

623

HIDROLOGIA Y CONTAMINACION MARINA EN SECTOR JUAN GRANDE-
VECINDARIO (GRAN CANARIA, ISLAS CANARIAS)

María del Carmen Cabrera Santana

1987

INDICE

-AGRADECIMIENTOS	pp. 1
- RESUMEN.....	pp. 2
-MEMORIA	
. Introducción	pp. 3
. Discusión y conclusiones.....	pp 10
. Recomendaciones	pp 11
. Bibliografía	pp 12
-ANEJOS	
. Inventario de ptos de agua	pp 14
. Piezometría	pp 22
. Parámetros hidráulicos del acuífero ..	pp 27
. Hidroquímica.....	pp 30
. Balance hídrico	pp 52
. Próximos estudios en la zona	pp 56
. Estudio económico de una explotación..	pp 59

AGRADECIMIENTOS.-

Quiero agradecer en primer lugar al director del trabajo, D. Emilio Custodio por los consejos y orientaciones que me ha dado a lo largo de la realización del mismo.

Asimismo, agradezco a Felipe Roque y a D. José Antonio Núñez, del Servicio Hidráulico de Las Palmas, que junto con Paco, me han mandado todos los datos de los que se ha dispuesto para el trabajo.

Por último, gracias para Isidoro Tardáguila y Miguel Angel Sicilia, que han hecho de "medio compañeros", así como a todos los compañeros del curso y miembros de la CODO, que de una manera o de otra, me han animado y dado consejos.

RESUMEN.-

La zona, situada al SE de la isla de Gran Canaria, está formada por un basamento de basaltos antiguos, cuya parte superior, fracturada, es una zona preferente del agua subterránea. Cubriendo los basaltos, hay sedimentos aluviales y basaltos modernos al Norte.

Presenta un problema importante de salinización por contaminación marina, que se refleja en los mapas de isocloruros. La isolínea de 1000 ppm se encuentra ya en la parte central de la zona en 1970, y experimenta un notable desplazamiento hacia tierra en el mapa de 1980, donde ya la isolínea de 2000 se encuentra desplazada. Esto indica un aumento notable en la velocidad de desplazamiento de la interfaz hacia tierra.

Este mismo efecto de intrusión marina queda refrendada por la piezometría de la zona, con centros de bombeo con cotas por debajo del nivel del mar.

La intrusión se realiza preferentemente por la zona de contacto entre el aluvial y los basaltos antiguos, mientras que los basaltos modernos constituyen una barrera.

MEMORIA

INTRODUCCION.-

La isla de Gran Canaria (Fig. 1), que ocupa una posición central en el Archipiélago Canario, tiene una superficie aproximada de 1,532 km² y una altura máxima de 1950 m (Pozo de las Nieves) en la zona central de la isla. En perfil transversal se presenta como una amplia meseta o cúpula central que desciende por rampas inclinadas hacia la costa. La erosión intensa ha transformado profundamente esta disposición teórica, originando una red de barrancos radiales que han mordido profundamente la meseta central; ésta queda reducida, en amplios sectores, a estrechas divisorias entre las cabeceras de los barrancos.

Geológicamente, la isla está constituida por:

- Basaltos Miocenos.

Formados por una sucesión tabular de coladas subaéreas de basaltos emitidas por conductos fisurales. Debido a la meteorización y mineralización que han sufrido posteriormente se puede considerar como bastante impermeables (?), aunque condicionan la circulación subterránea en varias zonas.

- Complejo traquisienfítico.

- Serie Fonolítica.

- Series Pre-Roque Nublo y Roque Nublo.

- Basaltos Modernos.

Se trata de basaltos olivínicos que se dividen en tres series según su antigüedad. Varían en edad desde el Post-Mioceno hasta el presente, y se limitan casi exclusivamente a la mitad NE de la isla, cubriendo las rocas más antiguas que afloran en las partes profundas de algunos barrancos.

Comparados con las rocas más antiguas, son de gran permeabilidad a causa de la cantidad de piroclastos, superficies escoriáceas de las coladas, etc. Las áreas cubiertas por ellos se pueden considerar como las zonas de infiltración más importantes de la isla.

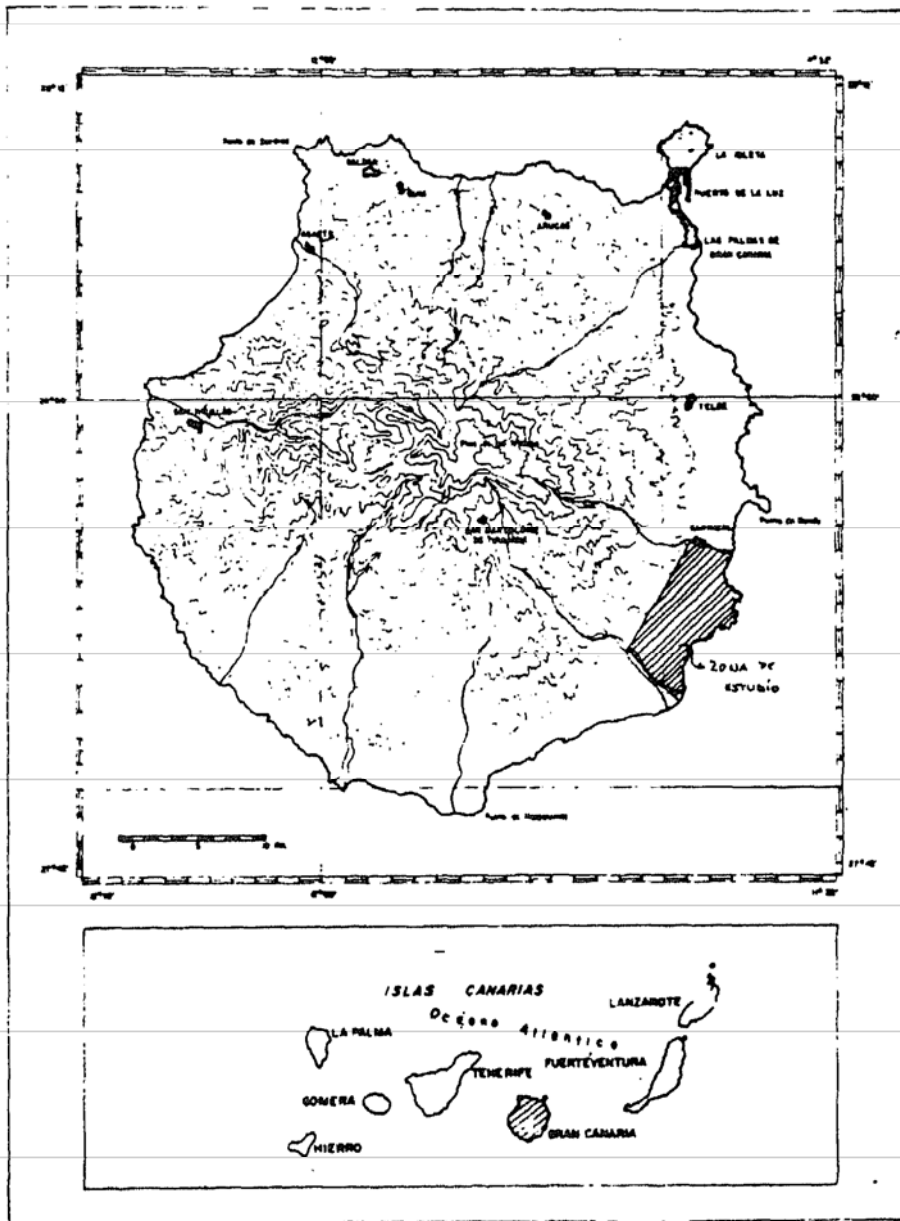


Fig. 1.
 Esquema fisiográfico de la isla de Gran Canaria. Curvas de nivel de 200 en 200 metros.
 Topography of Gran Canaria. Contour interval 200 m.

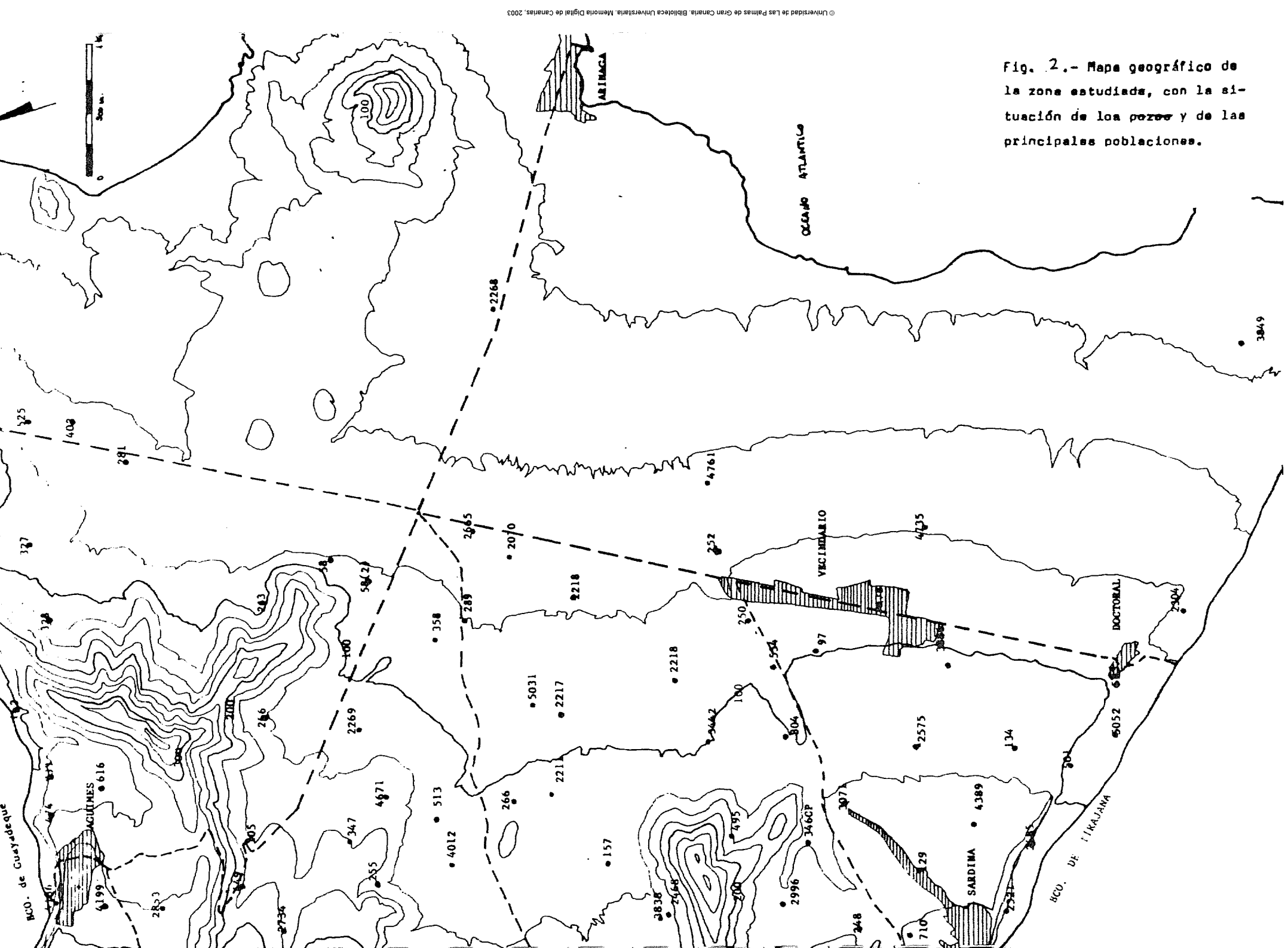


Fig. 2.- Mapa geográfico de la zona estudiada, con la situación de los pozos y de las principales poblaciones.

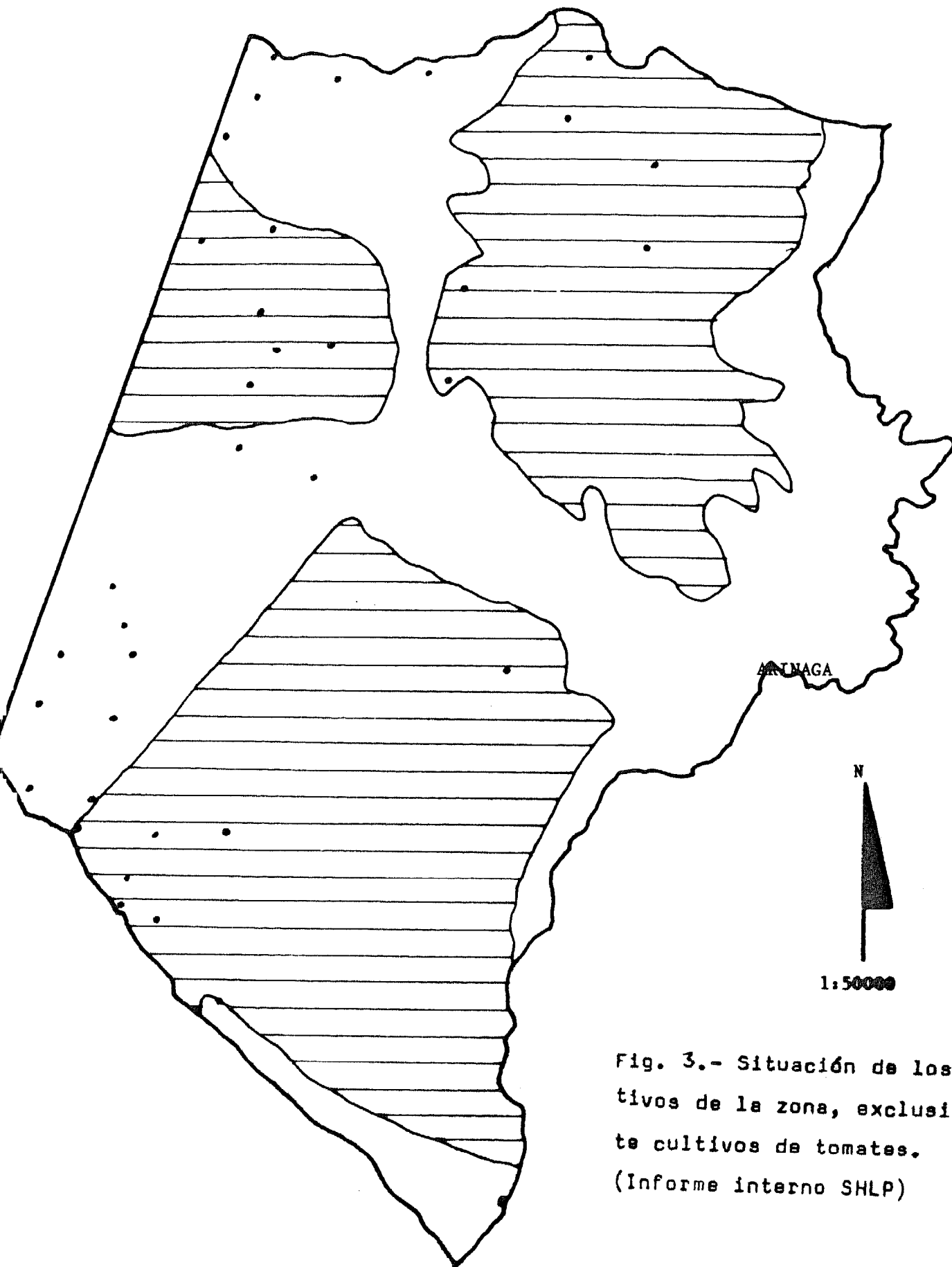


Fig. 3.- Situación de los cultivos de la zona, exclusivamente cultivos de tomates.
(Informe interno SHLP)

La zona de estudio se encuentra al SE de la isla, según se indica en la fig. 1. Se trata de una franja paralela al mar, limitada por los barrancos de Tirajana y Guayadeque. La fig. 2 presenta las captaciones de la zona, las poblaciones más importantes y las principales carreteras. Asimismo, queda reflejada la topografía.

El cultivo prioritario en la zona es el tomate (Fig. 3). Se trata de una zona con precipitaciones escasas (115 mm/año), temperaturas medias relativamente altas (20,4º C), y sin vegetación natural, aparte de los cultivos ya mencionados y alguna planta de la familia de las Euphorbias.

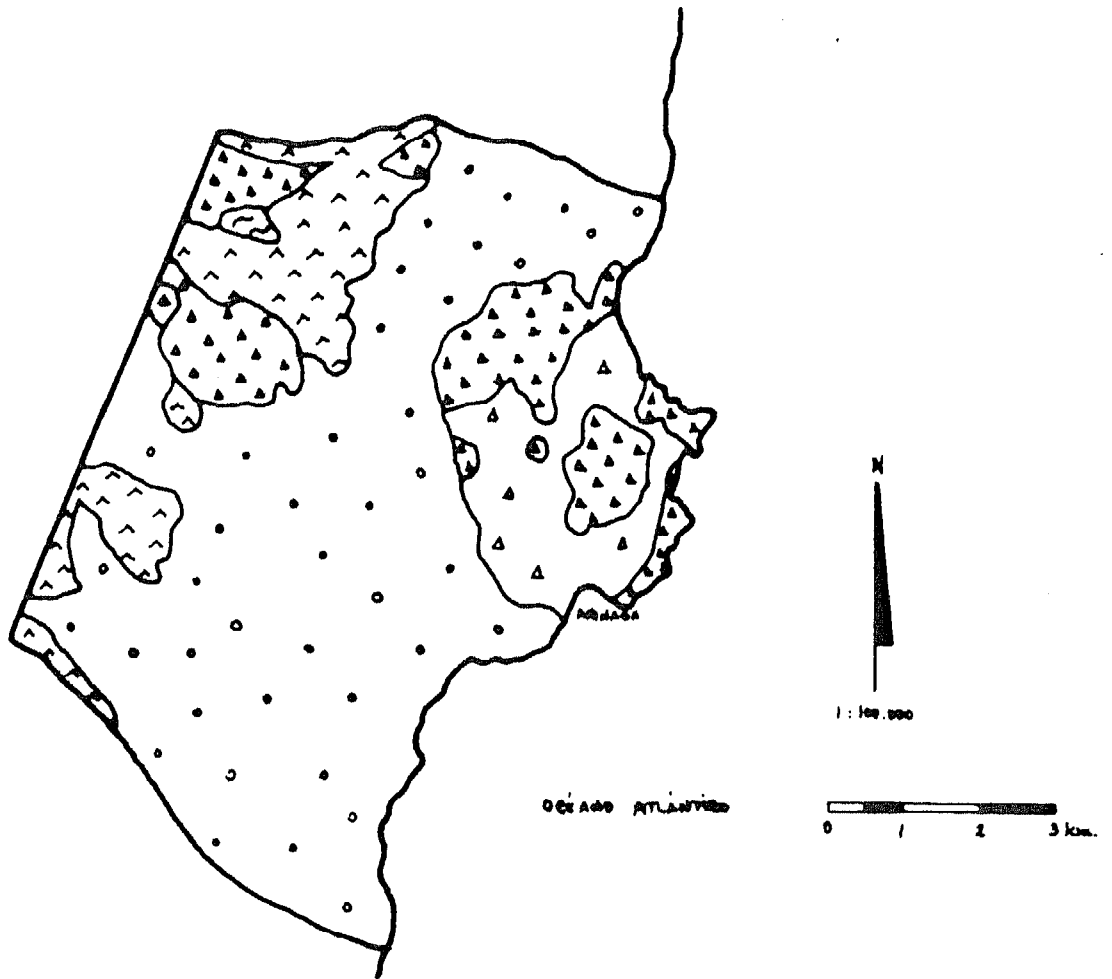
La geología de la zona se refleja en la fig. 4, según la cartografía realizada por FUSTER et al en 1968. La zona se puede considerar como una superficie inclinada en dirección sureste.

La superficie inclinada se encuentra formada por un basamento de basaltos antiguos, que serviría de drenaje al sistema, cubiertos por materiales aluviales de espesor variable. Hacia el Norte de la zona, aparecen basaltos recientes, de las Series II y III de FUSTER et al, que podrían representar una barrera al flujo subterráneo y desviar el agua procedente de los basaltos antiguos hacia el Sur.

También al Este de la zona se encuentran afloramientos de basaltos modernos (Montaña de Arinaga).

La fig. 5 refleja la situación y representación espacial de los perfiles geológicos de los pozos de los que se dispone. Se observa la correlación con la geología superficial en todos los casos, excepto en el pozo situado más al Sur, en el que no hay basaltos antiguos en superficie, según el perfil del pozo. Esta figura, pretende ilustrar cual sería

Fig. 4.- Mapa geológico de la zona de estudio (según FUSTER et al, 1968)



- | | | |
|--|-----------------------|--------------------|
| | Complejones Aluviales | |
| | Basaltos Serie III | Basaltos Modernos. |
| | Basaltos Serie II | |
| | Iguimbrites | |
| | Basaltos Antiguos | |

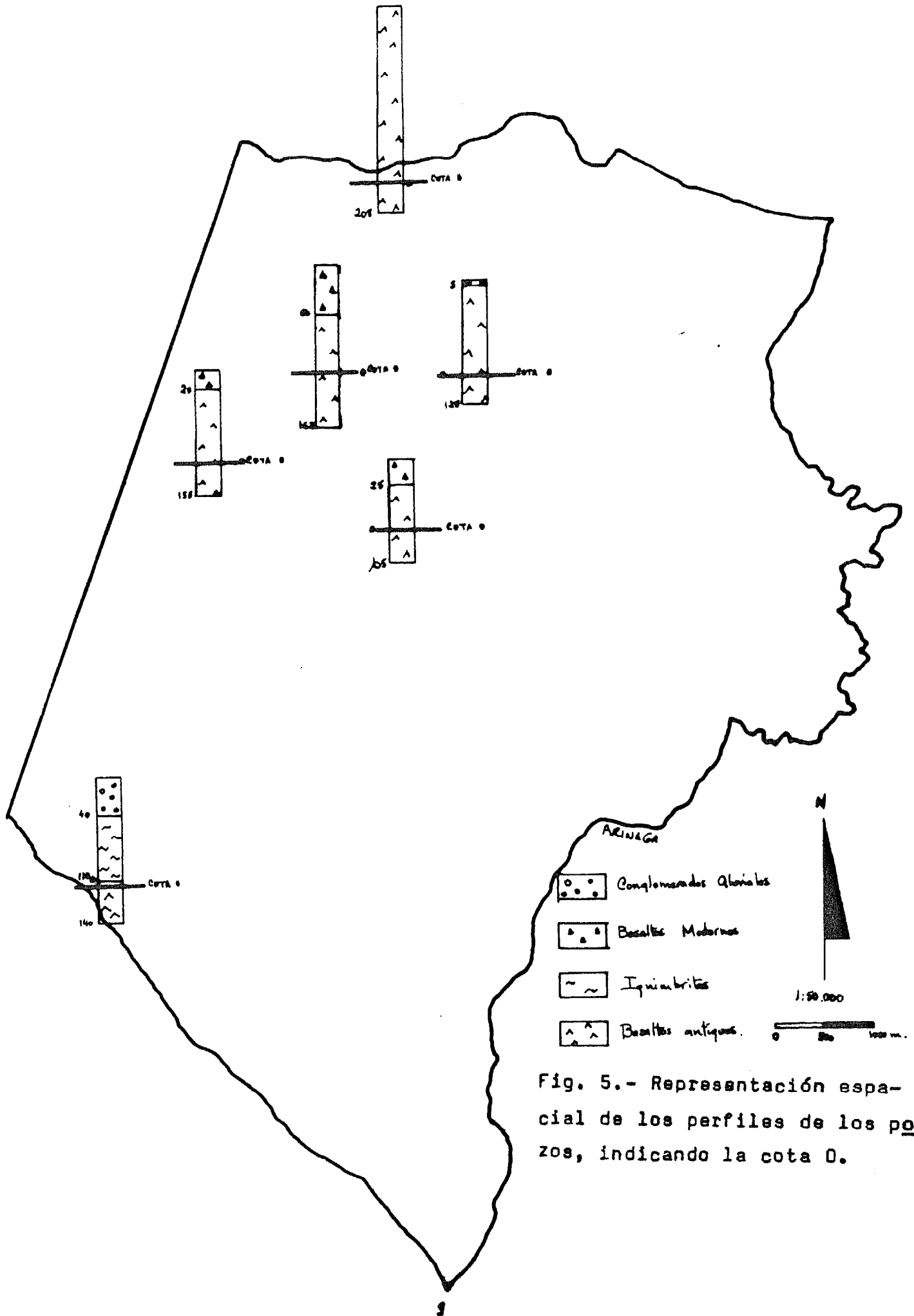


Fig. 5.- Representación espacial de los perfiles de los pozos, indicando la cota 0.

la geología a Cota 0. Se hallan en todos los casos basaltos antiguos, lo que lleva a resumir que la zona representa el panel antes indicado sobre el que se sitúan materiales aluviales, basaltos modernos e ignimbritas, con un espesor máximo de 110 m, en las zonas de las que se dispone de datos.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se trata de una zona con problemas importantes de salinización. Lo que se ha intentado en este trabajo es recopilar los datos existentes, de dos campañas de muestreo, llevadas a cabo en 1970-71 y 1980-81. Los problemas de salinización se han evaluado, principalmente por los contenidos en cloruros, así como por los datos químicos, según se refleja en el anejo referido a la hidroquímica.

Todos los mapas presentan una mayor intrusión hacia el Sur de la zona, justamente donde los aluviales ofrecen su espesor mayor, aún cuando la piezometría indica valores más altos en la depresión por bombeo en el Norte.

En estos mismos mapas, así como en el mapa con los diagramas de Stiff, se observa una progresiva salinización en los 10 años que los separan, sobre todo por la parte Sur de la zona, donde la isolínea de 2000 ppm se instala incluso más adentro de la línea de 1000 ppm en 1970.

Asimismo, los mapas piezométricos apoyan esta misma idea de entrada de agua salada del mar, ya que el gradiente es negativo hacia éste, debido a los bombeos.

No se dispone de datos de la explotación actual de la zona, ya que no se ha llevado a cabo un inventario que estaba previsto para el mes de Mayo. Sin embargo, presumiblemente,

debido al aumento de salinidad, se hayan seguido abandonando explotaciones, tal y como se indicaba en el inventario de 1980.

Efectivamente, parece que se producen fluctuaciones en la salinidad, ya que la época de bombeo más intenso es la época de riego, que coincide con el invierno. Indudablemente, ésto lleva consigo un aumento de la dispersión de la zona de mezcla, por la variación de la interfaz. Los datos de que se dispone se refieren casi totalmente al invierno, por lo que no se ha podido comparar con datos de verano. Sin embargo, una segunda revisión de datos, así como el establecimiento de una red de muestreo, puede llevar a definirla.

Dado el carácter heterogéneo de la zona, la salinización se produce de forma desigual. Así, se observa claramente en los mapas de isocloruros, así como en la piezometría, que la salinización se realiza preferentemente en los materiales aluviales, ya que los basaltos modernos hacen de barrera para la intrusión, por su mayor capacidad de infiltración.

La zona Sur ofrece menores valores en Cloruros, quizá debido a la recarga que viene de partes superiores, por el aluvial del Bco. De Tirajana.

La evolución de la zona dependerá del abandono que sufran los pozos, ya que al cesar la explotación, aumentará el flujo de agua dulce al mar, y la interfaz retrocederá, aunque de una manera muy lenta.

RECOMENDACIONES

A la vista de todo lo expuesto, resumido en la memoria, y ampliamente desarrollado en los anejos del trabajo, queda bastante clara la necesidad de un estudio de la zona, con nueva

toma de datos, para establecer la situación actual de la zona, tanto en cuanto a explotaciones, como a situación de la salinización.

En este sentido, todas las recomendaciones quedan expuestas en el anejo correspondiente.

BIBLIOGRAFIA

ARAÑA , V., CARRACEDO, J.C.(1980): "Los volcanes de las Islas Canarias" Tomo III, Gran Canaria. Ed. Rueda, 175 pp.

CUSTODIO, E. (1978): "Geohidrología de terrenos e islas volcánicas". Centro de Estudios Hidrográficos e Instituto de Hidrología. Madrid. Pub. 128, 303 pp.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1983): "Hidrología Subterránea" Ed. Omega, 2 Vol. 2450 pp. 2ª edición.

FUSTER, J.M., HERNANDEZ PACHECO, A; MUÑOZ , M., RODRIGUEZ BADIOLA, E., GARCIA CACHO, L: "Geología y volcanología de las islas Canarias. Gran Canaria". Inst. Lucas Mallada, 273 pp. Madrid.

GONFIANTINI, R.(1973): "Isotope Study of Canary Islands groundwater". IAEA, final Report to UNESCO/UNDP Project SPA/69/S15. Vienna, 1973.

GONFIANTINI, R., GALLO, G., PAYNE, B.R., TAYLOR, C.B. (1976): "Environmental isotopes and hydrogeochemistry in groundwater of Gran Canaria". In Interpretation env. isot. hydr. data gr. hydr. Proc. Adv. group. meet. IAEA, Vienna, 1975.

SPA-15(1975): "Informe técnico final del Estudio Científico de los Recursos de Agua de las Islas Canarias" Gobierno Español, UNESCO-PNUD. Preparado por Heras, Fernandopullé, Sáenz-Aiza y Custodio.

ANEJOS

ANEJO nº 1:

INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.-

En la zona de estudio se encuentran situados del orden de 70 pozos, de los cuales aproximadamente 20 estaban abandonados en 1981 (Fig. 6), debido a la creciente salinización. Sin embargo, no se dispone de datos actualizados, aún cuando serían deseables. Incluso, es posible que haya habido un mayor número de pozos antes de realizarse el inventario de que se dispone.

Se trata de pozos excavados en su totalidad, algunos muy antiguos, de diámetros de 2,5 a 3,5 m. Algunos de ellos sufren sucesivas profundizaciones cuando disminuyen los caudales específicos, así como la abertura de catas laterales, que se indican en las fichas de inventario de los pozos de los que se tienen datos.

Ha sido muy difícil conseguir los perfiles geológicos de los pozos, lo cual es comprensible, teniendo en cuenta que la única manera de saberlo es bajando al pozo, tarea complicada. Otros datos se pueden conseguir revisando las terreras de los pozos, pero dada la edad de los que se encuentran en la zona, no es común.

Así pues, se ha elaborado 6 fichas de las captaciones de las que se tenía mayor número de datos, aunque son incompletas en cuanto a bombeo, propietario, características pormenorizadas del pozo, etc.

En general, los pozos se encuentran explotando los basaltos antiguos, área de circulación preferente según el informe SPA-15, y se observa como el pozo se hace productivo al llegar a zonas de piroclastos, o zonas fracturadas, como era de esperar.

Los análisis químicos están incluidos, aunque se estudiarán más despacio en la parte de hidroquímica.

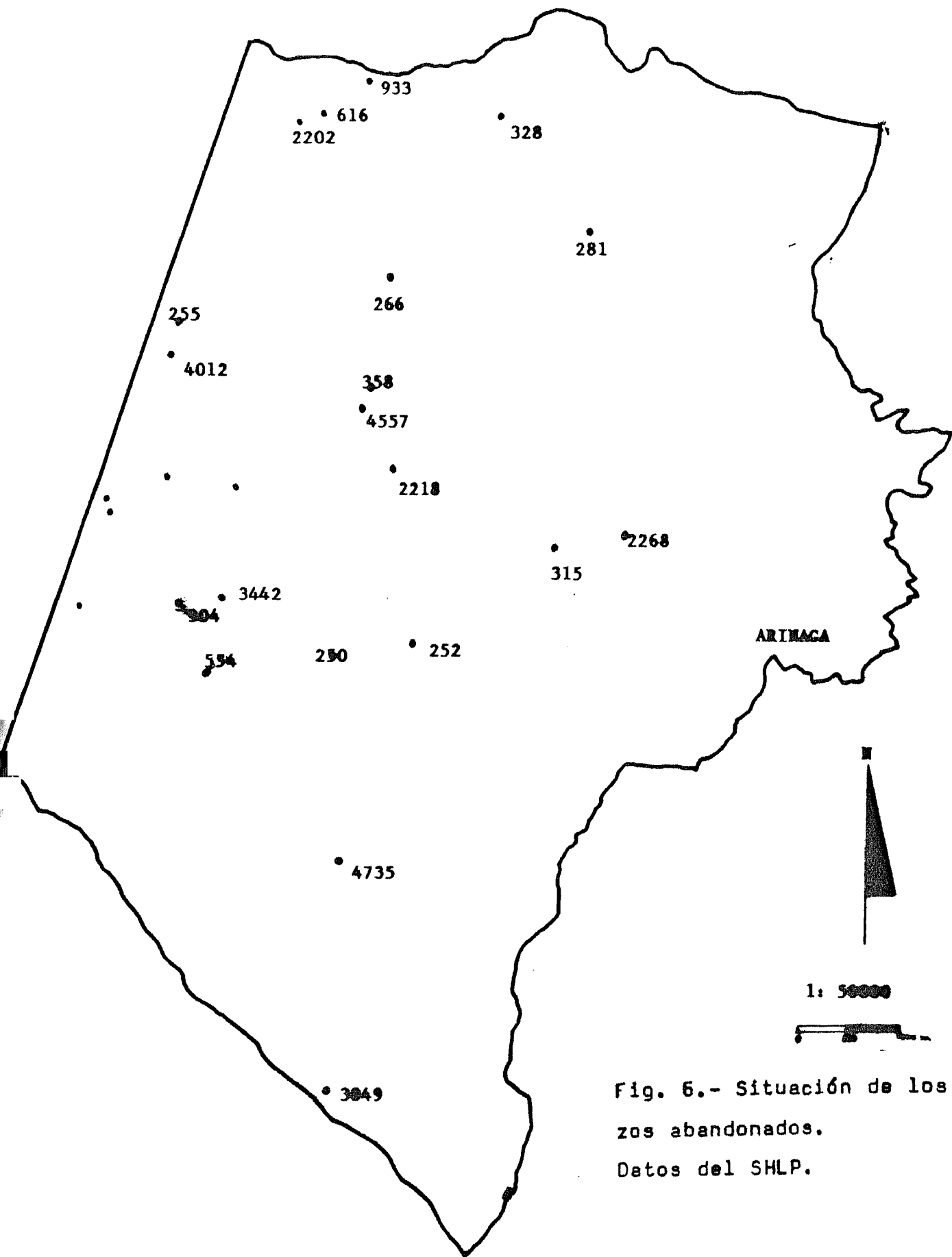




Fig. 6.- Situación de los pozos abandonados.
 Datos del SHLP.

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA						CODIGO		E. 243577	
ZONA/SUBZONA				INDICE					
PROVINCIA				MAPA		1-25000 H. 24			
Tno MUNICIPAL				COORDENADAS		H		3214.5	
TOPONIMIA						V		454.7	
PARAJE				COTA DEL SUELO		E:		117	
SISTEMA ACUIFERO						N:			
PROPIETARIO									
DIRECCION						TEL			
CONSTRUCTOR									
DIRECCION						TEL			
NATURALEZA DEL POZO		EXCAVADO		PROFUNDIDAD		141 m.		FECHA CONSTRUCCION	
DIAMETRO		3-4 m.		REVESTIMIENTO		No		ZONA REJILLA	
						No		TIPO	
EQUIPO DE BOMBEO		REGIMEN DE BOMBEO				EXTRACCION (m ³ /año)		49000	
MOTOR		MES		E		F		M	
TIPO		DIAS/MES		5		wks		de parada	
POT		CV		HORAS/DIA		8		8	
		KW		Q medio		2,7 l/s			
BOMBA		EXTRACCION		49 decu/año					
TIPO		USO DEL AGUA				FECHA		2/72 → 9/80	
MARCA		RIEGO DE		ha		CAUDAL		12 l/s → 2,7 l/s	
CAP. NOM		ABASTEC.		hab		TIEMPO BOMBEO (h)		8 h/día 8 h/día	
		INDUSTRIA DE				DESCENSO (m)		29 39,2	
REF. ALTIMETRICA		ALTURA							
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA (m)							
ACCESIBILIDAD		DIRECTA		CON PERMISO		DIFICIL		SI NO	
FACILIDAD DE MEDICION		SI		A VECES		NO		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
HORARIO									
OBSERVACIONES									
CROQUIS									
GENERAL					DE DETALLE				
ESCALA 1:25000 ≈					ESCALA APROX. O ACOTAR				
DIRECCION					TEL		ENCARGADO		

FECHA:

INSTRUCTOR:

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA						CODIGO	
ZONA/SUBZONA				INDICE			
PROVINCIA				MAPA			
Tno MUNICIPAL				COORDENADAS		H	3034
TOPONIMIA				(UTM)		V	456
PARAJE				COTA DEL SUELO		E	92
SISTEMA ACUIFERO						N	
PROPIETARIO							
DIRECCION						TEL	
CONSTRUCTOR							
DIRECCION						TEL	
NATURALEZA DEL POZO			EXCAVADO		PROFUNDIDAD	155 m	FECHA CONSTRUCCION
DIAMETRO	REVESTIMIENTO		NO		ZONA REJILLA	NO	
EQUIPO DE BOMBEO		REGIMEN DE BOMBEO			EXTRACCION (m ³ /año)		
MOTOR		MES			E	F	M
TIPO		DIAS/MES			A	M	J
POT		HORAS/DIA			J	A	S
		CV			O	N	D
		KW			31	28	31
		O medio			31	30	31
		26,5 l/s			30	31	31
		836 dec ³ /año			24	24	24
BOMBA		EXTRACCION			24	24	24
TIPO		USO DEL AGUA			24	24	24
MARCA		RIEGO DE			FECHA		
CAP. NOM		ABASTEC.			CAUDAL		
		INDUSTRIA DE			TIEMPO BOMBEO (h)		
					DESCENSO (m)		
REF ALTIMETRICA				ALTURA			
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA				FICHA CARACT TECNICAS DEL POZO	
		11-71		8-80		PERFIL GEOLOGICO	
		42		42,3		ENSAYO DE BOMBEO/AFOROS	
ACCESIBILIDAD		DIRECTA		CON PERMISO		ANALISIS QUIMICO	
FACILIDAD DE MEDICION		SI		A VECES		ANALISIS BACTERIOLOGICO	
HORARIO						OTROS ENSAYOS	
OBSERVACIONES							
CROQUIS							
GENERAL				DE DETALLE			
<p>MONTAÑA REVOLCADORES</p> <p>513</p> <p>MONTAÑA DEL BIFON</p> <p>CRUCE</p> <p>ARINABA</p>				 			
ESCALA 1:25000				ESCALA APROX. O ACOTAR			
DIRECCION				TEL		ENCARGADO	

FECHA:

INSTRUCTOR:

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA										CODIGO	
ZONA/SUBZONA				INDICE							
PROVINCIA				MAPA							
Tno MUNICIPAL				COORDENADAS		H		V			
TOPONIMIA						30846		458			
PARAJE				COTA DEL SUELO		E		N			
SISTEMA ACUIFERO						95					
PROPIETARIO				DIRECCION		TEL					
CONSTRUCTOR				DIRECCION		TEL					
NATURALEZA DEL POZO			EXHAUSTO			PROFUNDIDAD			124 m.		
DIAMETRO			REVESTIMIENTO			ZONA REJILLA			TIPO		
3.4 m.			No			No					
EQUIPO DE BOMBEO				REGIMEN DE BOMBEO				EXTRACCION (m ³ /año)			
MOTOR				MES				50000			
TIPO				DIAS/MES				E F M A M J J A S O N D			
POT.				HORAS/DIA				6 meses de parada.			
CV				Q medio				11 11 11 11			
KW				3,2 l/s							
BOMBA				EXTRACCION							
TIPO				USO DEL AGUA				FECHA			
MARCA				RIEGO DE				9-80			
CAP. NOM				ABASTEC.				CAUDAL			
I/s				INDUSTRIA DE				2,2 l/s			
m ³ /h				DESCENSO (m)				11 h/día			
REF. ALTIMETRICA				ALTURA				SI NO			
PROF. NIVEL DEL AGUA				FECHA (m)				FICHA CARACT. TECNICAS DEL POZO			
ACCESIBILIDAD				DIRECTA				PERFIL GEOLOGICO			
FACILIDAD DE MEDICION				CON PERMISO				ENSAYO DE BOMBEO/AFOROS			
HORARIO				DIFICIL				ANALISIS QUIMICO			
				A VECES				ANALISIS BACTERIOLOGICO			
				NO				OTROS ENSAYOS			
OBSERVACIONES											
CROQUIS											
GENERAL						DE DETALLE					
ESCALA						ESCALA APROX					
DIRECCION						ENCARGADO					
TEL						ENCARGADO					

FECHA:

INSTRUCTOR:

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA							CODIGO	
ZONA/SUBZONA				INDICE				
PROVINCIA				MAPA				
Tno MUNICIPAL				COORDENADAS		H	3082.5	
TOPONIMIA						V	456.0	
PARAJE				COTA DEL SUELO		E: 105		
SISTEMA ACUIFERO						N:		
PROPIETARIO								
DIRECCION							TEL	
CONSTRUCTOR								
DIRECCION							TEL	
NATURALEZA DEL POZO			EXCAVADO		PROFUNDIDAD		156,2	
DIAMETRO		REVESTIMIENTO		ZONA REJILLA		TIPO		
EQUIPO DE BOMBEO			REGIMEN DE BOMBEO			EXTRACCION (m ³ /año)		
MOTOR			MES			E	F	M
TIPO			DIAS/MES			A	M	J
POT.			HORAS/DIA			J	A	S
BOMBA			EXTRACCION			O	N	D
TIPO			USO DEL AGUA			FECHA		
MARCA			RIEGO DE			CAUDAL		
CAP. NOM			ABASTEC.			TIEMPO BOMBEO (h)		
REF. ALTIMETRICA			INDUSTRIA DE			DESCENSO (m)		
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA (m)		ALTURA		FICHA CARACT TECNICAS DEL POZO		
ACCESIBILIDAD		DIRECTA		CON PERMISO		PERFIL GEOLOGICO		
FACILIDAD DE MEDICION		SI		A VECES		ENSAYO DE BOMBEO/AFOROS		
HORARIO		NO		DIFICIL		ANALISIS QUIMICO		
						ANALISIS BACTERIOLOGICO		
						OTROS ENSAYOS		
OBSERVACIONES								
No se está explotando a fecha 9-80								
CROQUIS								
GENERAL				DE DETALLE				
ESCALA				ESCALA APROX				
DIRECCION				ENCARGADO				

FECHA:

INSTRUCTOR:

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA						CODIGO	
ZONA/SUBZONA				INDICE			
PROVINCIA				MAPA			
Tno MUNICIPAL				COORDENADAS		H	3030,7
TOPONIMIA						V	457,8
PARAJE				COTA DEL SUELO		E:	180
SISTEMA ACUIFERO						N:	
PROPIETARIO							
DIRECCION						TEL	
CONSTRUCTOR							
DIRECCION						TEL	
NATURALEZA DEL POZO		EXPLORADO		PROFUNDIDAD		208,7	
FECHA CONSTRUCCION							
DIAMETRO	REVESTIMIENTO	ZONA REJILLA	TIPO				
EQUIPO DE BOMBEO		REGIMEN DE BOMBEO				EXTRACCION (m ³ /año)	
MOTOR		MES				69000	
TIPO		DIAS/MES					
POT		HORAS/DIA					
BOMBA		EXTRACCION					
TIPO		USO DEL AGUA				FECHA	
MARCA		RIEGO DE				7-80	
CAP. NOM		ABASTEC.				CAUDAL	
INDUSTRIA DE		DESCENSO (m)				537	
REF. ALTIMETRICA		ALTURA				SI NO	
PROF. NIVEL DEL AGUA		FECHA (m)				FICHA CARACT TECNICAS DEL POZO	
ACCESIBILIDAD		DIRECTA				PERFIL GEOLOGICO	
FACILIDAD DE MEDICION		SI				ENSAYO DE BOMBEO/AFOROS	
HORARIO		A VECES				ANALISIS QUIMICO	
		NO				ANALISIS BACTERIOLOGICO	
						OTROS ENSAYOS	
OBSERVACIONES							
CROQUIS							
GENERAL				DE DETALLE			
ESCALA				ESCALA APROX			
DIRECCION				ENCARGADO			
TEL							

FECHA:

INSTRUCTOR:

FICHA DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA										CODIGO	
ZONA/SUBZONA								INDICE			
PROVINCIA								MAPA			
Tno MUNICIPAL								COORDENADAS		H	3 023.3
TOPONIMIA										V	457.4
PARAJE								COTA DEL SUELO		E	74
SISTEMA ACUIFERO										N	
PROPIETARIO											
DIRECCION										TEL	
CONSTRUCTOR											
DIRECCION										TEL	
NATURALEZA DEL POZO				Excavado		PROFUNDIDAD		105		FECHA CONSTRUCCION	
DIAMETRO		3-4 m		REVESTIMIENTO		No		ZONA REJILLA		No	
EQUIPO DE BOMBEO				REGIMEN DE BOMBEO				EXTRACCION (m ³ /año)			
MOTOR				MES				E F M A M J J A S O N D			
TIPO				DIAS/MES				Tiempo 8 meses de parada			
POT				HORAS/DIA				Funciona 24 horas diarias			
BOMBA				EXTRACCION				0,21 m ³ /año			
TIPO				USO DEL AGUA				FECHA			
MARCA				RIEGO DE				CAUDAL			
CAP. NOM				ABASTEC				TIEMPO BOMBEO (h)			
				INDUSTRIA DE				DESCENSO (m)			
REF ALTIMETRICA								ALTURA			
PROF. NIVEL DEL AGUA				FECHA				FICHA CARACT TECNICAS DEL POZO			
				(m)				PERFIL GEOLOGICO			
ACCESIBILIDAD				DIRECTA				CON PERMISO			
FACILIDAD DE MEDICION				SI				A VECES			
HORARIO								DIFICIL			
								ANALISIS QUIMICO			
								ANALISIS BACTERIOLOGICO			
								OTROS ENSAYOS			
OBSERVACIONES											
CROQUIS											
GENERAL						DE DETALLE					
ESCALA						ESCALA APROX					
1:25000						O ACOTAR					
DIRECCION				TEL				ENCARGADO			

FECHA:

INSTRUCTOR:

ANEJO nº 2:

PIEZOMETRIA

PIEZOMETRIA.- (Fig. 7 y 8).

A la hora de realizar una piezometría de la zona, así como una evolución piezométrica coherente, se ha chocado con un problema principal. Los datos de que se disponía, estaban referidos como cotas respecto al nivel del mar, y según mapas piezométricos anteriores, los niveles se encuentran en esta zona, por debajo del nivel del mar, hecho que no queda reflejado en los listados que se dispone.

Se procedió, pues, a la representación de los niveles de varias maneras, llegándose a la conclusión de que los mapas que se presentan son los más razonables. Para elaborarlos se han considerado los niveles del listado, pero suponiendo que tendrían que ser bajo el nivel del mar. Todo ello es bastante discutible, teniendo en cuenta, además que los niveles variarán según se esté en la época de riego o no, junto con la interfaz. Así, pues, los datos se han colocado según las dos campañas de muestreos, pertenecientes al proyecto SPA-15 y al MAC-21., y hay que tener en cuenta que la mayoría de ellos pertenece justamente a la época de riegos.

Se observa, pues, dos zonas de bombeo, situadas, una hacia el Norte, y otra en la parte central de la zona (Pozos 2734 TP, y 4389 TP), aunque es de resaltar que este último pozo no tiene datos de la segunda campaña de muestreo, cambiando así la piezometría del mapa de 1980, quizá sin ser totalmente correcto. En todo caso, las depresiones debidas a bombeos en estos dos puntos, originan que los niveles desciendan de manera brutal, y se produzca así una intrusión de agua salada. Se observa que la mayor intrusión se produce en la zona centro meridional, como coincidirá después con los mapas hidroquímicos.

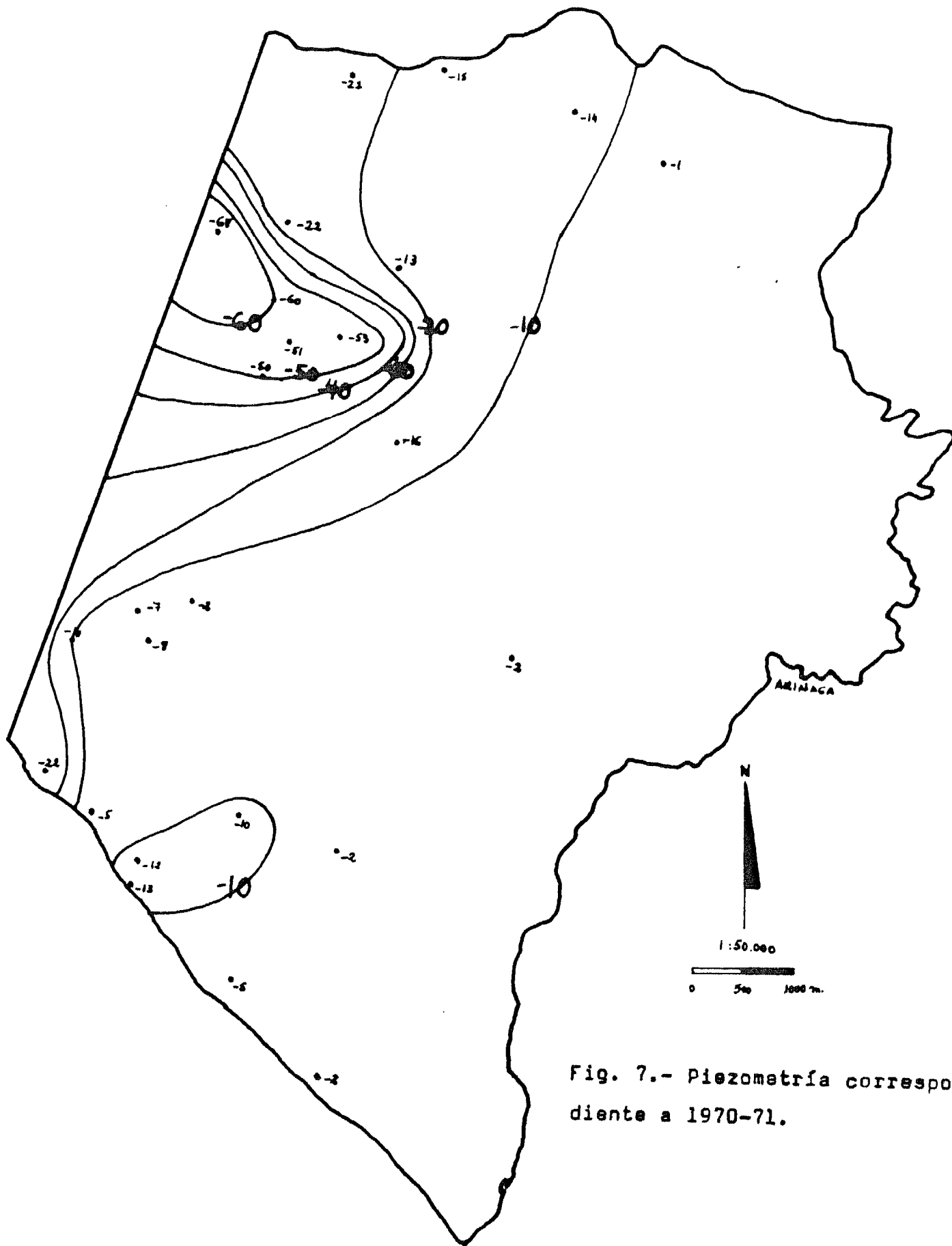


Fig. 7.- Piezometría correspondiente a 1970-71.

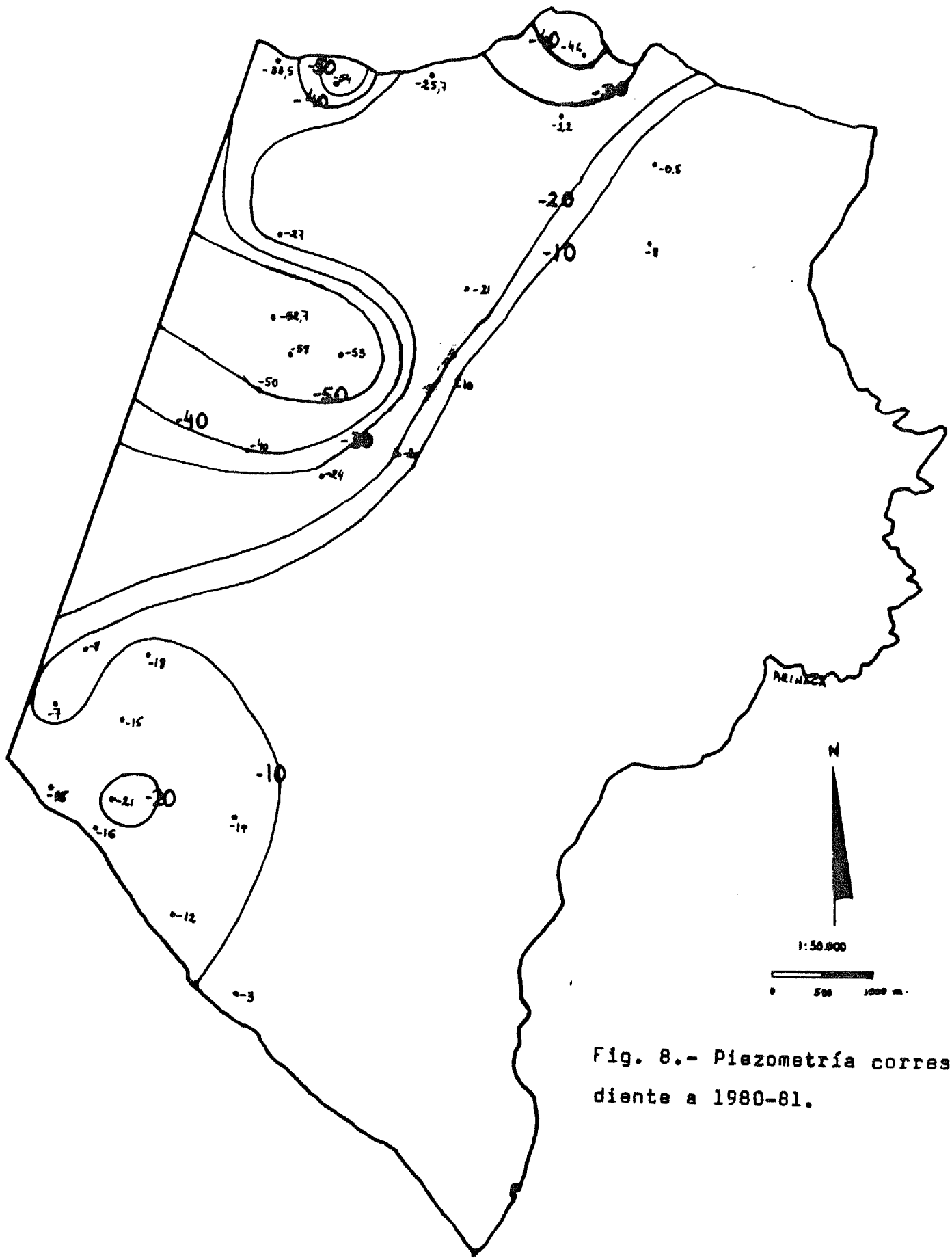


Fig. 8.- Piezometría correspondiente a 1980-81.

Contrastando las dos piezometrías, se observa un descenso general de los niveles, así como la aparición de dos nuevos conos de bombeo al norte de la zona. Hay que tener en cuenta que la baja transmisividad de los basaltos produce conos de bombeo profundos, que tardan mucho tiempo en recuperarse.

La siguiente tabla refleja los descensos en los pozos de los que se tiene datos en las dos campañas y en los que se bombea:

Nº Pozo	Nivel 1970	Nivel 1980	Descenso
2269	-44	-50	6
474	-22	-54	32
162	-15	-25	10
327	-14	-22	8
105	-22	-27	5
4671	-51	-58	7
2485	- 5	-16	11
3071	- 8	-18	10
289	-16	-20	4

Como se puede observar en la tabla, los descensos son muy heterogéneos, tal como corresponde a un medio fracturado. El valor medio de los descensos es de 8 m, que teniendo en cuenta que es por 10 años, nos da una tasa de 0,8 m/año.

Hay que destacar la importancia que tiene el material en que está que está explotando el pozo para construir las diferentes piezometrías. Así, el cono de bombeo más profundo se produce en aquellos pozos emboquillados directamente en los basaltos antiguos, debido, posiblemente a la menor trans

misividad de éstos frente a la de los aluviales, que facilitan la entrada de agua salada más rápidamente.

ANEJO nº 3:

PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO

PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO.-

Las características hidráulicas de los acuíferos fueron evaluadas en el Proyecto SPA-15, realizándose diversos ensayos de bombeo; en los que se hace notar la influencia de los volúmenes almacenados en los propios pozos, por su gran diámetro, y las galerías laterales. Por desgracia, no se ha tenido acceso a estos ensayos, por lo que solamente se dispone de los datos medios de las transmisividades que se citan:

- Basaltos antiguos, 5-20 m²/día.
- Basaltos modernos, 10 m²/día.
- Depósitos aluviales 200-800 m²/ día.

Para hallar estos valores, se utilizó la relación $T=0,4q$, adoptada de la regresión establecida entre ambas variables en los pozos ensayados.

Las investigaciones de los coeficientes de almacenamiento, se hicieron sobre células homogéneas, con datos observados o estimados de las variaciones piezométricas, bombeos e infiltración de la lluvia, aplicándose así:

- Basaltos antiguos 0,5-1
- Basaltos modernos 1-2
- Depósitos aluviales 5-10.

Con los datos más fiables de que se dispone, se ha tratado de determinar las Transmisividades, según varios métodos:

.- Fórmula de Logan: $T = 1,22 \frac{Q \text{ (m}^3\text{/día)}}{s \text{ (m)}}$

.- Fórmula de Galofré: $T = 100 \left(\frac{Q \text{ (l/s)}}{s \text{ (m)}} \right)$

.- Correlación deducida en el SPA-15: $T = 0,44 \frac{Q \text{ (m}^3\text{/día)}}{s \text{ (m)}}$

Se ha considerado como descensos, la distancia que hay desde el fondo de la captación hasta el nivel estático, dado que es éste el abatimiento que se crea al bombear en este tipo de captaciones.

Los resultados son los siguientes:

	2485	513	263	162	289
$\frac{1}{s}$	2,7	26,5	3,2	2,6	20
$Q \text{ m}^3\text{/día}$	233,28	2289,6	276,48	224,6	1728
s m	28	7	50	54	25
T (L)	10,16	399,04	6,74	5,07	84,3
T (G)	9,6	378	6,4	4,8	80
T (SPA)	3,6	143,9	2,43	1,83	30,4

La primera conclusión de estos valores nace de la diferencia entre los resultados de las fórmulas "clásicas", y los valores de la correlación, hecho que puede ser explicable por el efecto de almacenaje de agua en los pozos, ya corregido por el SPA-15, y sin corregir por los otros métodos.

Asimismo, se observa que el rango de transmisividades en los pozos que se encuentran en basaltos antiguos está dentro de lo esperable (2485, 162, 263), mientras que los valores más altos se encuentran en aquellos pozos que están emboquillados en basaltos modernos, lo cual indica que éstos efectivamente son tramos productivos. El valor tan alto de transmisividades en este segun

do caso, viene dado en el SPA-15, como relacionado con basaltos modernos en condiciones variables, y no los que están en contacto con fonolitas, basaltos antiguos, etc (dato reseñado en la tabla anterior.

Sin embargo, a la hora de definir permeabilidades, el problema con que nos encontramos es que al tratarse de acuíferos fracturados, no se conoce exactamente el "espesor" del acuífero.

Los valores más normales son:

- Basaltos antiguos: 0,05-0,5 m/día
- Basaltos modernos: 0,2-1 m/día
- Depósitos aluviales: 5-25 m/día.

deducidos de cortes hidrogeológicos, aplicando a ellos los valores de Transmisividad, almacenamiento y gradientes.

ANEJO nº 4:
HIDROQUIMICA

HIDROQUIMICA.-

El estudio hidroquímico se llevó a cabo a partir de los datos ya existentes, que proceden de los muestreos llevados a cabo durante las campañas de los proyectos SPA-15 (años 1970-71) y MAC-21 (años 1980-81). Se contaba con 28 a 30 análisis por lo que para cubrir los objetivos del trabajo, se optó por representar diferentes parámetros en mapas, e incluso ver la variación en el tiempo, en algunos de ellos.

Cloruros

Las figuras 9 y 10 representan los contenidos en cloruros de diferentes pozos. La fig. 9 procede de los datos de 1970, mientras que la otra se refiere a los datos 10 años después.

Se observa un aumento importante de los cloruros hacia el mar, de manera que en 1970 la isolínea de 1000 ppm se sitúa indicando un crecimiento preferente de los cloruros hacia el Sur de la zona. Lo mismo ocurre en el mapa de 1980, aunque en este caso, la isolínea corresponde a los 2000 ppm de cloruros.

La primera consecuencia que se saca de esta disposición se refiere al avance de la línea de 2000 ppm, con aumentos de algún pozo de hasta 1000 ppm de cloruros.

Otra consecuencia resaltable es que la intrusión se realiza preferentemente por la parte central de la zona, donde se sitúan los mayores espesores de aluviales.

Sulfatos

Similares conclusiones se obtienen de los mapas de sulfatos (Fig. 11 y 12), en los que se observa un avance de los frentes de sulfatos hacia tierra en los 10 años que separan los dos mapas. Vendría relacionado con la contaminación marina.

FECHA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUGAR						7.7L	3.81						
INDICE													
Prof.m	∇												
Pozo.m	m												
Cota.m	∇												
bt	Cota m												
Conduc μScm25°		5.970			1453								
pH 18°	CO ₂ ppm	8.2	7.6	8.6	8.8	8.2	8.2	7.1	8.0	8.2	8.3	7.6	7.0
M O	Si O ₂												
ppm O ₂	ppm												
Dureza total													
Aniones ppm	CO ₃ H ⁻	220	215	254	261	189	67	165	271	180	160	277	135
	SO ₄ ²⁻	199	152	350	220	87	201	407	?	239	130	165	151
	Cl ⁻	2127	1643	1580	1689	1040	1531	3538	1363	2827	738	1491	1858
	NO ₃ ⁻	20	48	77	00	62	22	00	60	28	43	30	31
	Σ _a	2549	2057	841	4521	1325	1902	4111		3253	1238	1906	2183
Cationes ppm	Na ⁺	486	411	375	200	230	315	500	394	505	150	372	440
	K ⁺	28	23	12	11	22	25	27	18	28	15	23	25
	Ca ⁺⁺	334	275	246	90	153	2728	791	161	431	221	188	265
	Mg ⁺⁺	323	290	151	50	203	2541	601	288	530	164	267	254
	Σ _c	1172	942	555	352	608	867	1919	862	1494	552	850	1017
Aniones meq/l	rCO ₃ H	36	35	44	125	31	24	27		296	263	705	221
	rSO ₄	41	36	72	05	18	49	898		499	271	344	345
	rCl	59	46	44	47	29	43	9982		7983	2647	4206	524
	rNO ₃	003	007	124	00	01	305	00		005	015	005	005
	rΣ _a	6763	530	1701	177	343	5377	1110		8782	3196	4959	5810
Cationes meq/l	rNa	2114	178	1502	87	100	1372	2175		2196	655	1618	1414
	rK	07	06	307	03	05	064	069		092	04	06	064
	rCa	167	108	123	452	765	1361	3447		2152	1106	946	1326
	rMg	267	239	124	414	167	2071	4947		4364	2352	2197	2335
	rΣ _c	6524	531	2056	176	348	47828	11137		8784	3153	4815	5642
Porcentajes	%rCO ₃ H	187	663	2424	7079	403	546	244		787	823	816	377
	%rSO ₄	8105	533	4246	259	543	785	764		564	849	673	679
	%r(Cl+NO ₃)	016	874	333	2692	8555	8619	8993		9094	8328	8491	8944
	%r(Na+K)	3353	347	8788	5102	3028	2997	205		2583	2204	3486	3505
	%rCa	256	204	578	2557	2187	2790	3544		2449	3508	1952	235
	%rMg	4087	448	605	2371	4785	4214	4442		4968	4287	4563	4135
Relaciones ionicas	rNa/rK	295	295	489	2882	1379	2127	3148		3034	1653	2680	2992
	rMg/rCa	16	22	101	092	219	154	125		203	122	234	176
	rSO ₄ /rCl	006	007	163	010	006	010	008		006	010	008	005
	rCl/rCO ₃ H	1662	1316	103	038	444	1578	3684		2677	1007	2037	237
	icb		06	304	-089	064	-243	078		072	044	06	06
	kr		513	277	889	419	463	662		573	424	536	402
ppm	Fe ⁺⁺ NH ₄ ⁺	0.7	0.0										
	NO ₂												
Otras determ.													
%error Calif.		17.5%	0.13	17.1%	-0.3%	14.1%	0.3%			0.0%	-1.5%	-2.9%	3.4%
Laboratorio													

$$icb = rCl - (rNa + rK) / rCl$$

$$kr = \sqrt{rCa \cdot (rCO_3H)^2}$$

FECHA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUGAR													
INDICE		2057	2097	2117	2047	4207	5027	5737	777	2657	267	207	7
Prof. m	Pozo. m												
Cota. m	bt												
Conduc. $\mu S cm 25^\circ$													
pH 18°	CO ₂ ppm	7.2	7.5	7.5	7.8	7.8	7.3	8.4	7.6	6.4	7.8	7.0	8.5
M O	Si O ₂												
ppm O ₂	ppm												
Dureza total ppm CO ₂ Ca													
Aniones ppm	CO ₃ H ⁻	227.3	284.0	240.7	426	167.1	151.6	360.0	357.5	1532.4	322.1	577.5	579.13
	SO ₄ ⁻²	266.1	340.2	173.2	919.8	1028.5	215.6	85.3	22.2	107.5	111.9	278.6	370.8
	Cl ⁻	582.5	794.3	1042.5	5310.0	4484.2	1216.2	72.1	307	497.0	714.5	1571.1	2049.5
	NO ₃ ⁻	4.1	8.0	2.6	2.0	12.4	0.0	83.1	346.1	37	4.2	0.0	10.0
	Σa	1023.9	1426.5	1459	6657.8	5693.2	1663.4	378.5	1082.8	2140.6	1152.7	2377.1	2476.2
Cationes ppm	Na ⁺	155.5	615.0	385.7	2312.2	1190.0	176.0	396.6	252.0	365.0	245.6	32.0	42.0
	K ⁺	12.8	15.0	18.3	75.0	44.5	24.7	92.2	326.9	43.5	11.3	27.0	25.0
	Ca ⁺⁺	242.8	449	1234	3028	591.3	374.0	308.8	1932	198.8	135.0	170.4	408.2
	Mg ⁺⁺	103.2	72.0	149.8	586.6	765.1	142.0	3.1	2.0	179.0	116.4	42.0	416.7
	Σc	414.3	746.9	627.2	3354.4	2592.9	766.7	800.7	2512.9	786.3	508.3	947.7	1269.0
Aniones meq/l	rCO ₃ H	22.73	4.65	2.41	6.98	2.34	2.48	6.9	4.13	25.13	5.25	8.48	8.52
	rSO ₄	4.29	7.08	3.61	19.15	21.41	6.49	2.6	6.8	2.2	2.32	5.41	8.52
	rCl	16.35	22.41	27.41	149.79	126.49	30.57	8.7	54.5	14.01	20.14	74.5	57.3
	rNO ₃	0.16	0.13	0.24	0.23	0.22	0.0	0.105	0.03	0.06	0.06	0.0	0.17
	Σa	24.56	34.27	33.02	175.95	157.85	42.55	17.85	65.46	41.4	27.8	58.77	74.73
Cationes meq/l	rNa	6.76	26.85	16.87	107.94	57.95	7.65	7.30	15.55	15.8	10.68	14.35	18.27
	rK	0.33	0.38	0.47	1.92	1.14	0.63	0.39	0.56	1.11	0.3	0.69	0.61
	rCa	7.13	2.24	6.16	15.11	29.57	18.66	3.16	15.35	9.94	6.75	8.52	20.21
	rMg	8.49	5.92	12.33	49.27	62.95	15.80	6.8	32.71	24.78	9.61	34.6	34.42
	Σc	22.71	35.24	35.92	169.23	145.34	42.75	18.04	64.17	41.63	27.34	58.16	73.74
Porcentajes	% rCO ₃ H	15.17	13.58	10.66	39.7	1.82	5.90	4.73	27.43	60.62	8.77	17.4	11.4
	% rSO ₄	17.47	20.67	9.95	10.88	14.17	10.31	4.94	2.16	5.10	8.37	5.85	11.02
	% r(Cl+NO ₃)	67.36	65.75	79.59	85.15	83.39	83.99	52.33	70.41	33.45	72.66	75.74	77.57
	% r(Na+K)	31.23	76.87	48.26	62.55	36.39	14.38	55.59	16.67	4.80	4.21	25.83	23.70
	% rCa	31.38	6.35	17.21	5.93	20.30	43.66	43.69	83.79	23.83	24.69	14.66	27.67
% rMg	37.40	16.89	34.50	28.52	43.31	36.96	0.92	0.14	35.88	35.10	59.46	40.61	
Relaciones ionicas	rNa/rK	20.65	69.31	35.83	54.18	45.47	12.11	7.31	1.31	14.27	36.95	20.73	28.56
	rMg/rCa	1.19	2.64	2.00	3.14	2.13	0.85	0.02	0.00	1.48	1.42	4.06	1.65
	rSO ₄ /rCl	0.26	0.32	0.12	0.13	0.17	0.12	0.16	0.05	0.16	0.12	0.13	0.14
	rCl/rCO ₃ H	4.40	4.81	7.45	21.45	46.19	14.92	0.74	1.48	0.56	3.62	5.26	6.71
	icb	0.57	-0.21	0.41	0.29	0.58	0.77	8.64	-1.23	-0.21	0.46	0.66	0.67
	kr	7.62	3.65	4.58	9.03	6.65	4.87	4.87	14.9	5.93	8.49	11.2	
ppm	Fe ⁺⁺												
	NH ₄ ⁺												
	NO ₂ ⁻												
Otras determ.													
% error	Calif.	-3.83	2.94	-3.51	3.89	3.72	1.57		13.34	0.48	1.88	1.21	1.02
Laboratorio													

$$icb = rCl - (rNa + rK) / rCl$$

$$kr = \sqrt{rCa \cdot (rCO_3H)^2}$$

FECHA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LUGAR													
INDICE													
Prof. m	∅												
Pozo. m	m												
Cota. m	∅												
bt	Cota m												
Conduc. μ S cm ²⁵													
pH 18°	CO ₂ ppm	7.2	6.4	7.1	7.8	7.8	8.3	5.5	7.5	7.8	8.0	6.8	7.0
M O	Si O ₂												
ppm O ₂	ppm												
Dureza total ppm CO ₃ Ca													
Aniones ppm	CO ₃ H ⁻	817.6	1532.4	1075.8	2177.2	1244	426.3	411.3	611.9	311.5	143.7	1122.4	764.9
	SO ₄ ²⁻	144.4	107.5	55.1	0.0	61.7	169.1	62.8	46.9	68.0	116.4	125.2	38.2
	Cl ⁻	970.6	497.0	402.7	298.2	431.3	968.0	1136	506.3	103.9	934.3	298.0	181.9
	NO ₃ ⁻	3.7	0.0	0.0	0.0	2.2	5.5	1.7	6.7	1.2	0.8	0.0	6.5
	Σ a	2259.6	2136.9	1532.6	2475.4	1747.2	1568.9	588.4	1071.8	484.6	1195.2	1545.6	991.5
Cationes ppm	Na ⁺	474.0	365.0	345.5	245.0	267.5	522.0	73.0	128.6	129.0	291.4	205.0	113.0
	K ⁺	25.2	43.5	41.7	15.0	12.6	15.7	11.0	14.5	4.3	12.5	23.0	10.8
	Ca ⁺⁺	262.5	198.8	52.1	266.3	439.3	105.8	57.7	31.7	24.8	96.8	157.1	104.0
	Mg ⁺⁺	120.3	179.0	126.2	228.2	242.9	120.3	58.4	223.1	29.6	152.4	149.8	92.4
	Σ c	882.0	786.3	565.5	754.5	762.3	2255.1	1497.9	397.9	187.7	553.1	534.9	320.2
Aniones meq/l	rCO ₃ H	13.40	25.12	17.63	35.68	20.39	6.99	6.74	10.03	5.10	2.35	18.40	12.54
	rSO ₄	3.01	2.24	1.15	0.00	1.28	3.52	1.29	0.97	1.41	2.42	2.60	0.79
	rCl	27.94	10.52	11.34	8.41	12.34	27.31	3.2	11.45	2.93	26.34	8.40	5.13
	rNO ₃	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03	0.10	0.01	0.01	0.00	0.10
	Σ a	44.47	41.37	30.07	44.10	34.10	37.90	11.26	22.55	9.45	31.12	29.4	18.56
Cationes meq/l	rNa	20.61	15.87	15.03	10.66	11.63	22.70	3.17	5.59	5.61	12.67	8.9	4.91
	rK	0.64	1.11	1.07	0.38	0.32	3.55	0.25	0.02	0.11	0.32	0.58	0.23
	rCa	13.10	9.72	2.60	13.29	21.92	5.25	2.87	0.57	1.24	4.84	7.8	5.12
	rMg	9.70	14.73	10.38	18.78	19.99	9.70	4.81	18.80	2.44	12.98	12.41	7.48
	Σ c	44.05	41.63	29.07	43.10	53.86	76.43	11.93	24.77	9.43	30.41	29.65	17.82
Porcentajes	% rCO ₃ H	27.18	60.70	58.56	80.92	59.39	18.43	39.67	44.47	53.97	7.55	62.58	67.56
	% rSO ₄	6.10	5.41	3.81	0.00	3.77	9.29	11.47	4.30	14.92	7.77	8.84	4.2
	% r(Cl+NO ₃)	66.72	33.89	37.63	19.08	36.44	72.28	28.71	57.22	31.11	84.67	28.57	28.18
	% r(Na+K)	48.04	40.80	55.35	25.61	22.20	80.14	31.05	23.11	60.65	42.71	31.93	29.00
	% rCa	29.60	23.83	8.94	30.83	40.70	6.91	25.78	2.34	13.15	15.41	26.21	29.11
	% rMg	22.37	35.38	35.71	43.86	34.10	12.65	43.17	76.60	25.87	41.24	41.99	41.88
Relaciones ionicas	rNa/rK	31.98	14.27	14.09	27.77	36.09	30.59	11.28	9.5	51	39.60	15.34	18.18
	rMg/rCa	0.96	1.48	3.49	1.41	0.91	1.87	1.27	32.61	1.96	2.59	1.59	1.44
	rSO ₄ /rCl	0.11	0.16	0.6	0.00	0.10	0.13	0.14	0.08	0.48	0.09	0.31	0.15
	rCl/rCO ₃ H	2.09	0.56	0.64	0.22	0.61	3.91	0.48	1.14	0.57	11.21	6.45	0.41
	icb	0.24	-0.21	-0.42	-0.31	0.04	-1.24	-0.08					
	kr	13.30	18.43	9.31	25.67	20.89	6.36	5.07					
ppm	Fe ⁺⁺												
	NH ₄ ⁺												
Otras determ.													
% error	Calif.	0.78	0.62	-3.5	2.28	4.43	0.99	1.15					
Laboratorio													

$$icb = rCl - (rNa + rK) / rCl$$

$$kr = \sqrt{rCa \cdot (rCO_3H)^2}$$

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FECHA		12/30	1/31	1/8	1/7	3/8	5/9	3/31	1/3				
LUGAR													
INDICE		2267T	2267T	1681T	4347T	4347T	5257T	5257T	3477T				
Prof. m	∅												
Pozo. m	m												
Cota. m	∅												
b1	Cota. m												
Conduc. $\mu S/cm^{25}$													
pH 18°	CO ₂ ppm	7.6	7.7	7.6	5.5	7.7	7.3	8.3	7.4				
M O ppm O ₂	Si O ₂ ppm												
Dureza total ppm CO ₃ Ca													
Aniones ppm	CO ₃ H ⁻	4369	3643	3789	4113	3210	5372	4323	7688				
	SO ₄ ⁻	562	881	240	1136	358	4057	3576	983				
	Cl ⁻	2087	2488	1169	110	1489	26041	2240	3313				
	NO ₃ ⁻	65	46	71	00	36	131	71	52				
	Σ_a	6973	7038	5269	5359	5093	35571	3027	12036				
Cationes ppm	Na ⁺	1799	1957	1040	750	820	7000	6750	2120				
	K ⁺	115	87	38	110	61	2050	435	114				
	Ca ⁺⁺	465	153	352	577	537	4357	3361	874				
	Mg ⁺⁺	477	596	418	584	513	4507	3574	1341				
	Σ_c	2856	2793	1848	2021	1931	17908	1412	4478				
Aniones meq/l	rCO ₃ H	7116	577	621	674	526	876	690	1261				
	rSO ₄	117	183	049	236	074	843	744	204				
	rCl	588	675	329	031	419	7343	6319	934				
	rNO ₃	010	007	011	000	005	021	011	008				
	r Σ_a	1431	1482	1010	941	1015	4083	7764	2407				
Cationes meq/l	rNa	782	851	452	326	356	3075	2936	922				
	rK	029	022	009	281	015	525	111	037				
	rCa	232	076	176	288	268	2175	1680	437				
	rMg	397	596	3452	482	424	3723	2952	1107				
	r Σ_c	1420	1445	982	1377	1063	9468	7639	2503				
Porcentajes	%rCO ₃ H	50.03	40.28	61.48	68.01	51.82	9.64	8.88	52.31				
	%rSO ₄	8.17	12.35	4.85	25.08	3.29	9.28	9.58	8.47				
	%r(Cl+NO ₃)	0.41	4.73	3.58	3.29	4.17	8.10	6.53	3.91				
	%r(Na+K)	5.71	6.92	4.64	4.40	3.49	3.70	3.98	3.83				
	%rCa	16.34	5.26	17.92	20.33	25.21	22.97	21.87	17.45				
	%rMg	27.95	34.32	35.15	13.21	39.88	39.32	38.44	44.22				
Relaciones ionicas	rNa/rK	26.96	38.68	10.22	1.16	23.73	5.8	26.45	24.91				
	rMg/rCa	1.71	6.5	1.96	1.67	1.58	1.71	1.75	2.53				
	rSO ₄ /rCl	0.19	0.26	0.14	7.61	0.17	0.11	0.11	0.21				
	rCl/rCO ₃ H	0.82	1.16	0.53	2.08	0.79	8.38	9.15	0.74				
	icb												
	kr												
ppm	Fe ⁺⁺												
	NH ₄ ⁺												
NO ₂ ⁻													
Otras determ.													
%error Calif.													
Laboratorio													

$$icb = rCl - (rNa + rK) / rCl$$

$$kr = \sqrt{rCa \cdot (rCO_3H)^2}$$

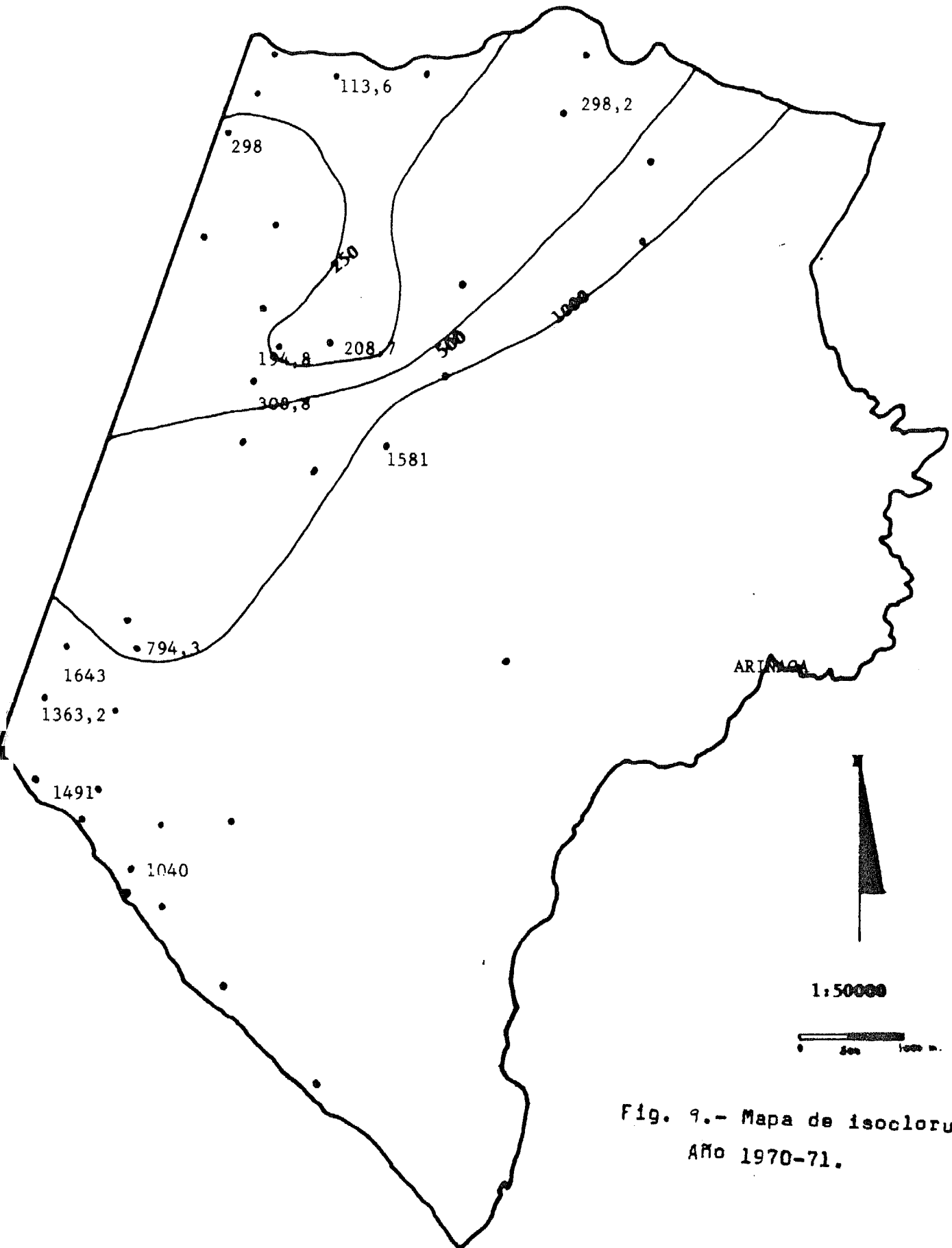


Fig. 9.- Mapa de isocloruros,
AÑO 1970-71.

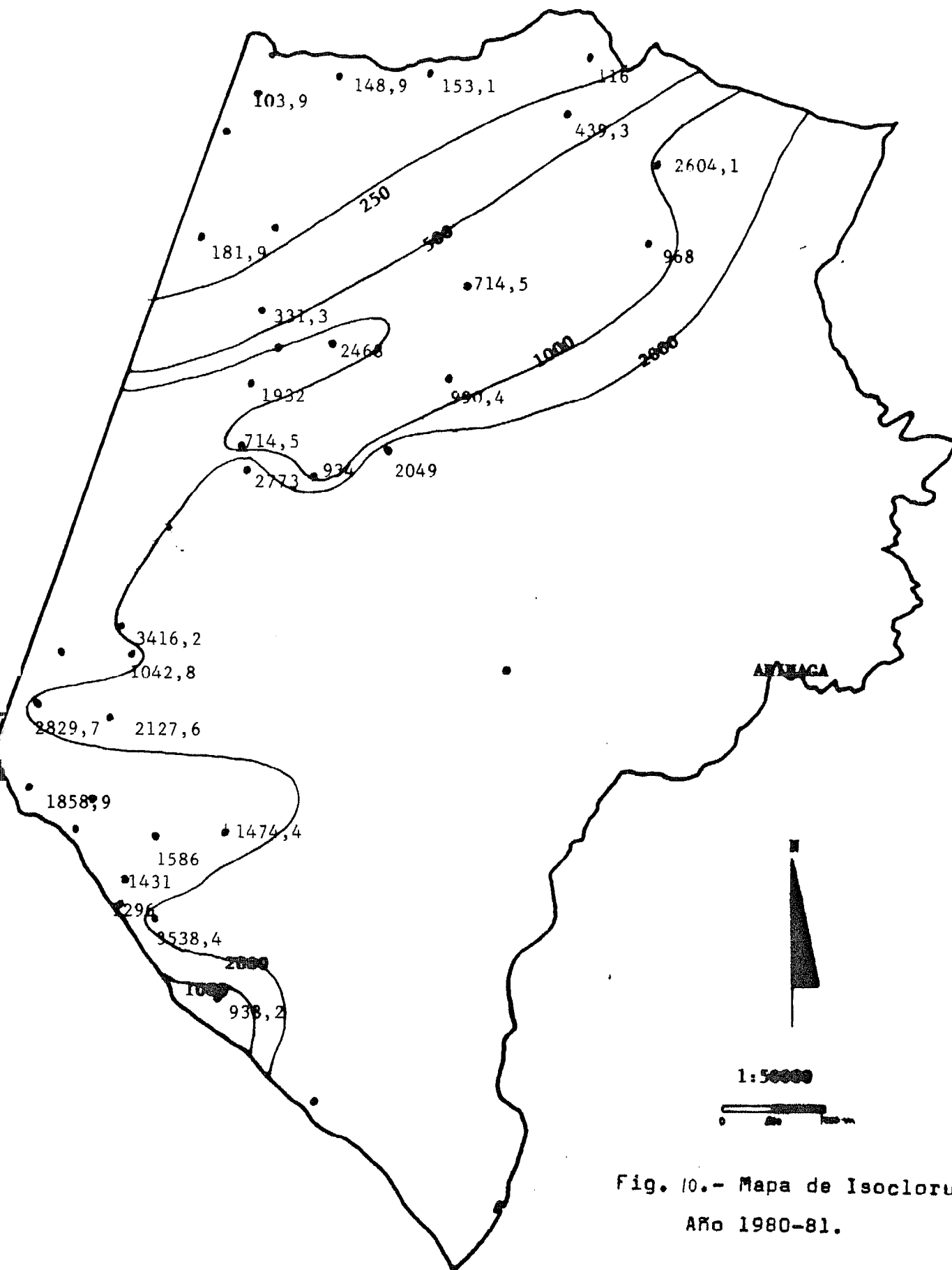


Fig. 10.- Mapa de Isocloruros.
Año 1980-81.

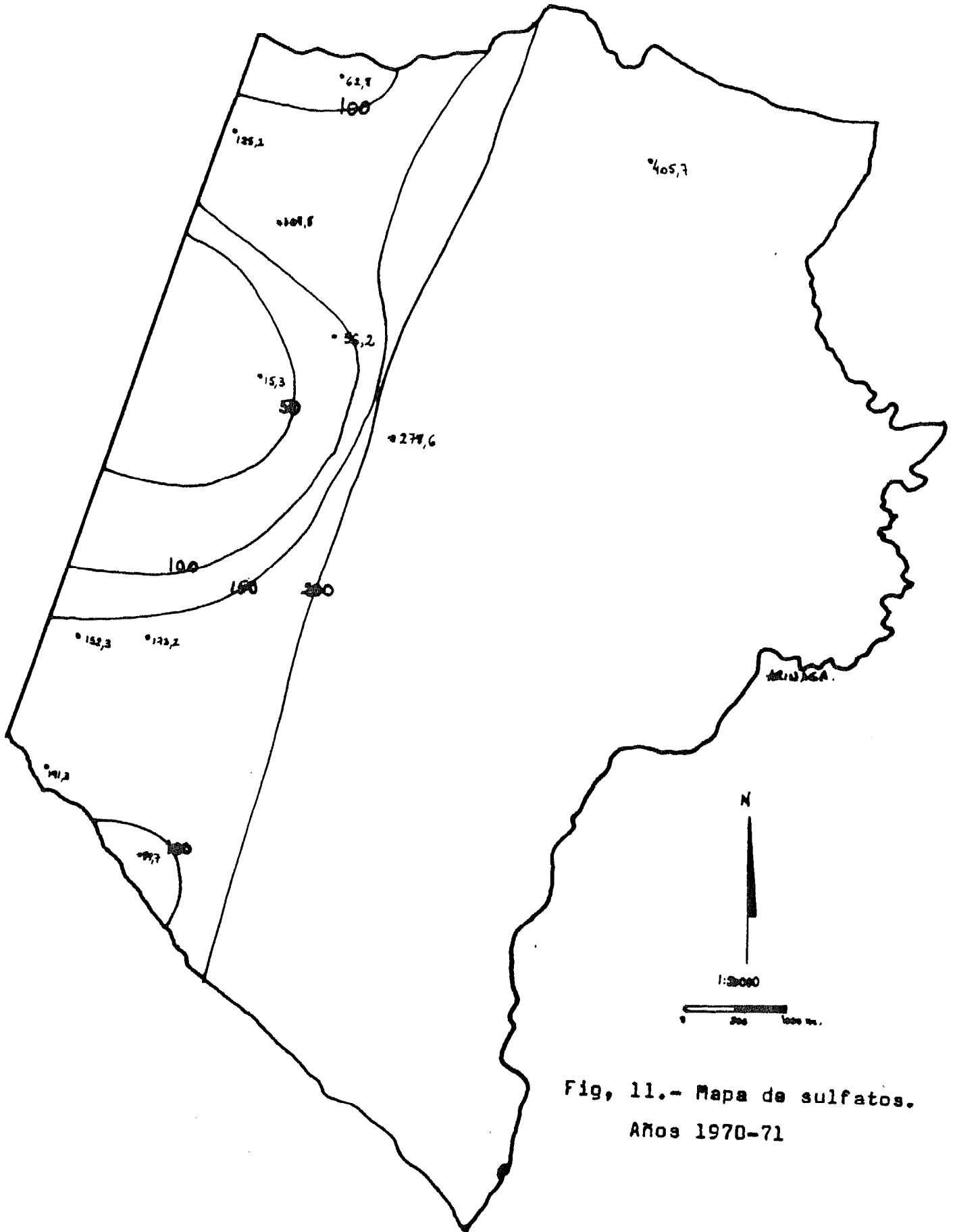


Fig. 11.- Mapa de sulfatos.
Años 1970-71

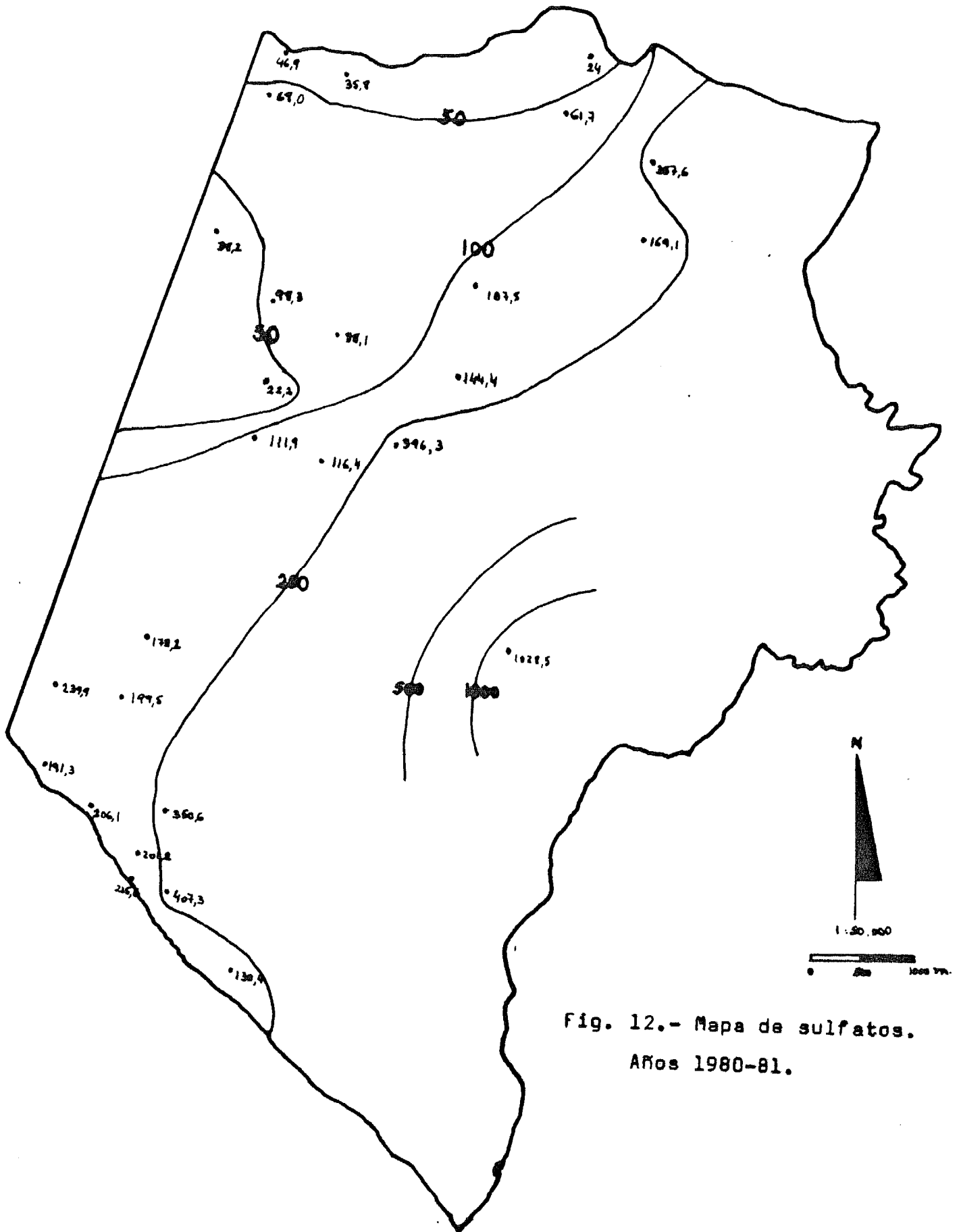


Fig. 12.- Mapa de sulfatos.
Años 1980-81.

Bicarbonatos y CO₂ disuelto.-

Según los datos del Proyecto SPA-15, en la zona de Agüimes, se haya un punto donde el agua presenta grandes cantidades de CO₂ libre. Se atribuye a gas que ha quedado atrapado en las formaciones volcánicas, o bien que tenga origen profundo, que escapa a través de las zonas de fractura. En otras zonas se puede atribuir a actividad volcánica reciente, pero no es este el caso. Se cita la coincidencia de este fenómeno con altas temperaturas, lo cual tiene importancia porque acelera los fenómenos de mineralización del agua.

Este hecho, ha llevado a la representación espacial de los contenidos en CO₂ disuelto, así como en bicarbonatos, que aparecen bastante relacionados. (Fig. 13 y 14). Se observan dos zonas dentro del CO₂ disuelto: hacia el Norte de la zona se concentran las máximas, mientras que hacia el Sur se concentran las mínimas. Esto concuerda con los bicarbonatos, aunque cabe destacar el papel que juega el pH. En las zonas de pH bajo, el contenido será mayor en CO₂ disuelto, mientras que en las zonas de pH alto, será en bicarbonatos. Así la parte de Agüimes muestra altos contenidos en bicarbonatos y medios en CO₂, mientras que al norte de la zona, pasa lo contrario, dependiendo del pH.

Los altos contenidos en bicarbonatos del Sur de la zona, habrá que relacionarlos con la aportación de aguas del aluvial del Bco. de Tirajana.

Con respecto a las relaciones iónicas, el Proyecto SPA-15 se dedicó a representar diferentes relaciones y a compararlas con las relaciones de las rocas. Se representaron así: $r(\text{Ca} + \text{Mg})/r(\text{Na} + \text{K})$, $r\text{Mg}/r\text{Ca}$, $r\text{Cl}/r(\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3)$, $r\text{Na}/r\text{K}$, $r\text{Cl} - r(\text{Na} + \text{K})/r\text{Cl}$.

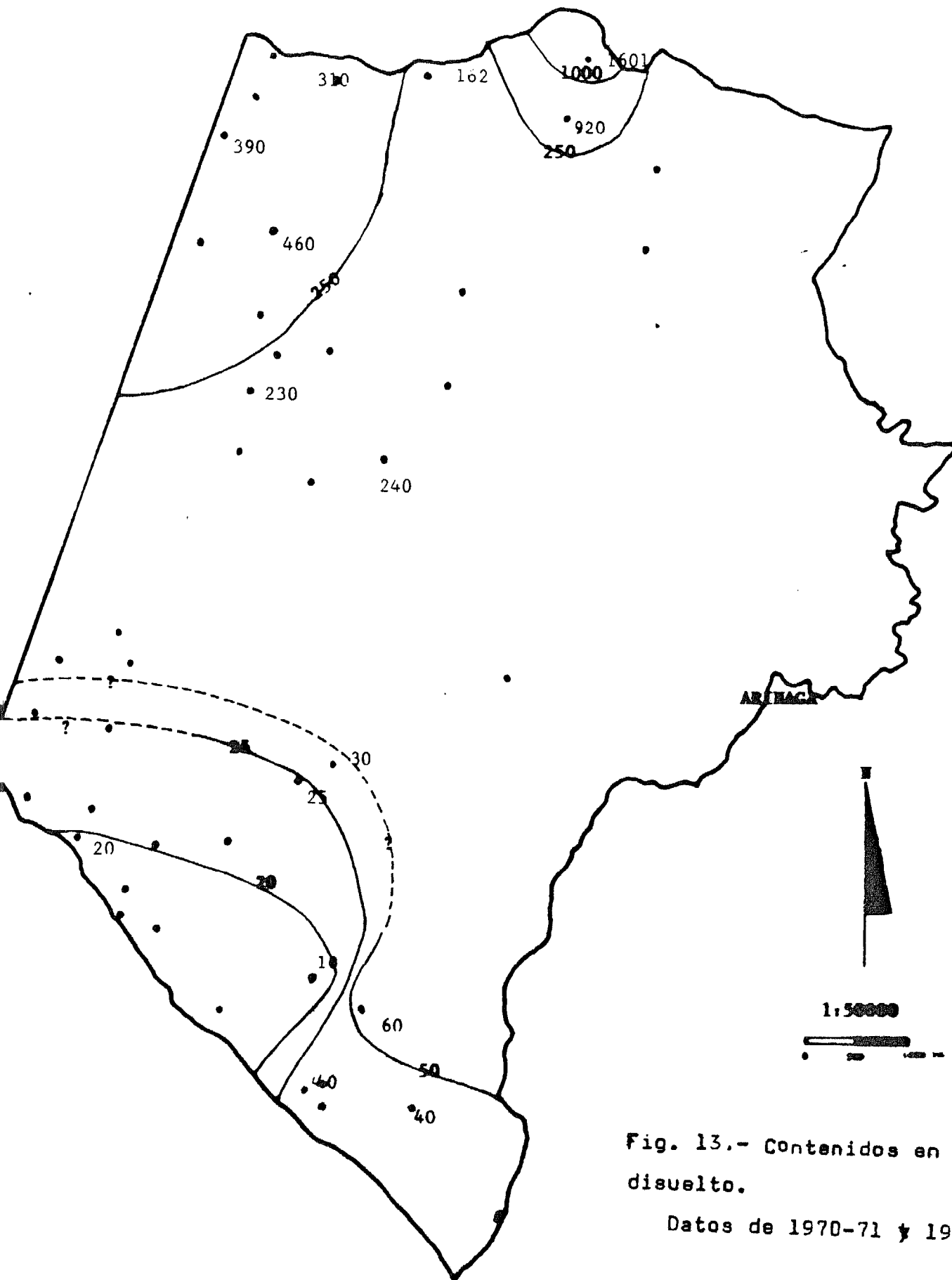


Fig. 13.- Contenidos en CO₂ disuelto.

Datos de 1970-71 y 1980-81

Respecto a la contaminación marina, sería de interés la relación rMg/rCa , aunque debido a la variabilidad que puede representar el Ca (saturaciones, cambios iónicos, etc.), se ha preferido representar el valor rMg/rNa , donde el Mg procede tanto del agua marina como del agua mineralizada por los basaltos antiguos, y el Na se asocia con agua salada. En este sentido, la distribución espacial se representa en la fig. 14.

La distribución espacial presenta una disposición similar a la de los Cloruros, en los que la mayor intrusión se encuentra en la parte meridional de la zona, en los alrededores de Sardina, coincidiendo de nuevo con los mayores espesores de aluviales.

Tampoco se han representado en la zona la relación $rCl/r(CO_3H + CO_3)$, porque se considera que estando la zona influenciada por aportes profundos de CO_2 , se falsearían los resultados que interesan. Este mismo aporte explica los valores mayores de la relación rMg/rNa , justamente en los alrededores de Agüimes, ya que es allí donde se produce una mayor mineralización del agua a partir de los basaltos antiguos, que aportan Mg.

Aunque no se representen, se comentarán las diferentes relaciones que se encuentran con los análisis:

- rNa/rK , Condicionada por la salinización marina de los pozos, presenta valores alrededor de 30 para los que están salinizados, y valores menores a 10 para los que no lo están.

- rSO_4/rCl , Viene también influido por la salinización de los pozos. Los valores son de centésimas si el pozo está contaminado y de alrededor de 1 si no lo está.

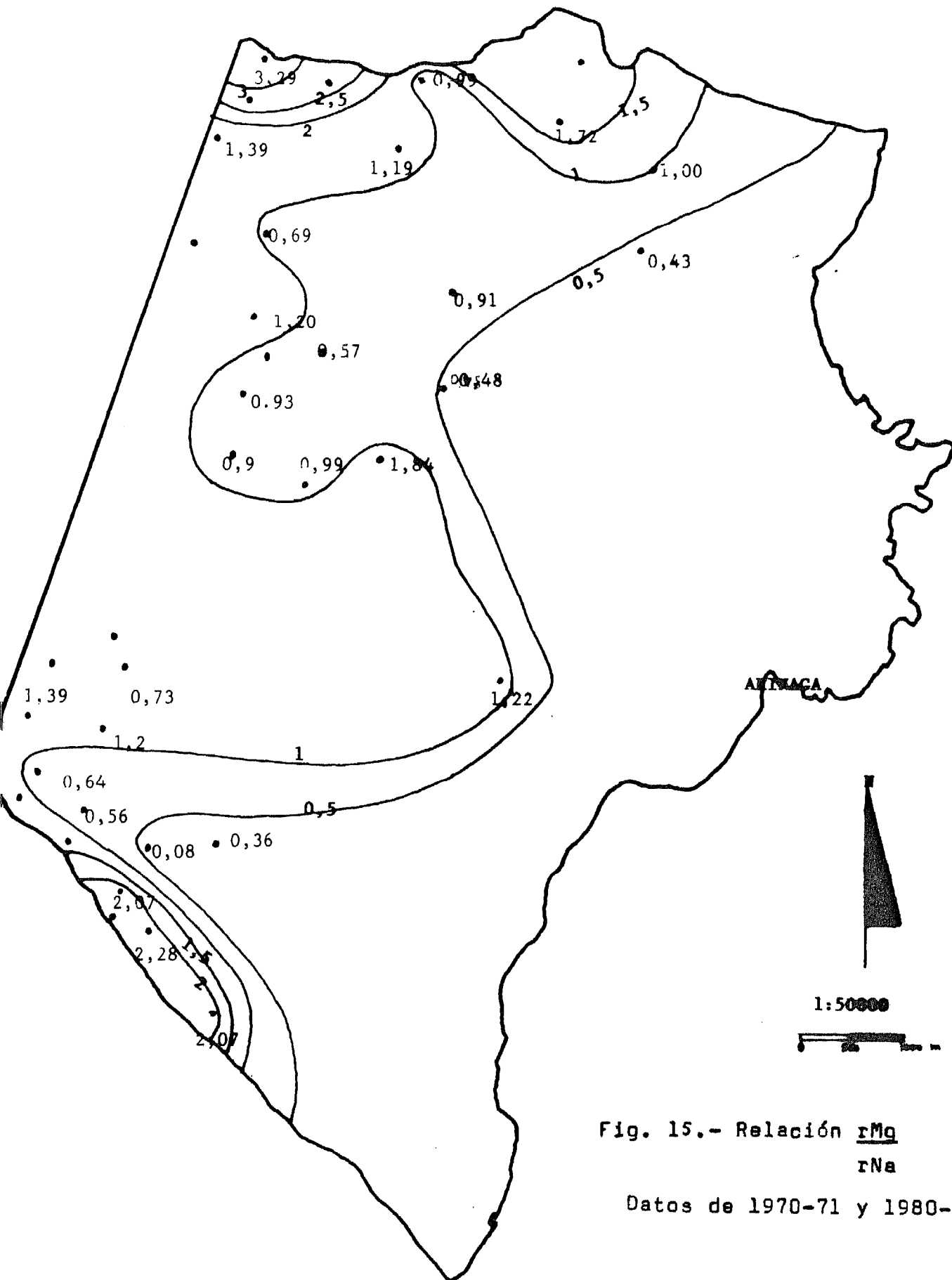


Fig. 15.- Relación rMq
 rNa
 Datos de 1970-71 y 1980-81.

- rCl/rCO_3H^- ; Condicionada por la salinización y por el aporte de CO_2 de origen endógeno, por lo que no se pueden sacar conclusiones claras.

Conclusiones globales.-

Todo lo que se ha comentado respecto a datos parciales en los apartados anteriores, queda reflejado en los mapas que presentan los diagramas de Stiff modificados. De nuevo se ha representado uno correspondiente a los años 1970-71 y otro a los años 1980-81.

Los resultados coinciden con los anteriores, las aguas son más ricas en Cl y Na hacia el mar, y hacia la zona SW, mientras que las de mejor calidad se encuentran al NW, en los alrededores de Agüimes, coincidiendo con los basaltos modernos. Es notable el aporte de CO_2 volcánico al Norte de la zona.

Se pueden separar así varios tipos de aguas, dependiendo de donde procedan:

- Aguas procedentes de los basaltos modernos:
 - . Bajos contenidos en sales
 - . Bajos contenidos en Mg y Ca.
 - . Altos contenidos en CO_2 volcánico al Norte.
- Aguas procedentes de los basaltos antiguos:
 - . Altos contenidos en sales.
 - . Altos contenidos en Mg y Ca.
 - . Pueden tener altos contenidos en CO_2 volcánico si se encuentran al Norte.
- Aguas con contaminación marina:
 - . Contenidos muy altos en Cl y Na.
 - . Aguas originales principalmente de origen en los basaltos antiguos.

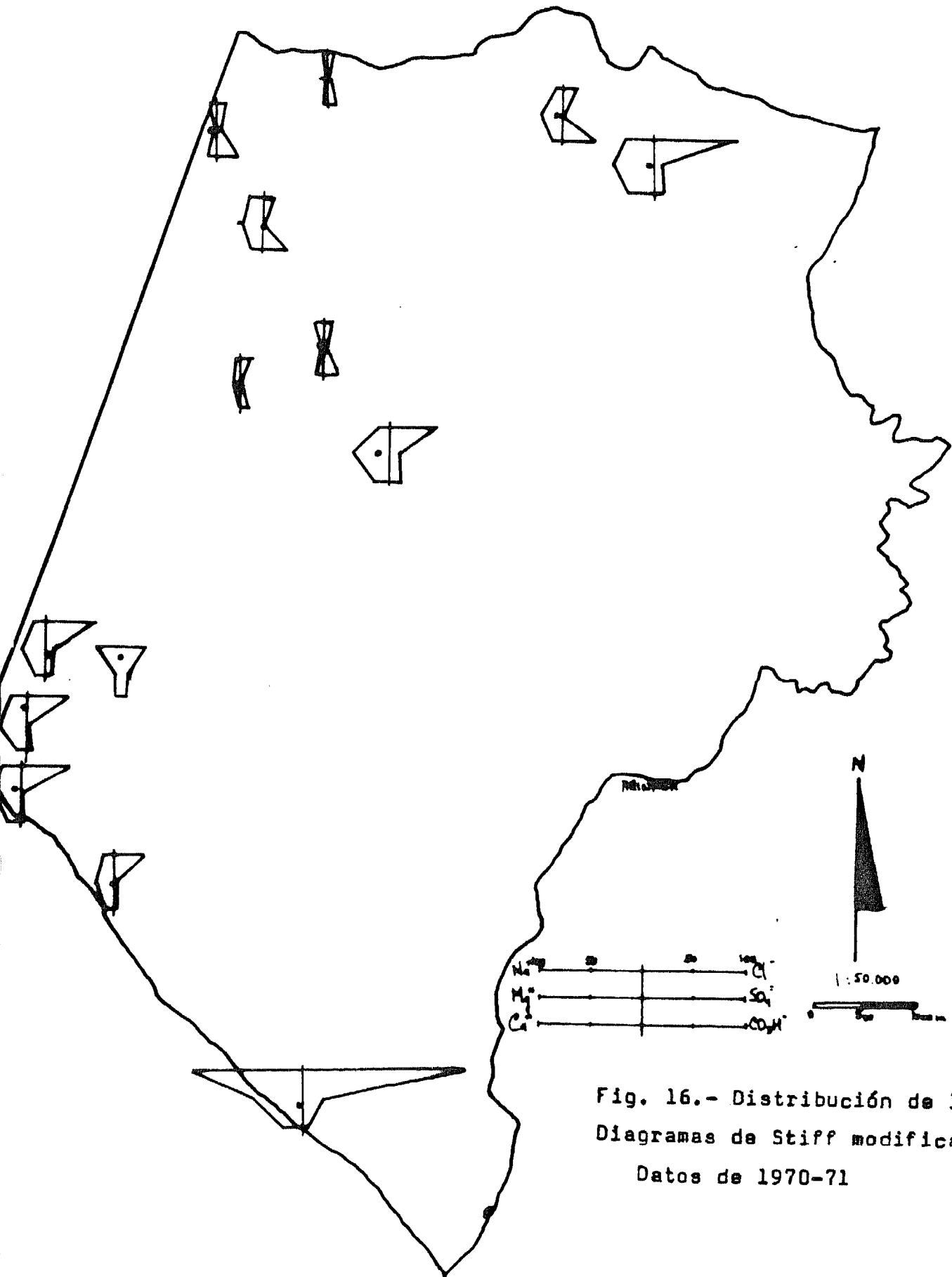


Fig. 16.- Distribución de los Diagramas de Stiff modificados. Datos de 1970-71

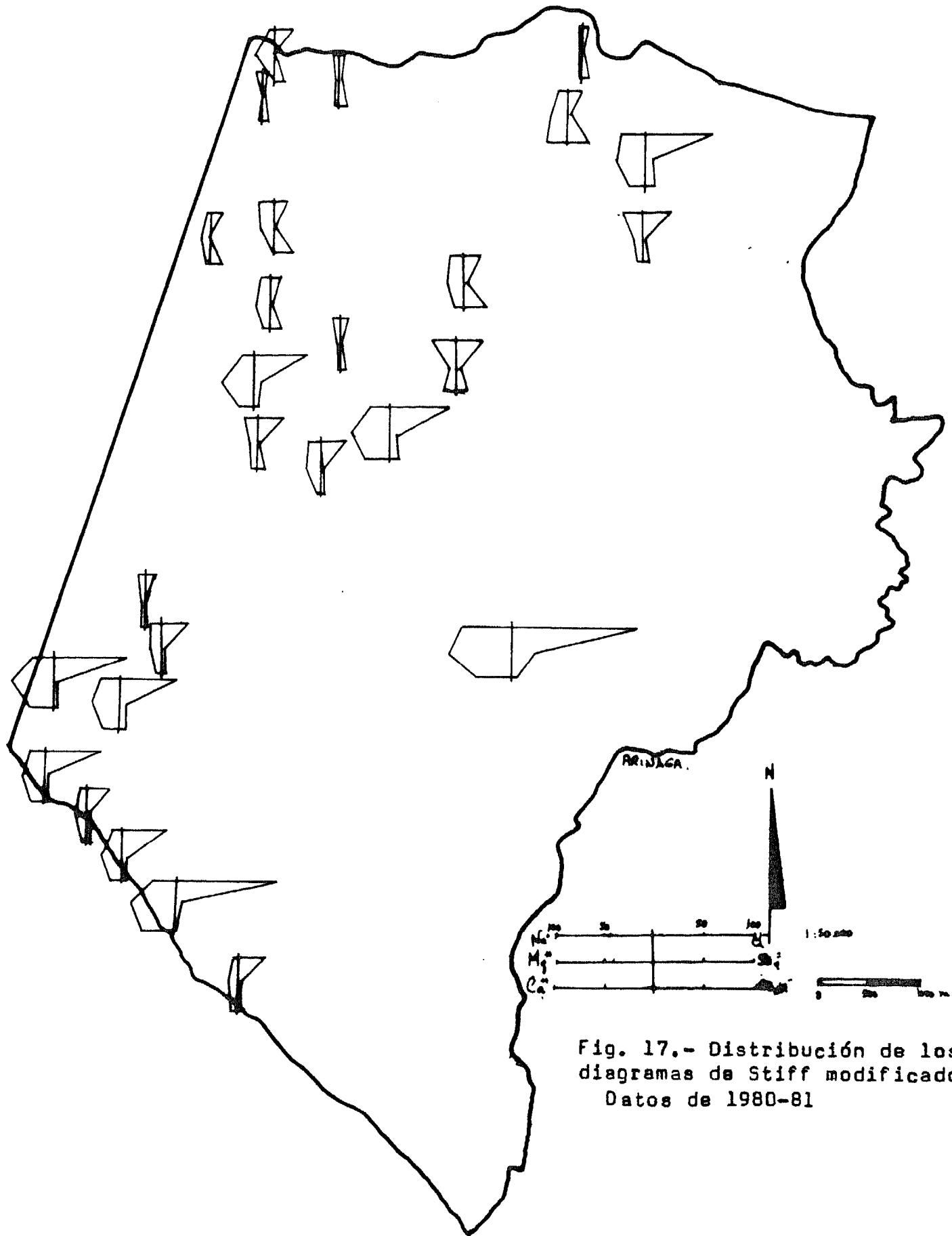


Fig. 17.- Distribución de los diagramas de Stiff modificados: Datos de 1980-81

COMISARIA DE AGUAS DEL
PIRINEO ORIENTAL

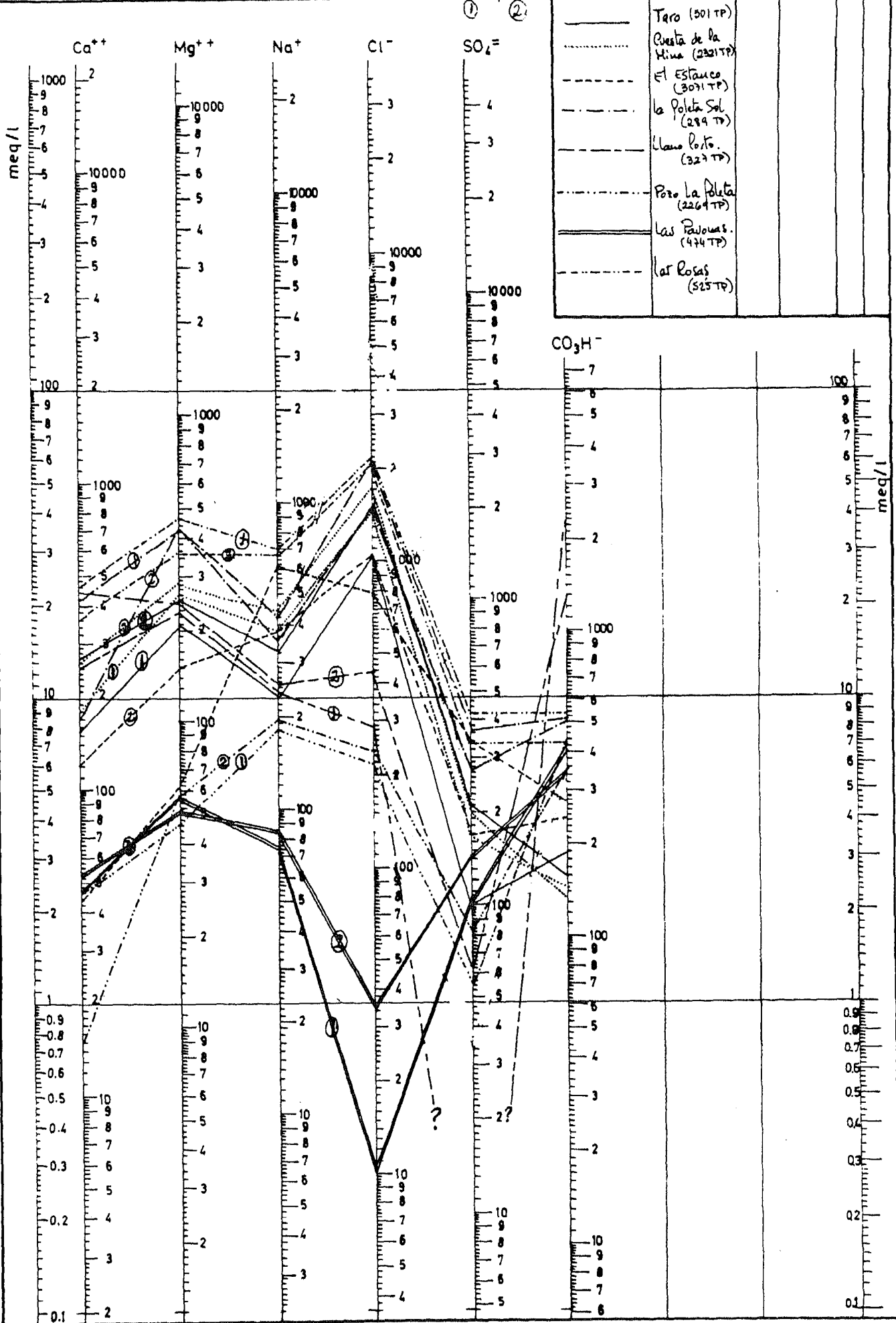
Diagrama logarítmico de:
SCHOELLER - BERKALOFF

Lugar: SE de San Cruz de la Sierra Fecha:

Observaciones:
Se realizaron análisis de 1940 y 1980

LEYENDA

Descripción	Toponimia	R _S ppm	C μS/cm	Dt	pH
—————	Taro (501 TP)				
.....	Cuesta de la Mina (2321 TP)				
- - - - -	El Estanco (3071 TP)				
-----	La Poleta Sol (2894 TP)				
-----	Llano Pisto (327 TP)				
-----	Pozo La Poleta (2264 TP)				
-----	Las Palomas (474 TP)				
-----	Las Rosas (525 TP)				



Otro tipo de conclusiones se pueden sacar respecto a la evolución de las aguas en los 10 años estudiados. (Diagrama logarítmico)

En este sentido, se han representado en un diagrama de columnas logarítmicas varios pozos, de los que se tienen análisis de 1970 y de 1980, observándose la evolución que se especifica:

- La mayor parte de los pozos sufren un aumento en todos los componentes durante los 10 años.

- Todos los pozos, menos el 474, presentan contenidos altos en los cationes y aniones.

- El bicarbonato suele ser menor en 1980 que en 1970, lo que indicaría una disminución en el aporte de CO_2 volcánico, o quizá precipitación de carbonatos. Esto último queda ratificado en el pozo 525, donde se observa una disminución del Ca disuelto en el agua.

- El pozo 525 presenta una evolución justamente contraria a los demás. La explicación que podría tener es que explote aguas provenientes de los basaltos antiguos, o de recarga próxima alternativamente, aunque esto no está nada claro, y se puede tratar de un error en los datos.

DATOS ISOTÓPICOS.-

Los datos isotópicos de que se dispone proceden de los muestras llevados a cabo por GONFIANTINI (1971) y PLATA (1983).

El trabajo del primero, llevado a cabo dentro del proyecto SPA-15, habla de que la recarga se lleva a cabo en las zonas altas de la isla, excepto en algunos puntos en los que puede haber mezcla con aguas locales. Esto se corrobora con datos de Tritio y de salinidad. En este sentido, las aguas jóvenes están poco salinizadas, son más ligeras en D y ^{18}O , y pertenecen a cotas más altas.

En la zona de estudio se dispone de pocos datos, que aparecen reflejados en la fig. 18. Se observa cómo se cumple esta ley general, ya que los contenidos en Tritio son bajos, y las aguas presentan valores ligeros de ^{18}O . Sin embargo, el pozo 513 presenta valores mayores en Tritio, y más pesados en ^{18}O . Este fenómeno se puede explicar, ya que, según el inventario del pozo, se trata de una explotación que está emboquillada en basaltos modernos, para luego seguir en basaltos antiguos. Se puede pensar que cuando se realizó la toma de muestras isotópicas, la química del agua representaba la del año 72, poco salinizada con respecto a la que se toma en el año 81 indicando una mezcla de aguas antiguas con aguas modernas que se infiltran en los basaltos modernos.

En todo caso, y con los datos que se ha podido recopilar de la zona y sus alrededores, se ha elaborado un gráfico relacionando la $\delta^{18}\text{O}$ con la altitud de la cota de los pozos, dando el resultado expuesto en la fig. 19. Se observa una cierta correlación, aunque no queda muy clara.

Lo que se ha intentado evaluar es la altura del área de recarga, por la relación que establece GOFIANTINI para el Sur de la isla: $h \text{ (m)} = -(405 \pm 41) \delta^{18}\text{O} - (818 \pm 149)$

Nº Pozo	^{18}O	h área de recarga(m)	
		max.	min.
105	-5,2	1650	634
513	-3,6	936	-736
266	-4,7	1129	666

Esta tabla refleja las posibles alturas del área de recarga. Los valores negativos son absurdos, y la variabilidad es grande.

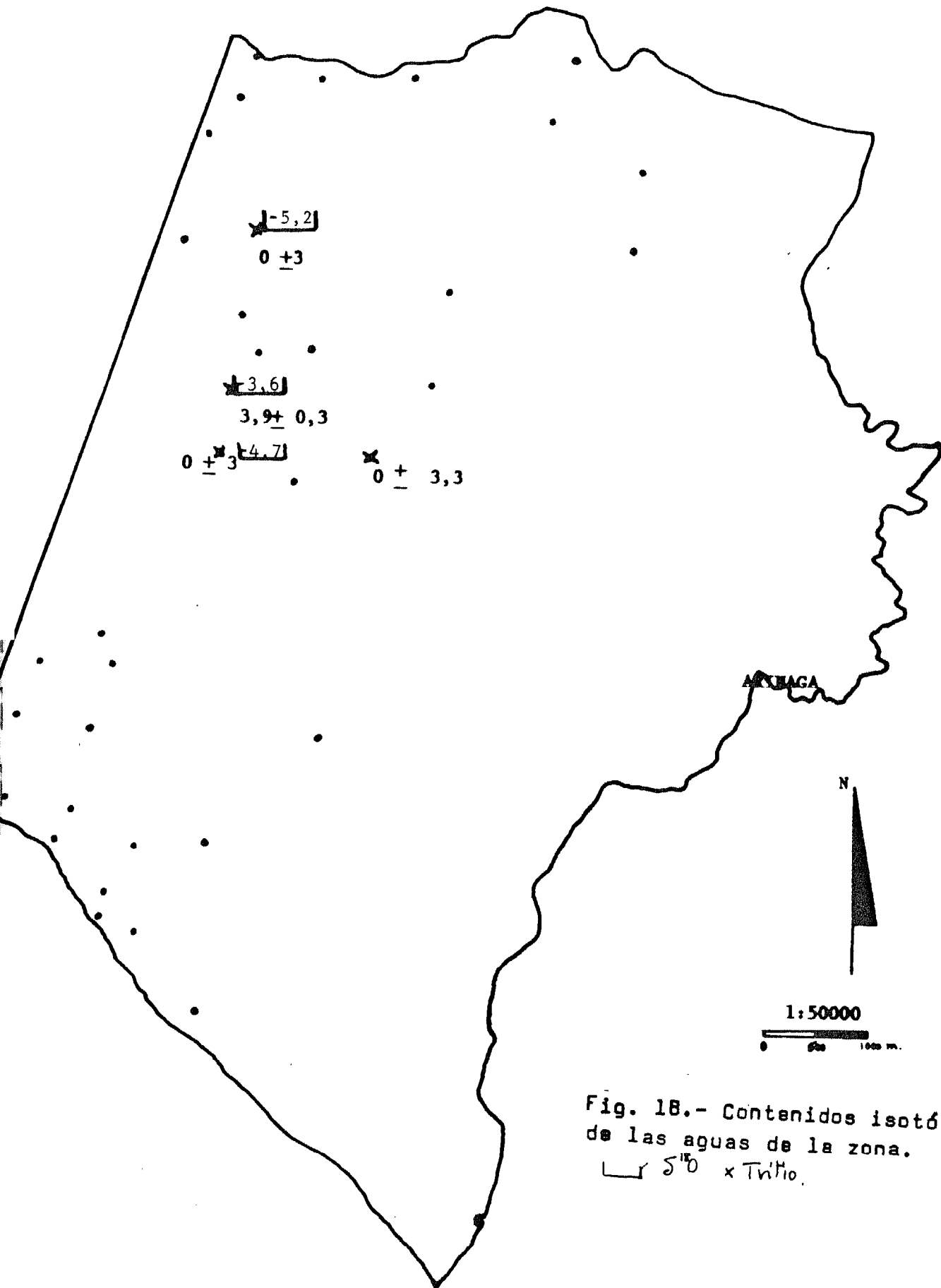


Fig. 1B.- Contenidos isotópico de las aguas de la zona.
 \square $\delta^{18}O$ x Triflo.

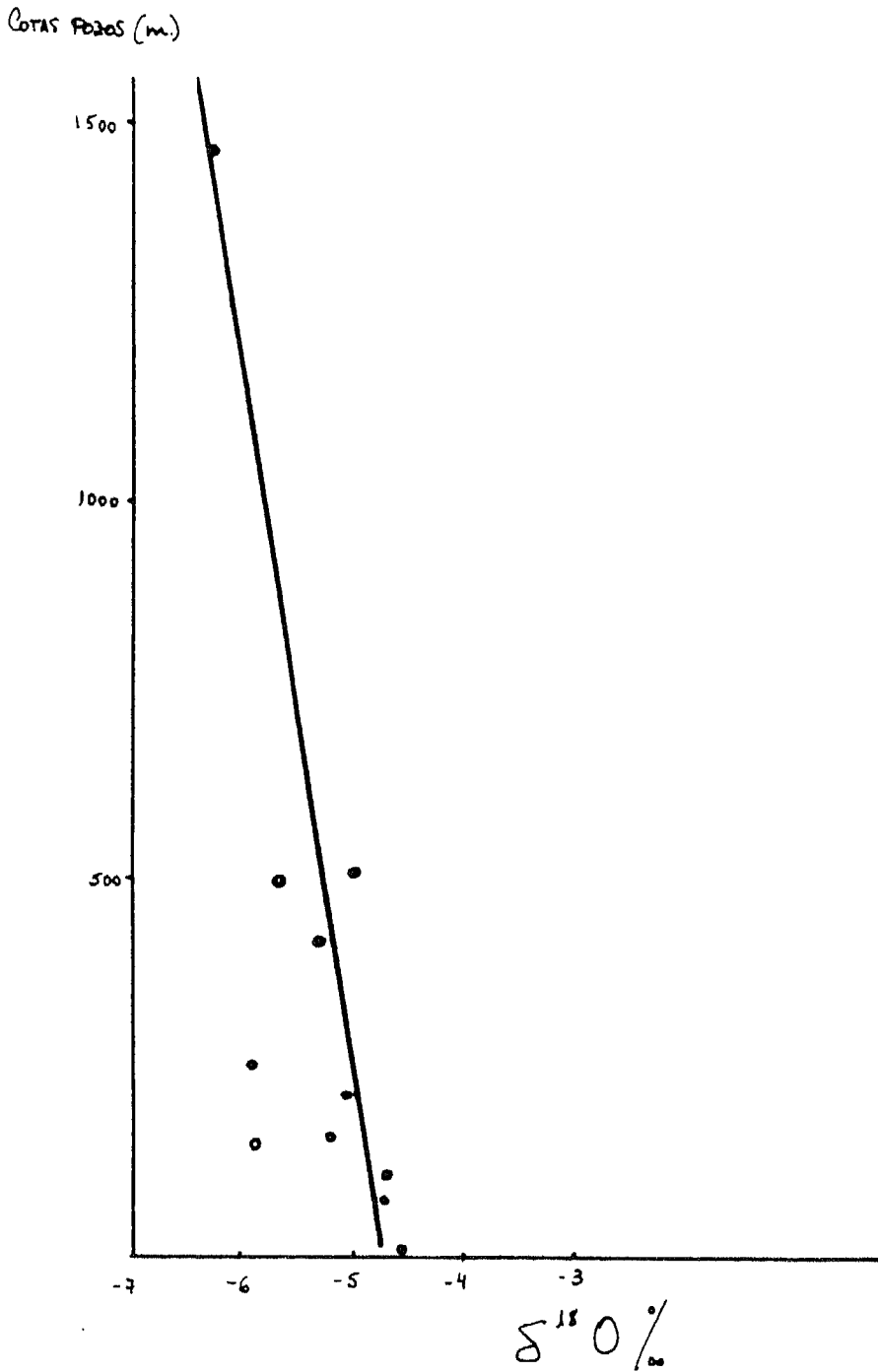


Fig. 19.- Intento de correlació entre $\delta^{18}O$ -altitud, para las aguas subterráneas de la zona. (Datos de GONFIANTINI, 1971)

ANEJO nº 5:

BALANCE HIDRICO

BALANCE HIDRICO

La ejecución del balance hídrico presenta múltiples problemas, tanto por falta de datos como por la imposibilidad de conseguirlos. Se verá detalladamente cada factor que influye, y se explicará cuáles son los valores estimados.

Precipitación

En cuanto a las precipitaciones en la zona, hay datos continuados desde 1951, en varias estaciones.

Las medias de las precipitaciones desde 1977 hasta la actualidad, hablan de valores de 115,18 mm/año. Teniendo en cuenta que la superficie total de la zona es de unos 61 km², serán unos 7,02 hm³/año.

No se presenta ningún problema en este punto, ya que la red de observación es bastante densa.

Abatimiento de los niveles

Según ya se asignó en la piezometría, la bajada de niveles es de 0,8 m al año. Este valor se ha calculado tomando todos los abatimientos habidos desde 1970 a 1980, calculando la media y promediando un descenso para 1 año.

$$\text{Será } 0,8 \text{ m/año} \times 61 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,05 = 2,44 \text{ hm}^3/\text{año}$$

La porosidad se ha tomado según los valores estimados por el SPA-15 para los basaltos antiguos.

Extracciones

En el año 1970, los datos de extracciones son de 14,7 a 12,6 hm³/año. Estos datos proceden del informe SPA-15,

No se dispone de datos actualizados, ya que se ha aplazado un inventario que se pretendía realizar en la primavera de 1987.

Entrada de otros acuíferos.-

Suponiendo que la recarga sea casi nula en la zona (hecho demostrado con los isótopos), los datos del SPA-15 hablan de una recarga total desde el ápice de la isla de 21,3 a 3,1 hm³ al año, dependiendo de los años considerados. Esta valoración de la recarga se hace según un proceso contable de los balances diarios, entre los años 1970-73.

Si se restan los valores de las extracciones en la parte alta del ápice, que ascienden entre 6,53 y 7,65 hm³/año, quedan unos valores de 16,77 a 0.

Se trata de un valor muy variable, ya que los años considerados tuvieron lluvias muy dispares.

Evapotranspiración real.-

Para evaluar este parámetro, se han encontrado múltiples dificultades, ya que no se dispone de datos de las precipitaciones diarias, por razones logísticas.

Se ha intentado paliar este déficit mediante la aplicación de la fórmula experimental de Turc:

$$ETR = \frac{P}{0,9 - \frac{L^2}{L^2}} \quad \text{Siendo } L = 300 + 25t + 0,05t^2$$

t = Temperatura media anual
P = Precipitación media anual.

Tomando valores de precipitaciones medias entre 1977 y 1987 y valores de temperaturas medias de los mismos años, se obtienen valores de ETR de 124,29 mm/año, o sea, 7,57 hm³/año.

Salida de agua dulce al mar (Escorrentía superficial).-

Los barranco de la parte S de la isla funcionan de manera esporádica, según la intensidad y distribución de las precipi-

taciones.

En el informe SPA-15, se hace una estimación de la escorrentía superficial en los años 1970-73, a partir de los datos de lluvias diarias. El modelo de simulación utilizado es el del "método del número de curva" (NC). Este método evalúa la escorrentía superficial a partir de la capacidad de infiltración del terreno y la precipitación caída durante un aguacero.

Así, pues, la zona de estudio tendría unas pérdidas al mar de 0,5 a 0 $\text{hm}^3/\text{año}$. El barranco de Tirajana en sí, presenta una escorrentía mayor: 3,9 a 0,4 $\text{hm}^3/\text{año}$.

Hay dos datos que no se pueden evaluar directamente, como son los excedentes de riego y la entrada de agua salada en el acuífero. Este último parámetro se podría, junto con los excedentes de riego deducir del error que de el balance.

ENTRADAS

Precipitación + Entrada parte alta + Exc. riego + Ent. agua mar.

$$7,02 \text{ hm}^3/\text{año} + 16,77 \text{ hm}^3/\text{año} + ? + ? =$$

0

$$\text{Entradas} = \begin{matrix} 7,02 \\ 23,79 \end{matrix} \text{ hm}^3/\text{año}$$

SALIDAS

Extracciones + ETR + Escorrentía sup.

$$\begin{matrix} 14,7 \\ 12,6 \end{matrix} \text{ hm}^3/\text{año} + 7,57 + \begin{matrix} 0,4 \\ 4,4 \end{matrix} \text{ hm}^3/\text{año} =$$

$$\text{Salidas} = \begin{matrix} 26,67 \\ 20,57 \end{matrix} \text{ hm}^3/\text{año}$$

Incremento de almacenamiento.-

Entre los años 1970 y 1980, los niveles han bajado 0,8 m/año, por lo que, supone 2,44 $\text{hm}^3/\text{año}$.

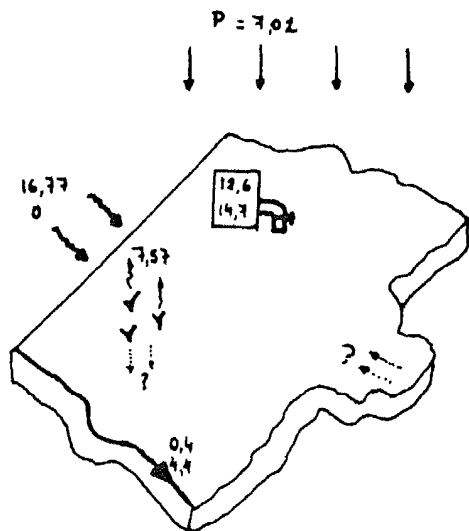
BALANCE FINAL (Fig. 20)

$$\begin{array}{r} \text{Entradas} - \text{Salidas} - \Delta H = \text{ERROR} \\ \\ 7,02 \quad - \quad 20,57 \quad - \quad (-2,44) = \text{ERROR} \\ 23,79 \quad - \quad 26,67 \quad - \quad (-2,44) = \text{ERROR} \\ \\ \text{ERROR} = \begin{array}{r} 5,66 \\ -11,11 \end{array} \text{ hm}^3/\text{año} \end{array}$$

Teniendo en cuenta los comentarios hechos anteriormente respecto a los parámetros que no se conocen (excedentes de riego y entrada de agua salada), el error positivo no tiene sentido. Estos dos términos tienden a incrementar las entradas, por lo que equilibrarían el balance y desaparecería el signo negativo.

Hay que destacar que la amplia variabilidad de las entradas viene dada por la gran diferencia en el agua que viene de la parte superior del acuífero según el año sea húmedo o seco. Hay que tener en cuenta que habría años con salida de agua.

En todo caso, el revisar cada uno de los parámetros e intentar asignarle un valor fiable, sería objetivo de próximos estudios.



$$\text{ERROR} = \begin{array}{r} 5,66 \\ -11,11 \end{array}$$

- Fig. 20.- Esquema representativo del balance. Todos los términos están en $\text{hm}^3/\text{año}$.

ANEJO nº 6:

PLANIFICACION DE PROXIMOS
ESTUDIOS EN LA ZONA.

PROXIMOS ESTUDIOS EN LA ZONA. PLANIFICACION.-

Los datos de que se dispone en este trabajo pertenecen a los años 1970-71 y 1980-81, por lo que el primer objetivo de próximos trabajos consistirá en una actualización completa de las explotaciones en la zona.

1- Inventario de puntas de agua, que incluya:

- Pozos definitivamente abandonados a 1987.
- Pozos en funcionamiento: nivel estático y/o dinámico, indicando a cual se refiere, caudal explotado, meses y horas diarias de funcionamiento de la explotación, nuevas repozos, valor aproximado de la extracción al año y utilización del agua.
- Establecimiento de la piezometría actual
- Realización de análisis químicos en los pozos en funcionamiento para intentar establecer el avance de la intrusión salina. Si no es posible, bastaría con las medias de conductividad, y análisis parciales de cloruros.

A la vez que se lleva a cabo el inventario, sería conveniente tomar datos sobre propietarios, tipo de bomba, tipo de captación, etc.

2- Establecimiento de una red de muestreo.

A la vista de los resultados del inventario, se establecería una red con aquellos pozos que presentan más fácil acceso, obviando los de características similares, de manera que cubran razonablemente todas las zonas, y que sean representativos del tipo de agua que se separó desde el punto de vista químico (basaltos antiguos, basaltos modernos, agua contamina-

da).

3- Control de la red de muestreo

Habrá que realizar un control cuidadoso de esta red, dada la estacionalidad de los bombeos, de manera que se realicen, como mínimo dos campañas anuales, una coincidente con la época de riego (invierno) y otra con la época de descanso, (verano).

Las campañas incluirán medidas en el campo de pH, conductividad, niveles piezométricos, alcalinidad, toma de muestras para análisis químicos y control de nuevas condiciones en los pozos.

Este control permitirá establecer dónde se producen conos de agua salada y localizar aproximadamente donde se localiza la interfaz agua salada-agua dulce.

4- Toma de muestras isotópicas

Se llevará a cabo una campaña isotópica que permitirá deducir con precisión las áreas de recarga. Los isótopos del Carbono pueden presentar problemas, dada la asimilación de CO₂ de origen volcánico, por lo que se llevaría a cabo un estudio detallado de la geoquímica del mismo.

Con respecto a los datos utilizados en el balance, y para establecer un nuevo balance, más fiable, sería conveniente revisar los datos deducidos en el SPA-15, referentes a entradas de agua de la parte superior del sistema, y escorrentía superficial.

Establecer los excedentes de riego, estimando un coeficiente a partir de los cultivos de la zona y del tipo de riego (go-

teo, riego a manta..).

Establecer la evapotranspiración real, a partir de las precipitaciones diarias y la capacidad de infiltración del suelo (60 mm diarios, según el SPA-15).

Con todos los datos anteriores, utilizando las extracciones a 1987 y el abatimiento de los niveles desde 1980, por ejemplo, se podría establecer un balance más fiable, que responde a datos actuales.

ANEJO nº 7:
ESTUDIO ECONOMICO DE UNA
EXPLOTACION

ESTUDIO ECONOMICO DE UNA EXPLOTACION

Teniendo en cuenta las características de la zona estudiada, se ha intentado llevar a cabo un pozo, estudiando el procedimiento a seguir y los costos totales de la operación.

Los supuestos que se hacen son los siguientes:

- Pozo en basaltos antiguos.
- Profundidad de 200 m
- Nivel a 150 m
- Se explota un $Q = 20 \text{ l/s}$

Las características del pozo se deducen según la velocidad y el diámetro óptimos:

$$v = \sqrt{\frac{P_t \cdot i \cdot \eta_b}{t \cdot K_e}} = 0,248 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$P_t = 220 \text{ ptas/m/cm de diametro.}$
 $i = 0.07 \quad (\text{inflación})$
 $\eta_b = 0,7 \quad (\text{rendimiento bomba})$
 $t = 8 \text{ h/dia} \quad (\text{tiempo bombeo})$
 $K_e = 10 \text{ ptas/h} \quad (\text{Precio electr.})$

Para esta velocidad, el diámetro óptimo es el siguiente:

$$\phi_{op.} = \sqrt{\frac{4 \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 20/100}{\pi \times 0.25}} = 0,32 \text{ m} = \underline{\underline{320 \text{ mm}}}$$

Así, ya podemos proceder a la perforación con un diámetro de 350 mm en la tubería. La perforación tendría 450 mm en los 10 primeros metros, y 400 en el resto. (Fig. 21).

El pozo se realizará a circulación inversa (rotación), y se llevará a cabo en dos fases: la primera, para los 10 primeros metros, con el diámetro mayor, al finalizar la cual, se pondrá un tapón de material perforable en el fondo y se ce-



- Explotación en basaltos antiguos
- Profundidad: 200 m.
- Nivel a 150 m.
- $Q = 20 \text{ l/s}$

Fig. 21.- Esquema constructivo del pozo.

mentará distribuyéndose el cemento por el mismo procedimiento que el de la circulación inversa. A continuación, se continuará perforando con el diámetro menor, y por último, se entubará con una misma tubería, que estará rajada en sus últimos 50 m.

COSTES.-

- Precio del pozo:

200 m x 22.000 ptas = 4.400.000 ptas

(Precios actuales en Gran Canaria, NUÑEZ, c.f

- Precio entubación: (Acero naval de 6 mm y 5300m de diám.)

200 m x 7.500 ptas/m = 1.500.000 ptas

- Precio de la bomba:

Según el catálogo de bombas ITUR, para una altura de 180 m (para paliar pérdidas de carga y posible bajadas del nivel), y el caudal requerido (20 l/s), la bomba adecuada será la 6613/5/73,5/2, con una potencia de 100 C.V.. El precio de esta bomba será de 1.620.000 ptas.

El precio total de la operación será:

4.400.000 ptas

1.500.000 "

1.620.000 "

7.520.000 ptas.

Esto, contando solamente la construcción del pozo, que si se empieza a evaluar mantenimiento del mismo, personal, etc. el precio subiría aún más. Es por esta causa, por la que los pozos en la zona se hacían excavados, y actualmente no se llevan a cabo explotaciones nuevas (aparte de la mala calidad del agua).