



PACIFICO

OCEANO

TOCOPILLA

QUILLAGUA

CHUQUICAMATA

CALAMA

OLLAGUE

BOLIVIA

Proyecto CHI-535

INVESTIGACION de RECURSOS HIDRAULICOS en el NORTE GRANDE

CORFO
D G A
C C C
O N U

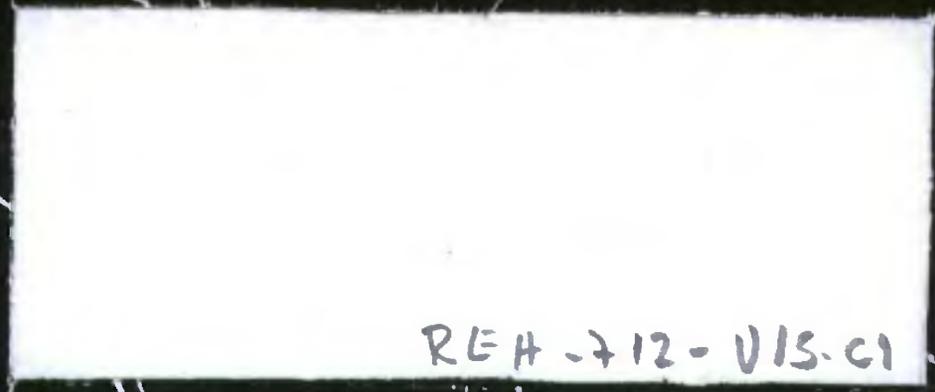
ANTOFAGASTA

S. P. ATACAMA

TOCONAO

Salar de Atacama

SOLAIRE



REH-712-VIS-C1

Salar de P. Negra

ARGENTINA

500

2500

1000

2500

4500

REH-712
v.15 c.1



13 Nov 1977

Hidrogeología de la Región de Turi

Marzo 1977

Este informe se presenta sin la aprobación previa ni de las Naciones Unidas, ni del programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Por lo tanto, no representa necesariamente los puntos de vista de las organizaciones mencionadas.



Investigación de Recursos Hidráulicos en el Norte Grande

(CHI-69/535)

Hidrogeología de la Región de Turi

Indice

1. Introducción
2. Hidrografía
3. Geomorfología
4. Geología
 - 4.1. Rocas Volcánicas
 - 4.2. Rocas Sedimentarias
 - 4.3. Rocas Intrusivas
5. Tectónica
6. Estudio Geofísico
 - 6.1. Refracción Sísmica
 - 6.2. Mediciones Magnetometría y Corrientes Telúricas
7. Ocurrencia y movimiento de agua subterránea, y Zonas de Descarga..
8. Hidroquímica
9. Evaluación Cuantitativa
10. Conclusiones y Recomendaciones

Anexo. Descripciones Litológicas de los Pozos.

Tabla 1. Las cotas y la estratigrafía de los Pozos

Tabla 2. Nivel de agua en los pozos de observación

Tabla 3. Pérdidas por evaporación

Tabla 4. Parámetros hidráulicos

Tabla 5. Análisis químico de agua subterránea

Tabla 6. Composición calculada de descarga de agua subterránea en el río Salado desde la Cuenca de Turi

Diagramas

- Figura 1. Ubicación del área de estudio
- Figura 2. Mapa geológico. Zona de Turi. Ubicación de pozos
- Figura 3. Sección geológica AA'
- Figura 4. Superficie freática
- Figura 5. Descenso versus tiempo en el pozo de observación 2 I, 22.75 m. del pozo de bombeo 2.
- Figura 6. Descenso versus tiempo en el pozo de observación 3, 28.4 m. del pozo de bombeo 5. Método de Walton
- Figura 7. Descenso versus tiempo en el pozo de observación 1, 28.5 m. del pozo de bombeo 7. Método de Walton
- Figura 8. Curvas de isoconcentración de sólidos disueltos del agua subterránea
- Figura 9. Diagrama de Piper y Schoeller
- Figura 10. Las zonas

1. INTRODUCCION

La zona de estudio se ubica aproximadamente a 12 Km al Este de la Cordillera Andina, entre los paralelos $22^{\circ}06'$ - $22^{\circ}17'$ y los meridianos $68^{\circ}30'$ - $22^{\circ}17'$, abarcando las aldeas de Cupo, Caspana y Ayquina (ver Fig.1).

El clima se caracteriza por una gran amplitud térmica diaria, fuertes vientos y poca precipitación en las partes más bajas.

El rango de precipitación anual es de 50 mm en el sector SW de la cuenca y más de 200 mm en los volcanes del sector NE.

La evaporación potencial, corregida, a partir de los datos obtenidos en los estanques de evaporación, es aproximada - mente de 8 mm/día para la Cuenca de Turi, aunque en los vol - canes del sector NE, la evaporación es muy poca debido a que la temperatura promedio anual es bajo los 0°C .

En las áreas de cultivo se utiliza usualmente un sistema de canaletas de riego que reciben el agua de las quebradas. En Turi se aprovecha el agua del manantial que forma los Baños de Turi.

Los propósitos del estudio, fueron investigar la calidad y cantidad de agua subterránea que existe en los sedimentos no consolidados, y determinar si el desarrollo mediante po - zos da beneficios en los recursos hidráulicos de esta re - gión y un mejoramiento en la calidad del agua subterránea.

2. HIDROGRAFIA

La región comprendida en el estudio, forma parte de la subcuenca del río Salado, que pertenece al sistema hidrográfico del río Loa. Este recorre por la parte occidental del área, donde recibe el aporte del río Salado.

El drenaje superficial es muy desarrollado en la parte SE del área, por la presencia de los ríos Toconce, Hojalar, Salado, Talicuna y Caspana, provenientes todos de la región de El Tatio, o desde los volcanes al Norte de éste.

Son numerosas las quebradas con escurrimiento intermitente que se ubican paralelamente a los ríos citados.

Otro drenaje, casi totalmente de tipo efímero, se observa en la zona NE, procediendo desde las laderas de los volcanes de la región de Cupo.

En el resto del área la densidad de la red de drenaje se hace considerablemente baja, limitándose a la presencia del río Salado en la parte meridional y al río Loa en el extremo occidental.

3. GEOMORFOLOGIA

La morfología de la zona se caracteriza por la presencia de una vasta llanura suavemente inclinada hacia el Suroeste, formada por capas de rocas eruptivas y estratos de sedimentos aluviales y lacustres.

La zona está limitada al Norte y Este por una serie de volcanes pertenecientes a la Cadena de los Andes, mientras que el río Loa constituye el límite Oeste. La profunda quebrada del río Salado, sus afluentes y conjuntamente con unos cerros de menor altura, forman el límite Sur.

La elevación media de la parte central del área está comprendida entre los 3.000 y 3.300 m s.n.m., mientras que los volcanes alcanzan alturas de hasta 6.000 m.

En la parte central se encuentra un área casi horizontal (la pendiente es de aproximadamente 1%), donde se ubica un depósito salino aparentemente mal desarrollado, denominado Playa de Turi. La costra de sal formada sobre los depósitos aluviales y de las rocas piroclásticas es delgada, debido al hecho que la Playa está drenada al Oeste por las quebradas Cupo y Turi. Dicha Playa está bordeada por vegas donde se presentan formas freatófiras de tipo halófitas.

La inclinación del llano central aumenta gradualmente hacia los cerros al Norte. Drenan el área diversas quebradas, ramificándose y perdiéndose rápidamente en los sedimentos de piedemonte que bordean la llanura.

Al Sur, los cerros de Ayquina limitan la llanura de Turi, formando al mismo tiempo el borde meridional del río Salado. Este, en su escurrimiento hacia el Oeste, incide profundamente en una planicie de rocas estratificadas casi horizontales. El

curso del río está gobernado, en parte, por la influencia de fallas.

Hacia el Este, la llanura de Turi cambia gradualmente a una pendiente ocupada en su mayor parte por una serie de flujos de lava, dando formas acolinadas al terreno.

Al Oeste, el río Loa, siguiendo su curso de Norte a Sur forma una quebrada profunda.

4. GEOLOGIA

El marco geológico de la zona, comprende rocas antiguas riolíticas que afloran en los cerros de Ayquina y rocas más modernas que corresponden a series ignimbríticas intercaladas con lentes sedimentarios que afloran en gran extensión en la zona. Sobre estas unidades y cubriendo grandes áreas, se presentan sedimentos aluviales y coladas de andesitas modernas. Afloramientos aislados de intrusiones graníticas aparecen en los extremos Norte y Noroeste del área (ver Fig.2).

4.1. Rocas Volcánicas

Estas rocas forman los límites de la cuenca sedimentaria de Turi. Frecuentemente se encuentran afloramientos de ignimbritas, cuyos caracteres son bastante variables. La mayor parte es de granulometría gruesa: lapilli de varios tamaños se encuentran en muchos niveles. Otras tienen un aspecto más fino; pequeños fenocristales y lapilli están contenidos en una matriz muy fina y densa. Muchas veces hay una transición progresiva desde grueso (en la base) a fino.

El espesor de las capas en general es del orden de 2-40 m y su extensión y continuidad es grande. Esto se puede observar especialmente en la parte SE de la zona de estudio, donde una serie de cuatro unidades ignimbríticas sobrepuestas con pendiente hacia el NO está perfectamente expuesta a la vista en las paredes de las quebradas.

Las unidades ignimbríticas que afloran en el río Salado, con una pendiente hacia el NE, se intercalan con sedimentos de la cuenca de Turi.

13 NOV 1995 6.



Las grietas de enfriamiento que muestran las rocas ignimbríticas, en la mayoría de los casos, se han cementado.

Se ubican intercaladas entre las capas ignimbríticas, horizontes de rocas tufíticas, de grano muy fino.

El grado de solificación de las tobas es variable. No se han encontrado capas de tobas con espesor mayor de un metro. A causa de variaciones en el espesor, generalmente limitado, su extensión y continuidad no es muy grande.

Al espesor de la secuencia de rocas piroclásticas con intercalaciones sedimentarias, en las quebradas profundas al Este de Ayquina, es de 50 m. El espesor máximo de la secuencia se supone en la cercanía de Ayquina y Turi, donde podría alcanzar unos 150 m, presumiendo que se trate del relleno de un valle antiguo con una amplitud desde los cerros de Ayquina hasta el granito del cerro Cerroqui en el Norte de la zona, al Oeste de Cupo.

Se encuentran rocas volcánicas de tipo riolítico en los cerros de Ayquina. Se presentan de tipo compacto con fenocristales en una matriz de textura fina y densa.

Una colada importante de lava dacítica es perfectamente visible en la parte NE del área, formando un cerro de gran extensión con paredes fuertemente inclinadas. El estudio fotogeológico revela claramente las estructuras semiconcentricas de 3 flujos distintos con dirección hacia el Sur y SO.

Las partes superficiales de las lavas son de tipo compacto y denso con baja porosidad.

Existen en el sector NE del área de flujos de lava andesí-

tica escoriácea, superponiéndose a las rocas ignimbríticas y, ciertos casos, cubiertas por depósitos de piroclásticos más recientes.

Una colada de lava desciende al Norte de la aldea Toconce; otras dos alcanzan desde el Este y NE hasta los Baños de Turi. Desde el Norte (aldea Cupo) descienden otros flujos. Unos cerros pequeños que afloran a través de la cubierta aluvial, entre las aldeas Topain y Paniri, son también de composición andesítica. La morfología del terreno aluvial entre Baños de Turi y Toconce sugiere la presencia de flujos de lava bajo una cubierta delgada de material aluvial.

Por estas razones es probable que en la región entre Cupo, Baños de Turi y Toconce existan ocultos bajo una cubierta de lava andesítica.

4.2. Rocas Sedimentarias

Se intercalan entre las ignimbritas y tobas, rocas sedimentarias. Se trata de sedimentos mal clasificados con granulometrías que varían lateralmente desde arcillas hasta depósitos gravosos y cantos rodados (ver Fig.3).

En gran parte del área, especialmente al Oeste, afloran rocas no consolidadas o semi-consolidadas de origen fluvial y lacustre. Estos sedimentos son parcialmente clásticos con horizontes de calizas. La parte clástica consiste en material arcilloso y limoso, areniscas y conglomerados finos.

El espesor de las capas no es muy grande, pero la continuidad del conjunto es considerable. El espesor máximo de los sedimentos, incluyendo las intercalaciones de ignimbritas

SECCION GEOLOGICA A-A', TURI

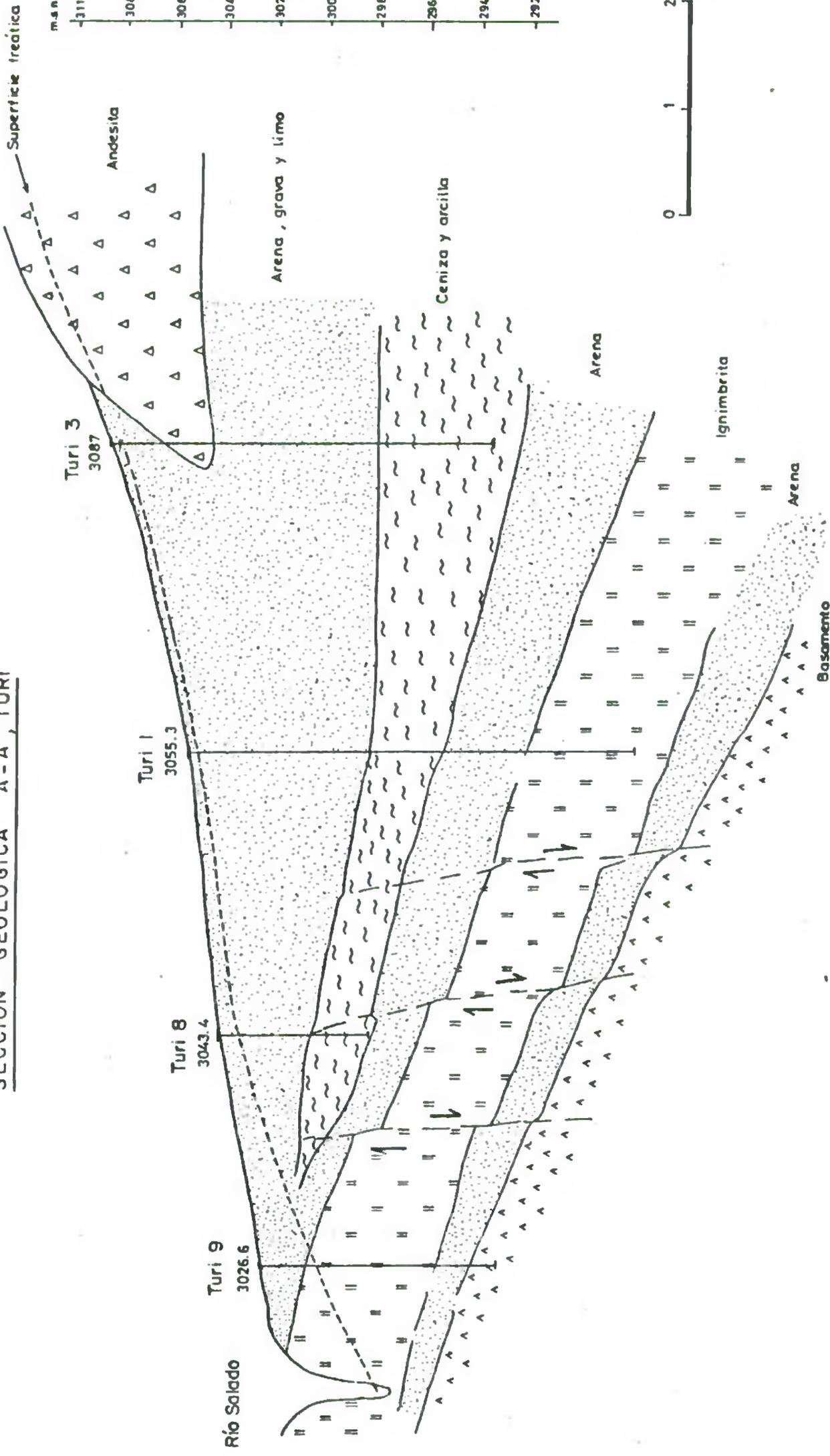


Fig.- 3

y ceniza probablemente alcanza los 280 m en la cuenca.

Grandes áreas de la zona están cubiertas por material aluvial. Desde el Noroeste, un gran cono aluvial se extiende hasta la quebrada del río Loa y hacia el Sur, cubriendo parcialmente las ignimbritas y sedimentos fluviales y lacustres. También en el Sur y alrededor de Turi hay extensas áreas con cubierta aluvial. Este material no consolidado tiene una granulometría muy variada que puede cambiar rápidamente en sentido lateral. Al Oeste de Turi se encuentra un área donde se están formando delgadas capas de sal. En la parte Sur del área se encuentran conglomerados mixtos y arenas que yacen sobre las ignimbritas. Las capas se acuñan individualmente, pero el espesor total es más o menos constante.

Los conglomerados pueden ser muy gruesos y con cantos redondos más bien redondeados; en general tienen una matriz arenosa.

Al pie de los cerros de Ayquina se presentan -principalmente expuestos en las paredes de las quebradas Caspana y Salado- brechas de material riolítico con una matriz fina y densa. Estos depósitos están fuertemente fracturados por un sistema de diaclasas.

4.3. Rocas intrusivas

Se encuentran cuerpos redondeados de rocas graníticas en la parte Norte del área. Un afloramiento de cierta extensión está representado por el Cerro Cerroqui; otro se ubica en la extremidad NO del área.

Las rocas graníticas aparte del hecho de formar el basamento, tienen escasa importancia en el área.

5. TECTONICA

La característica tectónica de mayor importancia de la zona, deriva de la existencia de sistemas de fallas y diaclasas verticales que se presentan principalmente en la parte central, al Oeste de Turi.

El sistema más pronunciado está formado por las fallas verticales con rumbo NNW. Fracturas y fallas pertenecientes a este sistema se encuentran desde las ignimbritas, en el Norte, hasta las rocas riolíticas de los Cerros de Ayquina. En la parte central estas fallas tienen un considerable desplazamiento. El efecto del movimiento producido por las fallas es menor para los estratos ignimbríticos y sedimentarios superiores que para los estratos subyacentes.

Otro sistema de fallas y fracturas tienen rumbo NE. También se trata de fracturas casi verticales cuyo salto provoda la desviación de la Quebrada de Turi, Quebrada Divisoco y Río Salado. También el curso del Río Loa está dirigido por este sistema.

Es probable que la llanura de Chiu-Chiu se haya formado por hundimiento de un bloque entre fallas del sistema principal NNW. Igualmente, un área baja, al Oeste de la Cuesta Divisoco, probablemente representa un bloque hundido, provocado por el fallamiento de los dos sistemas.

6. ESTUDIO GEOFISICO

El objetivo de las mediciones geofísicas fue obtener información sobre la estructura y profundidad del basamento. También se trató de averiguar la posible existencia de flujos andesíticos bajo la superficie, que en la zona de Turi, parecen constituir acuíferos importantes. Aparte de las mediciones sísmicas, se experimentó con métodos de magnetometría y de potenciales telúricos.

6.1. Refracción Sísmica

- Mediciones de Refracción Sísmica en la Línea I

La velocidad en la primera capa es variable (material heterogéneo seco). Su valor promedio es de 1.000 m/s y constituye un lente de espesor máximo de aproximadamente 20 m.

La segunda capa presenta una velocidad de propagación del orden de 2.100 m/s, consistiendo en depósitos aluviales, cenizas y evaporitas, saturadas en agua. La máxima profundidad freática es igual a 25 m en el punto S17, aflorando al Norte del punto S9. La potencia mínima de esta capa es de aproximadamente 50 m y la máxima de aproximadamente 150 m, depositadas sobre el basamento.

- Mediciones de Refracción Sísmica en la Línea II

La primera capa de velocidad de 2.300 m/s, está constituida por material aluvial casi completamente saturado de una potencia máxima de 60 m detectada en la línea sísmica II, la cual se acuña hacia el Norte. Es afectada por un graben de fallas prácticamente verticales.

- Mediciones de Magnetometría y Corrientes Telúricas

La línea I fue medida con un magnetómetro, que sin embargo no registró anomalías que fuera posible relacionar con las características geológicas.

Las corrientes telúricas registradas son menos pronunciadas que en otras zonas investigadas.

7. OCURRENCIA Y MOVIMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA, Y ZONAS DE DESCARGA

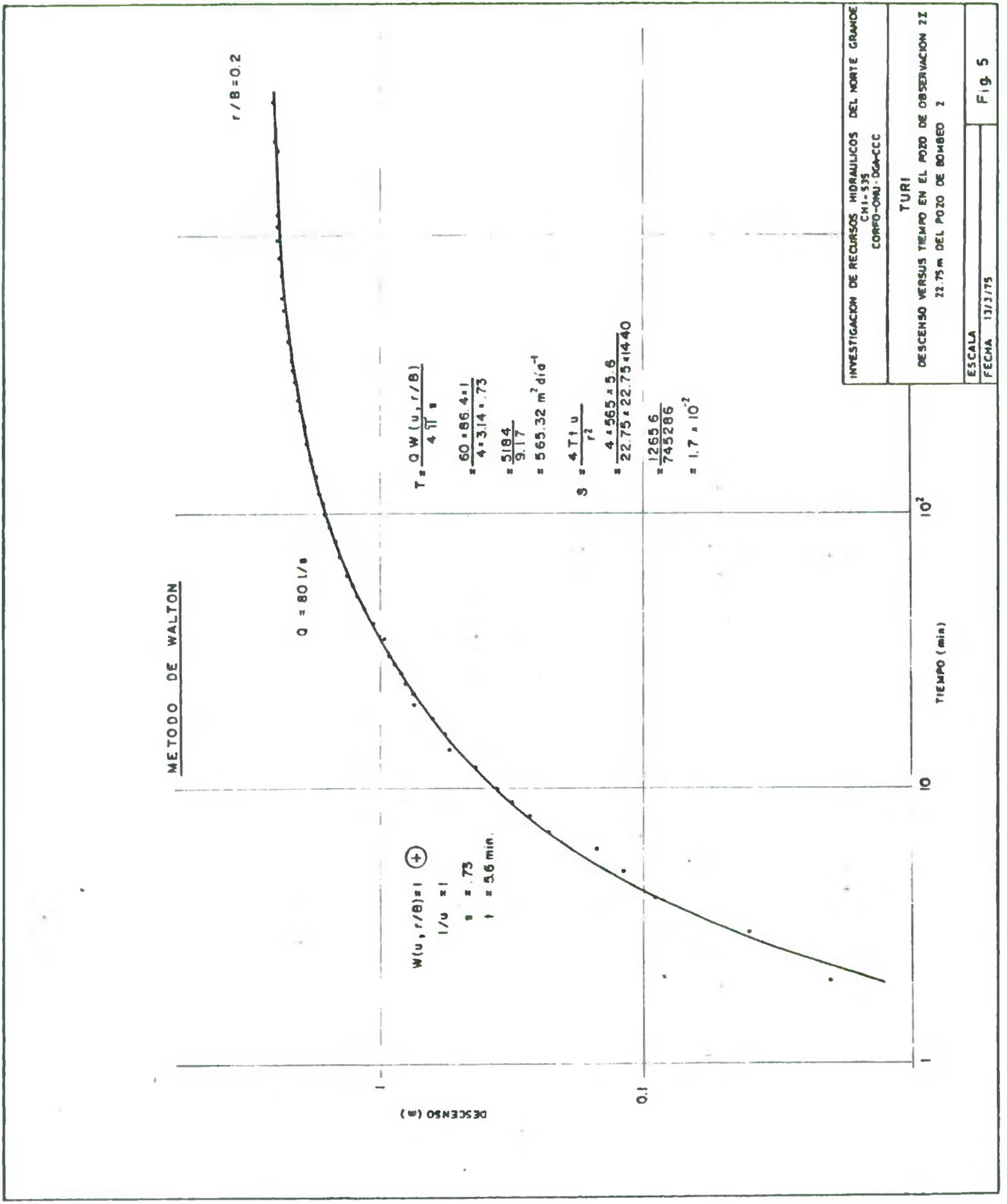
El agua subterránea entra a las zonas de descarga en la región de Turi por tres vías principales (v. el mapa de superficie freática, Fig. 4); una desde la parte NNE, a través de sedimentos aluviales; otra desde la NE, a través de un flujo de lava andesítica, y la tercera desde el E por sedimentos aluviales.

El mapa de la superficie freática fue obtenida de los datos de las Tablas 1 y 2.

T A B L A N° 1

Cotas y estratigrafía de pozos

N° Pozo	Cota de terreno	Prof. Total	Prof. de ceniza, limo o arcilla.	Profund. de ignimbrita	Basamento
1	3055.27	173	72-100	131-173	
1 I	3055.76	182	84-121		154
2	3007.05	204	71- 82	87-130	192-204
2 I	3007.18	198	71- 85	85-128	
3	3067.05	150	118-150		
4	3089.71	198	82-159	165-198	
5	3081.66	126	116-125		
6	3067.51	115	97.7-115		
7	3090.97	110			
8	3043.40	61	49 - 61		
9	3026.64	92	31-69.6		82-92
10	3041.62	53			
11	3137.01	162		46	
Cupo 1	2925.34	395	110-140 165-298 37-379	13- 59	



INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE
 CHI-335
 CORFO-ONJ-DGA-CCC

TURI

DESCENSO VERSUS TIEMPO EN EL POZO DE OBSERVACION 21
 22.75 m DEL POZO DE BOMBEO 2

ESCALA _____
 FECHA 13/3/75

Fig. 5

T A B L A N° 2

Nivel de agua en los pozos de observación

N° Pozo	Prof. de tubo ranurada	Cota de tubo (m snm)	Altura de tubo (m)	Prof. de agua (m)	Nivel de agua (m snm)
1	6-154	3055.35	0.28	3.20	3052.35
1 I	6-154	3056.23	0.47	3.58	3052.65
2	11-34, 45-176	3007.26	0.21	0.76	3006.50
2 I		3007.72	0.54	0.25	3006.87
3	5-115	3087.41	0.36	3.75	3083.66
4	5-80	3089.95	0.24	27.25	3062.70
5	5-100	3082.02	0.36	3.22	3078.80
5 I	3-22	3082.31	0.53	3.29	3079.02
5 II	3-25	3082.39	0.47	3.30	3079.09
5 III	2-95	3082.19	0.51	2.95	3080.24
6	18-84	3067.89	0.38	19.13	3048.76
7	17-85	3091.15	0.18	16.97	3074.18
7 I	0-50	3092.02	0.53	17.62	3074.40
8	6-28	3043.69	0.29	13.82	3029.87
9		3027.00	0.36	62.90	2964.10
10	17-23	3042.29	0.67	surg.	3042.29
11	100-150	3137.44	0.43	31.38	3106.06
Cupo 1	69-163, 298-350, 379-390	2925.59	0.25	86.90	2838.69

15.
 13 NOV 1995
 RECEBIDO
 Fecha:
 de la Administración de Recursos Hídricos

Las zonas de descarga son:

- a) Baños de Turi, donde el caudal es 145 l/s.
- b) La Playa y la Vega de Turi, donde la pérdida por evaporación es calculada como sigue:

T A B L A N° 3
 Pérdidas por Evaporación

Situación	Sup. km ²	Evap. Estac. (mm/d)	Evap. Coef.	Evap. Real como %Evap. Potencial	Gasto de Evaporac. l/s
Regadío	1			100	68
Vega	23	8.5	0.75	30 a 50	473 a 739
Playa	11			5 a 20	36 a 145
Borde	10			2 a 10	13 a 68
Total					590 a 1070

*total sobre
 en se. p. man
 de datos métr.*

Por lo tanto, la pérdida por evaporación se estima en un rango de 590 a 1070 l/s.

- c) En el segmento del río Salado, al Sur de la Cuenca de Turi, entre Caspana y Huinculunche, el caudal es de 601 l/s (544 l/s usando datos desde Julio hasta Septiembre 1976); teniendo en cuenta que la evaporación en el cauce es de 39 l/s (30 l/s), la descarga de agua subterránea alcanza a 640 l/s (574 l/s).

La región de Turi representa la parte de una cuenca de sedimentos aluviales de arena y grava, donde existen acuíferos intercalados con una unidad de arcilla y ceniza, y una unidad de ignimbrita.

Cuatro pruebas de bombeo indican los parámetros de los acuíferos (v. Tabla 4 y Figuras 5, 6 y 7).

T A B L A N° 4

Parámetros Hidráulicos

N° Pozo	Caudal l/s	Transm. (m ² día ⁻¹)	Conduct. Hidrául. (m día ⁻¹)	Coefficien te Almacena miento	Método
Turi 1 II	80	565	12	1.7x10 ⁻²	Walton
Turi 2	80	973	6	1.8x10 ⁻²	Jacob
Turi 5 III	75	1780	18	6.1x10 ⁻⁴	Walton
Turi 7 I	65	2710	31	5.8x10 ⁻³	Walton
Chiu-Chiu 1	-	744	-	-	Jacob
Cupo 1	-	2213	14	4.6x10 ⁻³	Hurr

METODO DE WALTON

$$T = \frac{QW(u, r/B)}{4\pi s}$$

$$= \frac{75 \cdot 86.4}{4 \cdot 3.14 \cdot .29}$$

$$= \frac{6480}{3.64}$$

$$= 1780 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$= \frac{4 \cdot 1780 \cdot 1}{1440 \cdot 28.45 \cdot 28.45}$$

$$= \frac{7120}{11696740}$$

$$= 6.1 \cdot 10^{-4}$$

DESCENSO (m)

1.0

$$W(u, r/B) = 1.1 \oplus$$

$$1/u = 1$$

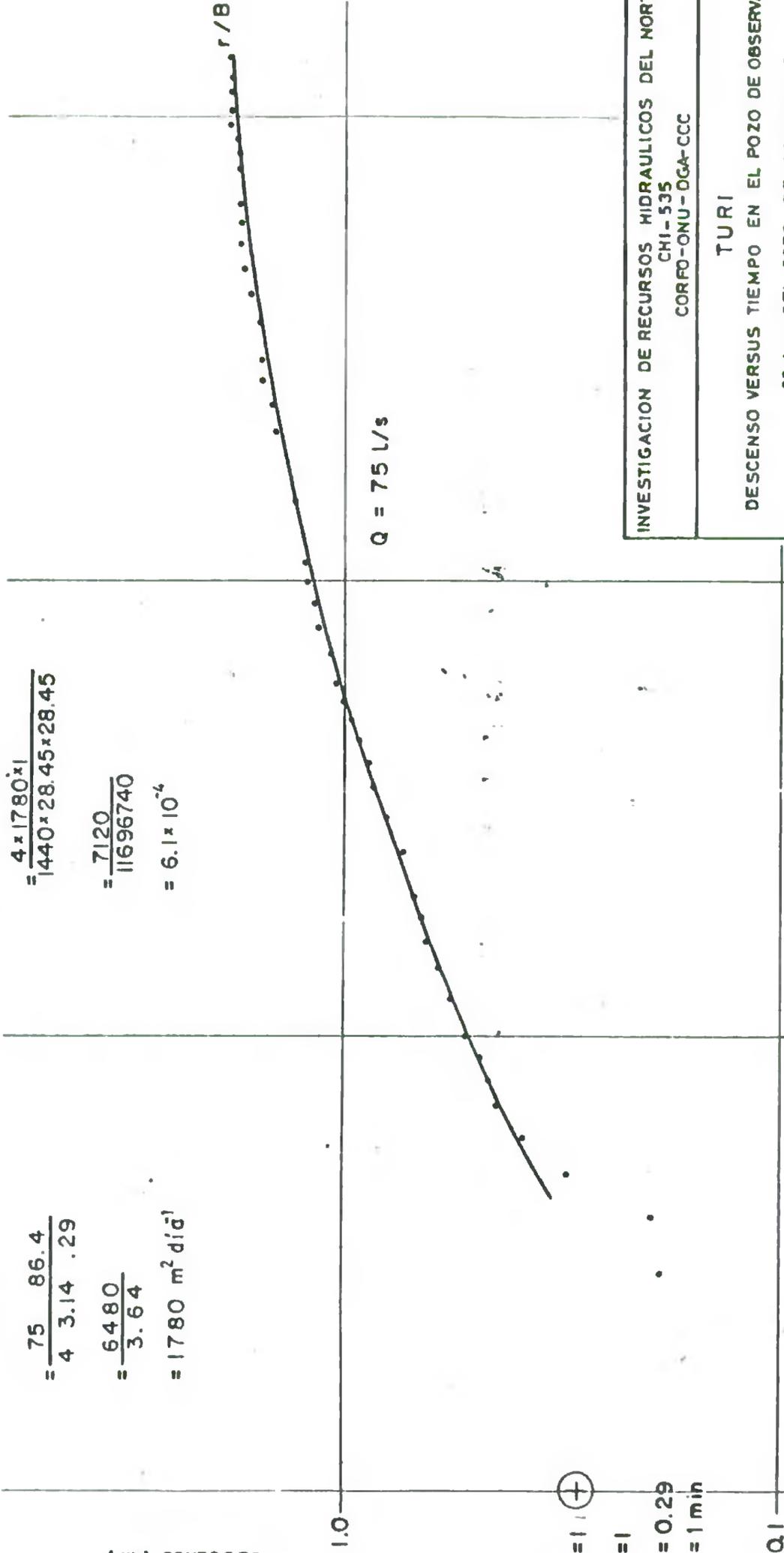
$$s = 0.29$$

$$t = 1 \text{ min}$$

0.1

Q = 75 L/s

r/B = 0.03



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

TURI

DESCENSO VERSUS TIEMPO EN EL POZO DE OBSERVACION 3

28.4 m DEL POZO DE BOMBEO 5

ESCALA:

FECHA: 30/3/76

Fig. 6

METODO DE WALTON

$$T = \frac{QW(u, r/B)}{4\pi s}$$

$$T = \frac{65 \times 10 \times 86.4}{4 \times 3.14 \times 1.65} = 2.710 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2 \times 1.440}$$

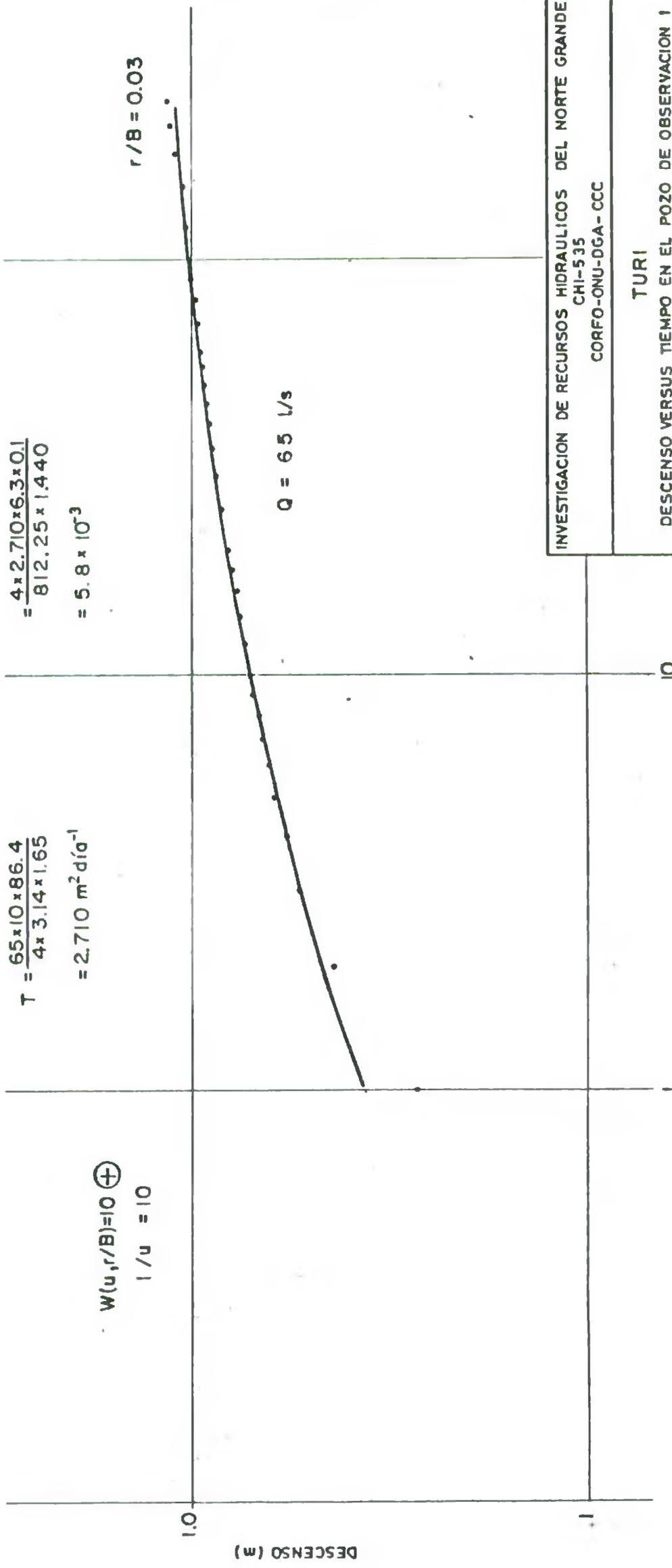
$$= \frac{4 \times 2.710 \times 6.3 \times 0.1}{812.25 \times 1.440} = 5.8 \times 10^{-3}$$

$$W(u, r/B) = 10 \oplus$$

$$1/u = 10$$

$$r/B = 0.03$$

$$Q = 65 \text{ l/s}$$



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

TURI
DESCENSO VERSUS TIEMPO EN EL POZO DE OBSERVACION 1
28.5 m DEL POZO DE BOMBEO 7

ESCALA
FECHA 27/4/76

Fig. 7



8. HIDROQUIMICA

La concentración de sólidos disueltos del agua subterránea varía desde 1260 mg/1 TSD a 5732 TSD. (v.Fig.8).

La concentración aumenta con la profundidad, de modo que en la vecindad del pozo 5, las aguas entre los 3 y 25 m poseen una salinidad de 1960 mg/1 TSD y a mayor profundidad la salinidad es del orden de 5000 mg/1 TSD. Un aumento en la concentración se verifica también horizontalmente hacia la Playa de Turi y hacia la parte Oeste de la región.

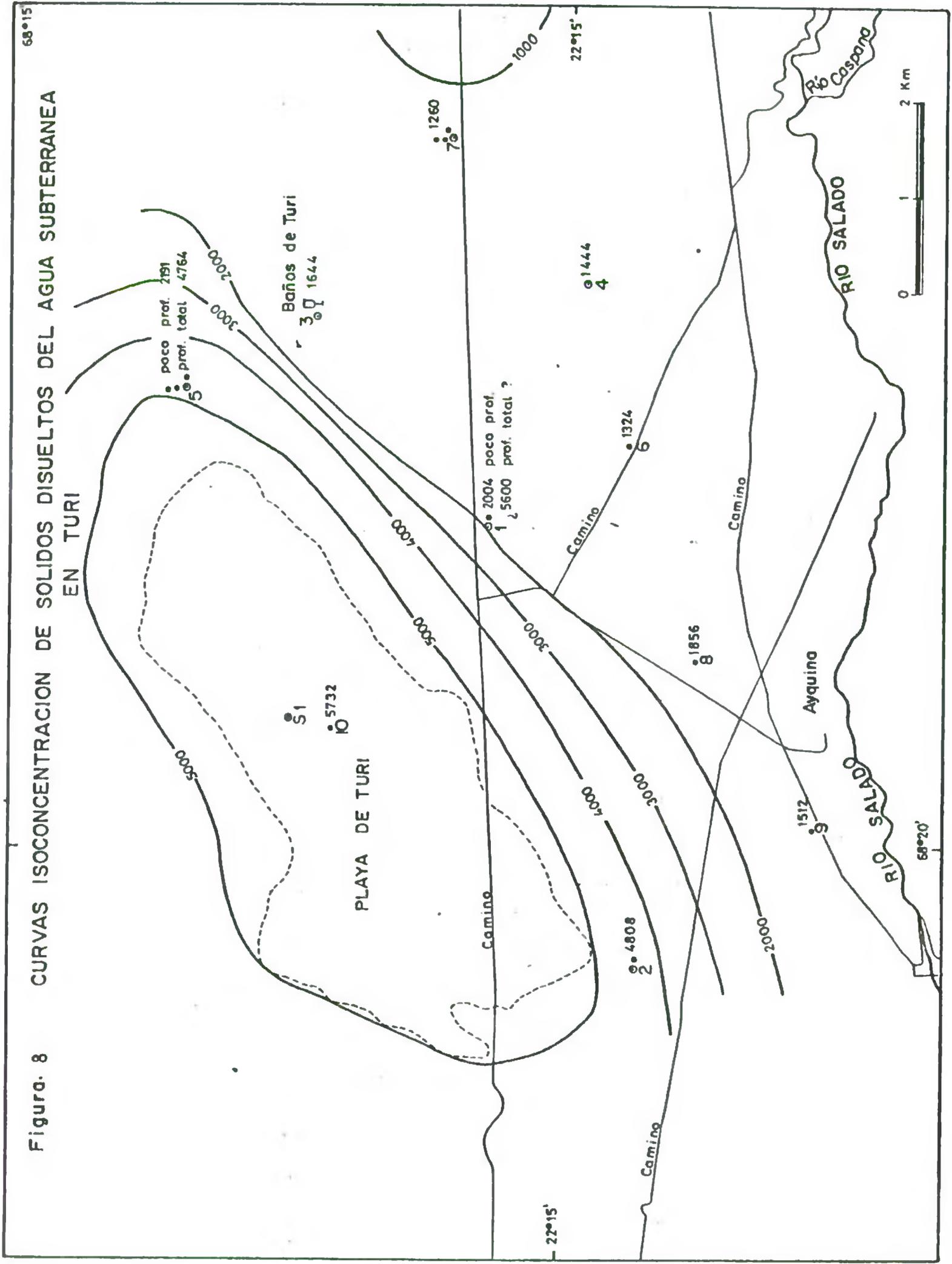
El aumento en la concentración de sólidos disueltos en la Playa se debe a la evaporación del agua subterránea por acción capilar. El aumento en la concentración de sólidos disueltos con la profundidad es probablemente debido a la presencia de aguas fósiles y al movimiento reducido del agua.

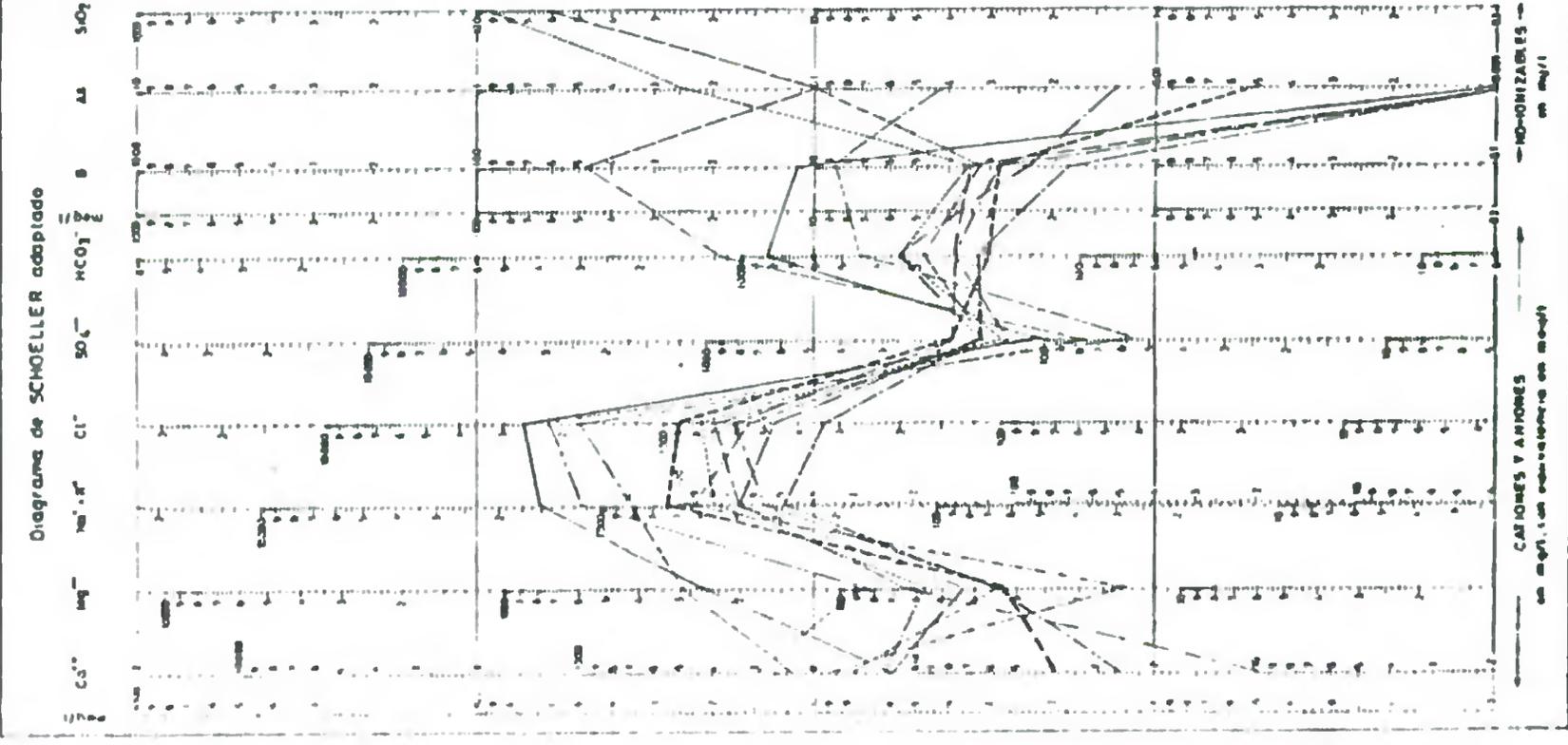
En general, la composición del agua subterránea es rica en NaCl, siendo la cantidad de NaCl proporcional con el aumento de la salinidad. Para el Arsénico los valores de concentración varían entre 0.00 y 0.39 mg/1. Las concentraciones más altas se encuentran en los pozos 1 y 2. Para el Boro, el rango de variación es entre 0.54 mg/1 en el pozo 5 y 11.55 mg/1 en el pozo 10. (v. Tabla 5).

A partir de los análisis químicos y de las mediciones de caudales en el río Salado, es posible calcular la concentración de los sólidos disueltos de descarga natural del agua subterránea.

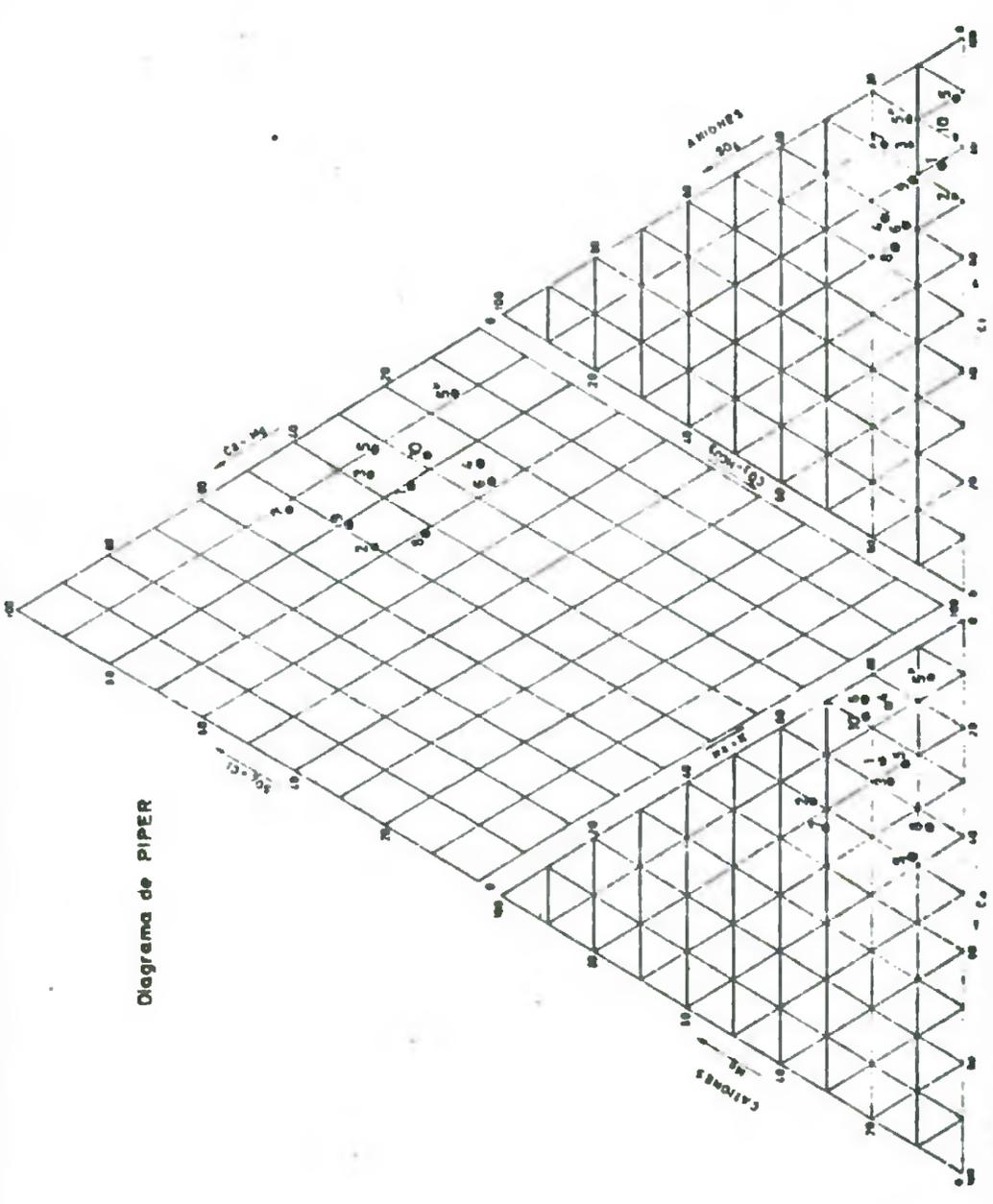
Entre las estaciones de aforo 3 (Caspana) y 5 (Sifón Ayquina), la concentración calculada usando el método de balance químico es aproximadamente 3693 mg/1 TSD, más alto que la concentración indicada por los pozos del área (2000 mg/1 TSD).

Figura. 8 CURVAS ISOCONCENTRACION DE SOLIDOS DISUELTOS DEL AGUA SUBTERRANEA EN TURI





TURI										
POZO N°	FECHA TOMA MUESTRA	NUMERO CANTERA	PH	CONDUCT. (AMPERIOMED. MULTIMETER)	ESD (mg/l)	SUM. CATIONES (mg/l)	SUM. ANIONES (mg/l)	DUREZA TOTAL (en CaCO3)	DUREZA (en CaCO3)	LABORATORIO (PEMA, ANA, PA)
POZO N° 1	25/5/75	1	5.7	2600	2000	31.36	31.36	550.6	315	LABORATORIO (PEMA, ANA, PA)
POZO N° 2	19/3/75	2	7.65	5800	4036	71.11	71.11	1815.20	971.2	PLANTA TRAT AG SERV N° 35 2 6
POZO N° 3	27/3/76	3	8.21	2900	1644	26.46	26.46	587.62	382.5	PLANTA TRAT AG SERV N° 3
POZO N° 4	6/11/75	4	8.50	6600	1064	16.65	16.653	210.8	2000	UTE N° 30 3/3/76
POZO N° 5	23/3/76	5	7.60	3500	4824	71.11	71.11	1089.80	737.5	PLANTA TRAT AG SERV N° 2 19/7
POZO N° 5'	28/3/76	5'	7.90	1700	1960	32.39	32.39	237.75	310	UTE N° 25 3/13/76
POZO N° 6	20/11/75	6	8.18	2850	1340	22.73	22.73	293.72	305.0	UTE N° 46 13/4/76
POZO N° 7	13/4/76	7	7.04	2600	1244	20.47	20.47	544.83	270	PLANTA TRAT AG SERV N° 1 19/7
POZO N° 8	22/2/76	8	6.65	806	1856	24.81	24.93	521.31	382.5	UTE N° 96 3/5/75
POZO N° 9	27/3/76	9	8.06	5080	1684	23.49	23.52	505.27	465	PLANTA TRAT AG SERV N° 2 25/7
POZO N° 10	11/12/75	10			5080	92.65	92.65	1367.20	790.0	UTE N° 27 3/13/76
										PLANTA TRAT AG SERV N° 7 19/7



INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL NORTE GRANDE
 CPM-313
 CCMFO-ORU-00A-CCC

TURI

DIAGRAMA DE SCHOELLER ADAPTADO Y DIAGRAMA DE PIPER

FIG. 9

Entre las estaciones 5 (Sifón Ayquina) y 6 (Huinculunche), la concentración es de alrededor de 5070 mg/l TSD, la que es aproximadamente igual a la salinidad de las aguas en el pozo Cupo 1 (v. Tabla 6).

Estas concentraciones calculadas complementan los análisis de agua subterránea de los pozos. Ambos grupos de análisis indican que la calidad del agua es mejor en la parte ^eEste. En el sector Oeste el agua es de menor calidad, probablemente por la evaporación presente y pasada de la Playa de Turi.

Se piensa que la concentración de sólidos disueltos al NE de la Playa de Turi sería similar a la concentración en el Este de la Playa.

T A B L A N° 6

Composición calculada de descarga de agua subterránea en el río Salado desde la Cuenca de Turi.

Segmento del Río	Recarga l/s	Composición (mg/l) calculada			
		TSD	Cl	B	As
D/Caspana - Sifón Ayquina	249	3693	1568	3.06	
Sifón Ayquina - A/Huinculunche	230	5070	2249	9.23	1.57
Aporte Huincu- lunche	95	5413	2412	9.0	1.14

9. EVALUACION CUANTITATIVA

Desde el punto de vista hidrogeológico es posible dividir la región de Turi en 3 zonas: (v. Figura 10).

Zona A - zona de rocas no consolidadas al NE de la Playa de Turi. Existen pocos datos, pero el pozo de la Zona A indica que la calidad del agua es buena. La zona de recarga está probablemente incluyendo el afloramiento dacítico.

Zona B - zona de rocas no consolidadas. La concentración de sólidos disueltos totales es menor que 2000 mg/l TSD. La zona de recarga está al NE, en la Cordillera de los Andes.

Zona C - Playa de Turi. Existe solamente un pozo y la calidad del agua es mala. Esta zona recibe agua desde las zonas A y B.

Flujo de agua subterránea

Debido a que existen pocos datos hidrogeológicos en la zona A, en comparación con la zona B, se usaron dos métodos:

- a) Ley de Darcy
- b) Balance hidrológico

a) Ley de Darcy

$$Q = \frac{T i L}{86.4}$$

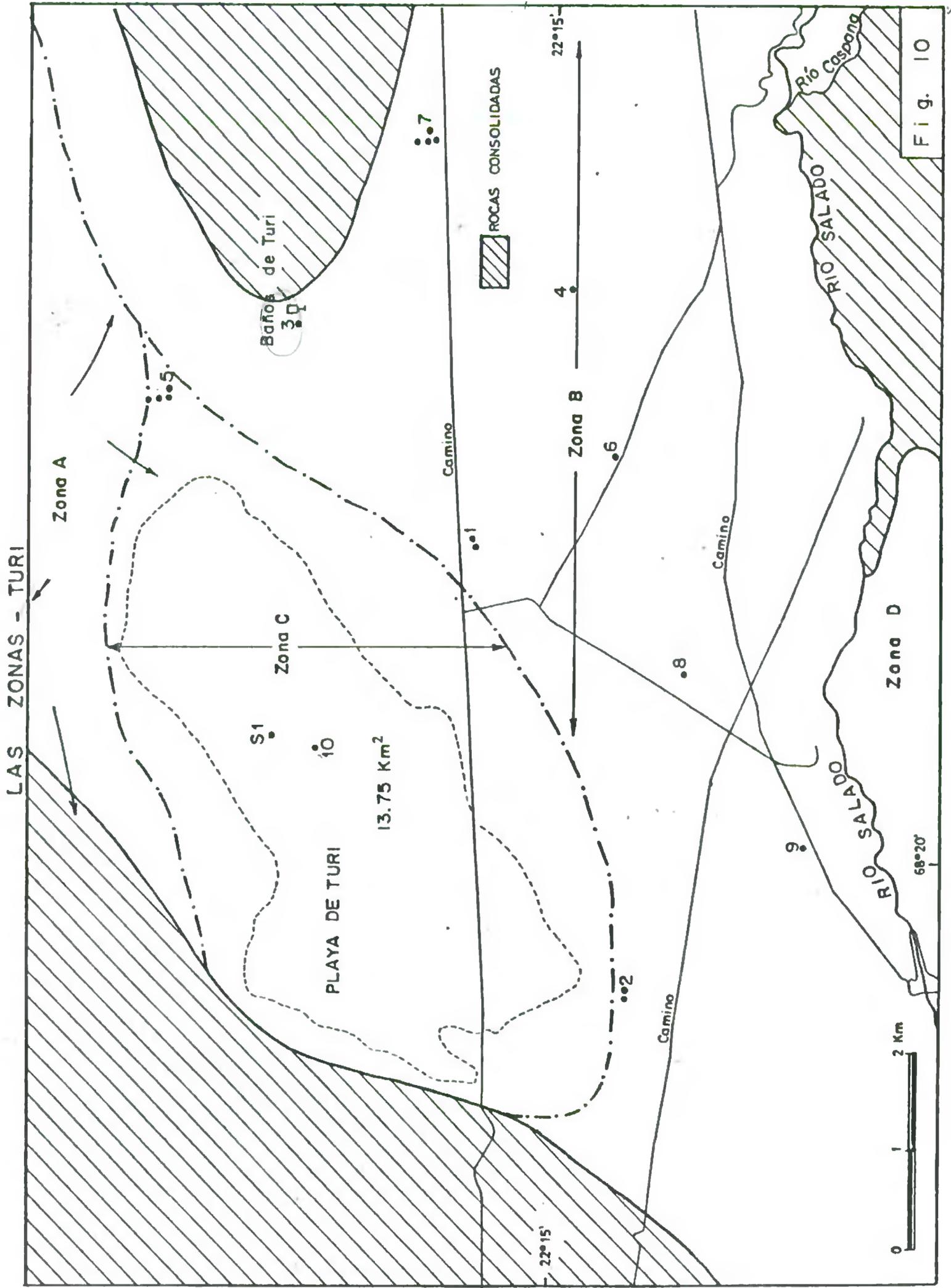
donde:

Q = caudal en l/s

T = transmisividad en $m^2 \text{ día}^{-1}$

i = gradiente hidráulica

L = sección de flujo



Zona A

$$T = 800 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$$

$$i = 0.01$$

$$L = 7000 \text{ m.}$$

$$Q = \frac{800 \times 7000 \times 0.01}{86.4} \text{ l/s}$$

$$= 648 \text{ l/s}$$

A través de las mediciones en el río Salado, se conoce que enfrente a la región de Turi, entre las estaciones 3 (Caspána) y 6 (Huinculunche), el aumento en el gasto es 641 l/s. Este valor es aproximadamente igual a la recarga natural de 648 l/s calculada por medio de la Ley de Darcy.

Zona B

$$T = 500 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1} \text{ (sin pruebas de bombeo)}$$

$$i = 0.01$$

$$L = 4000 \text{ m.}$$

$$Q = \frac{500 \times 4000 \times 0.01}{86.4} \text{ l/s}$$

$$= 231 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, la cantidad de flujo de agua subterránea calculada por medio de la Ley de Darcy es de 879 l/s, más el caudal de 145 l/s de Baños de Turi, resultando un caudal total de 1024 l/s.

b) Método del balance hidráulico

Este método ha sido aplicado a toda la región de sedimentos no consolidados, pero está basado principalmente en estimaciones de las pérdidas por evaporación de la Playa y la Vega (los datos meteorológicos presentados son extractados del Informe Balance Hidrológico de la Cuenca del río Loa).

Entradas:

Infiltración directa = 157 l/s (Precipitación a
nual = 50 - 150 mm (promed
dio 110 mm), por lo tan-
to, la recarga total por
infiltración directa =
157 l/s)

Baños de Turi = 145 l/s

Flujo de agua subterránea = Q

Salidas:

Evapotranspiración = 590 a 1070 l/s .

Drenaje del Salado = 601 l/s

Flujo de agua subterránea, Q = 889 a 1369 l/s

Optimo almacenamiento de un período, V_o

$$V_o = A \times M' \times S$$

donde :

V_o = es la diferencia entre el volumen total de
agua subterránea y el almacenamiento crític
co, el cual es necesario para protegerse
contra problemas, tales como el drenaje del
río Salado.

A = área en km^2

M' = distancia vertical promedia entre la superf
ficie freática y la superficie mas alta del
almacenamiento crítico.

S = caudal específico = (porosidad-retención
específica)

Zona A,

$$A = 45 \text{ km}^2$$

$$M' = 5 \text{ m}$$

$$S' = 0.15$$

$$V_o = 3.38 \times 10^7 \times 10^1 \times 10^{-1}$$

$$= 3.38 \times 10^7 \text{ m}^3$$

Para 100 años = 10.7 l/s

para 50 años = 21.4 l/s

para 10 años = 107 l/s

Zona B,

$$A = 50 \text{ km}^2$$

$$M' = 10 \text{ m}$$

$$S' = 0.15$$

$$V_o = 7.5 \times 10^7 \times 10^1 \times 10^{-1}$$

$$= 7.5 \times 10^7 \text{ m}^3$$

para 100 años = 23.8 l/s

para 50 años = 47.6 l/s

para 10 años = 238 l/s

La calidad del agua subterránea es importante en el desarrollo potencial. En los sectores Este y Norte, la salinidad es menor que 2000 mg/l TSD, mientras que bajo la Playa de Turi y en la zona Oeste, la salinidad está comprendida entre 4000 y 6000 mg/l TSD. Es posible desarrollar cada zona separadamente, sin embargo, si toda la región de Turi fuera explotada como una única zona, la salinidad promedio tendría probablemente un valor aproximado de 3000 mg/l TSD.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONESAlternativa A

Sin pozos de desarrollo. Con este sistema se continuaría usando el agua de los Baños de Turi y el Río Salado como un dren para el agua subterránea.

El agua disponible después de la recarga natural en la Vega y Playa es:

Baños de Turi	145 l/s
Descarga natural del Río	601 l/s
Salado	<hr/>
Total	746 l/s

El problema con este sistema es que hay una pérdida por evapotranspiración en la Playa y la Vega con una concentración correspondiente de sólidos disueltos en el agua subterránea, desaguando en el Río Salado.

Alternativa B

Con pozos de desarrollo. Los pozos estarían situados en las zonas A y B y al NE de la Playa antes de la mayor concentración de sólidos disueltos. Por lo tanto, este sistema proveería agua de mejor calidad.

El máximo caudal sostenido de agua subterránea, incluyendo Baños de Turi, es de 1024 l/s (calculado por medio de la Ley de Darcy), un valor bastante aproximado al calculado por el método de Balance Hidrológico. La calidad promedio del agua sería aproximadamente 2000 mg/l TSD.

La descarga desde la cuenca de Turi puede ser ligeramente aumentada, usando el almacenamiento de un período, equiva

lente a un caudal adicional de:

345 l/s para 10 años

69 l/s para 50 años

34 l/s para 100 años

A N E X O

DESCRIPCIONES LITOLÓGICAS

POZO : TURI N° 1 I

UBIC.: AL N. DE TURI

Coordenadas: Lat. : 22° 14' 34"

Long.: 68° 18' 8"

COTA TERRENO : 3055.76 m s.n.m.Profundidad

<u>De</u>	<u>Hasta</u>	<u>Descripción Litológica</u>
0	2	Grava pumítica con evaporitas
2	20	Grava arenosa
20	37	Arena gravosa
37	45	Arena gravosa pumítica, ligeramente limosa.
45	53	Grava con arena mediana y fina (con evaporitas y pómez)
53	56	Limo arenoso, ligeramente gravoso
56	72	Arena gravosa, ligeramente limosa
72	84	Arena gravosa, limosa
84	96	Grava limosa (cenizas volcánicas), tierras blancas.
96	107	Limo arenoso, ligeramente arcilloso, poco gravoso
107	114	Arena gravosa, ligeramente limosa
114	116	Ceniza volcánica, arena limosa
116	121	Limo arcilloso, arenoso (con material proclástico descompuesto)
121	131	Grava arenosa, ligeramente limosa
131	137	Limo arenoso, gravoso
137	154	Ignimbrita poco consolidada
154	182	Ignimbrita

POZO : TURI N° 2

UBIC.: EN EL BORDE S. DE LA PLAYA DE TURI

Coordenadas: Lat. : 22° 15' 25"

Long.: 68° 21' 27"

COTA TERRENO : 3007.05 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
5	11	Costra arenosa con evaporitas
11	14	Arenisca
14	21	Grava de lava escoriácea andesítica
21	30	Cuarcita conglomerática
30	34	Grava de lava escoriácea, andesítica de excelente permeabilidad
34	45	Turbas y restos orgánicos, ligeramente gravoso
45	51	Grava gruesa arenosa, clastos andesíticos subredondeados.
51	59	Grava arenosa con evaporitas, ligeramente arcillosa
59	62	Guijarros gravosos
62	71	Grava mediana y gruesa, ligeramente arcillosa
71	76	Grava mediana y gruesa, ligeramente limosa-arenosa
76	78	Arenas limosas-arcillosas con clastos hasta tamaño guijarro. Baja permeabilidad.
78	82	Arena fina y mediana, limosa con guijarros y grava. Buena permeabilidad.
82	87	Grava arenosa poco limosa. Buena permeabilidad
87	130	Ignimbrita riolítica, matriz muy fina, probablemente fracturada.
130	152	Grava arenosa, clastos subangulares a subredondeados con algo de intercalaciones arcillosas. Buena permeabilidad.
152	174	Arena gravosa, ligeramente arcillosa.
174	192	Grava arenosa con clastos subangulares a subredondeados.
192	204	Basamento porfirítico

POZO : TURI N° 3

UBIC.: AL N. DE BAÑOS DE TURI

Coordenadas: Lat. : 22° 13' 30"

Long.: 68° 16' 51"

COTA TERRENO : 3067.05 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
0	12	Ceniza fina, arcillosa, baja permeabilidad
12	15	Sílice
15	19	Arena mediana, arcillosa
19	22	Grava de lava andesítica, escoriácea, alta permeabilidad.
22	41	Flujo de lava andesítica, escoriácea, alta permeabilidad
41	60	Grava arenosa de piroclastos redepositados, abundan clastos de pómez, buena permeabilidad.
60	69	Grava arenosa de piroclastos redepositados, abundan clastos de pómez, arcillosa por descomposición. Baja permeabilidad.
69	84	Arena gravosa un poco arcillosa
84	96	Grava mediana y fina, arenosa, un poco arcillosa
96	111	Grava mediana. Buena permeabilidad
111	118	Ceniza volcánica, fina, limosa
118	150	Ceniza volcánica, fina, limosa, un poco arenosa y con gravas.

POZO : TURI N° 4

UBIC.: AL S. DE BAÑOS DE TURI

Coordenadas: Lat. : 22° 15' 6"

Long.: 68° 16' 38"

COTA TERRENO : 3068.71 m s.n.m.

Profundidad

<u>De</u>	<u>Hasta</u>	<u>Descripción Litológica</u>
0	1	Arena mediana y fina con poca grava fina
1	12	Grava mediana y gruesa, arenosa
12	35	Grava gruesa, arenosa con abundantes cantos rodados, subangulares a subredondeados
35	61	Arena gruesa, gravosa con pocos cantos rodados
61	69	Grava mediana y gruesa arenosa, con abundantes clastos de cantos rodados subangulares
69	76	Arena gruesa, gravosa
76	82	Arena gruesa, gravosa, un poco arcillosa
82	106	Arena gruesa, gravosa, arcillosa
106	139	Ceniza volcánica parcialmente descompuesta, arenosa.
139	159	Ceniza volcánica rojiza, descompuesta, muy arcillosa
159	165	Ceniza volcánica de color gris, descompuesta, muy arcillosa
165	198	Ignimbrita

POZO : TURI N° 5

UBIC.: AL NNE. DE BAÑOS DE TURI

Coordenadas: Lat.: 22° 12' 43"

Long: 68° 17' 17"

COTA TERRENO: 3081.66 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>hasta</u>	
0	1	Grava mediana a gruesa con cantos, un poco limosa
1	14	Grava mediana a gruesa con guijarros y cantos. Clastos de ignimbrita y lava escoriácea.
14	21	Grava fina, mediana y gruesa un poco arenosa, con pocos guijarros y cantos. Clastos de pómez y lava escoriácea.
21	26	Grava mediana a gruesa, poco arenosa, con cantos.
26	27	Ceniza volcánica, poco gravosa
27	34	Grava fina, mediana y gruesa, arenosa con intercalaciones arcillosas. Clastos de pómez e ignimbritas.
34	39	Ceniza volcánica, fina, arcillosa, un poco gravosa con clastos de lava escoriácea.
39	43	Grava fina, mediana y gruesa arenosa, muy poco arcillosa.
43	49	Ceniza volcánica arcillosa, gravosa.
49	51	Grava mediana y gruesa con arena mediana, un poco arcillosa
51	58	Grava mediana y gruesa con pocos guijarros y arena media. Clastos de sílice, lava escoriácea e ignimbrita.
58	63	Grava fina a gruesa, arenosa. Clastos de ignimbrita y lava escoriácea.
63	81	Grava fina a gruesa con arena gruesa y media.
81	82	Arena fina, limosa, gravosa con guijarros
82	86	Grava media a gruesa arenosa
86	91	Arena fina y media un poco arcillosa, gravosa
91	100	Arena fina, media arcillosa un poco gravosa
100	103	Arena media a gruesa, gravosa, muy poco arcillosa

Pozo Turi N° 5 (Continuación)

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
103	110	Ceniza arcillosa muy poco gravosa
110	112	Arena gruesa, gravosa, arcillosa
112	116	Arena fina a mediana, arcillosa, un poco gravosa
116	125	Arcilla arenosa fina a gruesa, un poco gravosa
125	126	Arena mediana a gruesa arcillosa, un poco gravosa.

POZO : TURI N° 6

UBIC.: AL SSE. DE TURI

Coordenadas: Lat.: 22° 15' 20"

Long: 68° 17' 35"

COTA TERRENO : 3067.51 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
0	0.90	Grava fina, mediana y gruesa, redondeada con arena mediana
0.90	7	Grava fina, mediana y gruesa, clastos subangulares y subredondeados, principalmente de ignimbrita y andesita.
7	18	Grava fina y mediana con arena gruesa. Clastos angulosos y subredondeados de ignimbrita y andesita.
18	25	Grava fina, mediana y gruesa con arena gruesa. Clastos subangulosos y subredondeados de ignimbrita y andesita.
25	32.50	Grava fina, mediana y gruesa, con mayor cantidad de arena gruesa y algunos guijarros. A los 29 metros existe un nivel de arena mediana y principalmente grava gruesa.
32.50	46	Grava fina, mediana y gruesa, poco arenosa (arena gruesa).
46	51.50	Grava fina y mediana arenosa (arena fina a gruesa). Clastos subangulosos y subredondeados, principalmente de ignimbrita y andesita.
51.50	55	Grava fina, mediana y gruesa arenosa (arena fina, mediana y gruesa). Clastos de ignimbrita angulosos y clastos arenosos blandos.
55	61.30	Arena de fina a gruesa, limosa, gravosa (grava de fina a gruesa).
61.30	62	Ceniza arcillosa fina con grava fina a mediana.
62	71.30	Grava fina, mediana y gruesa, con arena de fina a gruesa un poco limosa.
71.30	79	Arena fina, limosa, con poca grava fina y mediana de color rojizo.

Pozo Turi N° 6 (continuación)

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
79	80.20	Grava fina y mediana, con arena fina a gruesa un poco limosa, color rojizo.
80.20	86	Arcilla arenosa, fina, un poco gravosa (grava fina a mediana)
86	89	Grava fina y mediana arenosa, arcillosa, rojiza.
89	97.75	Arena fina, arcillosa con poca grava fina y mediana, rojiza.
97.75	104	Limo arcilloso, poca grava fina, color rojizo.
104	109.35	Limo arcilloso, poca grava fina, color rojizo (más arcilloso).
110	115	Ceniza arcillosa descompuesta, color negro-verdoso.

POZO : TURI N° 7

UBIC.: AL ESE. DE BAÑOS DE TURI

Coordenadas: Lat.: 22° 14' 16"

Long.: 68° 16' 13"

COTA TERRENO : 3090.97 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
0	6	Grava fina, mediana y gruesa, con muy poca arena gruesa a mediana. Clastos subredondeados y algunos subangulares de andesita e ignimbrita.
6	10	Grava mediana y fina poco arenosa, clastos subangulares y subredondeados de lava escoriácea e ignimbrita.
10	20	Grava gruesa, mediana y fina, poco arenoso. Clastos subangulares de lava escoriácea e ignimbrita.
20	50	Grava gruesa, mediana y fina, clastos principalmente ignimbríticos subredondeados y subangulares y algo de lava escoriácea.
50	65	Grava fina, mediana y gruesa, con poca arena fina. Clastos subredondeados y subangulares de ignimbrita y andesita.
65	70	Grava fina y mediana, arenosa. Clastos subangulares, principalmente de ignimbrita y algo de andesita.
70	80	Arena mediana, con grava fina y mediana, arenosa.
80	85	Arena mediana y fina, limosa, con poca grava mediana y fina.
85	90	Arena fina, arcillosa.
90	92	Ceniza volcánica blanca
92	99	Grava fina y mediana, arenosa, color gris-pardo. Clastos subangulares y subredondeados de ignimbrita y lava escoriácea.
99	105	Arena mediana y fina de color rojizo con grava fina y mediana.
105	108	Arena fina, limosa, color rojizo, poco gravosa
108	110	Arena fina, limosa, color rojizo gravoso.

POZO : TURI N° 8

UBIC.: AL SSW. DE TURI

Coordenadas: Lat.: 22° 15' 44"

Long: 68° 12' 51"

COTA TERRENO : 3043.40 m s.n.m.

Profundidad

De	Hasta	Descripción Litológica
0	1.3	Grava fina a mediana, subredondeada a subangular, con ceniza limosa.
1.3	5.6	Grava mediana, subangular a subredondeada, material principalmente andesítico y algo riolítico.
5.6	13	Grava gruesa subangular a subredondeada, material principalmente andesítico y algo riolítico.
13	20	Grava de fina a gruesa, angular a subangular, con arena gruesa.
20	26.2	Grava mediana a gruesa con arena mediana. Clastos subangulares, material principalmente andesítico y algo riolítico.
26.2	29.3	Arena gruesa con grava fina y mediana. Clastos subangulares y subredondeados.
29.3	33	Grava fina y gruesa con limo. Clastos subangulares a subredondeados, material andesítico e ignimbrítico.
33	34	Grava fina y gruesa con arena mediana
34	42	Ceniza limosa con gravas subangulares de material silíceo y muy poco andesítico.
42	49	Grava mediana y gruesa subredondeada, con arena fina, color rojizo.
49	52	Arcilla rojiza (ceniza), con poca grava.
52	55	Limo con grava gruesa subredondeada
55	61	Ceniza arcillosa, limosa de color rojizo

POZO : TURI N° 9

UBIC.: AL WNW. DE AYQUINA

Coordenadas: Lat. : 22° 16' 24"

Long.: 68° 19' 55"

COTA TERRENO : 3026.64 m s.n.m.

Profundidad

<u>De</u>	<u>Hasta</u>	<u>Descripción Litológica</u>
0	2.50	Grava fina y mediana con poca arena, limosa, material andesítico e ignimbrítico. Clastos subredondeados y subangulares.
2.50	12	Grava fina a mediana, con muy poca arena, material ignimbrítico y menos de volcánico. Clastos angulares y subredondeados.
12	18	Grava fina a gruesa, material principalmente ignimbrítico con muy poca arena fina. Clastos subangulares y subredondeados.
18	25.50	Ignimbrita
25.50	30	Arena de fina a gruesa, con grava de material ignimbrítico, subangular a subredondeado.
30	49	Ignimbrita rosada clara
49	68	Ignimbrita gris
68	69.60	Ignimbrita gris oscura y arcilla arenosa del mismo material
69.60	73	Arcilla arenosa, con grava fina y arena de material ignimbrítico (ignimbrita descompuesta).
73	79	Grava fina a mediana, con arena mediana y gruesa de material del basamento. Clastos angulares, subangulares y subredondeados.
79	82	Arena mediana con muy poca grava fina, de material del basamento (erosión).
82	92	Roca volcánica afanítica y porfírica de color rojizo, roca del basamento.

POZO : TURI N° 10

UBIC.: EN LA PLAYA DE TURI

Coordenadas: Lat. : 22° 13' 38"

Long.: 68° 19' 19"

COTA TERRENO : 3041.62 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
0	2	Fragmentos de concreciones carbonatadas (gravas gruesas y medianas).
2	5	Ceniza volcánica fina (arcillosa) y cantos redondeados de pómez.
5	13	Grava gruesa redondeada, material de lava escoriácea y pómez, guijarros redondeados de pómez con ceniza.
13	15	Grava gruesa, mediana y fina con muy poca arena, material de lava escoriácea y pricolástico, color gris. Clastos subangulares y subredondeados.
15	17	Ceniza con grava mediana, color blanquisca.
17	21	Grava gruesa y mediana, subangular, color gris oscuro, con poca arena gruesa.
21	30	Grava mediana y gruesa, angular y subredondeada, material de lava escoriácea y pómez.
30	39	Grava mediana y gruesa, angular y subredondeada, material de lava escoriácea y pómez redondeados, algunos pocos de tamaño cantos rodados.
39	44	Grava gruesa y mediana, subangular, clastos salinos arenosos, silícicos y lava escoriácea.
44	51	Toba (ceniza suavemente consolidada) de color café con poca grava.
51	53	Grava gruesa y mediana, subangular, clastos salinos arenosos, silícicos y lava escoriácea.

POZO : TURI N° 11

UBIC.: AL NE. DE PLAYA DE TURI

Coordenadas: Lat. :

Long.:

COTA TERRENO : 3041.62 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
0	1	Grava gruesa y cantos rodados con grava mediana, subredondeados y subangulosos, muy poca arena fina y limo y/o arcilla.
1	2	Grava mediana, gruesa con grava fina y arena gruesa, poca arena fina, limo y/o arcilla; clastos subangulosos y subredondeados.
2	8	Arena gruesa, grava fina con arena mediana, fina. Muy pocos clastos de grava gruesa de clastos subangulosos, subredondeados.
8	14	Grava fina, mediana, gruesa; arena gruesa, poca arena mediana, fina y ocasionales cantos rodados
14	24	Arena mediana, fina, gruesa, con muy poca grava fina y ocasionales clastos de grava gruesa redondeada.
24	35	Arena gruesa, grava fina; arena mediana, fina, con muy poca grava gruesa. Los clastos son <u>re</u> dondeados, subredondeados.
35	37	Arena gruesa, grava fina con arena mediana y poco limo; clastos son subredondeados.
37	41	Arena gruesa, grava fina con grava mediana, <u>grue</u> sa de clastos subredondeados, subangulosos, arena un poco cuarzosa.
41	44	Arena gruesa con poca grava fina. Clastos de <u>gra</u> va poco limosas.
44	46	Arena gruesa, fina limosa, poco arcillosa, con clastos de grava gruesa.
46	57	Arena fina, mediana, gruesa, arena gruesa poco limosa. Clastos subangulosos, subredondeados. Arena un poco cuarzosa.
57	76	Grava fina, mediana, gruesa. Arena gruesa limosa y poco arcillosa, ocasionales cantos rodados, subangulosos, cuarzosa (40%)
76	84	Arena gruesa; grava fina, limo arcilloso con

Pozo Turi N° 11 (continuación)

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
		grava mediana, gruesa. Clastos subredondeados. Arena cuarzosa.
84	106	Arena mediana, fina, arcillosa, limosa, poco cuarzosa. La arena es producto de piedra pomez.
106	145	Arena gruesa, grava fina arcillosa y limosa.
145	162	Arena mediana, gruesa con arcilla y limo.

POZO : CUPO N° 1

UBIC.: AL NW. DE LA CONFLUENCIA DEL RIO
SALADO Y QUEBRADA DE TURI.

Coordenadas: Lat. : 22° 17' 37"

Long.: 68° 23' 26"

COTA TERRENO : 2925.34 m s.n.m.

<u>Profundidad</u>		<u>Descripción Litológica</u>
<u>De</u>	<u>Hasta</u>	
0	13	Areniscas con calizas interestratificadas e ignimbritas grises.
13	37	Ignimbritas rosadas
37	50	Ignimbritas grises
50	55	Cenizas limosas poco consolidadas
55	59	Ignimbritas grises
59	69	Cenizas limoso-arcillosas
69	74	Gravas gruesas y medianas. Clastos andesíticos
74	79	Gravas medianas y gruesas de clastos andesíticos, limosas y arcillosas.
79	108	Grava mediana y gruesa, arenosa
108	110	Grava mediana y gruesa arenosa
110	142	Limo arcilloso, gravoso, arenoso
142	150	Grava limoso-arcillosa
150	164	Arena mediana y fina, gravosa-arcillosa.
164	185	Arcilla limosa poco arenosa.
185	194	Arcilla limosa
194	213	Arcilla arenosa, algo gravosa
213	298	Arcilla muy poco arenosa con algo de limo <u>endurecido</u> .
298	314	Grava arcillosa, arenosa.
314	332	Grava fina a mediana con clastos angulosos
332	350	Grava fina a mediana poco arcillosa
350	370	Arcilla plástica un poco arenosa
370	379	Limo arenoso-arcilloso
379	387	Arena mediana, poco limosa
387	395	Arena mediana arcillosa, semi-consolidada.

Nombre de la cuenca : RIO LINA (subcuenca río Salado)

ANÁLISIS QUÍMICO REPRESENTATIVO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DE TURÍ.

Tabla. 5

— SIN ANÁLISIS DE LABORATORIO
0,00 ANÁLISIS DE LABORATORIO. EL VALOR ES CERO

POZO N° o ESTACION N°	DESCRIPCIÓN DE UBICACIÓN	TIPO DE AGUA	PROFUNDIDAD DE AGUA (metros)	FECHA Y HORA	UNIDADES	TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS		CATIONES						ANIONES					Si O ₂	B	As	pH	CE. mmho/cm a 25°C	DUREZA TOTAL (como CaCO ₃)	SAR	SO ₄ Cl	Ca Cl	Na + K Cl	Na + K Ca	Mg Ca	Na + K Mg	HCO ₃ Cl	N° MARINO
						Evaporación	Suma	Ca	Mg	Na	K	Li	Na + K (calculado)	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃															
1	TURÍ	SUBT.	16-61	25/7/72	mg/l meq/l % meq/l	2.000 1.227,03	125,40 57,13	6,17 17,00 1,00					468,10 20,37 0,31	31,73 1,19 3,47	317,80 5,20 15,58	750,10 22,22 70,85	137,00 0,85 0,05	0,00	64,3	7,00	0,25	6,7	2,900	550,6	8,70	0,12	0,22	0,91	3,74	0,21	4,71	0,72	10,11
2	TURÍ	SUBT.	11-17	19/7/72	mg/l meq/l % meq/l	4,036 4.371,20	241,7 204,40	12,06 24,11 15,85					800,67 34,04 48,00	16,00 0,00 27,00	1135,30 14,42 20,20	1775,00 50,05 70,20	79,00 1,54 0,10	0,07	64,1	4,33	0,10	7,65	5,600	1012,20	6,19	0,032	0,24	0,69	2,88	0,00	1,13	1,70	10,11
3	TURÍ	SUBT.	11-115	22/3/72	mg/l meq/l % meq/l	1,644 1.024,45	112,94 4,32	5,94 1,56 1,51					302,24 16,96 0,13	0,00 0,00 1,53	232,40 4,00 7,35	707,23 0,70 1,20	122,93 0,034	0,13	--	3,41	0,00	6,21	2,900	567,62	7,81	0,13	0,29	0,65	2,85	0,50	4,70	0,19	10,11
4	TURÍ	SUBT.	1-10	4/11/72	mg/l meq/l % meq/l	1,064 1.055,7	25,92 35,17	1,00 1,00 7,11					225,79 1,64 7,05	24,00 0,70 1,71	125,3 3,20 1,11	344,9 0,34 0,05	100,00 1,12 1,73	0,21	--	1,80	0,00	8,10	--	210,6	8,16	0,32	0,17	1,30	0,47	2,03	4,07	0,72	10,11
5	TURÍ	SUBT.	1-110	21/7/72	mg/l meq/l % meq/l	1,024 4.241,0	55,02 56,04	14,65 7,13 15,97					112,60 40,33 1,07	0,00 0,00 0,00	487,02 2,34 10,65	221,7 0,43 0,71	50,00 1,22 1,71	0,00	--	8,73	0,05	7,00	2,900	1000,00	14,94	0,10	0,23	0,76	3,32	0,50	0,11	10,11	
5"	TURÍ	SUBT.	2-75	28/3/72	mg/l meq/l % meq/l	1,000 1.085,43	20,60 37,41	1,00 1,77 1,11					631,16 27,64 0,00	0,00 0,00 0,00	185,16 3,40 7,00	901,74 25,40 1,00	125,85 0,19 1,00	0,44	--	1,85	0,05	7,80	2,500	237,73	16,85	0,028	0,24	0,59	2,40	1,27	1,89	1,10	10,11
6	TURÍ	SUBT.	1-110	22/11/72	mg/l meq/l % meq/l	520	9,27 63,11	4,905 1,52 1,19					347,67 16,17 7,04	40,10 0,13 0,00	31,00 0,01 0,00	470,50 17,40 3,00	181,00 3,04 1,00	0,110	--	2,30	0,020	0,46	--	233,72	9,86	0,00	0,036	1,25	34,42	10,05	7,14	0,00	10,11
7	TURÍ	SUBT.	0-99	11/7/72	mg/l meq/l % meq/l	1,744 1.286,00	20,23 74,20	4,20 6,14 21,00					220,14 2,58 56,80	11,00 0,40 1,05	100,04 2,00 1,77	517,30 14,50 21,20	167,00 3,49 12,00	0,00	--	2,04	0,00	8,18	1,700	544,83	4,14	0,23	0,32	0,66	2,01	1,09	1,56	0,11	10,11
8	TURÍ	SUBT.	1-110	22/7/72	mg/l meq/l % meq/l	1,056	151,94 9,20	7,562 25,577 2,31					11,3900 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	3,00 12,00 10,19	101,00 3,00 4,17	100,77 3,00 1,00	0,127	--	2,849	0,00	7,04	2,850	521,21	0,797	0,027	0,542	0,842	1,004	3,227	0,504	0,000	10,11
9	TURÍ	SUBT.	1-110	22/7/72	mg/l meq/l % meq/l	1,734	170,00 11,00	1,00 1,19 11,00					14,46 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	201,20 0,00 0,00	650,04 0,00 0,00	40,00 0,00 0,00	0,00	3,00	0,105	6,60	0,500	505,27	10,23	0,106	0,565	0,554	1,687	0,133	12,52	0,700	10,11	
10	TURÍ	SUBT.	17-21	11/11/72	mg/l meq/l % meq/l	0,000 5.525,52	119,64 254,40	1,00 21,00 0,54					150,48 50,60 70,80	72,00 2,30 0,57	810,20 13,00 14,55	2651,70 7,00 0,25	101,00 0,00	0,00	--	11,23	0,001	0,06	--	1367,20	17,47	0,028	0,029	0,87	10,98	3,53	4,11	0,17	10,11
11	TURÍ	SUBT.	1-110	13/7/72	mg/l meq/l % meq/l	367,90	11,11 0,00	64,83 0,00 7,00	11,00 0,00 7,00					0,00 0,00 0,00	3,00 0,00 0,00	10,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00	59,5	0,65	0,30	8,3	466	40,55	4,66	0,74	0,30	1,62	5,27	0,50	10,30	0,12	10,11