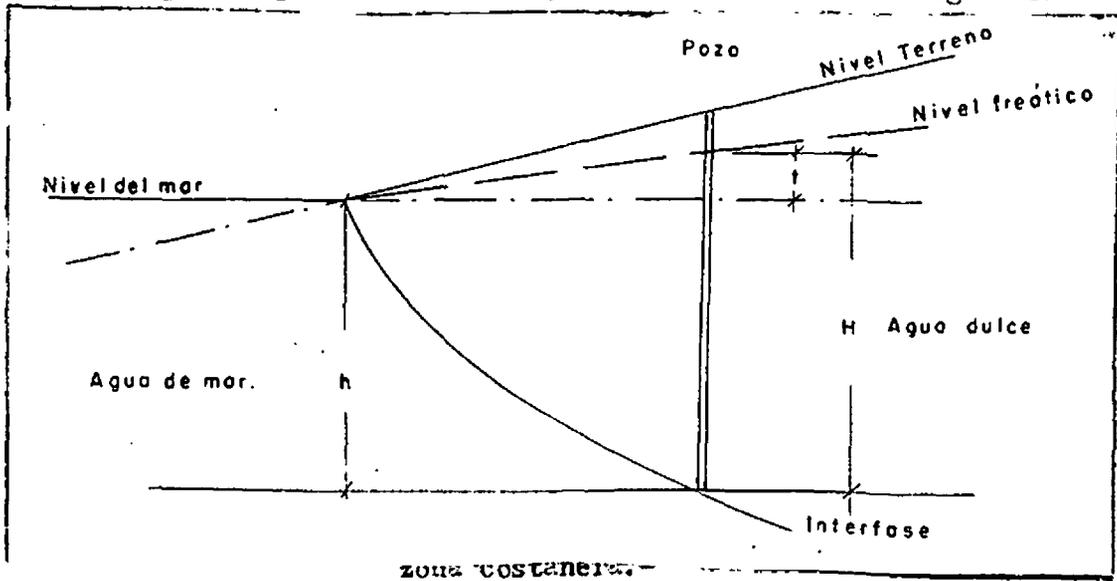
La propiedad de los sedimentos saturados de transmitir agua es medida por el coeficiente de transmisibilidad. Este coeficiente que indica la mayor o menor facilidad para entregar agua a un pozo perforado, conjuntamente con el coeficiente de almacenamiento que da la capacidad de los sedimentos de contenerla, han sido determinados en el conjunto de los pozos 1, 2 y 3, y en el pozo 4 mediante pruebas de bombeo; estas pruebas se realizan bombeando un caudal constante y observando cuidadosamente durante el transcurso del tiempo el avance del cono de depresión.

Los resultados de estas determinaciones se resumen en la tabla 4; de los datos obtenidos durante las pruebas de bombeo de los pozos 1 y 2 resultó un coeficiente de transmisibilidad medio de 10.000 m^3 por día por metro y un coeficiente de almacenamiento medio de 2×10^{-3} que indica un acuífero de condiciones semi artesianas, hecho explicable ya que la zona habilitada se encuentra bajo una columna de material saturado de aproximadamente el centenar de metros. De los datos del pozo 4 se obtuvo una transmisibilidad media de $700 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$ y un coeficiente de almacenamiento medio de $1,4 \times 10^{-4}$.

El área de los pozos 1, 2 y 3 se considera una zona excepcional en la zona en estudio, ya que las curvas de la superficie freática señalan que a ella llega una concentración de flujo de agua subterránea. Aparte de las pruebas realizadas en esta área y en el pozo 4 no se han realizado en otras zonas pruebas adecuadas para determinar el coeficiente de transmisibilidad.

Relación entre el agua dulce y de mar

Se ha visto que el agua subterránea en la región tiene un gradiente hacia el mar, lo que indica que la descarga es en el océano. Los principios básicos que rigen la relación entre el agua dulce y el agua salada fueron establecidos por Ghyben, Herzberg y otros. El agua dulce tiende a flotar sobre el agua salada debido a que su peso específico es menor. La posición del contacto entre el agua dulce y la salada (interfase) en el material de relleno, está determinado por la diferencia entre las cargas y por el peso específico relativo, como se indica en la figura 2.



Para equilibrar la columna h de agua salada es necesario tener una columna H de agua dulce que es igual a:

1) $H = h + t$ siendo t la parte de la columna de agua dulce que queda sobre el nivel del mar. Como los pesos de estas columnas deben ser iguales y si g es el peso específico del agua salada y l el peso específico del agua dulce se tendrá :

$$2) H = h + t = h \times g, \text{ de donde}$$

$$3) h = \frac{t}{g-1}$$

considerando $g = 1,025$ la fórmula 3 queda :

E.

W

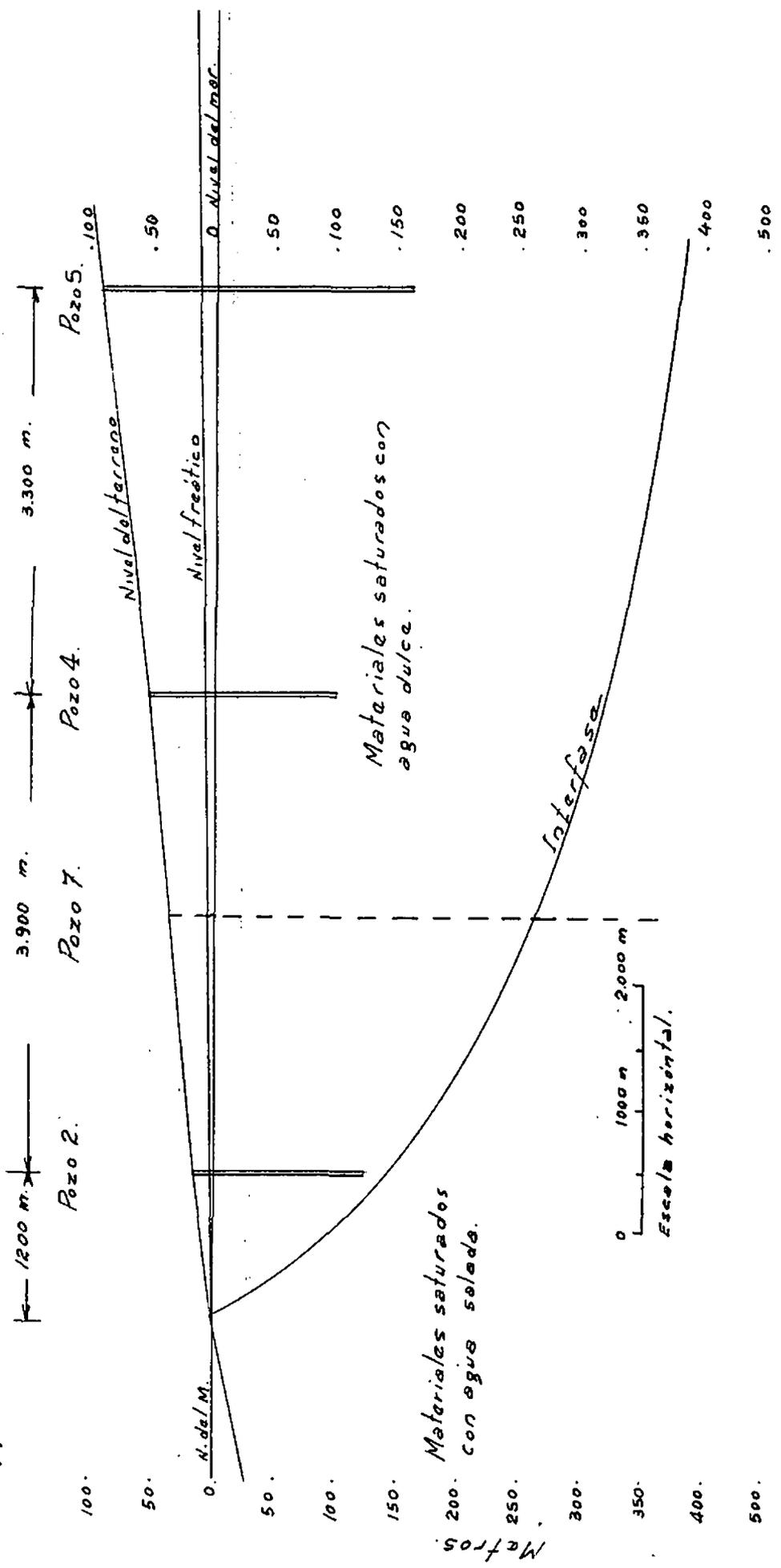
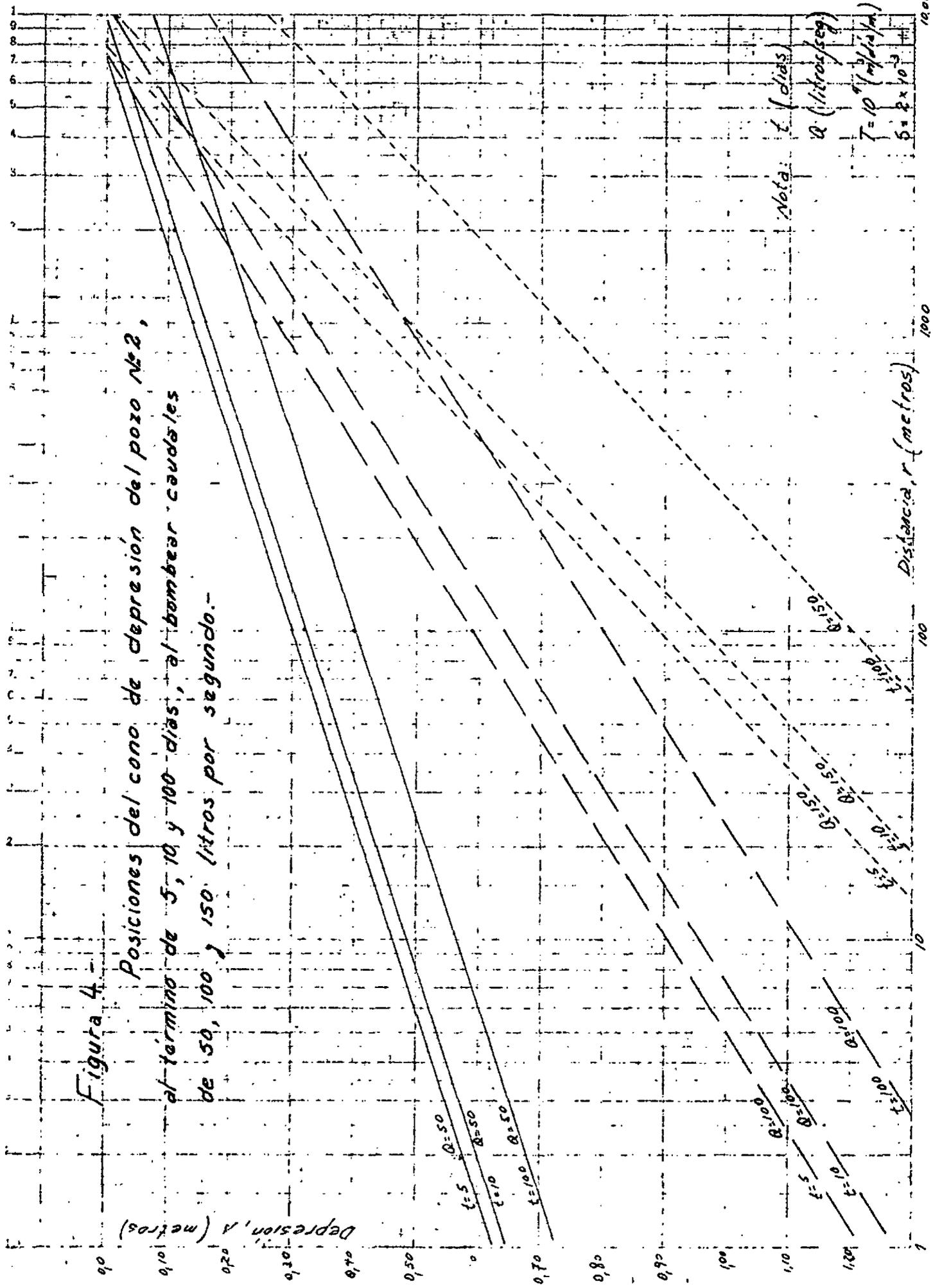


Figura 3.- Perfil E-W. en la Concordia señalando la posible posición de la interfase

Figura 4

Posiciones del cono de depresión del pozo N.º 2,
 al término de 5, 10 y 100 días, al bombear caudales
 de 50, 100 y 150 litros por segundo.



Nota: t (días)
 Q (litros/seg.)
 $T = 10^4$ (m/día/m)
 $S = 2 \times 10^{-3}$

$h = 40$ t, es decir, que por cada metro de columna de agua dulce sobre el nivel del mar ella se extenderá 40 m bajo el nivel del mar. La interfase en La Concordia de acuerdo a los datos obtenidos de los pozos perforados y considerando la relación 1:40, se ilustra en la figura 3 que representa un perfil E-W que pasa por los pozos 2, 4 y 5.

Avance del cono de depresión

La forma del cono de depresión que se genera al bombearse un pozo está determinado por la mayor o menor facilidad que presenta el material acuífero para que el agua fluya, es decir depende de las características hidrogeológicas del material saturado, las cuales están representadas por los valores de los coeficientes de transmisibilidad y de almacenamiento. El avance de la depresión en un determinado punto del cono es logarítmica con respecto al tiempo de bombeo y para un tiempo determinado de bombeo, la depresión es logarítmica con respecto a la distancia al pozo bombeado. La profundidad del cono es función directa del gasto bombeado; si se bombea el doble, el cono se profundizará el doble, pero no se extenderá a ninguna área más distante.

El gráfico de la figura 4, se ha dibujado calculando la posición del cono de depresión formado por el bombeo de 50, 100 y 150 l/seg en el pozo 2, con respecto a la distancia, para tiempo de 5, 10 y 100 días; asumiendo un coeficiente de transmisibilidad $T = 10.000 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$ y un coeficiente de almacenamiento de $S = 2 \times 10^{-3}$, valores promedios según Tabla 4.

Como consecuencia se desprende que en todos los bombeos, la influencia del cono de depresión llega al mar que dista 1.200 m del pozo bombeado antes de 5 días. De acuerdo con este cálculo el cono tendría las depresiones bajo el nivel del mar, anotadas en la tabla siguiente, para los bombeos y tiempos indicados.

T A B L A 4 . - Coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento

Fecha	Pozo bombeo	Tiempo de bombeo horas	Gasto bombeado l/seg.	Pozo de observación.	Transmisibilidad $m^3/dia/m$ T	Almacenamiento S	M é t o d o
17/10/60	2	120	150	1	8.100	3×10^{-3}	Curva tipo depresión
17/10/60	2	120	150	3	9.370	6×10^{-4}	Curva tipo depresión
17/10/60	2	120	150	2	3.200 15.000		Línea recta
17/10/60	2	120	150	1	10.300	$5,4 \times 10^{-3}$	Curva tipo recuperación
17/10/60	2	120	150	3	16.100	$1,4 \times 10^{-4}$	Curva tipo recuperación
15/I/63	2	60	50	3	14.760	2×10^{-3}	Curva tipo depresión
1/10/63	1	96	40	2A	3.056	$5,7 \times 10^{-5}$	Curva tipo depresión
25/I/63	4	70	29 a 50	4A	860	$1,7 \times 10^{-5}$	Curva tipo depresión
25/I/63	4	70	29 a 50	4A	540	$2,7 \times 10^{-4}$	Curva tipo recuperación

State
 Subarea

Number	Date Nº COAFO	Dissolved solids (ppm)	Aquifer
AGUAS DEL RIO LLUTA			
1	431		
2	305		
3			
4	388		
5			
6	388		
7	344		
8	352		
9	377		
10	450		
11	LA		

Plotted by.....
 Checked by.....
 Date.....

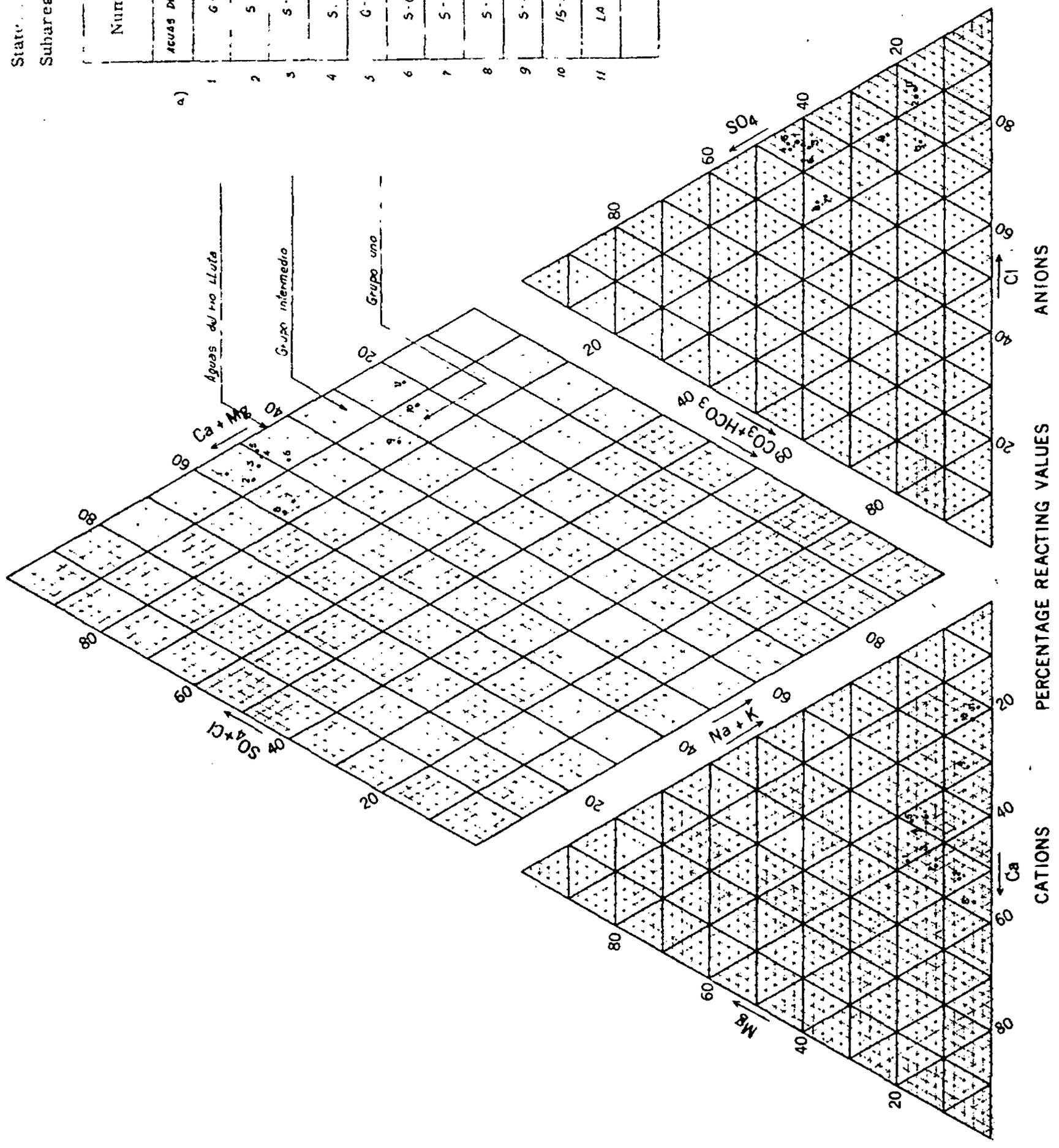


Figura 5. DIAGRAMA DE LOS ANALISIS DE AGUA

T A B L A N ° 5

Depresiones del cono bajo el nivel del mar al bombear el pozo N° 2 (1.200 m)

Tiempo (días)	Caudal bombeado l/seg	Depresión (m)
5	50	0,12
10	50	0,15
100	50	0,23
5	100	0,25
10	100	0,30
100	100	0,46
5	150	0,38
10	150	0,45
100	150	0,69

CALIDAD QUIMICA

La calidad química del agua subterránea de la región de La Concordia ha sido reconocida mediante el análisis de 34 muestras de aguas realizadas en el Laboratorio Químico del IIG (tabla N° 2).

Se pueden establecer tres tipos de agua :

- 1) aguas de contenido salino variable entre 600 a 800 mg/l que proceden del noreste;
- 2) aguas subterráneas con contenido salino aproximado de 2.600 mg/l provenientes de la recarga del río Lluta y
- 3) un tercer tipo resultante posiblemente de la mezcla de los tipos anteriores.

En las aguas de esta región los ácidos fuertes (SO_4 y Cl) exceden a los ácidos débiles (HCO_3).

En la representación gráfica de estos análisis en el diagrama de Piper, (figura N° 5) las aguas del primer tipo quedan situadas a la izquierda.

Contenido salino mg/l

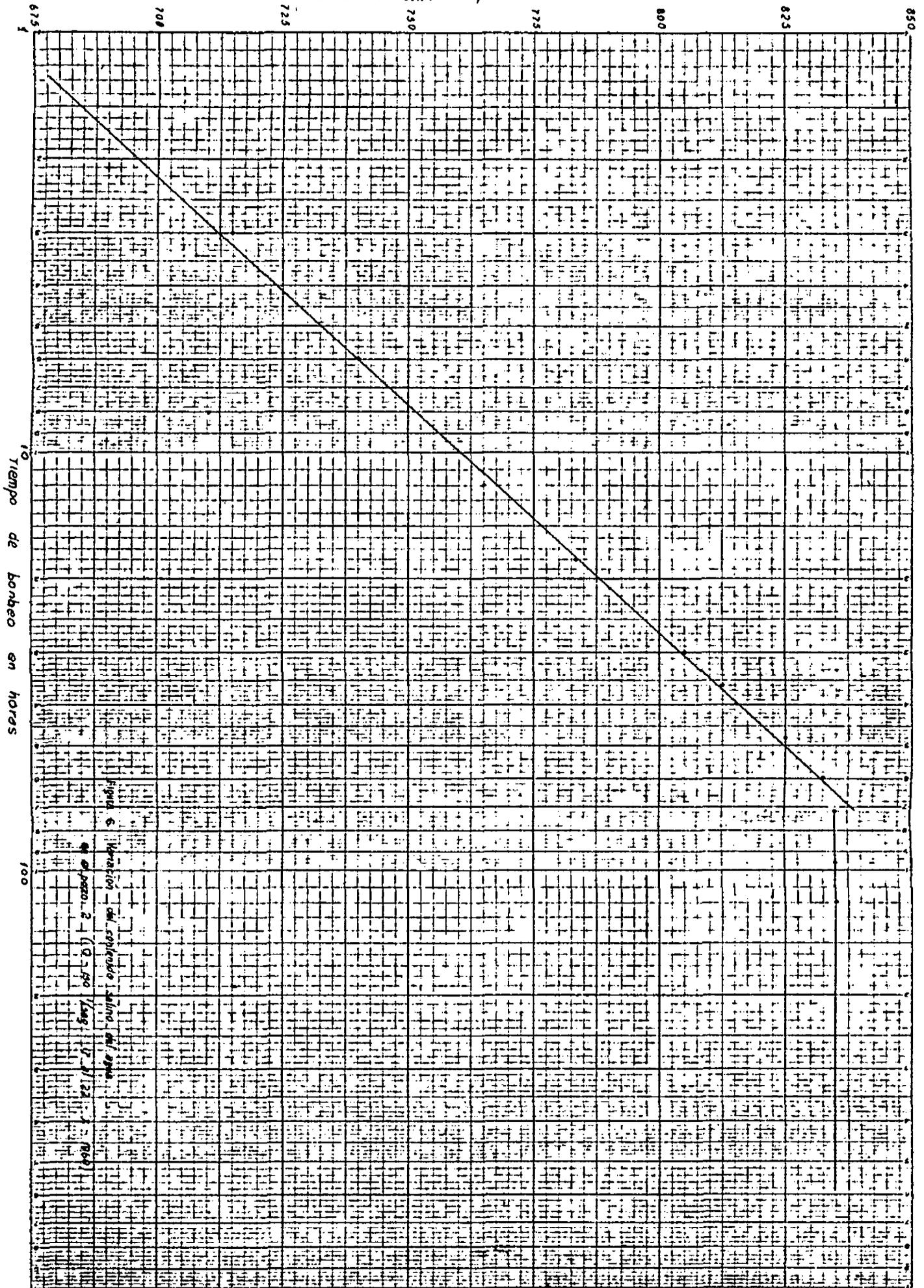


Figura 6
Operación del contenido salino del agua

de proceso 2 (0.250) (Log. 1.2) (1.700)

A título informativo se han representado algunos análisis de aguas superficiales del río Lluta los que se sitúan a la derecha tocando el margen del diagrama. Se estima que estas aguas originarían las aguas del segundo grupo, las que al ir avanzando hacia el noroeste se mezclarían con las del primer grupo y darían como resultado el tercer grupo.

Las aguas recargadas por el río Lluta posiblemente experimenten variaciones en su contenido salino; en los períodos de creces estas aguas tendrán más bajo contenido de sales que las recargadas en los períodos de bajo caudal. Por otra parte las aguas recargadas más cerca de la desembocadura serán de inferior calidad a aquellas que se infiltran aguas arriba.

Durante la prueba de bombeo realizada en el pozo 2, en Octubre de 1960 en la cual se extrajeron 150 l/seg durante cinco días se observó una variación del contenido salino del agua desde 696 mg/l, al comienzo de la prueba, hasta los 835 mg/l al final del bombeo. La variación media del contenido salino resulta aproximadamente logarítmica con respecto al tiempo de bombeo, hasta aproximadamente las 60 horas de bombeo (figura 6) donde alcanza el valor de 835 mg/l que se mantiene constante hasta el final del bombeo. Este hecho indica que el aumento del contenido salino hasta las 60 horas es similar al avance del cono de depresión.

En el pozo 1 durante la prueba de acuífero realizada el 1° de Octubre de 1963, se tomaron cinco muestras de agua que dieron los siguientes contenidos salinos:

Muestra	Tiempo de bombeo	mgr/l
1	2 horas	955
2	24 "	960
3	48 "	975
4	114 "	1.010
5	215 "	1.020

Variaciones de la calidad química del agua en los otros pozos no ha sido posible establecer, por no haberse contemplado su determinación o bien porque el período de observación ha sido muy corto. En el pozo 5, durante un bombeo de 3,5 l/seg el 27 de mayo de 1963 se tomaron dos muestras, una después de cuatro horas de bombeo que resultó con 625 mg/l y la otra después de 9 horas con 628 mg/l; en el pozo 4 al iniciarse un bombeo se tenía un contenido salino de 608 mg/l y al final del bombeo, 610 mg/l.

La causa del aumento del contenido salino en el agua bombeada por los pozos 1 y 2, no se puede establecer. El cono de depresión al ir extendiéndose ha entrado a captar aguas de contenido salino más alto que podrían ser las aguas subterráneas de baja calidad del sureste.

CONCLUSIONES

El agua subterránea en la región de La Concordia se encuentra en condiciones freáticas o libre en los materiales sedimentarios que rellenan una fosa tectónica de profundidad desconocida. Estos sedimentos, compuestos principalmente de detritus riolíticos, provienen de la erosión de la formación Oxaya.

El nivel de saturación ha sido reconocido entre 84 a 120 m de profundidad desde el nivel del terreno. El acuífero productor más importante se ha localizado entre 120 a 130 m el que ha sido habilitado como única zona productora de agua en la mayoría de los pozos de la zona.

La capacidad de los sedimentos de transmitir agua (T) y de contenerla (S) se ha determinado tanto en el conjunto de los pozos 1, 2 y 3, donde se obtuvo un valor medio de $T = 10.000 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$ y $S = 2 \times 10^{-3}$, como también en el pozo 4 donde $T = 700 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$ y $S = 1.4 \times 10^{-4}$.

De acuerdo con la interpretación del plano de la superficie freática, el agua subterránea de esta región proviene de dos fuentes: agua subterránea procedente del noreste escurre bajo un gradiente hidráulico de 1.1 por mil y ocupa el sector norte del área; aguas recargadas en el cauce inferior del río Lluta y por la quebrada de La Concordia escurren bajo gradientes hidráulicos entre 2.4 y 8 por mil. La relativa alta temperatura de las aguas subterráneas de La Concordia (29° a 30°C) es un hecho en favor de atribuir la procedencia de éstas a un origen profundo, el que de acuerdo con un gradiente termal normal indicaría una profundidad de 300 a 360 m.

Mediante los valores de T y S calculados en el sector de los pozos 1, 2 y 3, se determinó que extrayendo en el pozo 2, 50 l/seg, al término de cinco días se tendría una depresión de 0,12 m bajo el nivel del mar, en la orilla de la playa que dista 1.200 m del pozo; extrayendo 100 litros por segundo esta depresión sería de 0,24 m. Estos valores, aunque en parte teóricos, indican la necesidad de tener muy en cuenta la posibilidad de producir una entrada de agua salada del mar hacia el pozo.

La calidad química de estas aguas indica tres tipos definidos de agua: el primer grupo presenta un contenido salino entre 600 y 700 ppm de sólidos disueltos. Las aguas del segundo grupo corresponden a las aguas recargadas por el río Lluta, variando su contenido de sólidos tanto por el lugar donde ellas se infiltran como también por el volumen de agua superficial transportada, siendo el agua infiltrada de mejor calidad cuando el río transporta un volumen grande de agua; el contenido salino en los pozos más cercanos a la zona recargada señalan valores entre 1.500 a 2.800 mgr/l. El tercer grupo de agua correspondería a una mezcla de los grupos anteriores.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los antecedentes disponibles se puede recomendar una zona de explotación considerando: altura de agua sobre el nivel del mar, calidad química del agua, altura de bombeo, sentido del escurrimiento y capacidad de los sedimentos de entregar agua; tomando en cuenta estos aspectos se ha determinado que la zona más favorable correspondería a una línea paralela a la costa situada a 100 m al este del pozo 7, donde a partir de los 200 m al norte del pozo 7, se recomendaría realizar pozos de explotación a profundidades no mayores de 130 m.

En esta situación se tendría una altura de 5,50 a 6,50 m de agua sobre el nivel del mar, calidad química de las aguas entre 500 a 900 mg/l (la que posiblemente aumente durante la explotación), el nivel freático en esta línea estaría entre 34 a 38 m; el escurrimiento natural sería aproximadamente normal a esta línea de explotación con la que se captaría un flujo máximo.

La capacidad de los materiales de entregar agua no está determinada.

Para la explotación del agua en esta zona se recomienda:

1. La realización de una batería lineal de pozos para obtener un gasto continuo de aproximadamente 100 l/seg.
2. Realizar el primer pozo de explotación a 200 m al norte del pozo 7, desarrollándolo cuidadosamente, poniendo atención en la localización de toda zona favorable para habilitarla.
3. Realizar una minuciosa prueba de bombeo en dicho pozo teniendo como pozo de observación el N° 7. En esta prueba se debe determinar el espaciamiento óptimo de los otros pozos y el caudal total a extraer.
4. El pozo 7 debe dejarse como pozo de observación permanente por lo que deberá estar condicionado para realizar mediciones de conductividad hasta su profundidad máxima. Los pozos 1, 2, 2-A, 3, 4 y 6 quedarían como pozos de control de salinidad.

Para llegar a establecer recomendaciones definitivas sobre el volumen de agua que se podría extraer en esta zona se hace necesario tener un conocimiento más claro sobre las condiciones del agua subterránea y llegar a determinar en forma más precisa la cantidad de ella que se encuentra escurriendo y la almacenada en los sedimentos.

Como el aspecto crítico en este caso es la intrusión de agua salada desde el mar, se hace necesario determinar la existencia de la interfase entre el agua dulce y salada, la que se podría tratar de localizar en los pozos 2 y 7 mediante mediciones de la conductividad del agua dentro del pozo; de acuerdo con la fórmula de equilibrio dada por Ghyben y Herzberg esta interfase debería encontrarse en el pozo 2 alrededor de los 130 m y en el pozo 7 aproximadamente entre 250 a 270 m.

oc/mv./er.
Novbre. 64

FIGURAS

- Figura 1. Ubicación pozos Concordia
2. Equilibrio entre el agua dulce y de mar en una zona costanera
 3. Perfil E-W en La Concordia, señalando la posible posición de la interfase.
 4. Posiciones del cono de depresión del pozo N° 2, al término de 5, 10 y 100 días al bombear caudales de 50, 100 y 150 litros por segundo.
 5. Diagrama de los análisis de agua
 6. Variación del contenido salino del agua en el pozo 2

T A B L A S

- Tabla 1. Registro de pozos
2. Análisis químico
 3. Temperaturas del agua subterránea
 4. Coeficientes de transmisibilidad y de almacenamiento
 5. Depresiones del cono, bajo el nivel del mar al bombear el pozo N° 2.
-

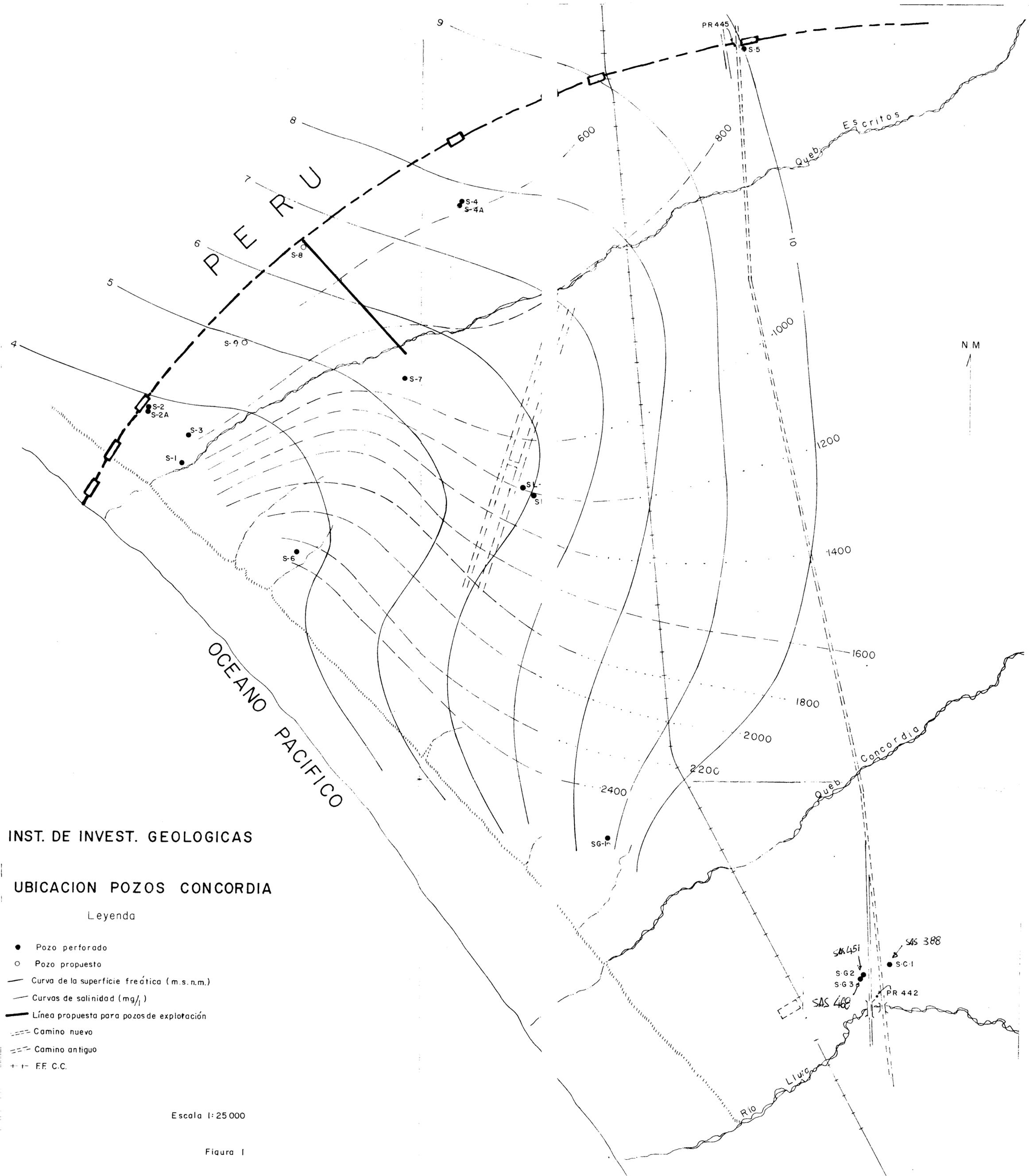
R E F E R E N C I A S

- CORPORACION DE FOMENTO, . Varias descripciones de perfiles de pozos, habilitaciones, pruebas de bombeo, etc., etc.
- DOYEL W., WILLIAM, 1962. Preliminary Report on the Groundwater resources of the Arica area, Chile. Inst. de Inv. Geol. (inédito).
- SALAS O., RAUL, KAST F., RENE, et al., 1963. Mapa Geológico del Departamento de Arica. Inst. de Inv. Geol. (inédito).
-

R E F E R E N C I A S

- CORPORACION DE FOMENTO, . Varias descripciones de perfiles de pozos, habilitaciones, pruebas de bombeo, etc., etc.
- DOYEL W., WILLIAM, 1962. Preliminary Report on the Groundwater resources of the Arica area, Chile. Inst. de Inv. Geol. (inédito).
- SALAS O., RAUL, KAST F., RENE, et al., 1963. Mapa Geológico del Departamento de Arica. Inst. de Inv. Geol. (inédito).





INST. DE INVEST. GEOLOGICAS

UBICACION POZOS CONCORDIA

Leyenda

- Pozo perforado
- Pozo propuesto
- Curva de la superficie freática (m.s.n.m.)
- - - Curvas de salinidad (mg/l)
- Línea propuesta para pozos de explotación
- Camino nuevo
- - - Camino antiguo
- + + + F.F.C.C.

Escala 1: 25 000

Figura 1