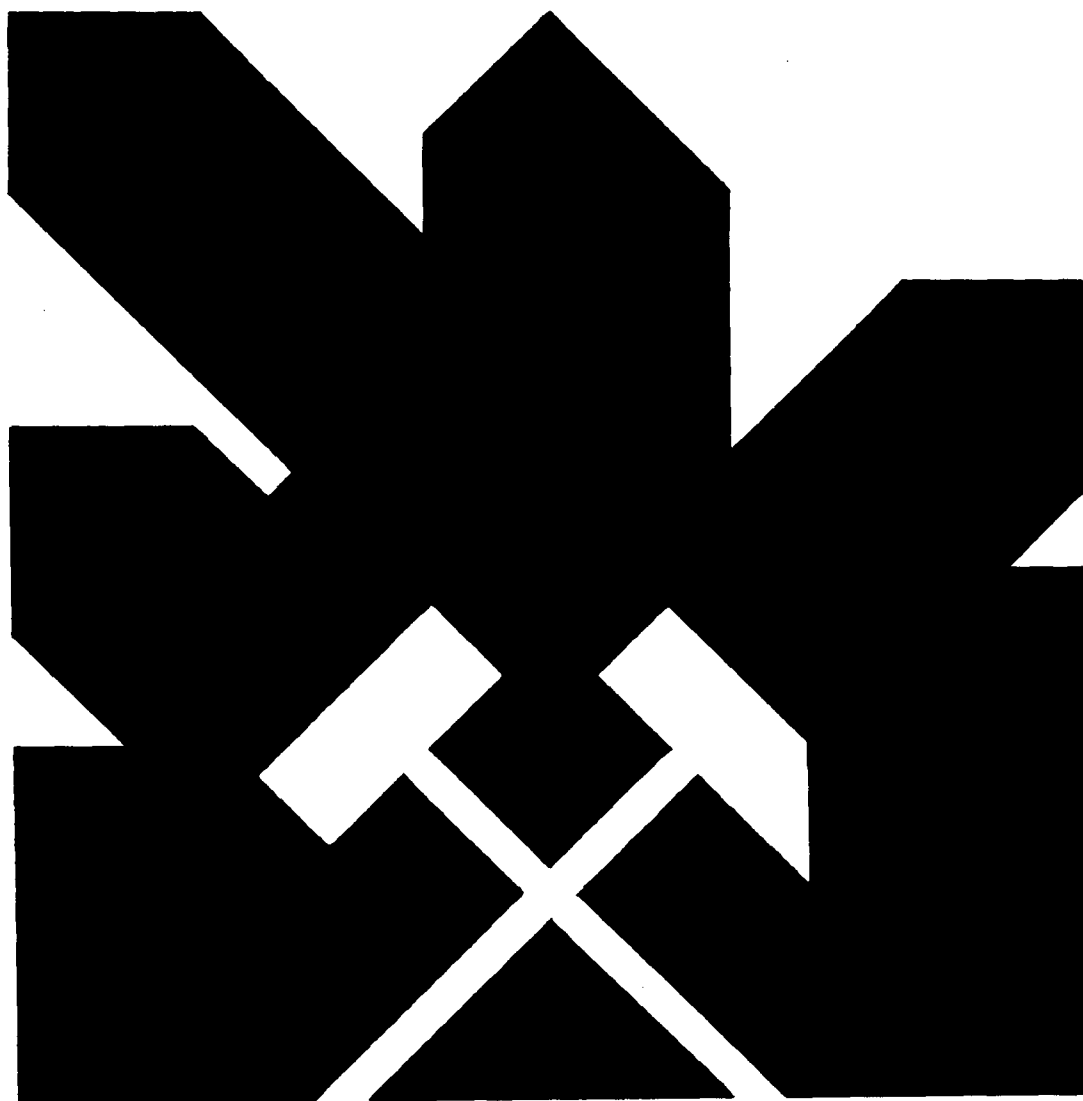


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
COMISARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO GEOTERMICO PRELIMINAR
DE ASTURIAS Y CANTABRIA.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

00745

INDEX.

I N D I C E

	<u>.Pág.</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
2.- <u>TRABAJOS REALIZADOS (METODOLOGIA)</u>	2
3.- <u>INVENTARIO Y MUESTREO DE MANIFESTACIONES TER- MALES</u>	5
3.1. <u>ASTURIAS</u>	10
3.1.1. <u>Las Caldas de Oviedo</u>	10
3.1.2. <u>Balneario de Fuensanta</u>	11
3.1.3. <u>Puente Llés</u>	12
3.1.4. <u>Balneario de Andines</u>	13
3.2. <u>CANTABRIA</u>	13
3.2.1. <u>Balneario de La Hermida</u>	13
3.2.2. <u>Balneario de la Berzosa (Puentenansa)</u>	15
3.2.3. <u>Las Caldas de Besaya</u>	15
3.2.4. <u>Balneario de Puente Viesgo</u>	16
3.2.5. <u>Seminario de Ontaneda (Colegio los Legionarios de Cristo)</u>	17
3.2.6. <u>Balneario de Alceda</u>	18
3.2.7. <u>Agua de Solares</u>	18
3.2.8. <u>Hoznayo</u>	19
3.2.9. <u>Balneario de Liérganes (Fuente Santa)</u>	21
4.- <u>GEOLOGIA</u>	22
4.1. <u>LOS MATERIALES</u>	23
4.1.1. <u>Los materiales hercinianos</u>	23
4.1.1.1. <u>Cambro-Ordovícico</u>	23
4.1.1.2. <u>Silúrico</u>	23
4.1.1.3. <u>Devónico</u>	25
4.1.1.4. <u>Carbonífero</u>	26

4.1.2.	<u>Los materiales de cobertura</u> ...	29
4.1.2.1.	<u>Pérmico</u>	29
4.1.2.2.	<u>Triásico</u>	30
4.1.2.3.	<u>Jurásico</u>	30
4.1.2.4.	<u>Cretácico</u>	33
4.1.2.5.	<u>Paleógeno</u>	36
4.1.2.6.	<u>Cuaternario</u>	37
4.2.	<u>ESTRUCTURA</u>	38
4.2.1.	<u>La zona Cantábrica</u>	38
4.2.1.1.	<u>Región de Pliegues y Mantos</u>	41
4.2.1.2.	<u>La Cuenca Carbonífera Central</u>	42
4.2.1.3.	<u>La Región de Mantos</u> ..	43
4.2.1.4.	<u>Región de los Picos de Europa</u>	43
4.2.1.5.	<u>Región del Pisuerga-Carrión</u>	44
4.2.2.	<u>La orla meso-cenozoica</u>	45
4.2.2.1.	<u>La Cuenca de Oviedo</u> ..	45
4.2.2.2.	<u>La Cuenca Cantábrica</u> .	47
4.3.	<u>SITUACION GEOLOGICA DE LAS MANIFESTACIONES</u> ..	49
4.3.1.	<u>Asturias</u>	50
4.3.1.1.	<u>Las Caldas de Oviedo</u> ..	50
4.3.1.2.	<u>Balneario de Fuensanta</u> .	53
4.3.1.3.	<u>Puente Llés</u>	53
4.3.1.4.	<u>Balneario de Andines</u> ...	56
4.3.2.	<u>Cantabria</u>	59
4.3.2.1.	<u>Balneario de la Hermida</u> .	59
4.3.2.2.	<u>Balneario de la Berzosa (Puentenansa)</u>	62

4.3.2.3.	<u>Caldas de Besaya y Balneario de Puente Viesgo</u>	62
4.3.2.4.	<u>Ontaneda y Alceda</u>	65
4.3.2.5.	<u>Solares, Hoznayo y Liérganes</u>	72
4.3.3.	<u>Resumen de las características geológicas</u>	77
5.-	<u>CARACTERISTICAS HIDRAULICAS</u>	79
5.1.	ASTURIAS	79
5.1.1.	<u>Las Caldas de Oviedo</u>	79
5.1.2.	<u>Balneario de Fuensanta</u>	80
5.1.3.	<u>Puente Llés</u>	80
5.1.4.	<u>Balneario de Andines</u>	81
5.2.	CANTABRIA	81
5.2.1.	<u>Balneario de La Hermida</u>	81
5.2.2.	<u>Balneario de la Berzosa (Puente-nansa)</u>	82
5.2.3.	<u>Caldas de Besaya y Puente Viesgo</u>	82
5.2.4.	<u>Ontaneda y Alceda</u>	83
5.2.5.	<u>Solares-Hoznayo</u>	84
5.2.6.	<u>Balneario de Liérganes</u>	86
5.3.	RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	86
6.-	<u>HIDROQUIMICA</u>	89
6.1.	ASTURIAS	89
6.1.1.	<u>Las Caldas de Oviedo</u>	89
6.1.2.	<u>Fuensanta</u>	90
6.1.3.	<u>Puente Llés</u>	92

6.2. CANTABRIA	93
6.2.1. <u>La Hermida</u>	93
6.2.2. <u>Puentenansa</u>	93
6.2.3. <u>Las Caldas de Besaya</u>	94
6.2.4. <u>Puente Viesgo</u>	95
6.2.5. <u>Ontaneda - Alceda</u>	96
6.2.6. <u>Solares - Hoznayo</u>	97
6.2.7. <u>Liérganes</u>	99
6.3. INTERPRETACION GEOQUIMICA GENERAL	102
6.3.1. <u>Características generales</u>	102
6.3.2. <u>Justificación geoquímica</u>	104
6.3.3. <u>Indicadores geotérmicos en el agua</u>	105
7.- <u>GEOQUIMICA DE GASES</u>	112
8.- <u>ISOTOPOS</u>	114
8.1. ISOTOPOS ESTABLES	115
8.1.1. <u>Relación O^{18}-D</u>	115
8.1.2. <u>Cálculo de la variabilidad isotópica espacial</u>	118
8.2. ANALISIS DE TRITIO.....	120
9.- <u>TERMOMETRIAS QUIMICAS</u>	122
10.- <u>ESTUDIO DEL FLUJO REGIONAL</u>	125
11.- <u>CONCLUSIONES</u>	129
12.- <u>RECOMENDACIONES</u>	136
13.- <u>TRABAJOS CONSULTADOS</u>	139

A N E X O S

- Nº 1.- RESUMEN DEL INVENTARIO
- Nº 2.- ANALISIS QUIMICOS
- Nº 3.- ANALISIS DE GASES
- Nº 4.- GEOTERMOMETRIAS
- Nº 5.- DIAGRAMAS DE SCHOELLER - BERKALOFF

C U A D R O S

Nº 1.- RELACION DE MUESTRAS.....	9
Nº 2.- ANALISIS ISOTOPICOS	114
Nº 3.- RESULTADOS COMPARATIVOS DE LOS GEOTERMOMETROS	124
Nº 4.- RESULTADOS TERMICOS DE LOS SONDEOS PETROLIFE ROS	128

F I G U R A S

Nº 1.- Situación de las manifestaciones termales ...	8
Nº 2.- Esquema estructural	39
Nº 3.- Esquema geológico de las Caldas de Oviedo ...	51
Nº 4.- Perfil geológico de las Caldas de Oviedo	52
Nº 5.- Esquema geológico de Fuensanta	54
Nº 6.- Perfil geológico de Fuensanta	55
Nº 7.- Esquema geológico de Puente Llés y Andines ..	57
Nº 8.- Perfil geológico de Puente Llés y Andines ...	58
Nº 9.- Esquema geológico de La Hermida	60
Nº 10. Perfil geológico de La Hermida - Puente Llés .	61
Nº 11. Esquema geológico del Balneario de la Berzosa (Puentenansa)	63
Nº 12. Perfil geológico del Balneario de La Berzosa.	64
Nº 13.- Esquema geológico de Las Caldas de Besaya ..	66
Nº 14.- Perfil geológico de Las Caldas de Besaya ...	67
Nº 15.- Esquema geológico de Puente Viesgo	68
Nº 16.- Perfil geológico de Puente Viesgo	69
Nº 17.- Esquema geológico de Ontaneda-Alceda	70
Nº 18.- Perfil geológico de Ontaneda-Alceda	71
Nº 19.- Esquema geológico de la zona Solares-Hoznayo Liérganes	73
Nº 20.- Perfil geológico de Liérganes-Solares	74
Nº 21.- Perfil geológico de Solares-Hoznayo	75
Nº 22.- Perfil geológico de Hoznayo	76
Nº 23.- Plano de diagramas de Stiff	100
Nº 24.- Diagrama de Piper-Hill-Langelier	101
Nº 25.- Relación SiO - Temperatura	107
Nº 26.- Distribución del contenido en F ⁻ , B y Li ⁺ en función de la temperatura	108

Nº 27.- Distribución del contenido en F^- , B y Li^+ en función del contenido en SiO_2	110
Nº 28.- Distribución del contenido en F^- , B y Li^+ en función de la continuidad	111
Nº 29.- Relación O^{18} -D de las aguas de Asturias- Cantabria	116
Nº 30.- Relación entre isótopos estables y efecto de altura	119
Nº 31.- Situación de los sondeos petrolíferos con registro térmico	126

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

Como continuación del Plan Nacional de Prospección Geotérmica, encuadrado en el PEN y abordado a nivel nacional por el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, éste ha encomendado a la COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A. - el Estudio Geotérmico Preliminar de Asturias y Cantabria, según concurso público publicado en el B.O.E. nº 142 de 15 de junio de 1.981.

La zona de estudio comprende la vertiente costera de la cordillera Cantábrica, en su sector comprendido dentro del Principado de Asturias y de Cantabria. Geológicamente es una zona de contacto entre los materiales paleozoicos del macizo Herciniano Ibérico, que abarcan mayoritariamente el sector asturiano, y los materiales mesozoicos de cobertera que predominan en el sector santanderino.

El trabajo consiste en el reconocimiento de -- las manifestaciones con posibles implicaciones termales -- que se conocen dentro del área en cuestión, con la finalidad de determinar la calidad de los fluidos geotérmicos, -- sus condiciones de surgencia y la existencia de potenciales almacenes susceptibles de explotación que, en última -- instancia, definen las posibilidades de aprovechamiento geotérmico de los mismos y determinan la necesidad de proseguir los trabajos en fases sucesivas de investigación.

El estudio general ha sido llevado a cabo por D. José F. Albert Beltrán, Dr. en Ciencias Geológicas; D. José Corominas Blanch, Ldo. en Ciencias Geológicas y D. - Luis Ocaña Robles, Ldo. en Ciencias Químicas.

2.- TRABAJOS REALIZADOS (METODOLOGIA)

2.- TRABAJOS REALIZADOS (METODOLOGIA)

El trabajo ha tenido como punto de partida el Inventario Nacional de Manifestaciones Geotérmicas efectuado por el IGME en 1975, y en base al mismo se ha efectuado este reconocimiento. Se han consultado también los organismos y entidades relacionadas con el tema por sí, en este intervalo de tiempo (1975-82), se hubiera detectado alguna otra manifestación; los resultados han sido negativos. Únicamente durante la campaña de campo correspondiente a este estudio se han localizado dos nuevas manifestaciones: una en Andines (Asturias) y otra de carácter sulfhídrico en Liérganes (Cantabria).

Particularizando ya en el estudio, el inventario ha revelado la existencia de 16 manifestaciones con posibles implicaciones termales, todas en forma de agua generalmente caliente. En cada una de ellas se ha efectuado un reconocimiento hidrogeológico del área de surgencia, y un muestreo del agua para realizar el análisis químico convencional y las determinaciones isotópicas adecuadas. En las que ha sido posible se ha efectuado también el muestreo y análisis de gases libres y/o disueltos.

Los análisis químicos han sido realizados por el Departamento de Geoquímica de la Facultad de Geología de Barcelona. Las determinaciones isotópicas por el Gabinete de Aplicaciones Nucleares a las Obras Públicas del MOPU. Los análisis de gases se han realizado en campo y en el Instituto de Química Biorgánica del CSIC.

El tratamiento de la información así obtenida - se ha materializado en los distintos apartados que integran este estudio:

- Inventario de manifestaciones: Se explica la metodología de campo aplicada, dando cuenta del estado actual de las manifestaciones y de las determinaciones de campo efectuadas.

- Geología: Se ha realizado una síntesis geológica de la zona estudiada. A nivel individual, se ha referido cada manifestación a su contexto geológico 1:50.000, en base a la cartografía existente, realizándose esquemas geológicos y perfiles interpretativos del área de surgencia.

- Hidráulica: Sobre la base geológica, hidroquímica e isotópica se establece un posible modelo de funcionamiento hidráulico para cada surgencia.

- Hidroquímica: Estudio comparativo de los resultados de los análisis químicos efectuados y valoración geoquímica de los mismos.

- Isotopía: Valoración de las determinaciones isotópicas, estableciendo la edad de las aguas termales, - el funcionamiento de la recarga y las implicaciones geotérmicas de los posibles fraccionamientos isotópicos detectados.

- Termometrías líquidas y gaseosas: Valoración de las temperaturas de almacén mediante métodos termométricos de fase líquida y gaseosa.

- Conclusiones y recomendaciones: Análisis comparativo de los resultados obtenidos, con la valoración final de las posibilidades geotérmicas de cada manifestación. En función de ello se hacen las recomendaciones oportunas de cara a la continuidad de las labores prospectivas.

3.- INVENTARIO Y MUESTREO DE MANIFESTACIONES TERMALES

3.- INVENTARIO Y MUESTREO DE MANIFESTACIONES TERMALES

Para la realización del presente estudio se ha partido, tal como se ha indicado anteriormente, del "Inventario general de manifestaciones geotérmicas", realizado por el IGME en 1975.

En la zona en cuestión se han estudiado dieciséis manifestaciones con posibles implicaciones termales, distribuidas en doce núcleos, cuatro de los cuales pertenecen a Asturias y los restantes a Cantabria. La manifestación de Liérganes (Cantabria), se ha inventariado y estudiado por vez primera; al mismo tiempo se ha localizado una nueva manifestación termal en Andines (Asturias), que no se pudo muestrear por tratarse de una captación en ruinas.

No se pudo localizar la manifestación denominada Caldas de Mestas, citada en el inventario del IGME-1975 aunque tampoco encontrada por el equipo de ENADIMSA que lo llevó a cabo.

Aunque la finalidad principal del inventario era el muestreo de las manifestaciones para realizar su estudio hidroquímico y de gases, se ha insistido también en la localización geográfica de aquellas y en su ubicación - (condicionantes que pueden facilitar o dificultar el acceso a las mismas), realizándose además un análisis de sus condicionantes geológicas e hidrogeológicas.

Para el estudio hidroquímico se procedió a la toma de las correspondientes muestras de agua en botellas

de plástico provistas de doble tapón, tomándose en cada manifestación 1 l. para el análisis químico ordinario y 1 l. para las determinaciones isotópicas (D, T y O^{18}).

Al mismo tiempo y sobre el terreno se efectuaron determinaciones de temperatura, conductividad, pH, SiO_2 , NH_4 y Fe en algunos casos, utilizando la siguiente instrumentación.

- Conductímetro-pH metro digital PRESTO-TEK
- pH metro digital CRISON 503
- Termómetro digital CRISON T-637
- Colorímetro MERCH, Aquamerck 11117, Ammonium-Test (0-10 ppm).
- Colorímetro MERCH, Aquaquant NH_4 , Art. 14400 (0,05-0,8 ppm).
- Colorímetro HACH, Ammonium Nitrogen Test Kit, Modelo MI-8
- Colorímetro HACH, Iron Test Kit, Modelo IR-18 B (0-10ppm)
- Colorímetro HACH, Silica Test Kit, Modelo SI-5.

A efectos comparativos se tomaron también muestras de aguas superficiales y subterráneas en el entorno de cada surgencia termal, con el fin de disponer de más criterios valorativos a la hora de analizar resultados.

En principio estaba previsto también el estudio y análisis de los gases libres o disueltos de las distintas manifestaciones, sin embargo las particulares condiciones de las surgencias -generalmente balsas de captación expuestas al aire- junto con la ausencia de gas libre burbujeante impidieron realizar el muestreo en la mayoría de

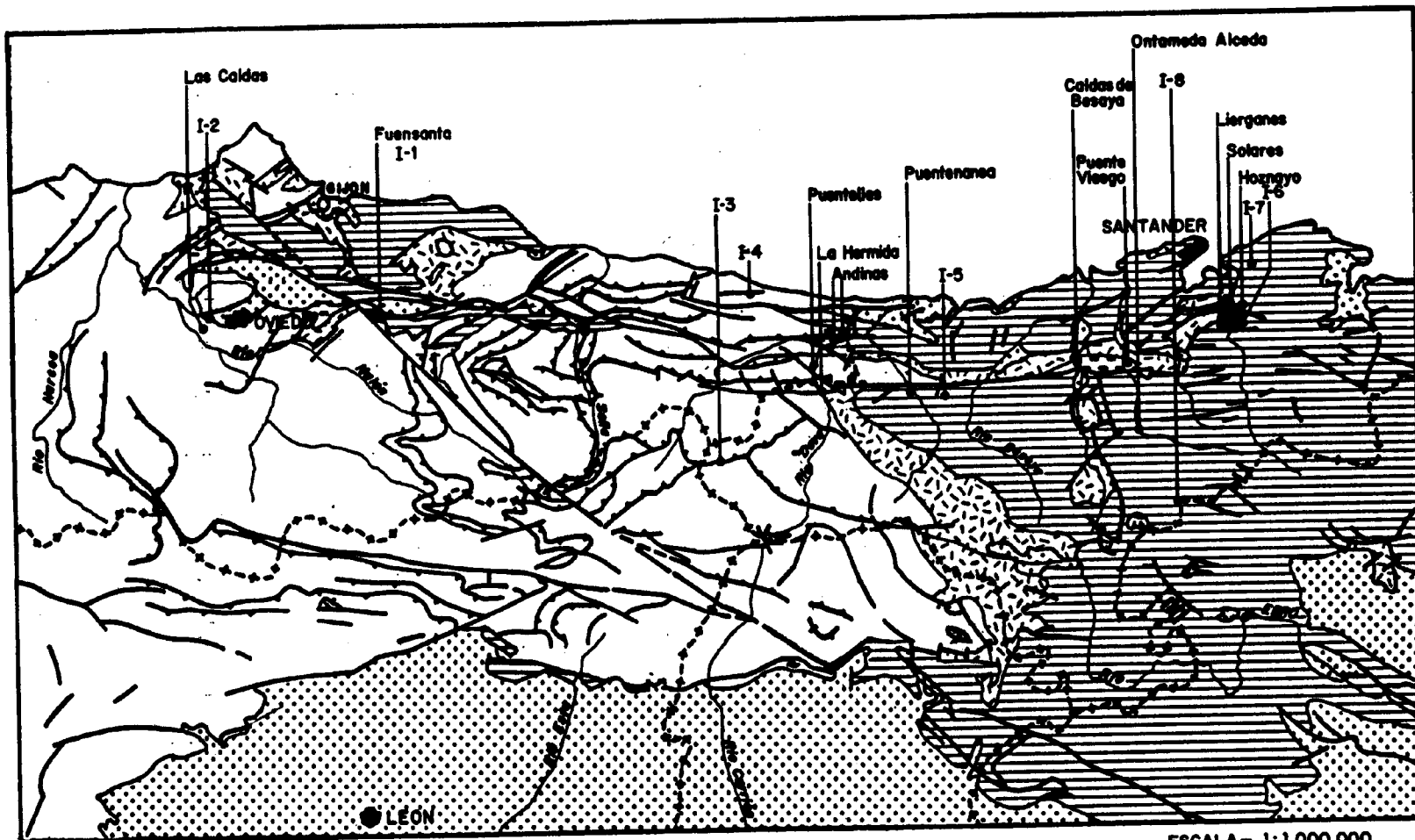
los manantiales, por lo menos con las suficientes garantías de no contaminación por aire.

Se pudieron muestrear únicamente tres manantiales, Fuensanta en Asturias y Ontaneda y Caldes de Besaya - en Cantabria. El muestreo se realizaba mediante tubos en U rellenos de Ar a 2 atmósferas, tomándose un mínimo de muestras por manantial. "In situ" se realizaron determinaciones de CO_2 y H_2S mediante tubos DRÄGER.

Durante el inventario se tomaron también ocho muestras de referencia, en sitios adecuados, para determinar el contenido de D y O^{18} en el agua de lluvia, datos - que son necesarios a la hora de valorar el contenido en - isótopos estables de las aguas estudiadas.






Las características geológicas e hidrogeológicas de las manifestaciones, así como los resultados de los análisis químicos e isotópicos se comentan aparte, en los apartados sucesivos, realizándose en el presente capítulo tan solo una breve descripción de la situación actual de - las mismas.

En la figura 1 se han situado las manifestaciones termale estudiadas, así como las muestras tomadas como referencia para isótopos estables. El total de muestras tomadas se resume en el cuadro 1 y las principales características de todos los puntos muestreados se sintetiza en - el inventario general (anexo 1) donde se agrupan según los distintos núcleos termales, indicándose además las determinaciones de campo realizadas.



ESCALA - 1:1.000.000

LEYENDA

- | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------------|
|  | PREHERCINIANO |  | TERCIARIO Y CUATERNARIO |
|  | PERMIANO Y TRIÁSICO |  | LIMITE PROVINCIAL |
|  | MESOZOICO | | |

SITUACION DE LAS MANIFESTACIONES TERMALES

Fig. 1

Muestra		Análisis isotópico				
Número	Toponimia	Anál. químico	H-3	H-2	O-18	Análisis Gas
ASTURIAS -----						
O-1a	Caldas de Oviedo	X	X	X	X	
O-1b	Fuente Ires Caños	X				
O- 11	Rio Gafo	X				
O-2a	Fuentsanta	X	X	X	X	
O-2b	Fuente del Director	X				X
O-21	Rio Fuentsanta	X				
O-22	Manantial	X				
O-23	Fuente el Pisón	X				
O-24	Fuente la Begofia	X				
O-4	Fuente Lles	X	X	X	X	
O-41	Manantial	X				
CANTABRIA -----						
S-1	Solares	X	X	X	X	
S-11	Rio Panames	X				
S-12	La Covachona	X				
S-2a	La Hermita	X	X	X	X	
S-21	Manantial	X				
S-22	Rio Deva	X				
S-3	Puenteansa	X	X	X	X	
S-31	Rio Mansa	X				
S-32	Manantial	X				
S-4	Caldas de Besaya	X	X	X	X	X
S-41	Rio Besaya	X				
S-42	Arroyo Rumiales	X				
S-5	Puente Viesgo	X	X	X	X	
S-51	Arroyo de la Plata	X				
S-52	Arroyo de Cogíño	X				
S-6	Ontaneda	X	X	X	X	X
S-61	Fuente Grande	X				
S-62	Arroyo Corral Mayor	X				
S-63	Rio Pas	X	X	X	X	
S-7	Balneario de Alceda	X	X	X	X	
S-8a	Fuente de la Olla	X	X	X	X	
S-8b	Fuente del Frances	X	X	X	X	
S-81	Rio Aguanaz	X				
S-82	Fuente el Campo	X				
S-9a	Fuente Santa (Liérganes)	X	X	X	X	
S-9b	Pozo exterior (Liérganes)	X				
S-91	Rio Miera	X				
S-92	Fuente Rucandio	X				
ISOTOPOS ESTABLES DE REFERENCIA -----						
I-1	Fuentsanta			X	X	
I-2	Piedramuelle			X	X	
I-3	Fuente De			X	X	
I-4	Llanes			X	X	
I-5	Alto de Sopeña			X	X	
I-6	Rucandio			X	X	
I-7	Carriazo			X	X	
I-8	Puerto del Escudo			X	X	
TOTAL		39	14	22	22	3

En el Anexo 2 se recogen los listados de análisis químicos, tanto del inventario del IGME-1975 como de la fase actual; en el Anexo 3 los resultados analíticos de las muestras de gas; en el 4 los cálculos geotermométricos y en el 5 los diagramas comparativos de Schoeller.

3.1. ASTURIAS

En el Principado de Asturias se han estudiado cinco manifestaciones posiblemente termales, distribuidas en tres núcleos: dos en Las Caldes de Oviedo, dos en el - Balneario de Fuensanta y una en Puente Llés. Se ha localizado también una manifestación en Andines, no funcional en el momento actual. Las características que se indican corresponden a determinaciones de campo.

3.1.1. Las Caldas de Oviedo

El Balneario de las Caldas de Oviedo se sitúa - en la localidad del mismo nombre, junto a la margen izquierda del río Gafo, afluente derecho del Nalón.

Las instalaciones balnearias están en funcionamiento, y aprovechan el agua que mana de una surgencia de tipo cárstico en las Calizas de Montaña. La captación es - una caverna cerrada frontalmente en forma de una balsa de 5 m x 4 m y 1,5 m de profundidad media, situada en el interior del balneario. El caudal rebosante es de unos 2 l/s, con ligeras oscilaciones estacionales.

La temperatura medida en el desagüe es de 37,7º

aunque según los encargados del balneario, alcanza los 42°C en su nacimiento. Es un agua bicarbonatada cálcica, poco mineralizada (432 $\mu\text{s}/\text{cm}$) con un pH de 7,71 bajo contenido en SiO_2 (16 ppm) y Fe (0,2 ppm) y sin indicios colorimétricos de amoníaco. Por el tipo de captación y condiciones de surgencia resulta inviable el muestreo de gas.

Se ha analizado también el agua de la fuente de Los Tres Caños, en las proximidades del balneario, la cual figura también en el inventario del IGME de manifestaciones termales, y el río Gafo, 1 km aguas arriba del Balneario.

3.1.2. Balneario de Fuensanta.

Se sitúa junto a la margen izquierda del río - del mismo nombre, a unos 4 km de la localidad de Nava, junto a la carretera de Oviedo a Santander, en el contacto entre las Calizas de Montaña y el Cretácico de la depresión de Oviedo.

Se trata de dos manantiales, de características análogas, la Fuensanta, propiamente dicha, en el interior del balneario, y la fuente del Director en el exterior del recinto. La primera es una captación en balsa de unos 5 x 2 m, con un caudal de 0,5 l/s, sin oscilaciones estacionales notables. La temperatura en rebose es de 23,9°C. El agua es bicarbonatada cálcica, con una conductividad de 650 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y un pH de 7,18; tiene 60 ppm de SiO_2 , 0,6 ppm de Fe^{++} y 0,5 ppm de NH_4 . Se envasa como agua de mesa.

La fuente del Director, situada en el patio del

balneario y de la que se ha obtenido muestra de gas disuelto, es un manantial con una temperatura de 20,2°C y un caudal de 0,1 l/s. A excepción del Fe^{++} con 4 ppm, sus características son idénticas a la anterior. Ambas surgencias son ligeramente sulfhídricas, con presencia de sulfooxidantes en los drenajes.

Se han muestreado también como referencia comparativa, el río Fuensanta, aguas arriba del balneario y tres manantiales, dos en las Calizas de Montaña y uno en Cretácico.

3.1.3. Puente Llés.

Manantial en las Calizas de Montaña junto a la margen derecha del río Deva, unos 50 m aguas abajo del puente de Robriguero. La surgencia está prácticamente tapada por la obra de captación, observándose únicamente un depósito-galería lateral donde se realiza el muestreo. No se puede precisar el caudal, del orden de 3 l/s según bibliografía. La temperatura medida es de 25,9° C.

El agua es de tipo bicarbonatado-clorurado cálcico-sódico, de mineralización media (650 $\mu\text{s/cm}$), con un pH de 7,52, 27 ppm de SiO_2 , 0,5 de Fe^{++} y 1,0 de NH_4^+ . El muestreo de gas no resulta viable.

Como referencia se han muestreado un manantial en las Calizas de Montaña y el río Deva en La Hermida.

3.1.4. Balneario de Andinas

Balneario en ruinas situado en la margen izquierda del río Deva, junto al caserío de Andinas y a unos 4 km de Narganes. El acceso es a pie (1 km aproximadamente) desde la carretera que flanquea por la izquierda el valle del Deva.

Según indicaciones de los lugareños la surgencia termal era un pozo de unos 3-4 m. de profundidad que proporcionaba agua ligeramente caliente. Actualmente el pozo es ilocalizable, debido a la maleza que cubre totalmente las ruinas del balneario.

A pesar de no haber podido ser muestreado, la existencia del balneario, no inventariado previamente, resulta de interés como indicio termal.

3.2. CANTABRIA

En Cantabria se han inventariado y muestreado once manifestaciones distribuidas en ocho núcleos principales: La Hermida, Puentenansa, Caldas de Besaya, Puente Viesgo, Ontaneda-Alceda, Solares, Hornayo y Liérganes. Esta última localidad se estudia por vez primera con finalidades geotérmicas.

3.2.1. Balneario de La Hermida

Situado en la margen derecha del río Deva, aproximadamente a 1 km aguas arriba de la localidad del mismo -

nombre, junto a la carretera a Potes.

Se trata de un grupo de surgencias difusas en el cauce del río Deva, en el contacto de las Calizas de -- Montaña con el Permotrias, que se ponen de manifiesto especialmente en las épocas de estiaje del río. Algunas de estas surgencias, captadas mediante pozos de escasa profundidad se usan en las instalaciones del balneario, actualmente cerrado y parcialmente derruido.

Las dos surgencias principales son un pozo-balsa de 1,5 m. de diámetro y 1,5 m. de profundidad que abastecía los baños del balneario, excavado en las Calizas de Montaña y con un caudal imposible de precisar, y un manantial situado debajo del puente de acceso al balneario y - junto a la margen izquierda del río, cubierto por el agua en el momento del inventario.

La temperatura en la captación del balneario - es de 51,4°C. El agua es clorurada sódica, con un pH de - 7,55, una conductividad de 3.700 μ S/cm, 23 ppm de SiO₂, - 0,4 ppm de Fe⁺⁺ y 0,05 ppm de NH₄⁺. Las condiciones del manantial no permiten el muestreo de gas.

Como referencia se muestrearon un manantial en las Calizas de Montaña y el río Deva aguas arriba de la zona de surgencias

3.2.2. Balneario de la Berzosa (Puentenansa)

Situado en la margen derecha del río Nansa, 1 km aguas arriba de Puentenansa, junto a la carretera de La Lastra. Las instalaciones balnearias ya no existen, quedando únicamente una pileta de unos 3 m de lado y 2,5 m de profundidad que actúa de balsa de captación de la surgencia, situada dentro del recinto cerrado de una finca particular.

El caudal es impreciso, del orden de 10 l/m según bibliografía. El agua mana de materiales margosos del Jurásico, con una temperatura de 14,6°C, es ligeramente sulfhídrica, con presencia de sulfooxidantes en el entorno del manantial. Agua de tipo sulfatado cálcico, con un pH de 7,70, una conductividad de 855 μ S/cm, 14 ppm de SiO₂, 0,2 ppm de Fe⁺⁺ y 0,25 ppm de NH₄⁺. El muestreo de gas no es posible.

Como referencias se tomaron muestras del río Nansa y de un manantial que drena las calizas jurásicas.

3.2.3. Las Caldas de Besaya

Estación balnearia en funcionamiento situada junto a la margen izquierda del río Besaya, sobre el contacto entre las Calizas de Montaña y los materiales permotriásicos que integran la sierra del Escudo, y al pie de la carretera de Torrelavega a Reinosa.

Las surgencias son difusas en el cauce del río;

algunas de ellas, captadas mediante piletas excavadas en las calizas, alimentan al balneario. No se pudo precisar ni el número de captaciones ni su caudal. Según el inventario del IGME (1975) son siete surgencias selladas, con un caudal de unos 6 l/s. Según los encargados hay únicamente dos captaciones funcionales, una interior al balneario y otra exterior, aparte de numerosas salidas en el río cuya temperatura oscila entre 35 y 37° C.

El muestreo se realizó en la pileta interior del balneario, de unos 0,7 m de lado por 1,5 m de profundidad. Presenta un ligero burbujeo que permitió el muestreo de gas. El agua mana a 35,6° C, es de tipo clorurado sódico, con un pH de 7,08, 6.200 μ S/cm de conductividad, 27 ppm de SiO₂, 0,4 ppm de Fe⁺⁺ y 0,05 ppm de NH₄⁺.

Como referencias comparativas se tomaron muestras del río Besaya, aguas arriba de la zona de surgencia, y de un afluente lateral que drena materiales triásicos.

3.2.4. Balneario de Puente Viesgo

Edificio balneario en funcionamiento situado en el casco urbano de Puente Viesgo, junto a la margen derecha del río Pas. El manantial, captado mediante una balsa de dimensiones irregulares situada dentro del balneario y a la cual es difícil acceder, presenta unas características muy similares a las Caldas de Besaya.

La surgencia se sitúa en el contacto de las Calizas de Montaña con el Permotrias. Tiene un caudal cons--

tante de 910 l/m (según el encargado del balneario), con agua de tipo clorurado sódico. El muestreo, realizado en el baño más próximo a la captación permitió determinar una temperatura de 33,8°C, un pH de 7,51, 2120 μ S/cm, 18 ppm de SiO₂, 0,2 ppm de Fe⁺⁺ y 0,05 ppm de NH₄⁺. Las condiciones de la surgencia no permiten el muestreo de gas.

Se muestrearon también, como referencia, dos afluentes del Pas que drenan materiales mesozoicos, aparte del propio río Pas en Alceda.

3.2.5. Seminario de Ontaneda (Colegio los Legionarios de Cristo).

El manantial se encuentra en el patio del colegio, situado en el casco urbano de Ontaneda. Está constituido por una gran balsa de captación de unos 10 x 5 m y 3 m. de profundidad, excavada sobre el aluvial del río Pas en su margen izquierda y sobre las calizas jurásicas.

El caudal es del orden de los 5 l/s, con agua ligeramente sulfhídrica. La temperatura en la superficie de la balsa es de 24,8°C. Se trata de agua clorada sódica, con pH 7,15, 7960 μ S/cm de conductividad, 10 ppm de SiO₂, 0,3 ppm de Fe⁺⁺ y aproximadamente 1,6 ppm de NH₄⁺, con una determinación algo imprecisa por interferencias en la colorimetría. La existencia de un ligero burbujeo en algunos puntos de la balsa permitió tomar muestras de gas.

Como referencias se muestrearon el río Pas, -- aguas arriba de la surgencia, y un manantial y un arroyo --

que drenan las calizas mesozoicas. Del río Pas se tomó también una muestra para determinaciones isotópicas, por si resultaba factible elaborar un virtual modelo de mezcla.

3.2.6. Balneario de Alceda

Está situado en las afueras del casco urbano de Alceda-Ontaneda, junto a la margen izquierda del río Pas, a menos de 500 m. del referido anteriormente.

Muy similar al de Ontaneda, se trata también de una captación en balsa, de unos 8 x 5 m. y 7 m. de profundidad. El agua es más sulfhídrica que en el caso anterior, y el caudal notablemente superior (unos 42 l/s sin oscilaciones notables). La temperatura en la superficie de la balsa es de 25,2° C. El agua es clorurada sódica, con pH 7,4, 7970 μ S/cm, 11 ppm de SiO₂, 0,3 ppm de Fe y unos 0,7 ppm de NH₄ (determinación imprecisa por interferencias) No es factible la toma de muestras de gas, dadas las características de la captación.

Como muestras de referencia se consideran las mismas que para Ontaneda.

3.2.7. Agua de Solares

Estación balnearia y planta embotelladora de agua situadas dentro del casco urbano de Solares. Se trata de un conjunto de surgencias difusas captadas mediante una serie de pozos-balsa de unos 3m. de profundidad media, abiertos en su fondo sobre calizas carstificadas.

En el ámbito del balneario hay cuatro captaciones, con un caudal constante de 47 l/s. La mayor de ellas, que alimenta al balneario y a la planta embotelladora, es una balsa de 18 x 11 x 2,5 m, completamente cerrada, y con un caudal de 20 l/s. Las restantes captaciones son de dimensiones más reducidas, con 3 l/s en una de ellas y unos 14 l/s entre las dos restantes. En ninguna resulta factible tomar muestras de gas, al tratarse de balsas alimentadas por el fondo.

El muestreo hidroquímico se realizó en el rebosadero de la primera balsa. El agua es bicarbonatado-clorurada sódico-cálcica, con una temperatura de 29,7°C, pH - 7,45, 860 μ S/cm de conductividad, 11 ppm de SiO₂, 0,2 ppm de Fe⁺⁺ y 0,05 ppm de NH₄⁺.

Como referencias se han muestreado el río Pánames, que drena materiales triásicos y cretácicos, y la Covachona, manantial cárstico en el contacto del Keuper con las calizas cretácicas que alimentan las surgencias de Solares.

3.2.8. Hoznayo

Se trata de un conjunto de surgencias cársticas que manan de las calizas cretácicas, junto al cauce del río Aguanaz, unos km antes de su confluencia con el río Miera y en un sector próximo a la carretera de Santander a - Bilbao, que facilita el acceso a los mismos.

La Fuente del Francés es quizás la principal - de estas manifestaciones. Era aprovechada por unas instalaciones balnearias y por una planta embotelladora de agua, actualmente fuera de uso. La obra de captación está constituida por tres pozos comunicados entre sí, de los cuales - únicamente es accesible el principal, de unos 2,5 m de lado por 5 de profundidad, con un caudal surgente de 13 l/s.

La temperatura en el pozo es de 23,1°C. El agua es bicarbonatada-clorurada sódico-cálcica, el pH 7,45, 925 μ S/cm de conductividad, 9 ppm de SiO₂, 0,2 ppm de Fe⁺⁺ y 0,05 ppm de NH₄.

La Fuente de la Olla es un manantial situado - aproximadamente medio km aguas arriba del anterior, en la margen opuesta del río (derecha). Existe una obra de captación que deriva la mayor parte del caudal para abastecimiento de una mancomunidad de municipios. No puede precisarse el caudal. El muestreo se realiza en el rebosadero - del manantial (1 l/s).

El agua es también bicarbonatada-clorurada sódico-cálcica, con 21,3°C, un pH de 7,53, 1010 μ S/cm de conductividad, 9 ppm de SiO₂, 0,2 ppm de Fe y 0,05 ppm de - NH₄.

Como referencias se han muestreado el río Aguanaz y la Fuente del Campo, una tercera surgencia cárstica, en el sector que también se ha derivado para abastecimiento.

3.2.9. Balneario de Liérganes (Fuente Santa)

El balneario se encuentra en la entrada de Liérganes, por la carretera de Pámanes, próximo a la margen izquierda del río Miera. Aprovecha las aguas sulfhídricas surgentes de dos pozos excavados en los materiales cretácicos de facies Weald.

Un pozo se sitúa en el interior del balneario, con unos 14 m. de profundidad, y otro, menos profundo en el exterior del mismo. El agua surgente en los dos pozos es conducida al interior del balneario, dando lugar a dos fuentes.

El pozo interior tiene un caudal de 0,5 l/s. El agua tiene una temperatura de 19,4°C, pH 7,16; 2860 μ S/cm de conductividad. 10 ppm de SiO₂, 0,2 ppm de Fe⁺⁺ y presencia de NH₄⁺, aunque no puede determinarse por interferencias en la colorimetría.

El caudal del pozo exterior es de 5 l/m y la temperatura del agua 19,1°C. El resto de características físico-químicas son prácticamente idénticas (pH 7,13; 2830 μ S/cm, 10 ppm SiO₂, 0,2 ppm Fe y presencia de NH₄). En ambos casos el agua es de tipo sulfatado cálcico. En ningún caso es factible el muestreo de gases.

Como referencias se han muestreado el río Miera (S-91), aguas arriba del balneario, y un manantial en materiales cretácicos, la Fuente de Rucandío (S-92).

4.- GEOLOGIA .

4.- GEOLOGIA

La zona estudiada, que comprende el sector litoral de la Cordillera Cantábrica en Asturias y Santander, se sitúa en una zona de interferencia entre las grandes - unidades que modelan estructuralmente el norte peninsular.

Abarca, al oeste, un amplio afloramiento de materiales paleozoicos afectados por estructuras hercinianas que coincide prácticamente con el sector asturiano de la - cordillera, y que forma parte de la Zona Cantábrica del Macizo Herciniano Ibérico. Hacia el este, el sector santanderino de la cordillera está constituido fundamentalmente - por materiales meso-cenozoicos de cobertera, los cuales, - junto con la cubeta de Oviedo-Villaviciosa, al norte de la cordillera herciniana, constituyen la Orla Cantábrica del Macizo Ibérico (figura 1).

La zona Cantábrica es el núcleo de la "rodilla" o "arco astur" que describen las estructuras hercinianas - al norte de la Península. Está constituida esencialmente - por materiales paleozoicos poco o nada metamorfizados, or- ganizados en grupos macroestructurales en forma de pliegues complejos (anticlinorios y sinclinorios), frecuentemente - mecanizados en sus flancos, dando lugar en muchos casos a auténticos cabalgamientos.

Litológicamente se caracteriza por el relativa- mente escaso desarrollo de las series paleozoicas basales - con una sedimentación de poca profundidad, que abarca desde el Cámbrico hasta el Carbonífero inferior. Durante el Carbo

nífero superior, aunque sigue la sedimentación en régimen somero, se diferencian en la zona surcos fuertemente subsidentes que permiten la deposición de varios miles de metros de sedimentos.

La cobertera meso-cenozoica que constituye la mitad oriental de la cordillera Cantábrica, bordea el macizo herciniano por el este y norte, prolongándose por toda la plataforma continental y dando lugar al afloramiento costero de Oviedo. En general presenta un fuerte desarrollo de la serie mesozoica, que puede superar los 1000 m de espesor en algunos puntos, y un escaso desarrollo de los materiales terciarios. En su estructura interfieren las lineaciones de directriz pirenaica (terminación occidental de la cordillera) con las ibéricas (terminación norte de la cordillera), coexistiendo zonas de plataforma prácticamente no deformadas.

4.1. LOS MATERIALES

4.1.1. Los materiales hercinianos

4.1.1.1. Cámbrico - Ordovícico

Presenta unas facies relativamente uniformes en toda la zona, con tres formaciones bien definidas:

Calizas de Láncara.- Corresponden al Cámbrico inferior a medio. Presentan un potente paquete basal de dolomías crema de grano fino y estratificación media con intercalaciones de calcoesquistos verdosos. Sigue un ni-

vel de areniscas verdes glauconíferas y remata la serie un tramo de calizas rojas de facies "griotte". La serie tiene unos 90 m de espesor máximo en el sector occidental (zona de Mantos) y más de 200 en el sector oriental (Cabrales-Picos de Europa).

Pizarras y areniscas de Oville.- Serie de tránsito del Cámbrico medio al Ordovícico inferior. Presenta un tramo basal de pizarras arenosas grises y verdes con Trilobites, que pasan a areniscas grises y amarillentas con glauconita. Pueden rematar la serie niveles cuarcíticos parecidos a los de los Barrios. Su espesor máximo es de unos 140 m en el sector occidental y de 240 m en el oriental.

Cuarcitas de los Barrios.- Son ortocuarcitas de color claro o amarillento, con intercalaciones esporádicas de pizarras verdosas de uno a pocos m de espesor. Tienen un máximo de 240 m en el sector occidental y del orden de 700 en el oriental.

4.1.1.2. Silúrico.

Solo se ha descrito en el sector occidental, concordante sobre el Ordovícico. Se diferencian dos formaciones:

Pizarras de San Pedro.- Constituyen la base de la serie silúrica, con un espesor de 100-130 m. Son pizarras ampelíticas con graptolites e intercalaciones de areniscas y cuarcitas.

Areniscas de Furada.- Con una potencia de unos 130 m, representan un cambio formacional del nivel anterior, cuando las areniscas se hacen ferruginosas y predominan sobre las pizarras, que pasan a tonos grises, verdes y rojas. Conglomerados en la base.

4.1.1.3. Devónico.

La serie más completa aflora en la zona de Mantos, donde se diferencian sus formaciones más características. Hacia el este disminuye rápidamente de espesor, desapareciendo o aflorando solo los niveles del Devónico superior.

Complejo Rañeces.- No se observa su base en ningún punto. Su espesor es muy variable, con máximos entre 400 y 800 m. Son dolomías areno-limosas con intercalaciones de pizarras grises y margas en la base. Desarrollo de tramos calcáreo-margosos rojos y abundancia de pizarras en su parte media-alta.

Calizas de Moniello.- Tiene unos espesores máximos entre 100 y 300 m. Presenta un tramo basal con calizas micríticas algo laminadas; intercalaciones de pizarras y margas en su parte media y predominio de micritas masivas en su parte superior.

Areniscas del Naranco.- Entre 150 y 500 m de espesor máximo. Son cuarzoarenitas de grano fino cementadas por vidrio volcánico y óxidos de hierro. Presenta arcillas pardoamarillentas en la base y areniscas ferruginosas en el techo.

Calizas de Candas.- 60-200 m de espesor máximo. Es un nivel muy discontinuo de calizas con abundante fauna y con intercalaciones pizarrosas.

Areniscas del Devónico Superior.- Se trata también de un nivel discontinuo, de unos 50 m de espesor máximo. Son cuarzoarenitas con niveles de microconglomerados. Su equivalente en la zona de Cabrales son las Areniscas de Cué, con características muy similares.

Calizas de Candamo.- Son biomicritas y bioesparitas con estratificación media a masiva. Su espesor es muy reducido y raramente supera los 10 m. En la zona de Cabrales, Las Calizas de las Portillas, con unos 50 m de espesor constituyen probablemente un nivel equivalente.

4.1.1.4. Carbonífero.

Representa la serie paleozoica más desarrollada, con importantes cambios formacionales a lo largo de la cuenca. En general presenta un tramo basal improductivo, con unos niveles muy característicos y bien definidos y un tramo superior productivo de características muy monótonas

- Sector centro-occidental:

Caliza griotte.- Constituye el nivel basal, disconforme sobre las Calizas de Candamo. Son calizas rosadas de aspecto noduloso con radiolaritas y pizarras silíceas rojas alternando con bandas grises de pizarras y arcillas. Niveles de calizas tableadas en el techo. Su espesor máximo es de 55 m.

Caliza de Montaña.- Hasta 700 m de micritas - oscuras y fétidas de estratificación media a fina en la base y techo y masiva en su parte media. Constituye los relieves calcáreos del sector.

Grupo de Lena.- Puede alcanzar los 1000 m de espesor. Es una recurrencia de calizas marinas, pizarras, areniscas y capas de carbón. Forman una alternancia de depósitos marinos y continentales por superposición de ciclos temas, separados por un paso brusco de los materiales de máxima continentalidad a los marinos; el paso de marino a continental es progresivo.

Grupo de Sama.- Hasta 3000 m de espesor. Constituye la serie superior productiva. Son pizarras, areniscas y capas de carbón, con varios tramos de conglomerado - cuarcítico. Las recurrencias calcáreas del grupo anterior casi desaparecen, sustituidas por unidades margosas que marcan el comienzo de cada ciclo.

- Sector centro-oriental:

Los niveles basales (griotte y calizas de Montaña) son similares a los del sector anterior, variando los tramos superiores:

Paquete Fresnedo.- Es un monótono conjunto de pizarras marinas con algunas intercalaciones de areniscas, que yace concordante sobre las Calizas de Montaña. Cambios de potencia entre ambas formaciones hacen pensar en posibles pasos laterales. Su espesor máximo es de 450 m.

Caliza masiva o de Peña Redonda.- Caliza de color gris claro, con Fusulínidos, que forma un banco compacto de espesor variable (100-300 m). Puede estar dividido en dos tramos por una intercalación de pizarras calcáreas.

Formación Superior o Productiva. Hasta 2000 m de espesor. Comprende toda la sucesión carbonífera que se superpone a la Caliza Masiva. Es una serie muy monótona resultante de la repetición alternante de pizarras arcillosas y calcáreas, areniscas, calizas y carbón.

- Sector de los Picos de Europa:

Pizarras de Vegamian.- Nivel de unos 12 m de pizarras negras satinadas con capas de liditas negras de unos 10 cm de espesor.

Calizas nodulosas de Alba.- Nivel de unos 30-50 m constituido por un tramo basal de calizas rojas y nodulosas, en bancos de estratificación media separados por niveles arcillosos, con intercalaciones de radiolaritas rojas. Sigue un tramo superior de calizas tableadas rojizas.

Calizas de Montaña.- 500-650 m de calizas negras, de brillo céreo, fétidas y bandeadas. Siguen calizas granudas, grises y masivas.

Calizas de Picos de Europa.- Constituyen una subdivisión de las anteriores de unos 700 m de espesor máximo. Presentan un nivel basal, bandeado, de bancos de calizas blancas, de grano fino y masivas, separados por cali

zas margosas o lutitas. Siguen calizas grises y rosadas de aspecto brechoide.

Formaciones superiores.- Conjunto heterogéneo de rocas carbonatadas, lutíticas y detríticas, que pueden alcanzar espesores superiores a los 1000 m, y que, al menos parcialmente, presentan carácter turbidítico. Los afloramientos están aislados por las deformaciones tectónicas, hecho que ha permitido diferenciar formaciones diversas (calizas de Puente Llés, Fm. Panes, Fm. Lebeña, etc).

4.1.2. Los materiales de cobertera

4.1.2.1. Pérmico.

Constituye la base de la cobertera posthercínica y, en consecuencia, aflora en los bordes de las cuencas meso-cenozoicas. Es un tramo detrítico-arcillosos, algo metamorfizado y azoico, que yace sobre el Carbonífero en forma ligeramente discordante. Se atribuye al Pérmico por su situación y facies. Con frecuencia se define como Permo--trías, cuando forma un tramo comprensivo indiferenciable - del Trías inferior.

La serie más completa, de unos 500 m de espesor se ha definido en el borde de la cubeta de Oviedo-Villaviciosa, donde se han diferenciado cuatro tramos:

- Nivel inferior con pizarras, areniscas grises, conglomerado calizo, arcillas, margas y margocalizas.

- Tramo margo-arenoso en la base y arenisco en su parte superior con intercalaciones de piroclastos y diques basálticos que predominan hacia el techo.
- Tramo margoso-arenoso con intercalaciones calcáreas.
- Tramo detrítico con restos piroclásticos. Son areniscas arcósicas de grano grueso, alternando con pizarras y conglomerados.

4.1.2.2. Triásico

Es ligeramente discordante sobre el Pérmico, con un espesor impreciso debido a la fuerte tectonización, del orden de 500-1000 m. Presenta una facies peculiar en la que se diferencia un tramo inferior de conglomerados, arcillitas arenosas y areniscas de facies típica triásica, atribuible al Bunts. Sigue un tramo intermedio de poco espesor (50 m) formado por un conglomerado calizo de tipo brechoide, con matriz arcillo-arenosa de color rojo, que pasa lateralmente a una caliza roja microconglomerática de unos pocos metros de potencia, atribuible al Muschelkalk. Este tramo no siempre es diferenciable.

El tramo superior, atribuible al Keuper, está constituido por arcillas margosas abigarradas con intercalaciones de yesos y niveles salinos.

4.1.2.3. Jurásico

- Cuenca de Oviedo:

Lías inferior.- Presenta un tránsito indefinido con el Keuper (30-40 m) formado por calizas tableadas, coniolas y arcillas rojas. Siguen 100-200 m de dolomías y calizas fétidas en estratificación gruesa, que pasan a calcarenitas en algunas zonas.

Lías superior.- Entre 110 y 135 m de espesor máximo. Presenta un tramo inferior de margas y calizas arcillosas de estratificación media, seguido de un paquete de margas arcillosas y limolíticas de color amarillento.

Dogger.- 140 m de espesor máximo. Formación conglomerática (Fabuda), con cantos bien rodados de cuarcita y caliza. Matriz areniscosa poco abundante. Presenta intercalaciones de niveles arcillosos rojos y areniscas amarillentas.

Malm en Facies Purbeck.- Tiene 450 m de espesor máximo, de los cuales unos 140 son de alternancia de areniscas rojizas y blancas, arcillas limolíticas abigarradas y algunos lechos de lignito. El resto de la serie corresponde a arcillas rojas con intercalaciones de arenisca de grano fino a medio y niveles de calizas microcristalinas y margas arenosas.

- Cuenca Cantábrica (Entrante de Cabuérniga):

Lías inferior.- Puede alcanzar los 400 m de espesor. Se inicia con un tramo basal de dolomías oquerosas (Retiense) de tránsito al Keuper. Es resto de la serie son calizas y dolomías con intercalaciones brechoides. Las

calizas generalmente son microcristalinas, oscuras y fétidas, con niveles tableados.

Lías superior.- Puede alcanzar también los 400 m de espesor. Es una alternancia monótona de calizas arcillosas microcristalinas y margas.

Dogger.- 450 m de espesor máximo. Su base puede estar constituida por niveles conglomeráticos o por calizas y margas que no se diferencian del tramo anterior. Siguen tramos de calizas microcristalinas y calizas limolíticas con intercalaciones margosas, y tramos de margas calcáreas y margas hojosas alternantes. Son frecuentes las intercalaciones de margas negras.

Malm en facies Purbeck.- Puede alcanzar los 500 m de espesor. Es un nivel de tránsito al Cretácico inferior. Su base es un conglomerado poligénico de matriz areniscosa y cemento calcáreo. Siguen margas calcáreas nodulosas y conglomerados. La parte superior son areniscas calcáreas y arcillas con niveles esporádicos de margas.

- Cuenca Cantábrica (Entrante Costero).

Afloran únicamente materiales liásicos, en forma discontinua y muy tectonizada, de manera que es difícil reconstruir la serie. Son brechas dolomíticas y alternancias de calizas y margas.

4.1.2.4. Cretácico

- Cuenca de Oviedo:

Barremiense.- Un máximo de 50-60 m de materiales en Facies Weald. Son conglomerados calcáreos, con cantos bien rodados, que pasan localmente a areniscas grises. Presentan intercalaciones de arcillas rojas.

Aptiense.- 140 m de espesor máximo. La base es una alternancia de areniscas de grano medio y arcillas rojizas. Siguen arcillas calcáreas con intercalaciones arenosas, con intercalaciones margosas en el techo.

Albiense.- Un máximo de 150 m de materiales en facies equivalente a Utrillas. Son arcillas arenosas, abigarradas en todos grises y vinosos, con lignitos, arenas y areniscas poco cementadas. Varias intercalaciones conglomeráticas de carácter muy constante.

Cenomaniense.- Puede alcanzar los 120 m de espesor. Está constituido por tramos alternantes y de espesor variable de arcillas negras y grises, arenas arcillosas, areniscas grises, calizas arcillosas, a veces dolomitizadas y margas grises, arenosas y nodulosas.

Turonense.- Un máximo de 44 m de margas limolíticas grises con calizas nodulosas que predominan en su parte medio-superior.

Coniaciense-Santoniense.- 160 m de espesor máximo. Es una alternancia de calcarenitas, areniscas micáceas, arenas, margas nodulosas y arcillas, con niveles de microconglomerados y calizas brechoides claras intercaladas.

- Cuenca Cantábrica (Entrante de Cabuérniga)

Barremiense en Facies Weald.- Un máximo de 150 m de areniscas cuarcíticas gris-amarillentas, separadas por acillas rojas, verdes y violetas, con algunos niveles microconglomeráticos con cantos de cuarzo.

Aptiense.- En sus cortes más completos puede superar los 310 m de espesor, presentando cuatro niveles característicos: base con limos, arcillas, areniscas y calcarenitas (pasan a calcarenitas y calizas grises); siguen arenas y arcillas que pasan a margas y calizas arcillosas hacia el techo y remata la serie un potente tramo de calcarenitas, calizas con Rudistos y dolomías. La dolomitización varía con las zonas.

Albiense.- Puede superar los 200 m. de espesor. Presenta un tramo inferior predominantemente detrítico, -- con arenas y areniscas de grano fino a medio e intercalaciones de arcillas y lechos de calizas, y un tramo superior carbonatado formado por margas nodulosas, calizas arcillosas y calcarenitas limolíticas en bancos masivos.

Cretácico superior.- Se trata de una potente y monótona serie, que en conjunto puede superar los 1000 m

de espesor que abarca desde el Cenomaniense hasta el Campa niense. Comprende un tramo inferior, (Cenomanense), de arcillas, limos y calcarenitas bioclásticas, que pasan a una alternancia de margas nodulosas y brechoides y margas limo líticas y hojosas, con glauconita, dolomitizados hacia el techo, (Turonense-Santonense-Campaniense inf.). Rematan la serie unos niveles lumaquéllicos de calizas arcillosas y nodulosas.

- Cuenca Cantábrica (Entrante Costero)

Barremiense en Facies Weald.- Puede superar - los 600 m. Son areniscas ferruginosas y micáceas, con intercalaciones de limos y arcillas amarillentas y rojizas.

Aptiense-Albiense-Cenomaniense inferior.- Conjunto que presenta una gran variabilidad de facies y espesores en función de las distintas zonas paleogeográficas y estructurales que se consideren, hecho que ha potenciado la definición de gran cantidad de unidades cronoestratigráficas.

En términos generales comprende el complejo Urganiano, (Aptiense-Albiense medio), con unos 650 m de calizas y calcarenitas intensamente dolomitizadas y con mineralizaciones de hierro, y el complejo Supraurgoniano (Albiense superior-Cenomanense inferior), con unos 250 m de calizas arcillosas con intercalaciones de margas, arenas y areniscas.

Dentro de una litología análoga, pero con im-

portantes variaciones verticales y horizontales, se definen el resto de unidades de este conjunto, con espesores que oscilan entre los 600 y 1100 m.

Cretácico superior. - Se inicia con unos 30 m de calcarenitas beigeas en estratificación gruesa (Cenomaniense), para dar paso a una potente y monótona alternancia de margas grises y hojosas con calizas arcillosas, que en sus distintas unidades puede rebasar los 1500 m, (Cenomaniense-Campaniense). Rematan la serie unos 200 m de calizas areno-arcillosas con intercalaciones calcareníticas y margosas, que pasan a calcarenitas y calizas arenosas dolomitizadas en su parte superior (Campaniense-Maestrichtiense).

Maastrichtiense-Paleoceno. - Tramo de tránsito al Terciario en sus afloramientos occidentales, con unos 175 m de espesor máximo. Son dolomías microconglomeráticas y ferruginosas en la base, sacaroideas y arenosas en su tramo medio, y arenosas y conglomeráticas hacia el techo.

4.1.2.5. Paleógeno.

- Cuenca de Oviedo:

El Terciario en esta zona presenta un máximo de 250 m de materiales correspondientes al Paleoceno-Oligoceno. La base está constituida por unos 50 m en facies garúmmica, con arenas amarillas de grano grueso y pasadas de microconglomerados; arcillas plásticas varioladas, con

nodulos de yeso y areniscas poco compactas con nódulos de hierro. Sigue un tramo superior de arcillas, margas y areniscas limolíticas en tonos abigarrados, con niveles de conglomerados calcáreos y pasadas de calizas lacustres.

- Cuenca Cantábrica:

En su sector occidental, sobre las dolomías de tránsito del Cretácico al Paleoceno, se situa un potente tramo de calizas arenosas y arenas limolíticas (Ilerdiense). Sobre ellas se sitúan conglomerados margosos y arenas blancuecinas, (Cuisiense). Los espesores son imprecisos.

En la zona central, la serie es completamente carbonatada. En la base presenta unos 130 m de dolomías y calcarenitas (Paleoceno) a los que siguen 50 m de calizas de Alveolinas y 150 m de calizas arenosas con nódulos de sílex (Eoceno).

4.1.2.6. Quaternario

Dada la extensión de la zona estudiada, los depósitos cuaternarios son de índole muy diversa, y se presentan diferencialmente desarrollados. En general, son relativamente poco importantes de cara a la finalidad del estudio.

Los suelos y las cubetas de decalcificación están muy desarrollados, recubriendo practicamente toda la zona, debido a la elevada pluviometría de la misma, al igual que los derrubios de pendiente, los conos de deyección

ción y los depósitos aluviales. Generalmente son gravas heterogéneas con abundante matriz areno-arcillosa.

Son abundantes también los depósitos litorales, ya sean de tipo arenoso (playas, dunas y flechas), de tipo conglomerático (rasas asturianas), o de tipo arcillo-limoso (marismas).

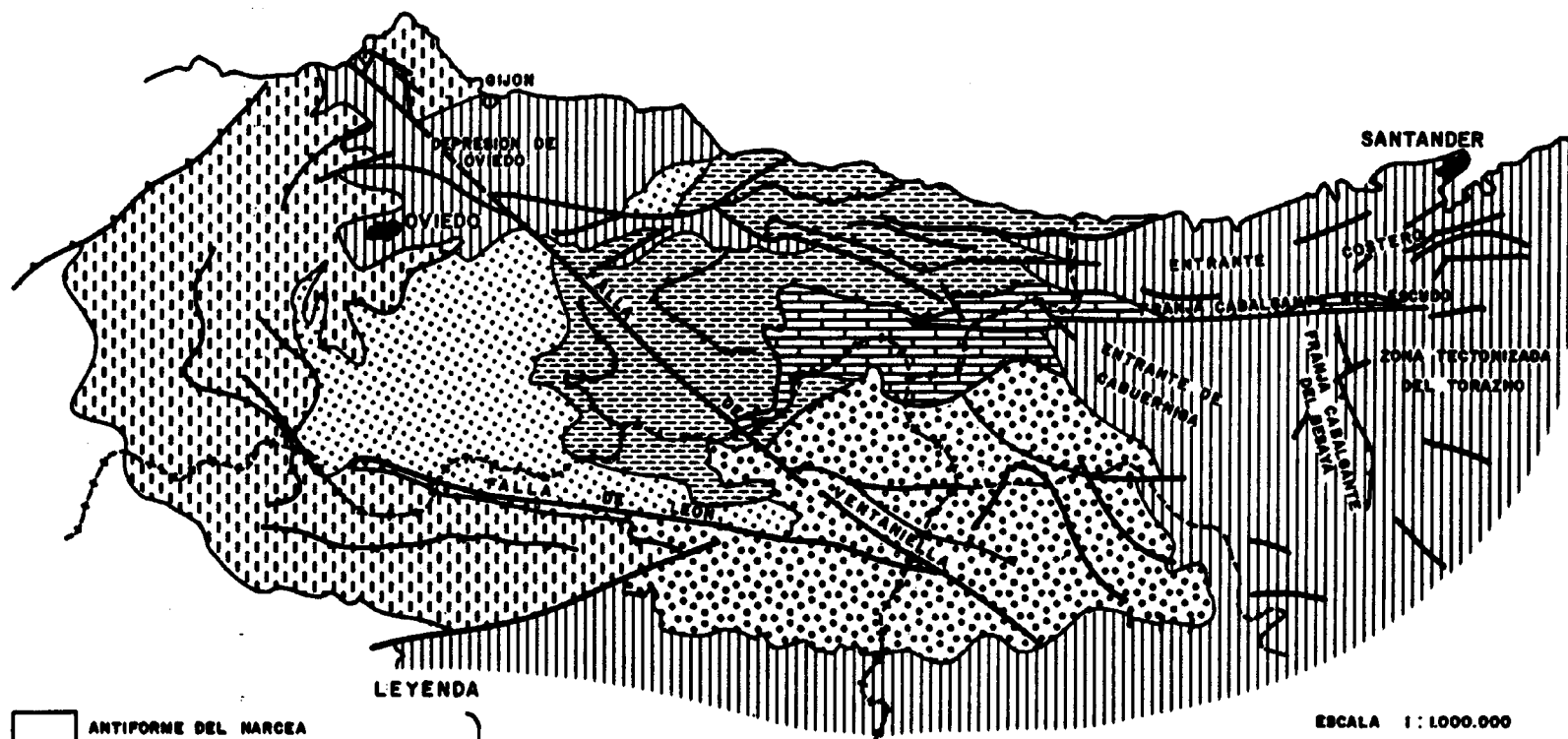
4.2. ESTRUCTURA

La situación de las unidades estructurales que a continuación se describen se refleja en el esquema de la fig. 2.

4.2.1. La zona Cantábrica

La Zona Cantábrica, que se extiende desde los afloramientos precámbricos del antiformal del Narcea al oeste, hasta desaparecer por el este debajo de la cobertera mesozoica de la Orla Cantábrica, presenta una deformación de características someras, prácticamente sin metamorfismo ni esquistosidad. El control de la deformación corresponde a diferencias de estratificación o litologías. En general se define una primera fase, con estructuras tangenciales, y unas fases posteriores con estructuras de plegamiento.

Las estructuras tangenciales corresponden a - escamas y mantos originados por despegue de la serie paleozoica, principalmente a nivel de la formación Láncara (Cámbrico).



LEYENDA

-  ANTIFORME DEL NARCEA
-  REGION DE PLEGUES Y MANTOS
-  CUENCA CARBONIFERA CENTRAL
-  REGION DE MANTOS (MANTO DEL PONSA)
-  REGION DE LOS PICOS DE EUROPA
-  REGION DEL PISUERGA CARRION

MACIZO HERCINIANO

 ORLA MESO-CENOZOICA

 LIMITE DE PROVINCIA

ESCALA 1:1.000.000

ESQUEMA ESTRUCTURAL

Fig. 2

Sobreponiéndose a ellos se dibujan dos sistemas principales de pliegues, uno arqueado, concéntrico al arco asturiano y otro radial que se interfiere con el anterior.

Posteriores al emplazamiento de las unidades corridas hay una importante red de fracturas que se disponen según tres sistemas principales. Un sistema de dirección E-W, probablemente el más antiguo, con fallas de desgarre que suelen presentar, sin embargo, una componente vertical importante. Un segundo sistema en dirección NW-SE es quizás el más importante, tanto por el número de fracturas como por su magnitud; hay un predominio de las fallas de desgarre, con fracturas que cortan completamente la cordillera, como la Falla de Ventaniella. Finalmente, con un desarrollo mucho menos importante, se puede considerar un sistema NE-SW. Todas estas fracturas pueden interpretarse como hercínianas, aunque pueden haber sufrido removilizaciones alpinas importantes, las cuales complican extraordinariamente su interpretación.

Los despegues producidos en la primera fase, han dado lugar a las distintas unidades que integran la Zona Cantábrica:

- Región de Pliegues y Mantos
- Cuenca Carbonífera Central
- Región de Mantos (Manto del Ponga)
- Picos de Europa
- Región del Pisuerga-Carrión.

4.2.1.1. Región de Pliegues y Mantos

Este grupo estructural forma una orla que bordea por el oeste y sur la Zona Cantábrica, siguiendo la geometría de la flexión astúrica. Está constituida por una serie de mantos superpuestos, deformados fuertemente por plegamientos posteriores. Las series, a nivel de cada manto, se inician generalmente con la formación Láncara, que constituye el nivel principal de despegue, tal como se ha indicado anteriormente.

Al margen de algunas ondulaciones sincrónicas a los cabalgamientos, la mayoría de los pliegues que los afectan son posteriores, dado que deforman profundamente los planos de deslizamiento. Existe una dirección principal groseramente paralela al trazado de los frentes de cabalgamiento, y una segunda dirección normal a ellos.

El sector centro-septentrional de esta región que afecta a la zona estudiada, está constituido en su terminación norte por pliegues fuertemente vergentes e incluso tumbados, que hacia el sur van pasando a las estructuras de despegue características.

Se diferencian cuatro unidades principales, que de oeste a este son la Unidad Belmonte, en contacto con el Precámbrico del Narcea, la Unidad de Tameza, la Unidad de la Sobia y la Unidad de Aramo, en contacto con la Cuenca Carbonífera Central. Además de constituir escamas distintas y superpuestas, existen entre ellas diferencias

en la litología y en el desarrollo de la serie paleozoica, así como en sus características estructurales secundarias.

Hay un neto predominio de las fallas NW-SE, - con una componente vertical bien desarrollada, son fallas inversas con un plano muy verticalizado. Siguen en importancia las fallas E-W con una componente de rumbo muy marcada. Las fallas de dirección NE-SW están poco desarrolladas.

4.2.1.2. La Cuenca Carbonífera Central

Constituye un sector deprimido en el centro de la zona cantábrica, con cerca de 6000 m de sedimentos paleozoicos, cabalgados al oeste por las escamas de la Región de Pliegues y Mantos, y cabalgando a su vez hacia el este - sobre la Región del Ponga. El límite occidental y meridional de la cuenca, en contacto tectónico con la escama de la Sobia, está bien definido, mientras que el límite noroeste es más stratigráfico que estructural; los materiales de la cuenca carbonífera se superponen a los de la escama de Aramo, en un contacto muy fracturado, debido a los pliegues que los afectan. Hacia el oeste, la cuenca carbonífera cabalga sobre sus unidades más orientales, originando la escama de Labiana; que se relaciona ya con la Región de Mantos.

La estructura interior de la cuenca es en pliegues cruzados, unos longitudinales, más o menos paralelos a los frentes de cabalgamiento, y otros transversales cortando a los anteriores. Las fracturas siguen las directri

ces generales de la cordillera, descritas en apartados anteriores. Desde un punto de vista estratigráfico el área occidental de la cuenca comprende materiales del grupo de Lena, mientras que hacia oriente están presentes los grupos de Lena y de Sama.

4.2.1.3. La Región de Mantos

Area situada a oriente de la Cuenca Carbonífera Central y constituida por numerosas escamas despegadas por debajo de la formación Láncara y corridas hacia el este. Estas escamas presentan unas características litológicas muy similares, destacando en general el escaso desarrollo del Paleozoico inferior y medio. Pueden corresponder a la múltiple rotura y despegue de una gran cuenca con características paleogeográficas relativamente uniformes. De estas escamas, el manto del Ponga es la de mayor envergadura con un salto mínimo de 20-25 km.

Las unidades corridas están afectadas por pliegues claramente transversales a los frentes de cabalgamiento, manifestando sin lugar a dudas su carácter posterior. Predominan los pliegues de dirección NW-SE y E-W. La red de fracturación sigue las directrices generales, con la particularidad de que el desgarre de Ventaniella divide esta región en dos mitades.

4.2.1.4. Región de los Picos de Europa

Esta región, situada al este del manto del Ponga, está constituida por una gran acumulación de calizas,

(en especial Calizas de Montaña), producida por la superposición de escamas despegadas principalmente a nivel de las calizas Griottes viseenses. Los despegues a nivel de las calizas de Láncara, tienen interés secundario.

Los cabalgamientos corresponden generalmente a la evolución de pliegues de tipo paralelo, de dirección predominante E-W, que afectan a toda la serie. Son pliegues vergentes al sur y no presentan esquistosidad asociada; se disponen paralelos a la estratificación, aunque los más tardíos, con posibles rejuegos alpinos, adoptan posiciones oblicuas.

La red de fracturas corresponde preferentemente al sistema NW-SE, que engloba las fallas más importantes. El sistema NE-SW está mucho menos desarrollado y las fracturas E-W quedan representadas fundamentalmente por las fallas inversas que separan las distintas escamas.

4.2.1.5. Región del Pisuerga-Carrión

Constituye el extremo suroriental de la zona Cantábrica y prácticamente no afecta a la vertiente marítima de la cordillera, sector considerado en este estudio.

Sus características son similares al dominio de los Picos de Europa, especialmente en su estructura en pliegues E-W vergentes al sur. Se diferencia, sin embargo, por la presencia de esquistosidad asociada a los pliegues. Son frecuentes también los pliegues con plano axial subvertical y crenulación asociada, así como las escamas de co-

rrimiento dirigidas al sur, dispuestas de forma más o menos paralela al contacto entre esta región y la de los Picos de Europa. Es la única región de la Zona Cantábrica con una esquistosidad bien definida.

4.2.2. La orla meso-cenozoica.

La cobertera post-herciniana, que se inicia -- con el Permotrias, se dispone periclinalmente y en forma de aureolas concéntricas alrededor del macizo antiguo, más o menos deformadas por la orogenia alpina.

La estructura en general está afectada por la distinta competencia de los materiales. La presencia del Keuper y del Weald, actuando como niveles incompetentes, ha favorecido la formación de pliegues de cobertera y de estructuras cabalgantes, aparte de fenómenos diapíricos del Keuper en aquellos puntos en que la cobertera suprayacente es poco potente. Por el contrario, cuando los niveles rígidos del Jurásico o del Cretácico superior están bien desarrollados, hay un predominio de la tectónica de fractura -- siguiendo directrices hercinianas (removilización de fracturas antiguas).

4.2.2.1. La Cuenca de Oviedo

En la cuenca de Oviedo se diferencian tres unidades estructurales fundamentalmente, que se corresponden a áreas paleogeográficas con diferente evolución geológica: el sinclinatorio de Oviedo-Infiesto, al pie de los relie

ves hercínianos, y el monoclinal ondulado de Gijón, junto a la costa, con estructuras relativamente suaves y, separando ambas unidades, la franja tectonizada intermedia, de una gran complejidad estructural, relacionada probablemente con una gran falla de zócalo de dirección general WNW-ESE, que ha jugado de forma diferencial en el tiempo y en el espacio marcando la historia geológica post-hercíniana del sector.

El Sinclinatorio de Oviedo-Infiesto, con una dirección aproximada E-W, presenta en general una estructura suave que solo se altera en la zona de contacto con la franja intermedia y en su sector central, donde el sinclinatorio llega a interrumpirse brevemente, dando lugar a estructuras fuertemente plegadas y falladas. Los pliegues se disponen siguiendo la dirección general del sinclinatorio o, más influenciada por las directrices hercínicas, en dirección SW-NE. Las fallas suelen estar asociadas a los pliegues, en especial las fallas inversas que se producen en los flancos anticlinales. Son también frecuentes las fallas de desgarre transversales a las anteriores estructuras.

La franja tectonizada intermedia es una zona fuertemente plegada y fallada en una dirección predominante NW-SE en su sector central y E-W en sus extremos oriental y occidental. La vergencia general de los pliegues es al S. Sus límites están bien definidos, al norte por una red de fallas de hundimiento que la separan del monoclinal de Gijón y al sur por un sistema cabalgante sobre el sinclinatorio de Oviedo. Hay una fuerte interacción entre las -

directrices hercinianas y las alpinas, predominando unas u otras según los sectores, y complicándose especialmente - las estructuras en las zonas de transición.

El monoclinal ondulado de Gijón-Villaviciosa - presenta una estructura muy simple, de tipo ondulado-tabular. Los pliegues son estrechos, alargados y de formas - suaves; con frecuencia son el resultado del alineamiento de pequeñas estructuras locales. En general se manifiesta un - predominio de las directrices alpinas (NW-SE). El conjunto está cortado por fallas de dirección alpina o ligadas a antiguas alineaciones hercínicas (NE-SW).

4.2.2.2. La Cuenca Cantábrica

La estructura de esta zona está principalmente regida por lineaciones E-W y N-S de influencia herciniana. En general las dislocaciones de zócalo originan los principales accidentes del sector, observándose un amoldamiento de las estructuras alpinas a estas directrices. La estructura de toda la cuenca es en consecuencia resultado de la conjunción de los ciclos orogénicos hercínicos y alpinos.

Por sus características estructurales específicas pueden diferenciarse en el sector varias unidades estructurales, cuya consideración facilita su comprensión:

- La franja cabalgante del escudo de Cabuérniga
- El entrante mesoterciario costero
- El entrante de Cabuérniga

- La franja cabalgante del Besaya
- La zona tectonizada de Toranzo y puerto del Escudo.

La franja cabalgante del escudo de Cabuérniga.-

Consiste en una estrecha franja de materiales carboníferos y triásicos, que cruzan la cuenca cantábrica de oeste a este, cabalgando sobre la serie mesozoica.

Se trata de un anticlinal volcado y fallado, - vergente al sur. El plano de cabalgamiento corta las escamas hercínianas, manifestando la edad alpina del accidente, aunque puede tratarse de una dislocación tardi-hercínica - rejuvenecida por los movimientos alpinos.

El entrante mesoterciario costero, es una subcuenca litoral situada al norte de la franja cabalgante. Se caracteriza por el escaso desarrollo (por erosión o - falta de sedimentación) de los materiales jurásicos y del Cretácico inferior. Es una zona fuertemente plegada, con - pliegues de dirección variable, predominando los E-W, en - los que juegan un papel importante los despegues a nivel - del Keuper, con estructuras halocinéticas de carácter dia - pírico que intruyen los núcleos anticlinales. El diapiris - mo rige también la red de fracturación, siendo frecuentes las fallas radiales y circulares. Las intrusiones provocan al mismo tiempo cabalgamientos de carácter local, dando - zonas de gran complejidad. Hay un predominio de las frac - turas en dirección E-W, aunque se dan también las NW-SE y NE-SW. La compleja estructura superficial parece prolon - garse en profundidad, según se desprende de los sondeos petrolíferos realizados en el sector.

El entrante de Cabuérniga, es un amplio sinclinal de forma triangular que se sitúa al sur de la Franja Cabalgante, junto al macizo herciniano asturiano. Está caracterizado por el predominio de los materiales de facies Weald en sus afloramientos. Los pliegues que lo afectan son simétricos y en dirección E-W y N-S, cortados por fallas que se disponen también según estas direcciones.

La franja cabalgante del Besaya, es un anticlinal de dirección N-S volcado hacia el este y fallado, situado entre el Entrante de Cabuérniga y la zona del Puerto del Escudo. En las zonas de mayor salto pone en contacto el Buntsandstein con el Aptiense.

La zona tectonizada del Toranzo y puerto del Escudo, es un sector fuertemente tectonizado, con predominio de la tectónica de bloques, debido a que sirve de frente a las franjas cabalgantes del Besaya y de Cabuérniga. Las fallas y los pliegues que la afectan se disponen también en las direcciones E-W y N-S.

4.3. SITUACION GEOLOGICA DE LAS MANIFESTACIONES

La situación general de las manifestaciones estudiadas se refleja en el esquema de la figura 1. En el presente apartado y con el fin de dar una visión más local de las áreas de surgencia se realiza una descripción geológica de las mismas sobre la base de esquemas y perfiles geológicos a escala 1:50.000, realizados para cada manifestación.

4.3.1. Asturias

4.3.1.1. Las Caldas de Oviedo

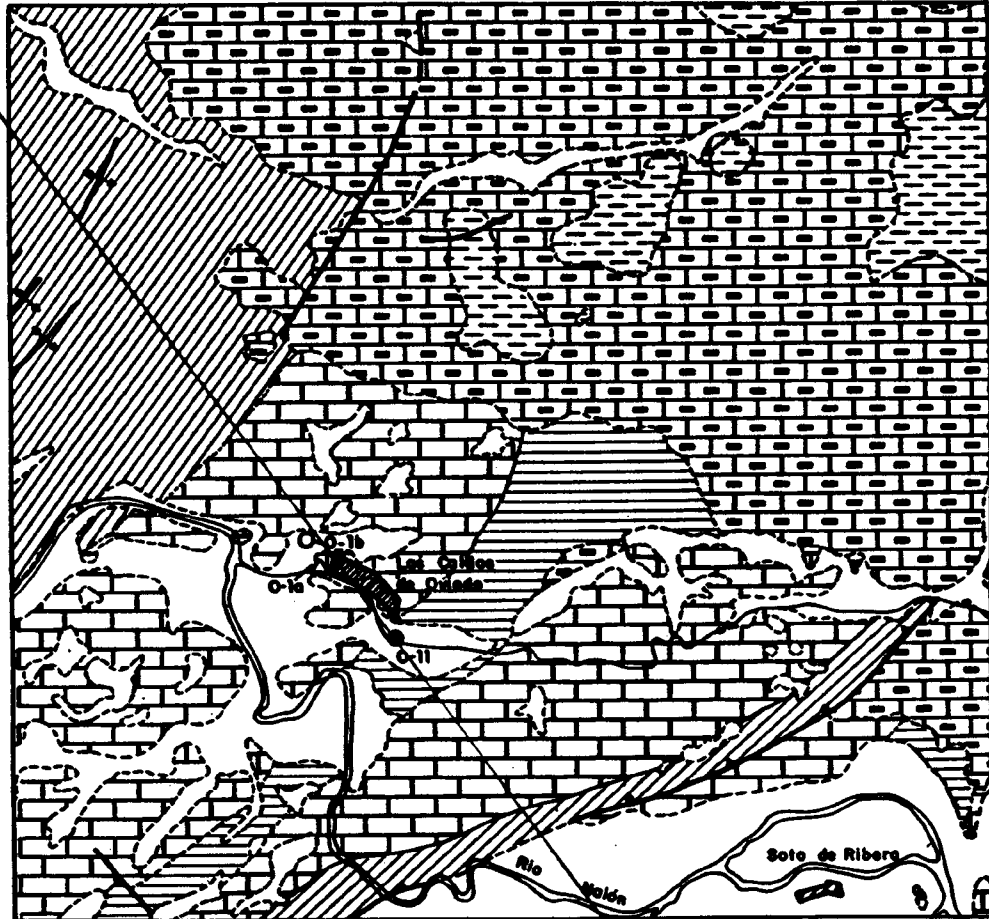
Las características geológicas de este sector se resumen en el esquema y en el perfil geológicos de las figuras 3 y 4.







Las Caldas de Oviedo se sitúan sobre las Calizas de Montaña, en una zona de tránsito entre la región de Pliegues y Mantos y la Cuenca Carbonífera Central, junto al borde suroccidental de la depresión de Oviedo. La primera de ellas está representada por la serie devónica (Unidad de la Sobia), y la serie carbonífera basal (Calizas Griotte y Calizas de Montaña de la unidad del Aramo); la segunda está integrada por los materiales turbidíticos del Grupo de Lena.






Desde un punto de vista tectónico todas estas unidades, cuyo límite en este sector es más litológico que estructural, se presentan fuertemente replegadas en dirección predominante ENE-SSW, y afectados por fracturas NW-SE y E-W, además de la ya indicada.

Las Calizas de Montaña (Unidad del Aramo) sobre las que se sitúa la surgencia constituyen un flanco sinclinal cuyo núcleo está integrado por la serie de Lena (Cuenca Carbonífera Central) y cuya base corresponde a un afloramiento anticlinal del Devónico de la Unidad de la Sobia. No se observa ninguna fractura cartografiada a la que asociar la surgencia.

FIG. 3.- ESQUEMA GEOLOGICO DE LAS CALDAS DE OVIEDO

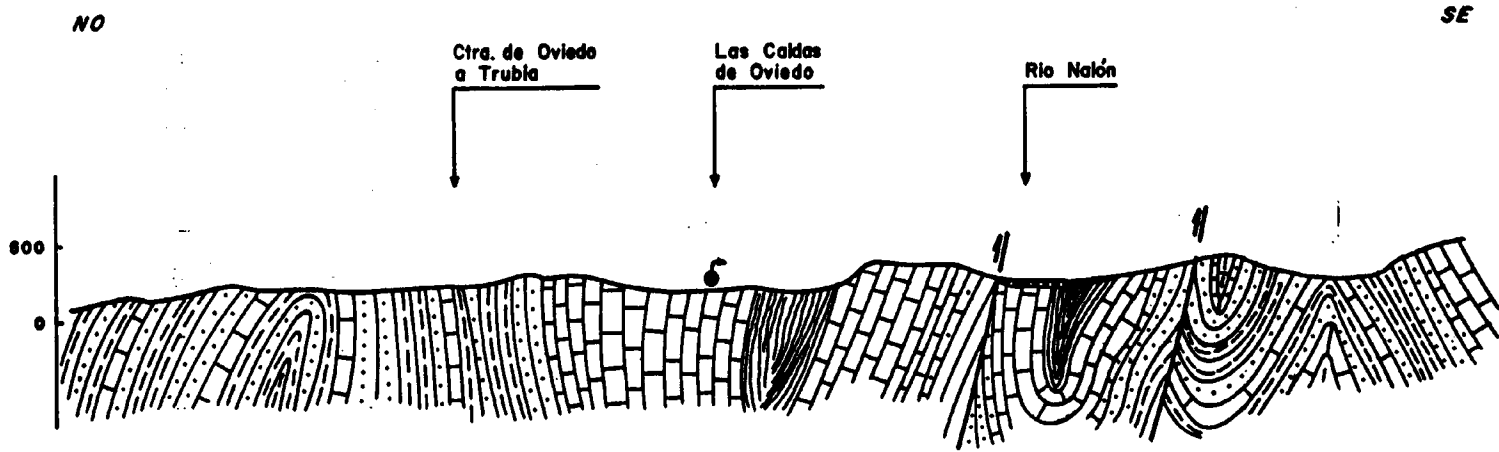


- | | | |
|-------------|---|-------------------------------------|
| CUATERNARIO |  | Aluvial |
| PALEOGENO |  | Margas, arcillas y calizas |
| CRETACICO |  | Arcillas, arenas y calizas |
| CARBONIFERO |  | Grupo de Lena: pizarras y areniscas |
| |  | Calizas Griotte y de Montaña |
| DEVONICO |  | Areniscas, pizarras y calizas |

- | | | | |
|--------------------|---|---|-------------------|
| muestra
de agua |  |  | Perfil geológico |
| | |  | Manantial termal |
| | |  | Manantial frio |
| | |  | Curso superficial |






Escala 1:50.000

Base geológica IGME (hojas 28 y 52)



ESCALA 1: 80.000

LEYENDA

-  Aluvial (Cuaternario)
 -  Pizarras y areniscas (Carbonífero)
 -  Calizas de Montaña (Carbonífero)
 -  Calizas Griotte (Carbonífero)
 -  Areniscas, pizarras y calizas (Dévónico)
- CUENCA CARBONIFERA CENTRAL

UNIDAD DEL ARAMO

UNIDAD DE LA SOBIA

PERFIL GEOLOGICO DE LAS CALDAS DE OVIEDO

4.3.1.2. Balneario de Fuensanta

Las características geológicas locales de este sector pueden observarse en el esquema y en el perfil geológicos de las figuras 5 y 6.

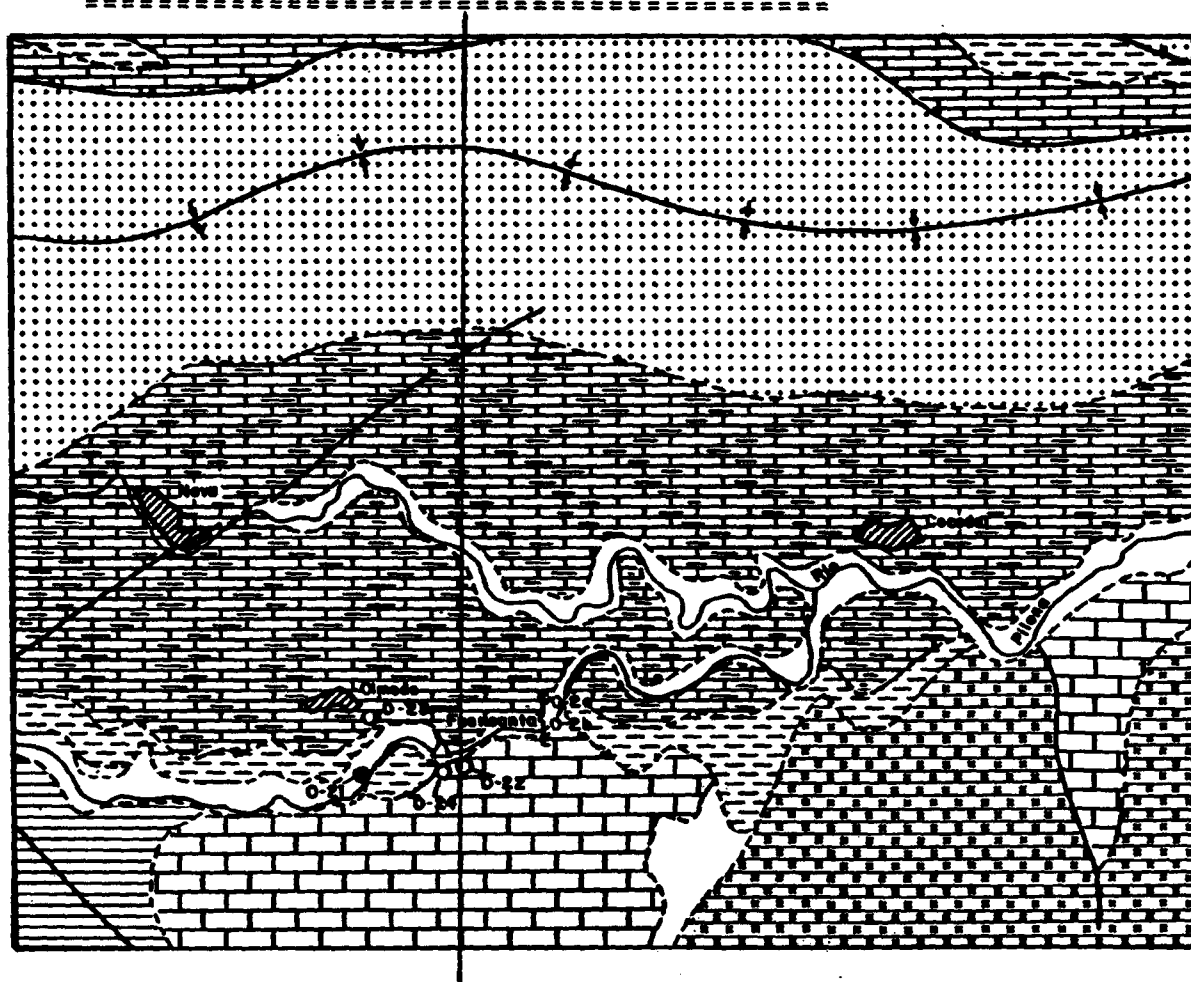
Las surgencias se sitúan justo en el borde del sinclinatorio mesozoico de Oviedo-Infiesto, en su contacto estratigráfico con los materiales paleozoicos de la Región de Mantos, y en un sector próximo al gran desgarramiento de Ventanilla y al borde cabalgante de la Sierra de Ques y del Pino. Los materiales paleozoicos están constituidos por las Calizas de Montaña, muy verticalizadas, mientras los cretácicos discordantes sobre los anteriores, comprenden los niveles detríticos basales en facies Weald y Utrillas y una alternancia de calizas, margas, arcillas y areniscas del Cretácico superior. No se observa ningún accidente tectónico importante directamente relacionable con la surgencia.

4.3.1.3. Puente Llés

Las figuras 7, 8 y 10 corresponden al esquema y a los perfiles geológicos locales del sector.


El manantial se sitúa en el extremo nororiental del dominio de los Picos de Europa, en una zona de contacto entre esta unidad, la Región del Ponga y la orla mesozoica santanderina. Está ubicado sobre las Calizas de Puente Llés, potente tramo de calizas margosas (400 m) que conforman prácticamente la base visible del Estefaniense de esta zona, por encima de los potentes tramos carbonatados cons-

FIG. 5.- ESQUEMA GEOLOGICO DE FUENSANTA





CUATERNARIO  Aluvial

PALEOGENO  Conglomerados, arcillas y margas


CRETACICO  Superior: calizas, dolomías y margas

 Inferior: arenas, areniscas, arcillas y conglomerados

CARBONIFERO  Paquete Fresnedo, Caliza Masiva y Formación Superior

 Calizas Griotte y de Montaña

ORDOVICICO  Cuarcitas Armoricanas y Pizarras de Suevo.

 Perfil geológico

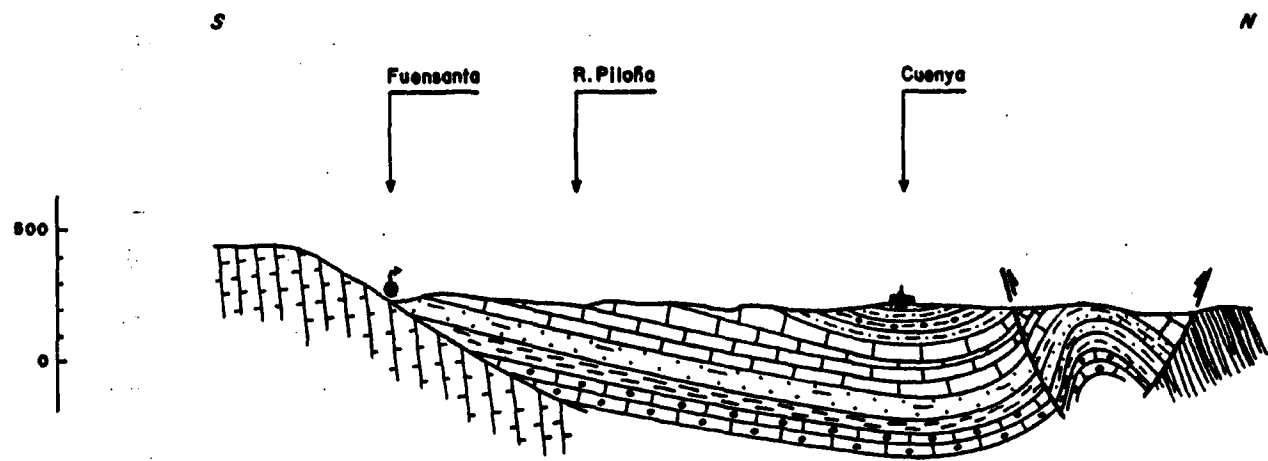
muestra  Manantial termal

de agua  Manantial frio

 Curso superficial








Escala 1:50.000

Base geológica IGME (hoja 30)



LEYENDA

ESCALA 1: 80.000

-  **PALEOGENO:** Conglomerados, arenas, arcillas y margas (Facies Garúmnica)
-  **CRETACICO SUPERIOR:** Calizas, dolomias, margas y areniscas.
-  **ALBIENSE:** Arcillas con lignitos, arenas, areniscas y conglomerados (Facies Utrillas)
-  **APTIENSE:** Arcillas plásticas
-  **BARRENIENSE:** Conglomerados calcareos (Facies Weald)
-  **PERMICO:** Conglomerados, areniscas, margas y pizarras
-  **CARBONIFERO:** Calizas de Montaña

PEFIL GEOLOGICO DE FUENSANTA

Fig. 6

tituidos por las Calizas de Montaña y de los Picos de Europa, y por debajo de los materiales turbidíticos de la formación Panes. La surgencia está próxima al contacto discordante con los materiales detríticos del Permotrias y del Cretácico inferior suprayacente, que en esta zona forman un entrante de la cobertera postherciniana entre el dominio de los Picos de Europa y la región del Ponga.

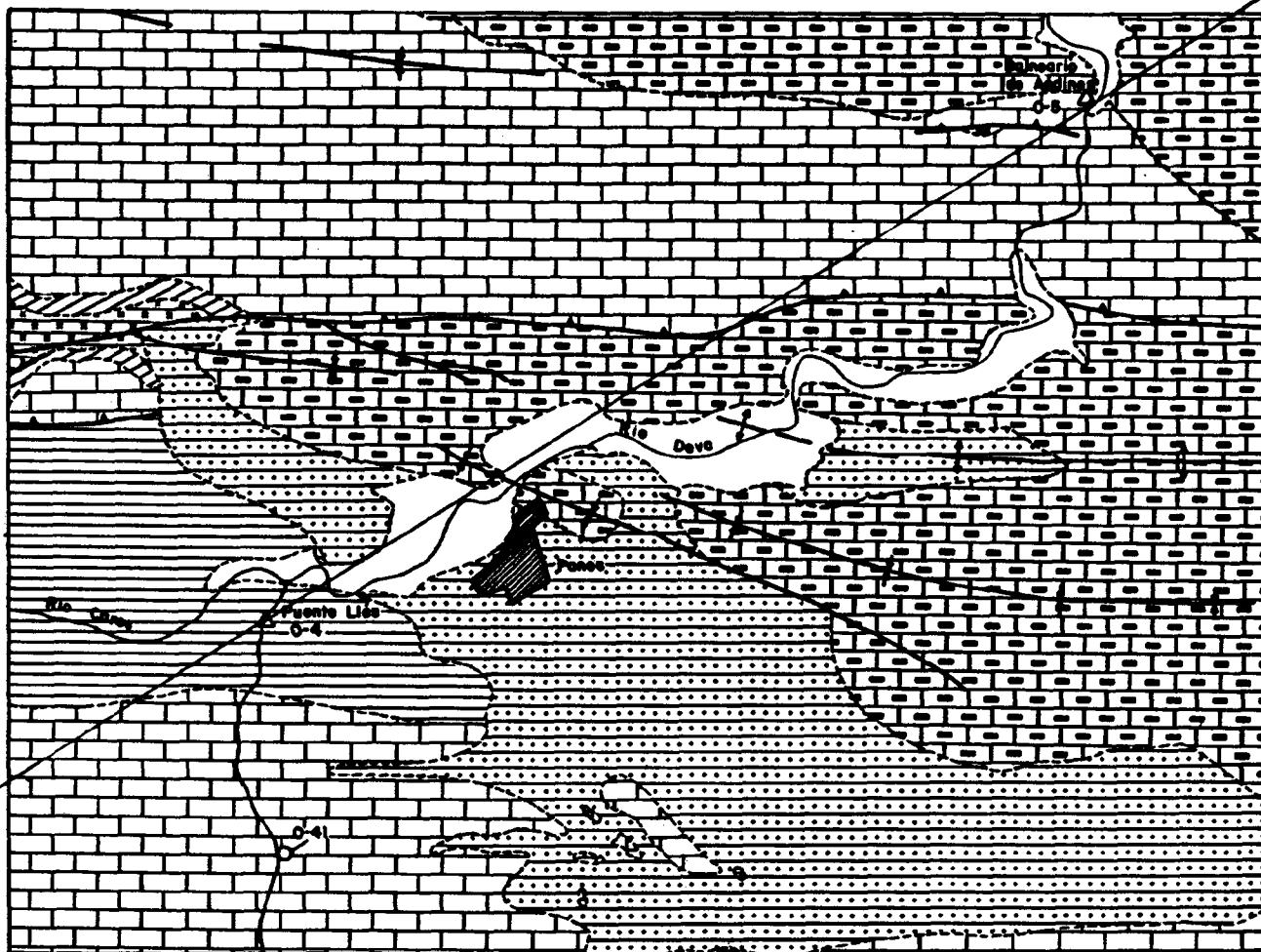
Estructuralmente la zona está constituida por numerosos pliegues cabalgantes de dirección E-W, cortados por fallas NW-SE y ENE-WSW, aunque no hay ningún accidente local importante que pueda relacionarse con el manantial.








4.3.1.4. Balneario de Andines

La geología local se resume en el esquema cartográfico y en el perfil geológico de las figuras 7 y 8.

El manantial se sitúa en el extremo oriental de la unidad de Cuera, franja herciniana perteneciente a la región del Ponga, que en este sector se indenta entre los materiales mesozoicos del sinclinal de Colombres, al norte, y de Panes al Sur, sobre el que cabalga.

La unidad de Cuera, de naturaleza carbonatada, está constituida por las Calizas de Montaña y las Calizas de los Picos de Europa, sobre las cuales se ubica la surgencia, junto al río Deva y aproximadamente en el contacto entre estos materiales con el Cretácico basal del sinclinal de Colombres.



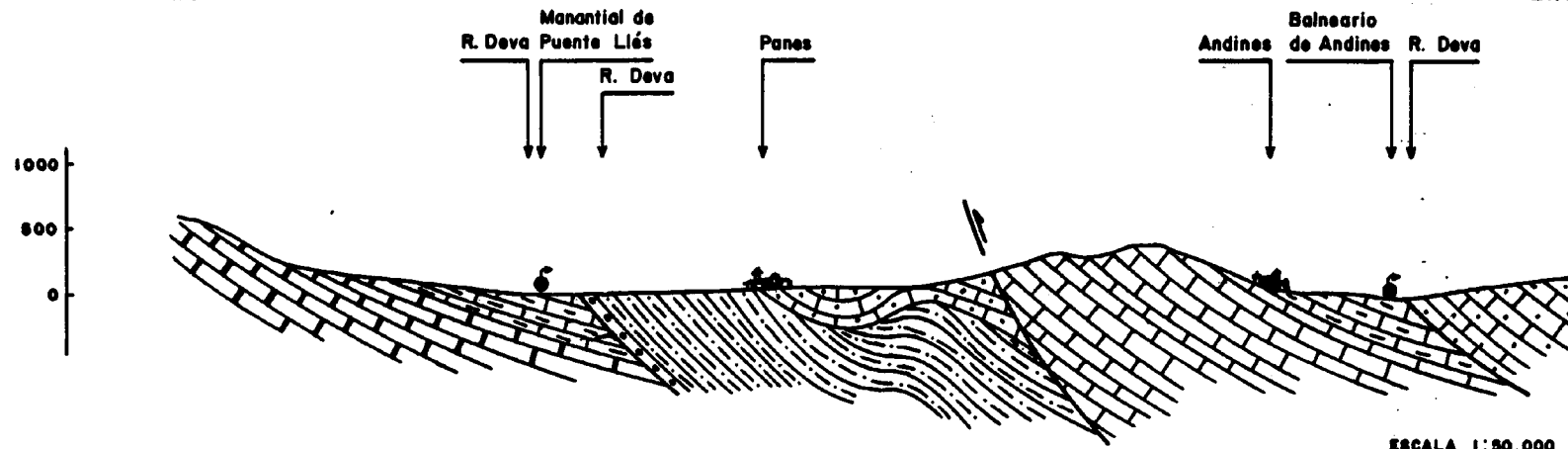
- | | | |
|-------------|---|--|
| CUATERNARIO |  | Aluvial |
| CRETACICO |  | Calizas, margas, arenas y arcillas |
| PERMICO |  | Detritico en facies roja |
| CARBONIFERO |  | Calizas de Puentellés y turbiditas de la Fm. Panes |
| |  | Calizas Griotte, de Montaña y de los Picos de Europa |
| DEVONICO |  | Microconglomerados, areniscas y arcillas |
| ORDOVICICO |  | Cuarcitas Armoricanas |

- | | | | |
|-----------------|---|---|---------------------|
| muestra de agua | { |  | Perfiles geológicos |
| | |  | Manantial termal |
| | | | Manantial frio |

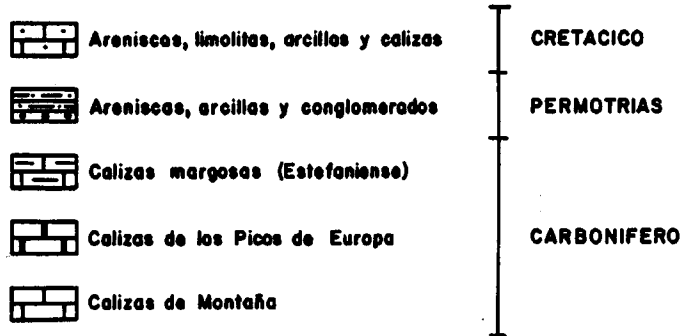
Escala 1.50.000
 Base geológica IGME (hojas 32 y 56)

WSW

ENE



LEYENDA



PERFIL GEOLOGICO DE PUENTE LLES-ANDINES

Fig. 8

En la zona predominan los pliegues y fallas de dirección E-W, que definen la estructura general. Las fallas ENE-WSW y NW-SE adquieren menos desarrollo. Ninguna de estas fracturas principales pueden relacionarse directamente con la surgencia.

4.3.2. Cantabria.

4.3.2.1. Balneario de la Hermida

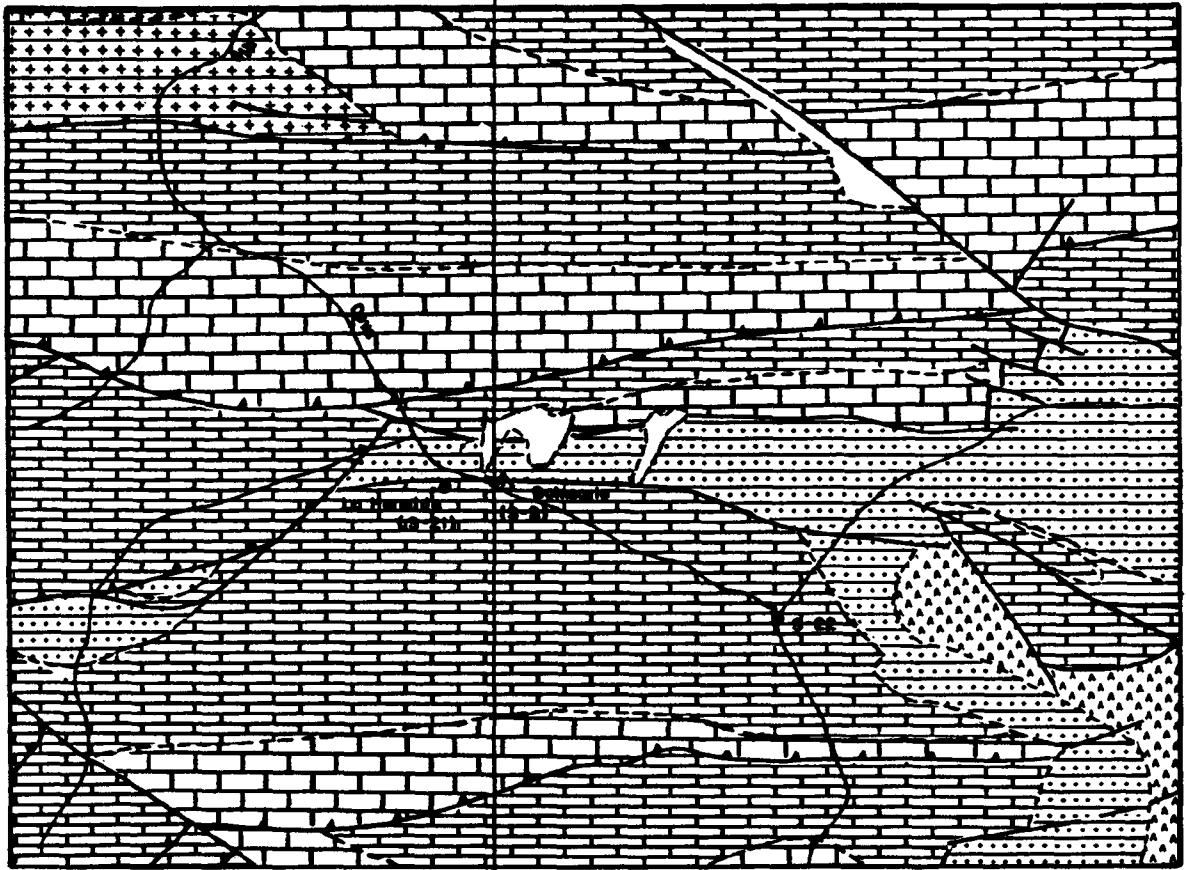
Las figuras 9 y 10 se corresponden con el esquema y el perfil geológicos locales.



El manantial se sitúa en el extremo oriental de la región de los Picos de Europa, en su zona de contacto con los materiales permo-mesozoicos del entrante de Cabuérniga.

En la zona hay un predominio de los materiales calcáreos. Son los potentes paquetes de las Calizas de Montaña y de los Picos de Europa que, afectados principalmente por pliegues cabalgantes de dirección E-W, han estructurado esta macrounidad. La superposición de pliegues y fallas NW-SE, ENE-WSW, e incluso N-S, dan gran complejidad a la zona.

Dos de estas fallas, de dirección E-W, han provocado el hundimiento de una estrecha franja de materiales permotriásicos entre las calizas carboníferas. Las aguas termales manan junto el río Deva, sobre la falla sur de este corredor.

FIG. 9.- ESQUEMA GEOLOGICO DE LA HERMIDA

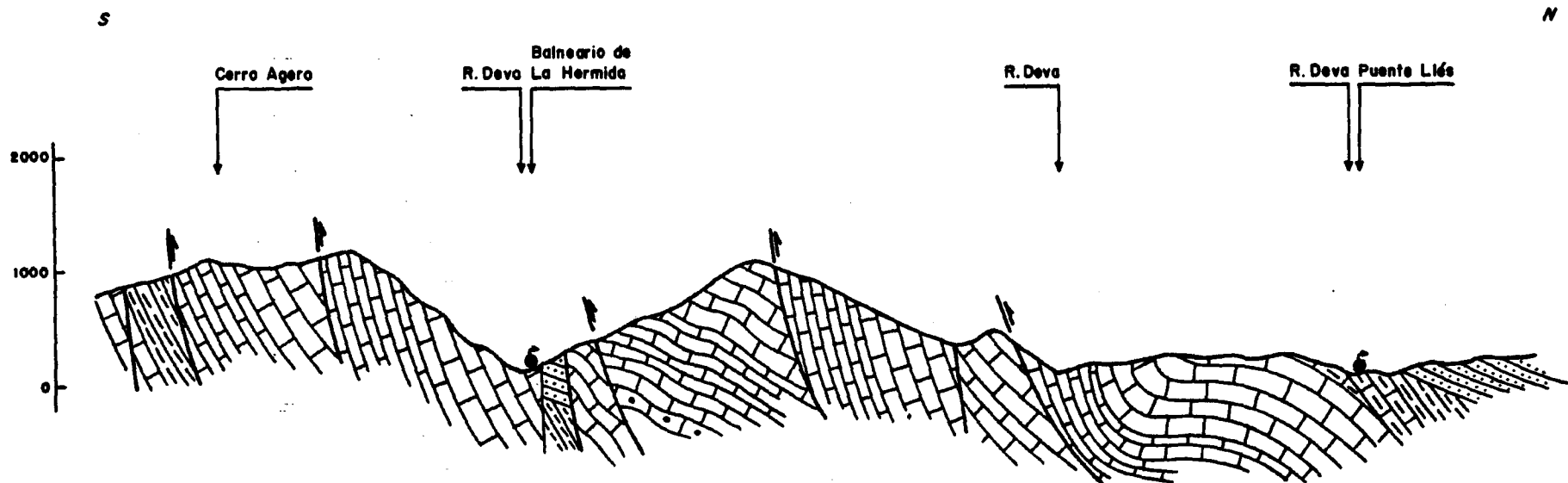


- | | | |
|--------------------|---|--------------------------------|
| CUATERNARIO |  | Depósitos torrenciales |
| TRIASICO |  | Facies Keuper |
| PERMOTRIAS |  | Detrítico en facies roja |
| |  | Fm. Panes (turbiditas) |
| CARBONIFERO |  | Calizas de los Picos de Europa |
| |  | Calizas Griotte y de Montaña |
| ORDOVICICO |  | Cuarcitas Armoricanas |
| muestra
de agua | 






 | Perfil geológico |
| | | Manifestación termal |
| | | Manantial frio |
| | | Curso superficial |

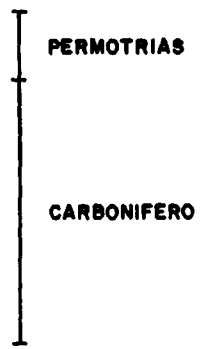
Escala 1:50.000

Base geológica IGME (hoja 56)



LEYENDA

-  Areniscas y lutitas
-  Calizas margosas, lutitas y areniscas
-  Calizas de los Picos de Europa
-  Calizas de Montaña
-  Calizas Griotte



ESCALA 1:50.000

PERFIL GEOLOGICO DE LA HERMIDA-PUENTE LLES

Fig. 10

4.3.2.2. Balneario de la Berzosa (Puentenansa)

El esquema y el perfil geológicos locales pueden observarse en las figuras 11 y 12.

El manantial está situado sobre el flanco norte del sinclinal de Cabuérniga, cabalgado por los materiales hercinianos y permotriásicos de la sierra del Escudo. La surgencia, sin embargo, situada unos dos km al sur del frente de cabalgamiento, no parece relacionada con el mismo.

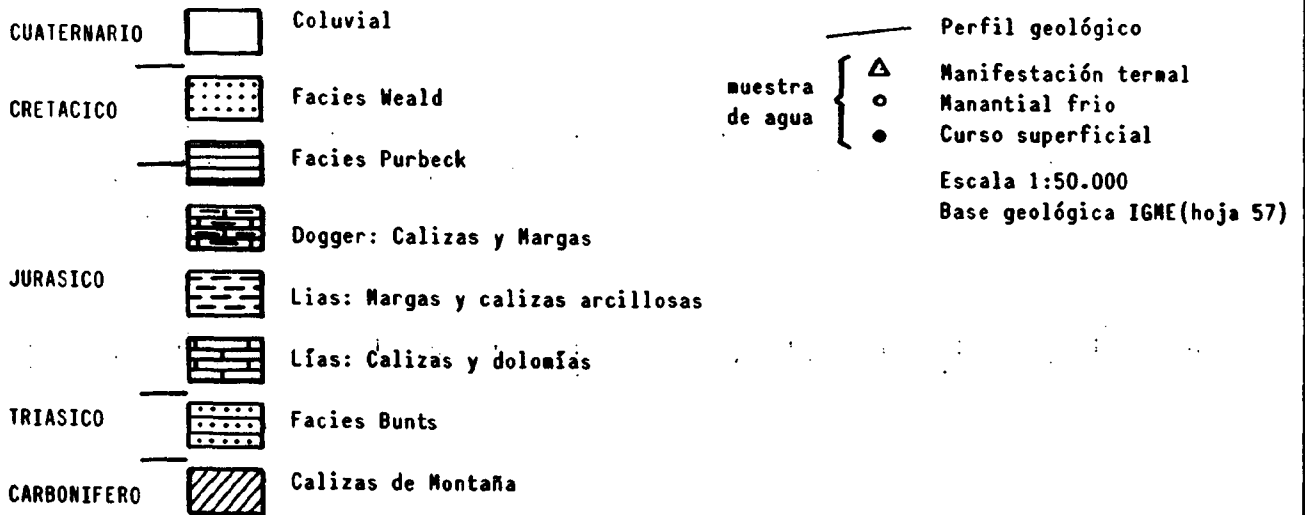
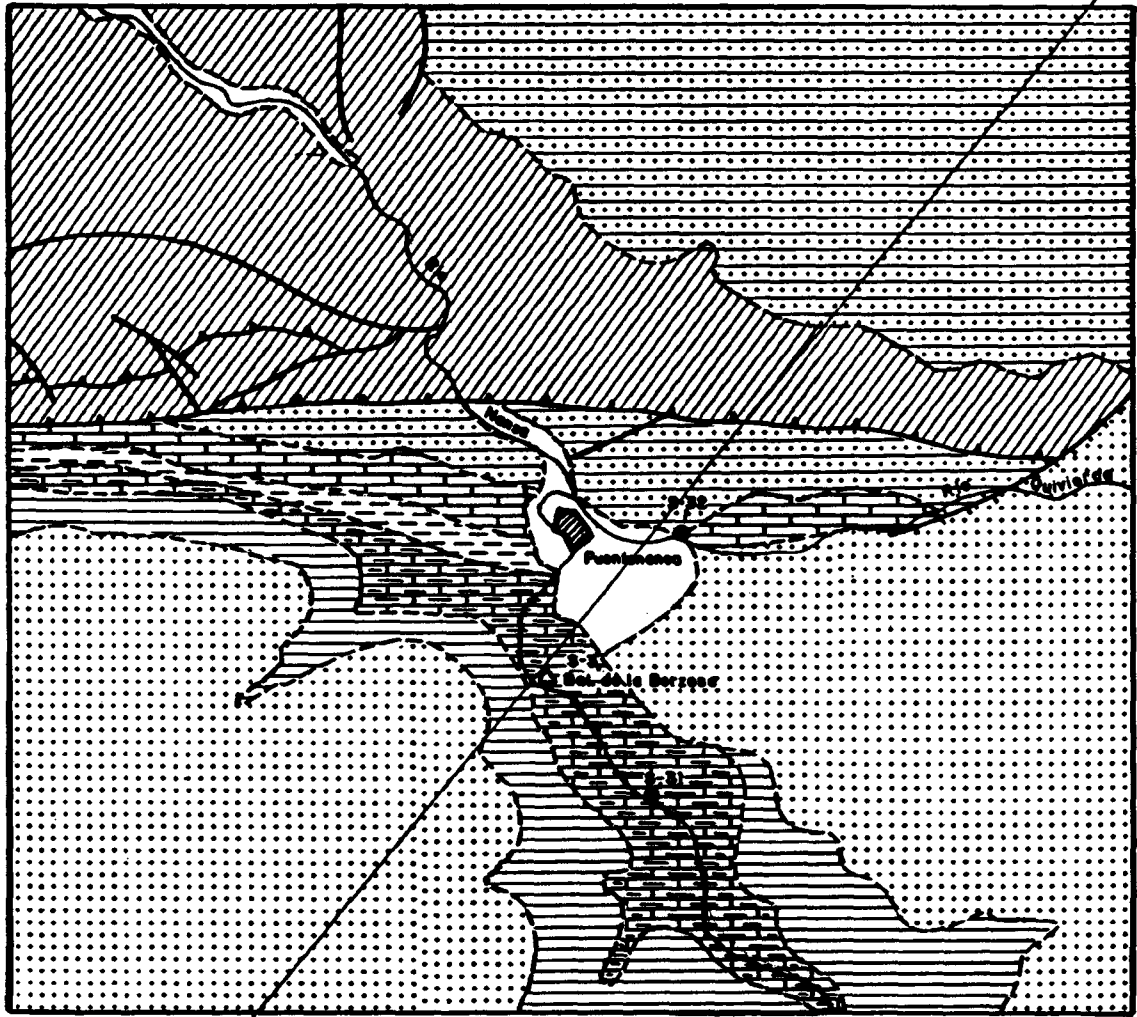
La serie postherciniana que integra el sinclinal se inicia con los materiales permotriásicos; comprende la serie jurásica completa y está rematada por el Cretácico inferior en facies Weald. Está muy poco deformada tectónicamente.

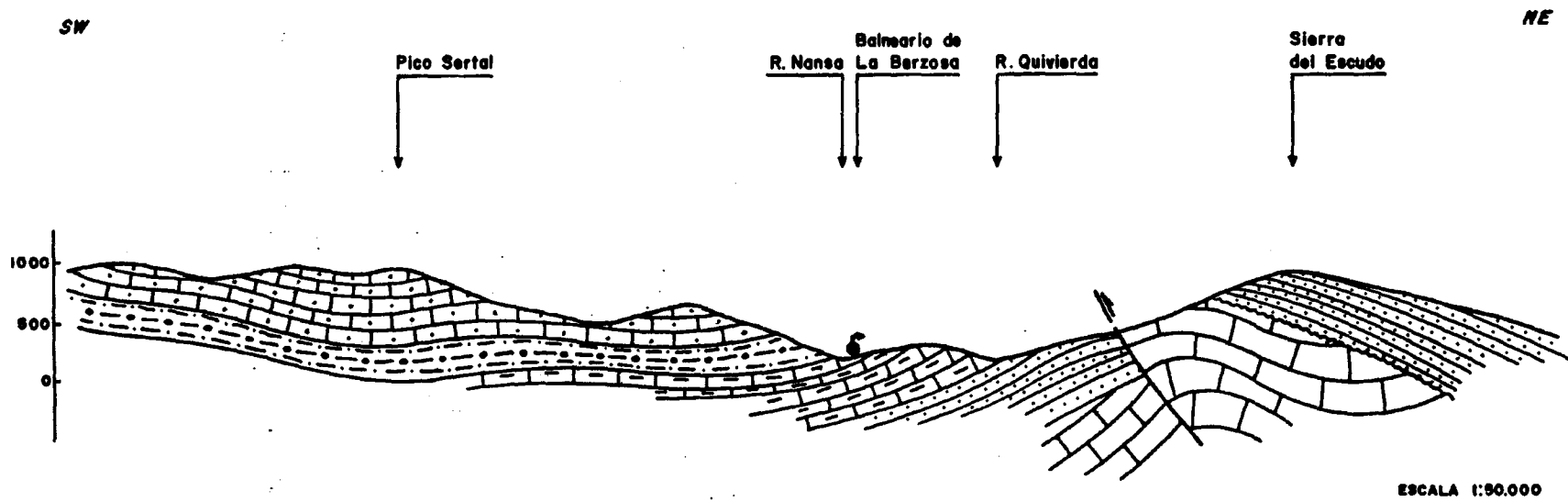
El agua mana de materiales margosos del Dogger. Es una alternancia de margas hojosas y arcillosas con bancos más compactos, en un conjunto de aspecto turbidítico.

4.3.2.3. Caldas de Besaya y Balneario de Puente Viego

Entre los ríos Besaya y Pas, la sierra del Escudo de Cabuérniga se presenta en su estructura típica, o sea, de anticlinal fallado cuyo núcleo, constituido por las Calizas de Montaña, cabalga hacia el sur sobre el Jurásico y Cretácico. El flanco norte está constituido por los materiales mesozoicos y cenozoicos del Entrante Costero.

FIG. 11.- ESQUEMA GEOLOGICO DEL BALNEARIO DE LA BERZOSA (PUENTENANSA)





LEYENDA

- Areniscas, limolitas y arcillas (F. Weald)
- Conglomerados, areniscas, arcillas y margas (F. Purbeck)
- Calizas, dolomías y margas
- Conglomerados, areniscas y limolitas
- Calizas de Montaña

|
 | CRETACICO
 |
 | JURASICO
 |
 | TRIASICO
 |
 | CARBONIFERO

PERFIL GEOLOGICO DEL BALNEARIO DE LA BERZOSA

En el cauce de ambos ríos, que atraviesan de sur a norte esta estructura y justo en el contacto entre las Calizas de Montaña y el Triásico suprayacente, se han originado los manantiales de las Caldas de Besaya y Puente Viesgo, entre uno y dos km por detrás del frente de cabalgamiento.

Desde un punto de vista geológico ambos manantiales presentan una disposición muy similar, tal como puede observarse en las figuras 13-14 (correspondientes a las Caldas de Besaya) y 15-16 (correspondientes a Puente Viesgo).

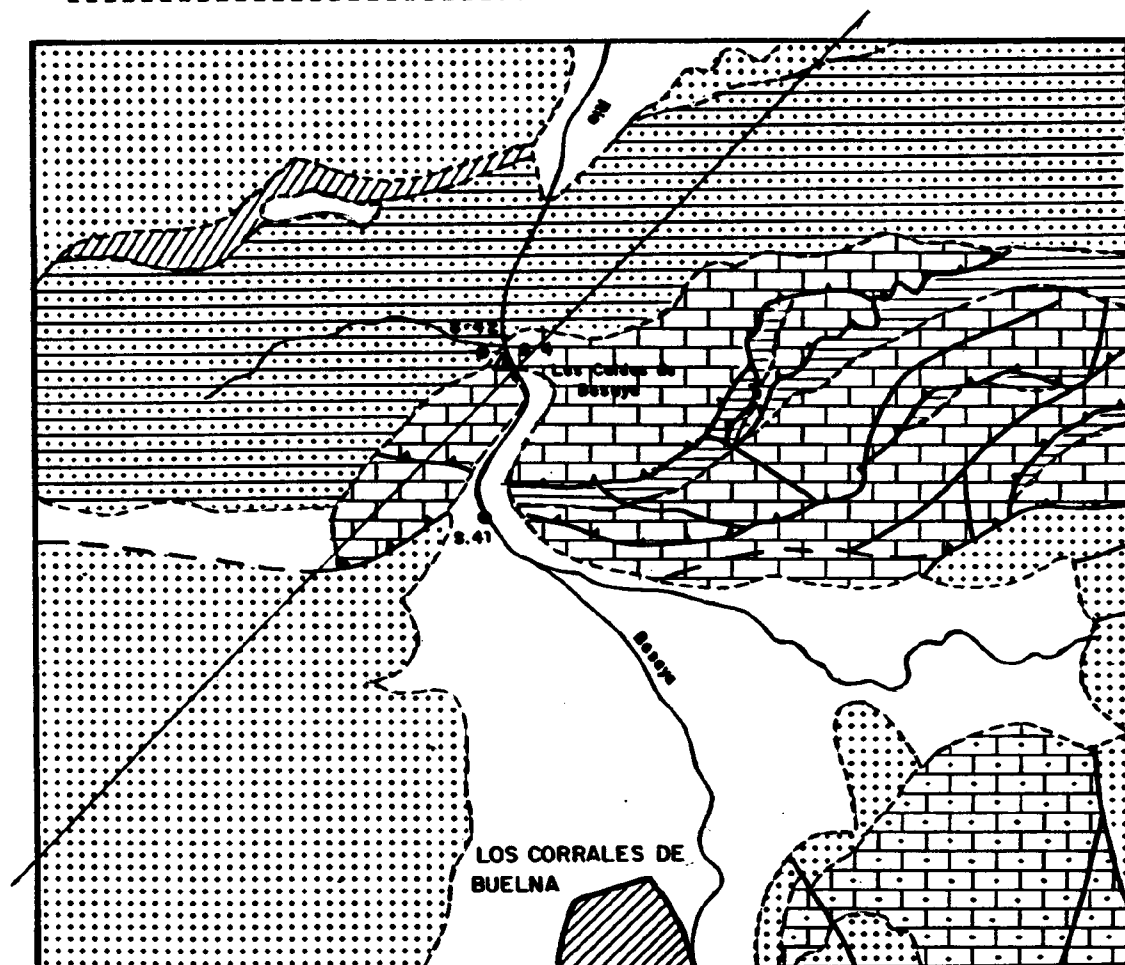
4.3.2.4. Ontaneda y Alceda









Las figuras 17 y 18 muestran el esquema y el perfil geológicos de este sector.



Los manantiales se sitúan junto al cauce del río Pas, a unos 12 km aguas arriba de Puente Viesgo, dentro ya de la Zona Tectonizada del Torazno. Se trata de afloramientos mesozoicos afectados por pliegues laxos de dirección N-S y por una importante red de fallas que imponen un predominio de la tectónica de fractura; las lineaciones principales son en dirección N-S, E-W y SW-NE. La serie mesozoica en el sector comprende desde el Triásico hasta el Cretácico inferior en facies Weald.

Los dos manantiales manan sobre el aluvial del río Pas, yacente a su vez sobre las calizas y margas del Dogger. El área de surgencia está cruzada por una importan

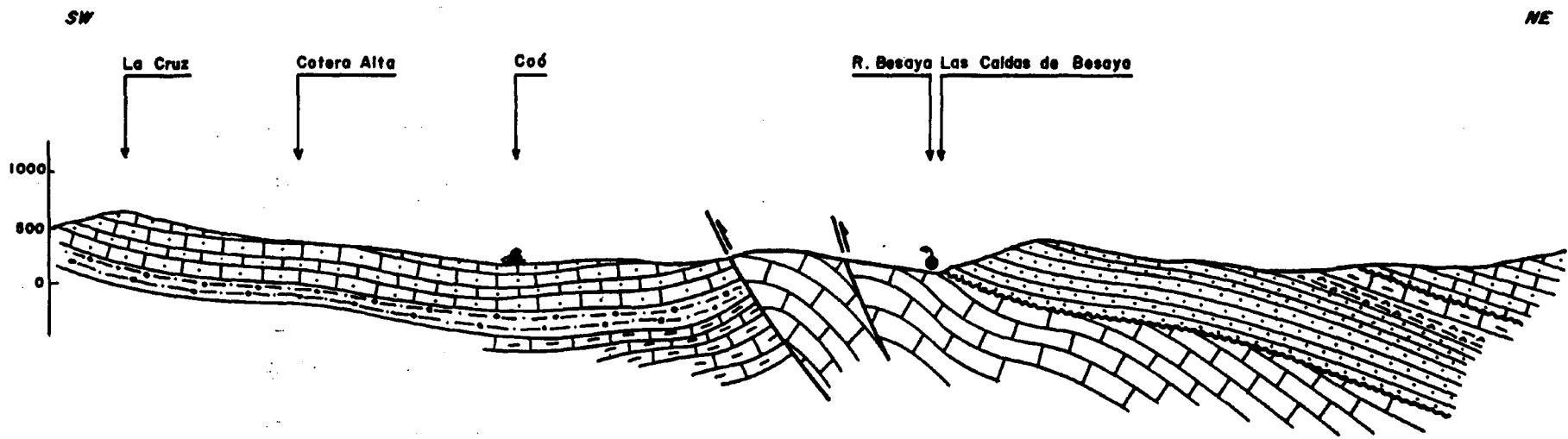
FIG. 13.- ESQUEMA GEOLOGICO DE LAS CALDAS DE BESAYA



CUATERNARIO		Coluvial
CRETACICO		Calizas y calcarenitas
		Facies Weald
JURASICO		Brechas dolomíticas
TRIASICO		Detrítico en facies roja
		Pizarras y areniscas
CARBONIFERO		Pizarras y areniscas
		Calizas de Montaña

muestra de agua {  Perfil geológico
 Manifestación termal
 Curso superficial

Escala 1:50.000
 Base geológica IGME (hoja 58)



LEYENDA

- Areniscas, limolitas y arcillas (F. Weald)
- Conglomerados, areniscas, arcillas, margas y calizas (F. Purbeck)
- Calizas, dolomias y margas
- Arcillas abigarradas, evaporitas y volcanitas
- Conglomerados, areniscas y limolitas
- Calizas de Montaña

CRETACICO

JURASICO

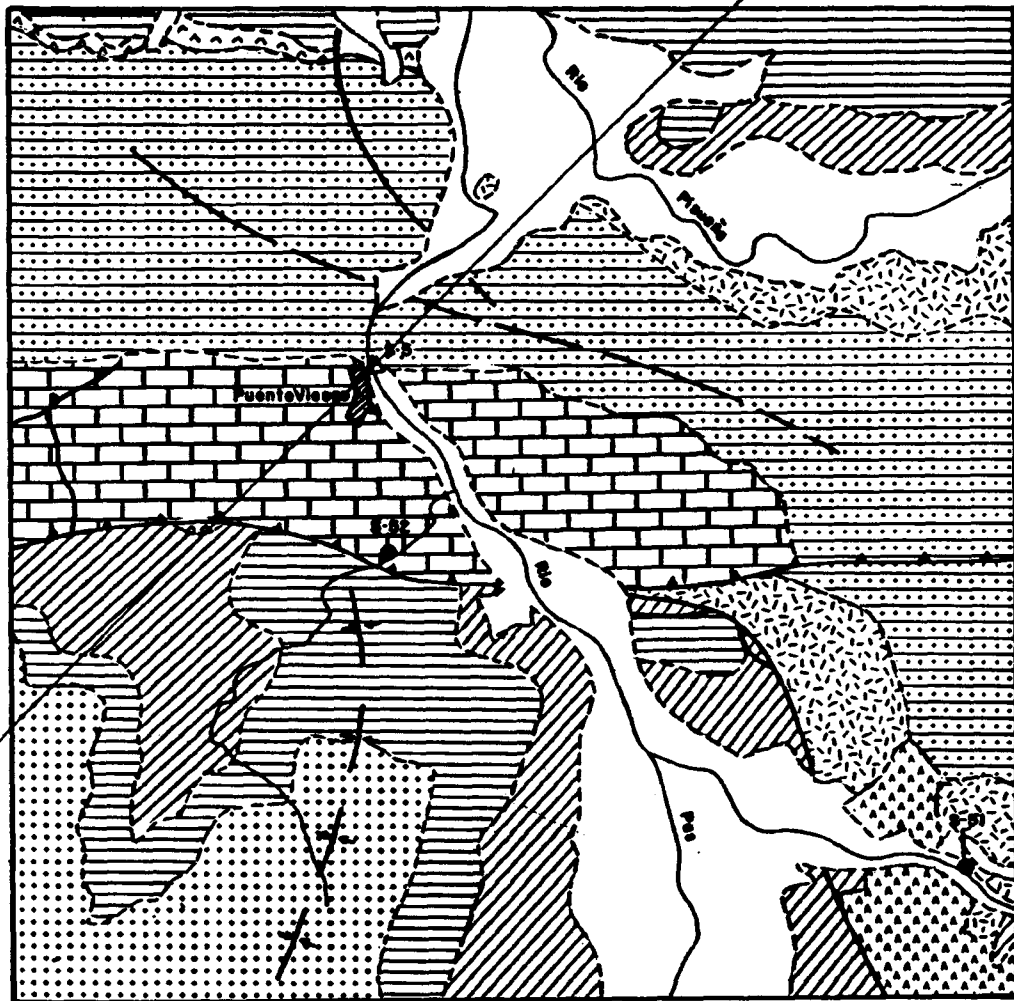
TRIASICO



CARBONIFERO



ESCALA 1:90.000

PERFIL GEOLOGICO DE LAS CALDAS DE BESAYA

FIG. 15.- ESQUEMA GEOLOGICO DE PUENTE VIESGO



CUATERNARIO		Coluvial
CRETACICO		Facies Weald
JURASICO		Facies Keuper
JURASICO		Brechas dolomíticas, calizas y margas
TRIASICO		Facies Keuper
TRIASICO		Facies detrítica roja (ofitas)
CARBONIFERO		Calizas de Montaña

muestra de agua  Perfil geológico
 Manifestación termal
 Curso superficial

Escala 1.50.000

Base geológica IGME (hoja 58)

SW

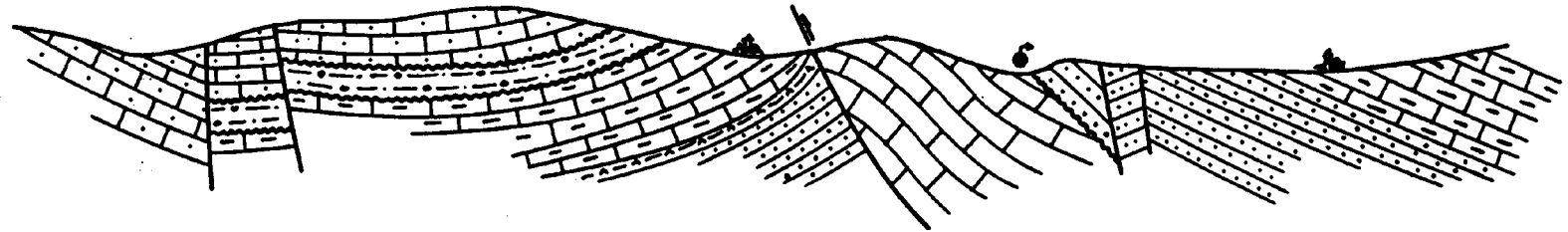
NE

Cogifo

Rio Pas Puente Viesgo







Costaneda

1000
500
0



LEYENDA

ESCALA 1:50.000

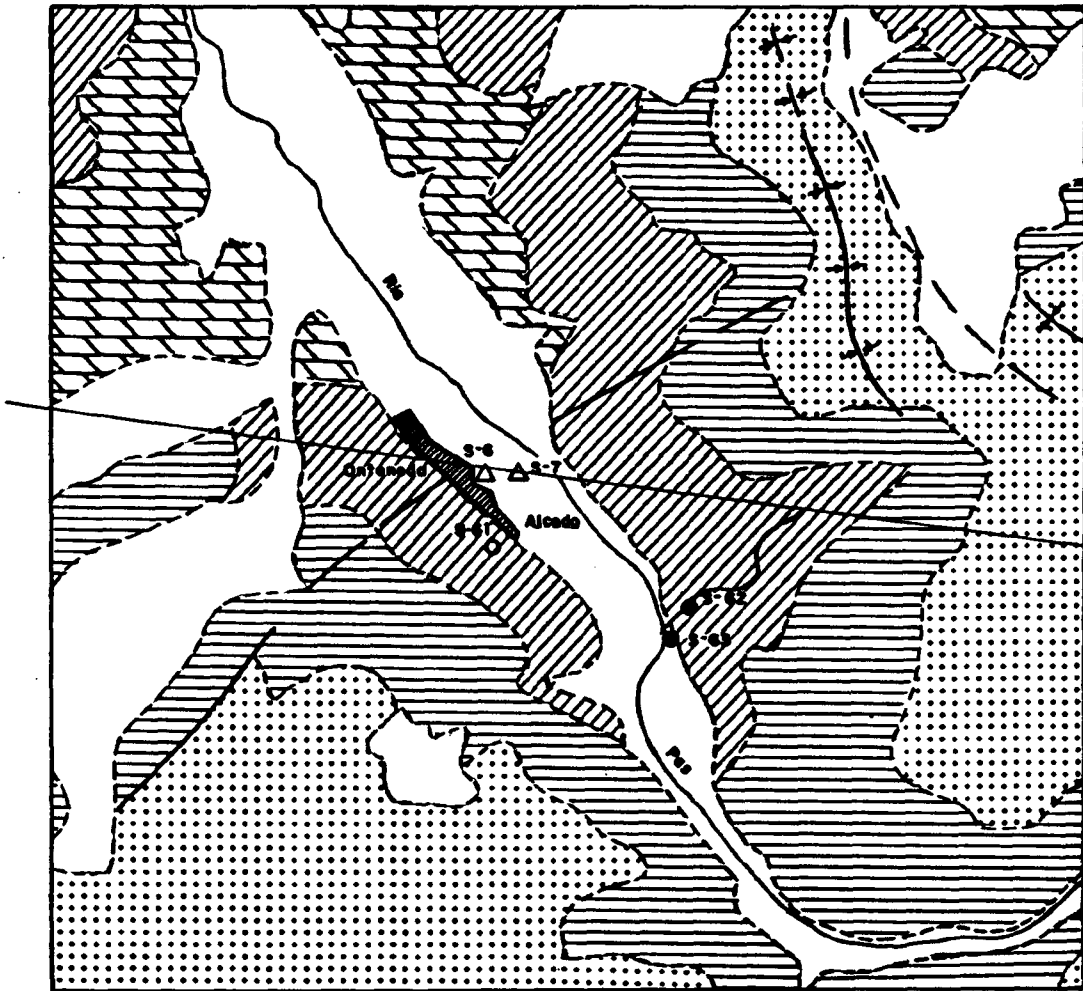
-  Areniscas, limolitas y arcillas (F. Weald)
-  Conglomerados, areniscas, arcillas, margas y calizas (F. Purbeck)
-  Calizas, dolomías y margas
-  Arcillas abigarradas, evaporitas y volcanitas
-  Conglomerados, areniscas y limolitas
-  Calizas de Montaña










CRETACICO
 JURASICO
 TRIASICO
 CARBONIFERO

PERFIL GEOLOGICO DE PUENTE VIESGO

Fig. 16

Fig. 17.- ESQUEMA GEOLOGICO DE ONTANEDA - ALCEDA



- | | | |
|-----------------|---|-----------------------------|
| CUATERNARIO |  | Coluvial |
| CRETACICO |  | Facies Weald |
| |  | Facies Purbeck |
| JURASICO |  | Margas y calizas arcillosas |
| |  | Brecha dolomítica |
| |  | Perfil geológico |
| muestra de agua |  | Manifestación termal |
| |  | Manantial frio |
| |  | Curso superficial |

Escala 1:50.000
Base geológica IGME (hoja 58)

WNW

ESE

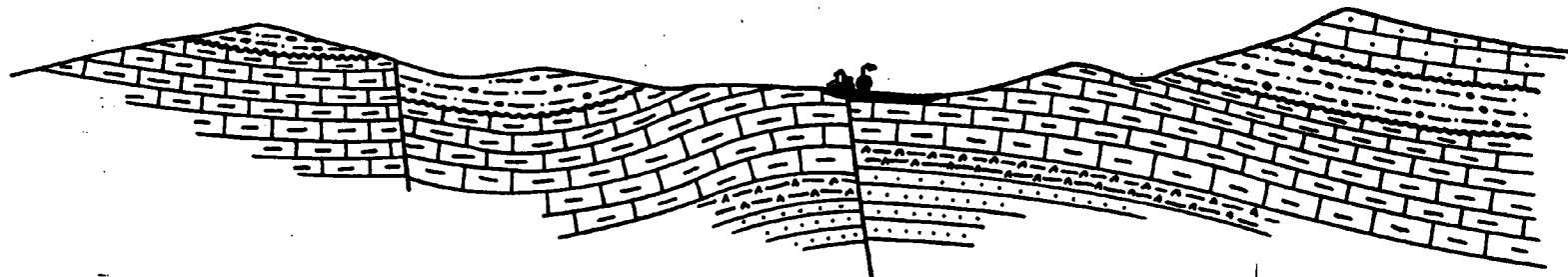
Cerro El Cotorral

Ontameda-Alceda

Rio Pas







Cerro Berano

1000
500
0



LEYENDA

ESCALA 1 : 50.000

-  Aluvial
-  Areniscas, limolitas y arcillas (F. Weald)
-  Conglomerados, areniscas, arcillas, margas y calizas (F. Purbeck)
-  Calizas, dolomias y margas
-  Arcillas abigarradas, evaporitas y volcanitas
-  Conglomerados, arenisca y limolitas

CUATERNARIO

CRETACICO

JURASICO

TRIASICO

PERFIL GEOLOGICO DE ONTAMEDA-ALCEDA

te fractura SW-NE, que probablemente interfiere con otra - de dirección E-W, visible parcialmente en el esquema cartográfico.

4.3.2.5. Solares, Hoznayo y Liérganes

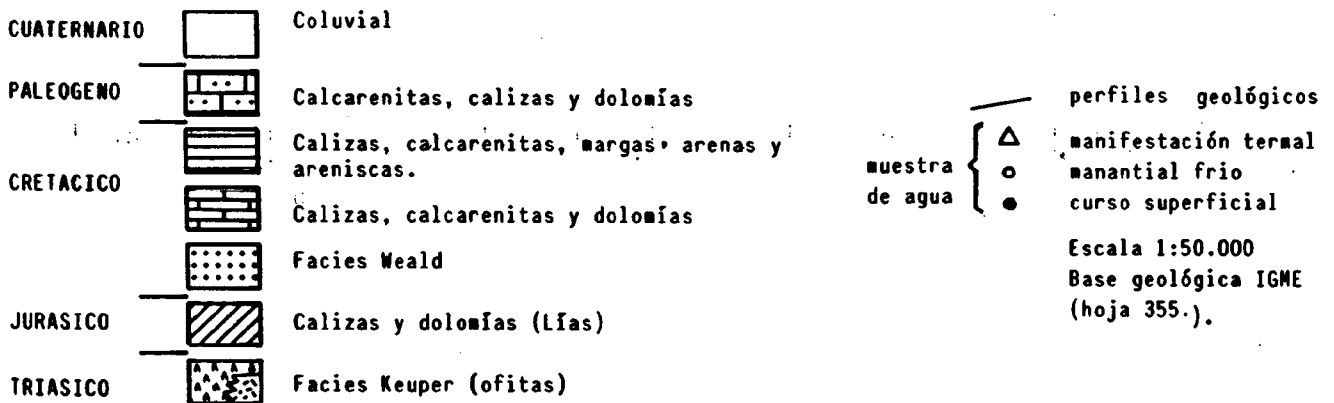
Dada la proximidad geográfica de las manifestaciones que a continuación se describen y a que todas ellas se encuadran dentro del mismo ámbito geológico, se ha realizado un único esquema cartográfico (figura 19) y perfiles geológicos comunes que las relacionan entre sí (figuras 20, 21 y 22).

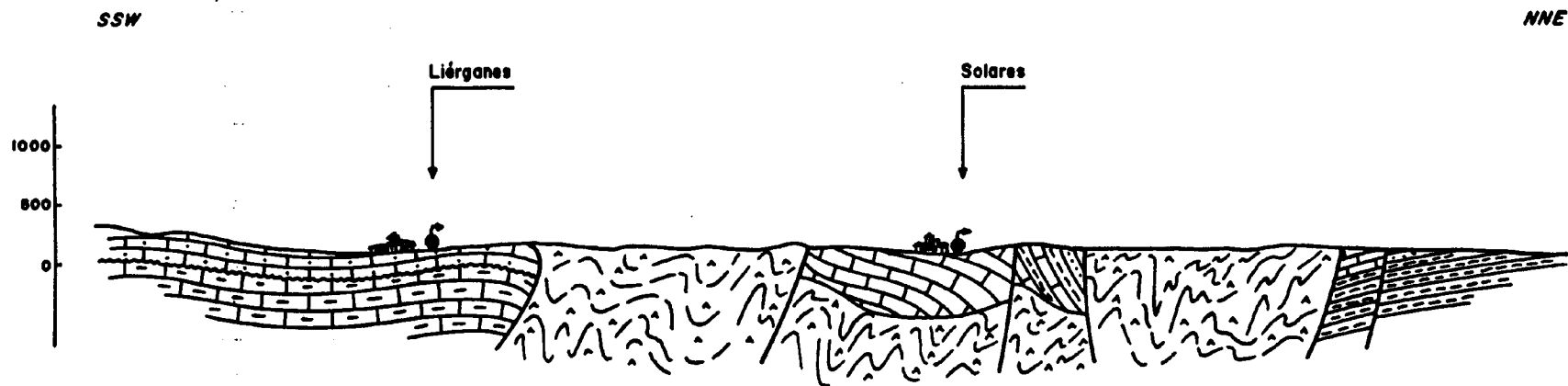
En conjunto la zona está constituida por materiales predominantemente cretácicos, afectados por un fuerte diapirismo triásico, que intruye entre los bloques calcáreos, aprovechando preferentemente las fracturas E-W y N-S, dando lugar a una compleja estructura de fracturación, con fallas en direcciones múltiples, frecuentemente de tipo circular.

Los materiales triásicos son de facies Keuper, con extensos núcleos ofíticos asociados. Afloran retazos de margas y calizas del Lías y el resto son materiales carbonatados del Cretácico. Destacan las calizas y dolomías del Aptiense-Albiense que forman la Sierra de Villanueva, que cruza la zona de W a E, y con las que están estrechamente relacionadas las manifestaciones de Solares y Hoznayo. El resto de la serie presenta un fuerte porcentaje de materiales detríticos finos.










FIG. 19.- ESQUEMA GEOLOGICO DE LA ZONA SOLARES-HOZNAYO-LIERGANES





LEYENDA

-  Calcarenitas, calizas y dolomias
-  Margas y calizas arcillosas
-  Calizas arcillosas, margas, arenas y calcarenitas
-  Calizas y dolomias
-  Areniscas y arcillas limolíticas (F. Weald)
-  Calizas, dolomias y margas
-  Arcillas abigarradas, evaporitas y ofitas

PALEOGENO

CRETACICO

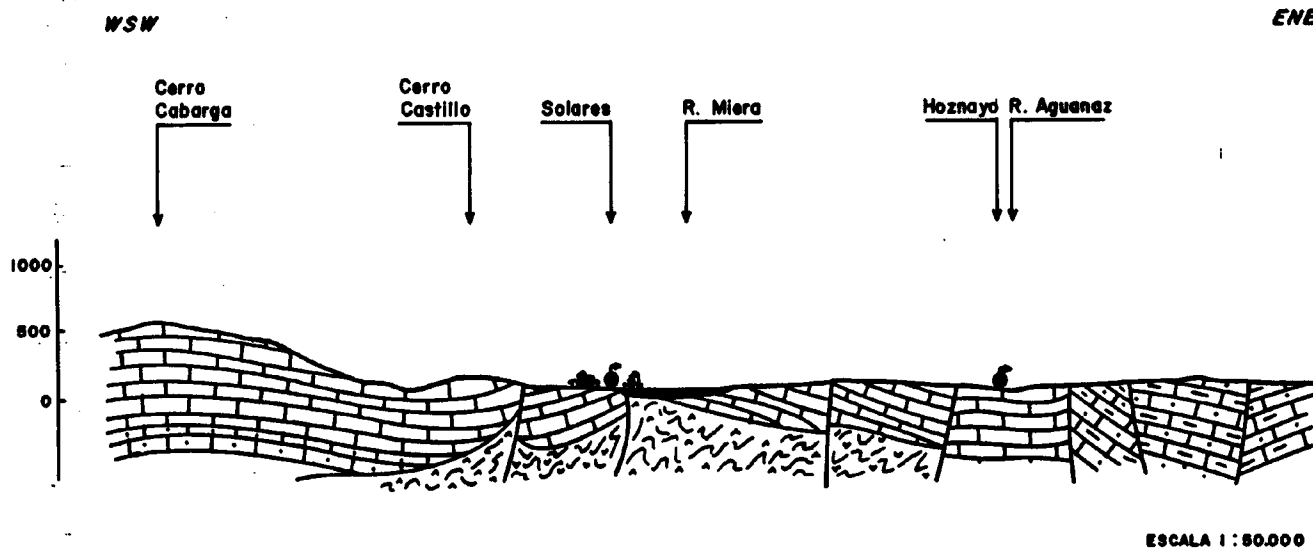
JURASICO

TRIASICO






ESCALA 1 : 50.000

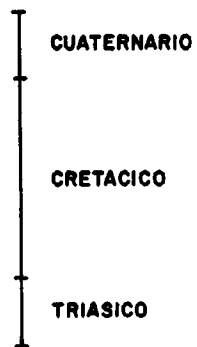
PERFIL GEOLOGICO DE LIERGANES-SOLARES

Fig. 20



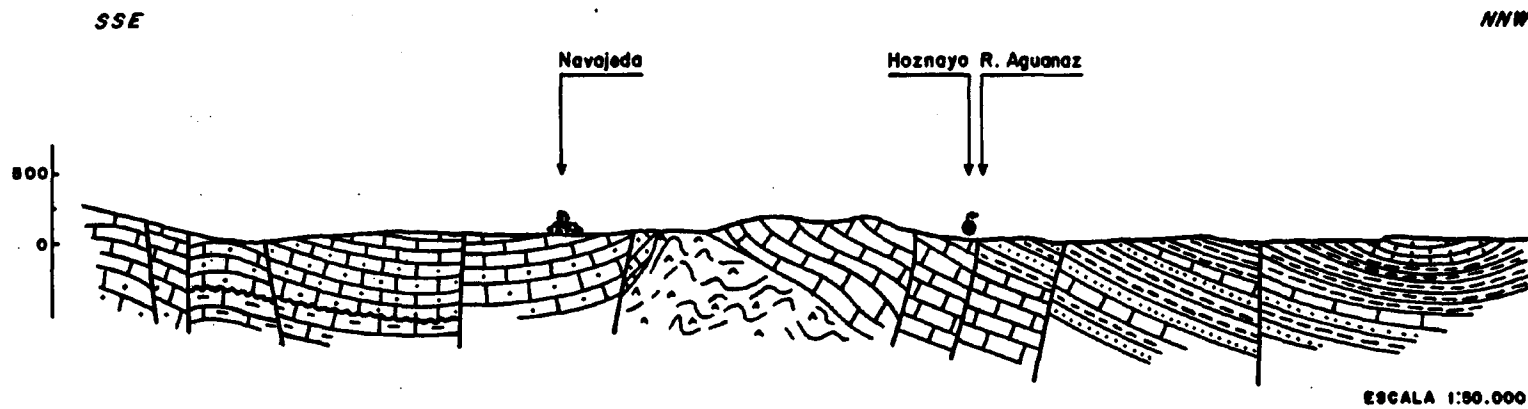
LEYENDA

-  Aluvial
-  Calizas, arcillosas, margas, arenas y calcarenitas
-  Calizas y dolomías
-  Areniscas y arcillas limolíticas (F. Weald)
-  Arcilla abigarradas, yesos y ofitos

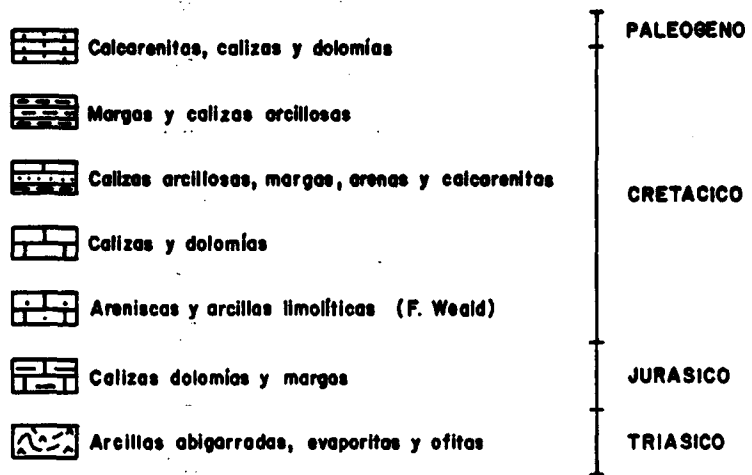


PERFIL GEOLOGICO DE SOLARES-HOZNAYO

Fig. 21



LEYENDA



PERFIL GEOLOGICO DE HOZNAYO

Solares se sitúa en el contacto entre las calizas cretácicas y el Triásico intrusivo, en el valle del río Miera (figuras 20 y 21). En este sector, las calizas de la sierra de Villanueva "flotan" prácticamente sobre el triás intrusivo de los diapiros de Cudeyo, al norte, y de Solares al sur. Ambos diapiros están unidos a través del valle del Miera, separando probablemente del resto de la sierra al pequeño afloramiento de calizas sobre el que se sitúan los manantiales de Hoznayo, al este de Solares. Los manantiales de Hoznayo surgen de estas calizas, prácticamente sobre el cauce del río Aguanaz, cerca del contacto, por fallas, con el Cretácico más detrítico (figuras 21 y 22)

Las manifestaciones de Liérganes están situadas al sur del diapiro de Solares, sobre los materiales cretácicos en facies Weald, y aproximadamente a medio km del contacto tectónico con el Triás intrusivo (fig. 20). Por lo demás no se observan fracturas que afecten al área de surgencia, aunque dada la naturaleza de estos materiales son difíciles de detectar.

4.3.3. Resumen de las características geológicas.

Las manifestaciones termales de Asturias se sitúan sobre los materiales paleozoicos fuertemente tectonizados que integran el macizo herciniano del norte peninsular. Todas ellas están relacionadas con las calizas carboníferas, y normalmente están emplazadas en el contacto entre las calizas y la serie mesozoica. En general no pueden relacionarse directamente con líneas de falla, a pesar de la intensa fracturación de estos materiales. A este esque-

ma general responden los casos de Fuensanta, Puente Llés y Andines. Las Caldas de Oviedo se sitúan sobre un amplio afloramiento de las Calizas de Montaña, y su posible asociación con algún accidente tectónico es más difícil de establecer.

Las manifestaciones de Cantabria se localizan tanto sobre materiales paleozoicos como cenozoicos, debido al carácter de borde del macizo herciniano de la zona en cuestión. Unas, relacionadas con los afloramientos paleozoicos y con las Calizas de Montaña en particular, siguen la tónica de las manifestaciones asturianas, situándose en el contacto entre las calizas y el Permotriás. Pueden estar directamente relacionadas con líneas de falla, como es el caso de La Hermida, que se sitúa sobre una fractura que pone en contacto ambas formaciones, o ser fácilmente asociables a las mismas, caso de Las Caldas de Besaya y Puente Viesgo, que se sitúan cerca del frente de cabalgamiento de la sierra del Escudo de Cabuérniga.

El resto de las manifestaciones se ubican sobre materiales mesozoicos, jurásicos y sin relación con fracturas importantes, caso de Puentenansa, o relacionables con pequeñas fracturas locales, caso de Ontaneda y Alceda. Finalmente, Solares, Hoznayo y Liérganes se sitúan en la zona de diapirismo triásico de Cudeyo y Solares, las dos primeras asociadas a una formación de calizas aptien-ses y la última al Cretácico basal en facies Weald.

5.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

5.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

5.1. ASTURIAS

5.1.1. Las Caldas de Oviedo

El manantial que da origen a las Caldas de Oviedo es una surgencia cárstica desarrollada sobre las Calizas de Montaña. Dadas las características geológicas del sector no resulta fácil establecer un modelo hidráulico que justifique la existencia del manantial termal (fig. 3 y 4).

A pesar de que en el sector interfieren tres unidades estructurales, (Unidad de la Sobia, U. del Aramo y la Cuenca Carbonífera Central), la diferenciación entre ellas es más litológica que tectónica, y no se define, por lo menos en superficie, ninguna falla o fractura asociable al manantial.

El manantial estará probablemente relacionado con alguna de las múltiples fracturas que afectan a la zona en profundidad. La gran permeabilidad de las Calizas de Montaña habrá permitido la ascensión del agua termal, aflorando en superficie sin aparente relación con los accidentes estructurales que la originan.

Aún dentro de esta hipótesis, no se explica porque el manantial se ubica en el centro del afloramiento calcáreo, y no, como parecería más lógico, junto al cauce del Nalón, cuando este deja las Calizas de Montaña y penetra en los materiales detríticos del Devónico, con condicionantes de mínima cota topográfica y presencia de niveles impermeables.

5.1.2. Balneario de Fuensanta

Esta surgencia se sitúa sobre los materiales aluviales del río Fuensanta, en el contacto entre unos materiales permeables (Calizas de Montaña) y otros impermeables (Cretácico basal), sin que ninguna fractura importante corte el área de surgencia (fig. 5 y 6).

Sin embargo, la presencia del manantial no resulta extraña, si se considera que este sector está relativamente próximo a la interacción de dos grandes fracturas, (el desgarramiento de Ventaniella y el cabalgamiento de la sierra de Ques), que definen una zona fuertemente tectonizada. También en este caso, la buena permeabilidad de las Calizas de Montaña permitiría la surgencia de las aguas termales lejos de la traza superficial de la fractura a la que están asociadas.

5.1.3. Puente Llés

El manantial de Puente Llés es un caso análogo al precedente. A pesar de hallarse en una zona fuertemente tectonizada, el agua surge de materiales calcáreos en un sector sin accidentes tectónicos locales (fig. 7, 8 y 10). Como en el caso anterior, el manantial puede estar asociado a cualquiera de las múltiples fallas que cruzan la zona, a pesar de que el agua, en un circuito de salida, se aleja de las mismas gracias a la permeabilidad de los materiales calcáreos circundantes.

Los materiales del Permotrías pueden actuar de

barrera impermeable de cara a la génesis del manantial, a pesar de que cartográficamente el manantial se sitúe aproximadamente a 0,5 km del contacto con las calizas. La naturaleza química del agua, que tiende hacia facies salinas, así parece indicarlo.

5.1.4. Balneario de Andines

El circuito hidráulico de este manantial puede estar asociado al cabalgamiento de la Unidad de Cueva. Al igual que en casos anteriores, en su salida a través de las Calizas de Montaña, el agua se aleja del plano de falla para aflorar en superficie al encontrar la barrera impermeable de los materiales cretácicos del sinclinal de Colombres siempre sobre una cota topográfica mínima (fig. 7 y 8).

5.2. CANTABRIA

5.2.1. Balneario de la Hermida

La situación del manantial sobre la línea de falla que pone en contacto las calizas carboníferas con el Permotrías (fig. 9 y 10), es de por sí suficiente para justificar su existencia.

Podría ser que el manantial estuviera relacionado con cualquiera de las fallas que criban el sector, y que el punto de surgencia estuviera condicionado simplemente por el contacto permeable-impermeable en un punto de cota mínima (cauce del Deva). Sin embargo, la naturaleza claramente salina del agua pone de manifiesto que la circula-

ción en contacto con los materiales triásicos es importante, hecho que parece determinar la importancia de esta falla en la génesis del agua termal.

5.2.2. Balneario de la Berzosa (Puentenansa)

Dadas las características geológicas del entorno de la surgencia (fig. 11 y 12), es difícil asociar este manantial con un acuífero profundo. Lo más probable es que esté originado por el drenaje de un acuífero somero y asociado a las calizas cretácicas. Las características físico químicas del agua también apuntan en este sentido. El carácter sulfatado del agua no es incompatible con la naturaleza del acuífero, y no es necesario buscar relaciones con materiales triásicos, (aunque pueden existir). La presencia de sulfhídrico precisa simplemente de un acuífero reductor, hecho frecuente en unos materiales que son relativamente - orgánicos. El único problema en este aspecto lo constituyen las altas concentraciones de los elementos minoritarios - (F, B y Li).

Cabe decir que hay numerosos manantiales sulfhídricos no termales asociados a materiales margo-calcáreos de este tipo. El modelo que se plantea es, en cualquier caso, frecuente.

5.2.3. Caldas de Besaya y Puente Viesgo

Las características geológicas comunes a estos dos manantiales hacen que su génesis responda a un modelo hidráulico prácticamente idéntico (fig. 13,14,15 y 16).

El fenómeno termal estaría relacionado con el cabalgamiento de la sierra del Escudo de Cabuérniga. El agua caliente, ascendiendo a través de las Calizas de Montaña suprayacentes, buscaría el punto de menor cota topográfica para aflorar en superficie, hecho que se produciría en el contacto entre las calizas y el Triás impermeable, sobre el cauce del río (Besaya en un caso y Pas en el otro).

Se trata de un modelo repetitivo, visto ya en casos anteriores, simplificado en este caso por la relativa sencillez de la estructura geológica. Es evidente que la elevada permeabilidad de las calizas, además de provocar la dispersión de la emisión termal respecto del accidente tectónico que la origina, puede inducir posibles fenómenos de mezcla de aguas, hecho a considerar al efectuar la evaluación hidroquímica de las mismas.

5.2.4. Ontaneda y Alceda

La presencia de los manantiales termales de Ontaneda y Alceda en una zona relativamente poco deformada, es un poco problemática desde un punto de vista tectónico, (fig. 17 y 18). La magnitud de la fractura que afecta al área de surgencia es insuficiente para explicar un fenómeno termal. Este hecho, junto con el carácter fuertemente salino del agua, y la poca magnitud del termalismo, apuntan hacia un modelo relativamente sencillo, no necesariamente ligado a un fenómeno termal.

Las dos manifestaciones, seguramente debidas a

un tronco común, podrían corresponder al drenaje de un acuífero cautivo triásico-jurásico producido a través de la -- fractura antes citada. La escasa temperatura del agua puede ser simplemente debida a una acumulación de yesos (la - deformación diapírica del Trías es frecuente en la zona), con el consiguiente ascenso de las isothermas en el sector, debido a su mayor conductividad.

5.2.5. Solares-Hoznayo

Se trata de un conjunto de surgencias cársticas que drenan el potente paquete de calizas y dolomías del -- Cretácico inferior que constituyen la sierra de Villanueva (fig. 19, 20, 21 y 22). En la zona de Solares, el Keuper - diapírico sirve de base a este acuífero, y es en el contac - to entre las dos formaciones donde se localizan algunos de los principales manantiales del sector.

Los manantiales de Solares se originan cuando las calizas de la sierra de Villanueva son cortadas por el Keuper en el valle del río Miera, dando lugar a una amplia zona de surgencias difusas, ligeramente deprimida, en la - que las calizas están recubiertas por materiales areno-limo - sos (probablemente aluviales). Es en este sector donde se - han excavado los pozos y balsas de captación del Agua de - Solares, excavaciones de unos 3 m. de profundidad, que - atraviesan el recubrimiento cuaternario y penetran ligera - mente en las calizas carstificadas. La escasa temperatura del agua puede ser como en el caso anterior, un efecto tér - mico de los yesos. El manantial de la Covachona, muestrea - do en las proximidades de Solares, tiene un origen idénti -

co, aunque probablemente drena aguas con circulación más superficial.

Los manantiales de Hoznayo drenan las mismas calizas, en un reducido afloramiento situado sobre la margen derecha del río Miera. Su origen puede estar relacionado con el contacto por falla entre estas calizas y un nivel de arenas y margas albienses, que puede actuar de pantalla impermeable, dando lugar a una zona de surgencias sobre el cauce del río Aguanaz de aproximadamente 0,5 km aguas arriba de la falla, en la que se ubican los manantiales muestreados, (Fuente del Francés, Fuente de la Olla y Fuente del Campo).

Con la información disponible no es posible saber si este afloramiento está conectado hidráulicamente al resto de la sierra de Villanueva, a través del valle del Miera, o si por el contrario, son dos sistemas independientes. El agua es químicamente idéntica a la de Solares, de manera que el Keuper sigue jugando un papel importante a nivel del acuífero en este sector. De tratarse de sistemas distintos, la reducida extensión del afloramiento de Hoznayo no justifica los elevados caudales de los manantiales, y sería necesario aceptar un aporte de agua procedente del Cretácico circundante actuando como semipermeable. Dadas las características de estos materiales, de las aguas que se cuestionan y del resto de aguas analizadas en el sector, es probable que Solares-Hoznayo sea un sistema hidráulico único.

5.2.6. Balneario de Liérganes

Geológicamente el entorno de los pozos de Liérganes no puede observarse por estar edificado y/o recubierto por los materiales aluviales del río Miera.

El reducido caudal de los pozos hace que estos puedan estar alimentados por cualquier acuífero local, factible incluso dentro de los materiales poco permeables del Weald sobre los que se ubican las captaciones (fig. 19 y 20). La presencia de H_2S no es de extrañar, puesto que es frecuente en estos materiales la presencia de horizontes orgánicos que posibilitan ambientes reductores.

La única característica que rompe el esquema - un tanto simple que se plantea, es el carácter fuertemente sulfatado de las aguas que hace necesario considerar su probable relación con el Keuper diapírico que aflora en las proximidades de los pozos. Es posible que los materiales cretácicos estén total o parcialmente despegados sobre el Keuper, y que el conjunto esté cuarteado por fracturas cuya traza se difumina en superficie dada la poca competencia de los materiales. En estas condiciones, la formación de un acuífero local triásico-cretácico, con ambiente reductor, es relativamente fácil y justificaría plenamente la existencia de las manifestaciones de Liérganes.

5.3. RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS.

Las manifestaciones termales asturianas pueden

responder a un modelo hidráulico relativamente sencillo. Se generan en relación con alguna de las innumerables fracturas que afectan al sector, y se presentan asociadas a los materiales de máxima permeabilidad de la zona, las calizas carboníferas, sobre las que se desarrolla el circuito de salida del agua termal y, probablemente, el circuito de entrada y el almacén.

La buena permeabilidad de estos materiales provoca, por un lado, la dispersión de las surgencias respecto de los accidentes tectónicos que posibilitan su génesis, de manera que es generalmente difícil asociar estas manifestaciones a un accidente en concreto; muchas manifestaciones se dan en áreas relativamente tranquilas desde el punto de vista estructural local. El afloramiento en superficie de las aguas termales se produce generalmente cuando las calizas permeables entran en contacto con materiales más impermeables que las cierran el paso (mesozoicos casi siempre). Por otro lado, el importante desarrollo de la carstificación producido por la elevada pluviometría de la zona, facilita los fenómenos de mezcla entre el agua termal y las aguas frías de infiltración.

La dispersión de los circuitos de salida, unida a los fenómenos de mezcla, hacen que el termalismo en esta zona se presente muy atenuado. Es probable que muchos fenómenos termales generados en la región queden de esta forma diluidos antes de manifestarse en superficie.

A este modelo hidráulico pueden responder las -

6.- HIDROQUIMICA

6.- HIDROQUIMICA

Según se desprende del inventario (capítulo 3) el trabajo se basa en un total de 3 análisis de gases y 39 químicos, 15 de los cuales se refieren a manifestaciones - posiblemente termales y los restantes a aguas superficiales o subterráneas del entorno de las citadas manifestaciones, analizadas como referencia comparativa.

Los resultados de estos análisis figuran en los Anexos 2 (químicos) y 3 (gases). Se adjuntan también los resultados del inventario del IGME-1975 que posteriormente - se comparan con los actuales mediante diagramas Schoeller en el Anexo 5.

6.1. ASTURIAS

6.1.1. Las Caldas de Oviedo

En este sector se dispone de tres análisis químicos correspondientes al agua termal, a un manantial frío y al agua superficial del río Gafo. La situación de los puntos muestreados se indica en la figura 3.

El agua termal de las Caldas es ligeramente alcalina (pH 7,7), de tipo bicarbonatado cálcico, dura (216 ppm CO_3Ca), y con una mineralización media (432 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La composición general se corresponde perfectamente con el entorno calcáreo de la surgencia: la relación $\text{CO}_3\text{H}/\text{Ca}$ prácticamente unitaria es indicativa de una circulación por ca

lizas; el carácter unitario de las relaciones $Cl/Na + K$ y $CO_3H + CO_3 + SO_4/Ca + Mg$ puede atribuirse simplemente a la naturaleza marina de estos sedimentos, dada la baja concentración de los elementos más salinos. Su contenido en sílice es bajo (16 ppm), aunque superior al manantial frío (3,6 ppm). Ocurre lo mismo con el fluor y el litio, en cambio el boro es relativamente elevado en los dos manantiales.

Estos análisis químicos se han representado en el correspondiente diagrama del Anexo 5 (fig. A-5-1). En primer lugar puede observarse una buena correlación entre el agua termal y la del manantial O-1B, menos mineralizada probablemente por una circulación más somera. El agua del río, O-11, presenta claros indicios polutivos (fluor, boro y nitratos principalmente) careciendo de interés a efectos de comparación .

A nivel histórico puede observarse también una buena coincidencia entre los dos análisis del agua termal, indicativa, en principio, y a falta de más datos, de una cierta estabilidad química en el tiempo.

6.1.2. Fuensanta

Se han analizado los dos manantiales termales del balneario, (O-2A y O-2B), un manantial frío en Cretácico (O,23), y dos en las Calizas de Montaña (O-22 y O-24), además del río Fuensanta (O-21), aguas arriba de la zona de surgencia termal. La situación de estos puntos puede observarse en la fig. 5.

El agua termal es prácticamente idéntica en los dos manantiales: casi neutra (pH 7,1 y 7,2), de tipo bicarbonatado cálcico, con una mineralización media (650 μ S/cm) y una dureza elevada (270 ppm CO_3Ca). Presenta un alto contenido en sílice (60 ppm) justificable quizás por la proximidad de las cuarcitas armoricanas. Los contenidos en fluor, boro y litio son también elevados y superiores al de las aguas frías. Son ligeramente sulfhídricas.

La composición general de estas aguas puede observarse en la correspondiente figura del Anexo 5 (fig. A5.2) en la que solo se ha representado un manantial termal. Hay un buen paralelismo entre el agua termal y los manantiales O-22 y O-24 indicativo de que las Calizas de Montaña albergan el circuito termal. El valor unitario de la relación $\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3 / \text{Ca}$ corrobora una circulación por calizas. El agua del río Fuensanta procede también mayoritariamente del drenaje de este acuífero. El manantial O-23, en materiales cretácicos, presenta unas características notablemente distintas.

La similitud química del agua de la Begona, (O-24) con el agua termal y, en especial, su elevado contenido en sílice, fluor, boro y litio, así como su temperatura de surgencia (15,7°C), superior en algunos grados al resto de aguas frías, dan un cierto carácter termal a este manantial.

Se manifiesta también una cierta estabilidad química del agua termal con el tiempo.

6.2. CANTABRIA

6.2.1. La Hermida

Se dispone del análisis del agua termal, (S-2A) de un manantial frío en las Calizas de los Picos de Europa (S-21), y del río Deva agua arriba de la surgencia termal, (S-22). Su situación se ha indicado en la figura 9.

El agua termal es ligeramente alcalina (pH 7,5) salobre ($3700 \mu S/cm$), de elevada dureza ($430 ppm CO_3Ca$), y de tipo clorurado sódico. El contenido en sílice es bajo (23 ppm), aunque bastante superior al de las aguas frías. El litio es notablemente superior (0.273 ppm), mientras fluor y boro son del mismo orden.

Desde el punto de vista geoquímico se manifiesta una determinante influencia de las facies evaporíticas, (Permotrías), en la mineralización del agua termal, que se traduce en los valores unitarios de las relaciones Cl/Na , $Cl/Na + K$, SO_4/Ca , $CO_3H + CO_3 + SO_4/Ca + Mg$ y $Cl + SO_4 / Na + Ca + K$.

El diagrama de Schoeller de la figura A5.4 pone de manifiesto estas características y también la buena estabilidad química del agua termal en el tiempo. Es interesante comparar esta figura con la A5-3, correspondiente a Puente Llés.

6.2.2. Puentenansa

Se ha analizado el agua del balneario de La -

Berzosa, (S-3), de un manantial frío que drena calizas jurásicas, (S-32), y el río Nansa aguas arriba del balneario (S-31). La situación de estos puntos puede observarse en la figura 11.

El agua del balneario es algo alcalina (pH 7,7) de tipo sulfatado cálcico, sulfhídrica, muy dura (412 ppm de CO_3Ca), y con una mineralización media a alta ($855 \mu\text{S/cm}$). La sílice, en términos absolutos es baja (14 ppm), - aunque claramente superior a la media de las aguas frías. Litio, fluor y boro son claramente superiores.

Las relaciones iónicas ponen de manifiesto una clara interferencia entre facies carbonatadas y sulfatadas cálcicas (calizas y yesos), que no son extrañas a la naturaleza de los materiales que rodean la surgencia.

El diagrama de la figura A5-5 pone de manifiesto una cierta similitud entre las aguas frías y el agua su puestamente termal de la Berzosa, diferenciándose esta última unicamente por una mayor mineralización en Ca, Mg y SO_4 , aparte de los elementos minoritarios, cuya significación requeriría estudios más detallados. El quimismo del agua parece también relativamente estable con el tiempo.

6.2.3. Las Caldas de Besaya

Se dispone del análisis del agua termal; (S-4), y, a falta de otros manantiales en el sector, de dos cursos superficiales, el río Besaya aguas arriba del balneario, (S-41), y el arroyo Rumiales (S-42), que drena casi exclusiva-

mente materiales triásicos. Estos puntos están situados sobre la figura 13.

El agua termal es prácticamente neutra (pH 7,1) de tipo clorurado sódico, salobre (6200 μ S/cm) y de dureza elevada (494 ppm CO_3Ca). El contenido en sílice relativamente bajo (27 ppm), aunque superior al de las aguas frías. El contenido en Li (con 0,511 ppm) B y F es también superior en el agua termal.

Desde el punto de vista geoquímico se pone de manifiesto la influencia de las facies evaporíticas (probablemente facies Keuper). Es probable que los materiales del Keuper constituyan el nivel de despegue del cabalgamiento de la sierra del Escudo y no es extraña su influencia en el quimismo del agua.

La figura A5-6 pone de manifiesto la marcada diferencia entre el agua termal y las aguas superficiales, muy poco mineralizadas. Los dos análisis del agua termal son prácticamente coincidentes.

6.2.4. Puente Viesgo

En este sector se ha analizado el agua termal, (S-5), y dos cursos superficiales que drenan materiales mesozoicos (S-51 y S-52), además del análisis del río Pas - aguas arriba de Alceda, (S-63). Todos estos puntos se sitúan en las figuras 15 y 17.

El agua termal es de tipo clorurado sódico, al-

go alcalina (pH 7,5), salobre ($2120 \mu\text{S/cm}$), y bastante dura (256 ppm CO_3Ca). Su contenido en sílice es relativamente bajo (18 ppm) y entre los elementos menores solo el contenido en litio es notablemente superior al de las aguas frías.

Como en el caso anterior (Caldas de Besaya), hay una clara influencia evaporítica en la geoquímica de estas aguas, aunque quizás más interferida por las facies carbonatadas, hecho que se manifiesta espacialmente en las relaciones Cl/Na , $\text{Cl/Na} + \text{K}$ y $\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3 + \text{SO}_4 / \text{Ca} + \text{Mg}$. El problema geoestructural es el mismo.

El diagrama de la fig. A5-7 patentiza la similitud del agua termal con la de Caldas de Besaya, fig. A5-6, aunque su mineralización sea menor. Se observa también una cierta similitud de facies con algunas aguas superficiales (S-51 y S-52), con la diferencia de que la concentración de Cl y Na del agua termal se dispara. Parece existir también una buena estabilidad química del agua termal en el tiempo.

6.2.5. Ontaneda - Alceda

Se han analizado las dos surgencias termales, (O-6 y O-7), un manantial frío (S-61), un arroyo local, (S-62) y el río Pas aguas arriba de las manifestaciones termales, (S-63). La situación de estos puntos se indica en la figura 17.

El agua termal es de tipo clorurado sódico, ligeramente sulfhídrica, prácticamente neutra (pH 7,1), muy dura (sobre 2000 ppm CO_3Ca) y salina ($7960 \mu\text{S/cm}$). Tiene un

contenido bajo en sílice (10 ppm), aunque es superior, como en el caso de los elementos menores, al de las aguas frías de la zona. Es de destacar el relativamente elevado contenido en litio (0,300 ppm).

Desde un punto de vista geoquímico es imprescindible relacionar el agua termal con el Keuper, infrayacente a los materiales jurásicos que circundan la zona de surgencia, y en este sentido apuntan todas las relaciones que pueden caracterizar una facies evaporítica (Anexo 2).

En el diagrama de la fig. A5-8 se muestra la diferencia entre el agua termal y las aguas frías de la zona, muy poco salinas. Puede observarse también la buena estabilidad química del agua termal en el tiempo. Resulta por lo demás interesante comparar las figuras A5-8, A5-7 y A5-6 observando la similitud de las aguas termales por un lado y la aproximación a las facies termales de las aguas superficiales que drenan afloramientos del Keuper, (S-51 y S-52).

6.2.6. Solares - Hoznayo

A pesar de tratarse de dos zonas de surgencia geográficamente separadas, plantean una problemática hidráulica e hidroquímica similar, y es por ello que se comentan conjuntamente.

Se ha analizado el agua termal de Solares, (S-1) y de las Fuentes de la Olla (S-8A), y del Frances (S-8B), en Hoznayo, además de dos manantiales fríos, (S-12 y S-82) y los ríos Panames, (S-11) y Aguanaz, (S-81), que cruzan las zonas

de surgencia. La situación de todos los puntos se indica - en la figura 19.

El agua termal de Solares-Hoznayo es de tipo - clorurado-bicarbonatado cálcico-sódico, ligeramente alcali- na (pH 7,1 a 7,5), dura (240 a 280 ppm CO_3Ca), y con una sa- linidad total media a alta (860 a 1000 $\mu\text{S/cm}$). El contenido en sílice es relativamente bajo (9 a 11 ppm), y de los ele- mentos minoritarios solo el litio es notablemente superior al de las aguas frías.

Las relaciones iónicas (Anexo - 2) son in- dicativas de una interacción entre facies carbonatadas y fa- cies salino-evaporíticas, sin preominio de ninguna de ellas. Puede responder a una circulación entre las calizas cretáci- cas en su zona de contacto con el Keuper diapírico infraya- cente, validando el modelo hidráulico planteado en el apar- tado 5.2.5.

Los diagramas de las figuras A5-9 y A5-10 pa- tentizan la identidad hidroquímica entre Solares y Hoznayo, así como la relativa estabilidad química de estas aguas con el tiempo. Puede observarse también una cierta evolución - desde las aguas probablemente someras de la Covachona, (S-12) que solo coinciden con las termales en sus contenidos en Ca, Mg y CO_3H , hasta las, seguramente, más profundas de la Fuen- te el Campo, (S-82), cuya facies general se aproxima ya a - las aguas termales.

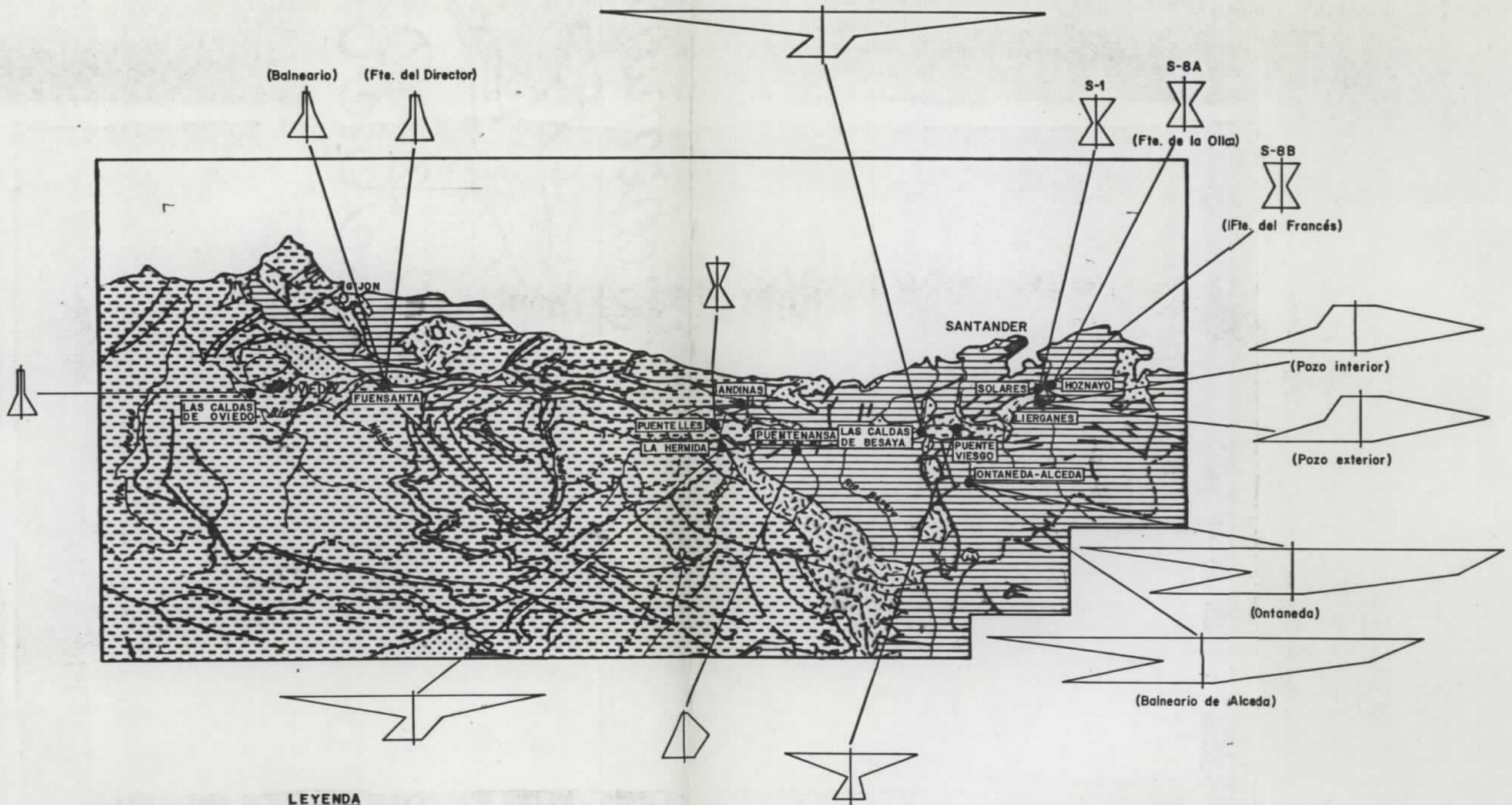
6.2.7. Liérganes

En este sector se dispone del análisis químico de los dos pozos-surgentes del balneario (S-9A y S-9B), un manantial frío, (S-92), y un curso superficial, el río Miera, (S-91). La situación de los puntos de muestreo se indica en la fig. 19.






Los análisis químicos de los dos pozos del balneario han dado resultados prácticamente idénticos. Se trata de aguas sulfhídricas de tipo sulfatado cálcico, casi neutras, (pH 7,1), de dureza muy elevada (sobre 1600 ppm de CO_3Ca) y salobres (sobre 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Al igual que en los casos anteriores el contenido en sílice es relativamente bajo (10 ppm), aunque superior al de las aguas frías. Neta-mente superiores son también sus contenidos en fluor, bromo y litio.

Desde un punto de vista geoquímico, las relaciones iónicas (Anexo 2) apuntan a una interacción de facies carbonatadas y sulfatado-dolomíticas, que se podría corresponder con un acuífero desarrollado a favor de los materiales carbonatados cretácicos y de los yesos y dolomías del Keuper, tal como se apunta en el apartado 5.2.6.

El diagrama de la figura A5-11 pone de manifiesto la diferencia entre el agua sulfhídrica y las aguas frías locales, resaltando su elevada mineralización. La falta de análisis anteriores no permite pronunciarse sobre la estabilidad química de estas aguas.



LEYENDA

 PREHERCINIANO	 TERCARIO Y CUATERNARIO
 PERMICO Y TRIASICO	 LIMITE PROVINCIAL
 MESOZOICO	

CLAVE DE STIFF

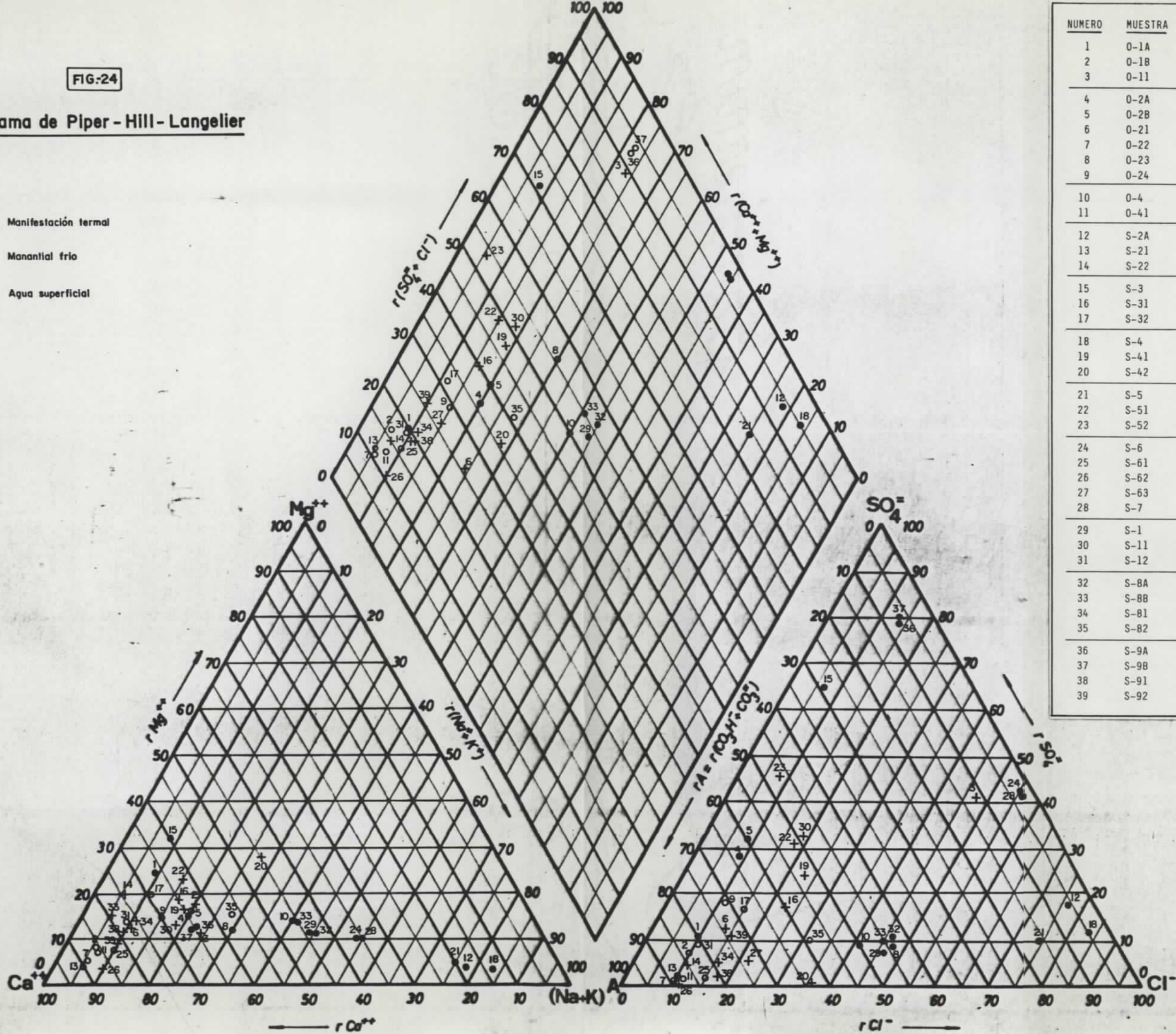
Na ⁺ +K ⁺	_____	Cl ⁻
Mg ⁺⁺	_____	SO ₄ ⁼
Ca ⁺⁺	_____	HCO ₃ ⁼
	10ppm 5 0 5 10ppm	

PLANO DE DIAGRAMAS DE STIFF

FIG-24

Diagrama de Piper - Hill - Langelier

- Manifestación termal
- Manantial frío
- + Agua superficial



NUMERO	MUESTRA	SECTOR
1	0-1A	
2	0-1B	Las Caldas de Oviedo
3	0-11	
4	0-2A	
5	0-2B	
6	0-21	Fuensanta
7	0-22	
8	0-23	
9	0-24	
10	0-4	Puente Llés
11	0-41	
12	S-2A	
13	S-21	La Hermida
14	S-22	
15	S-3	
16	S-31	Puentenansa
17	S-32	
18	S-4	
19	S-41	Caldas de Besaya
20	S-42	
21	S-5	
22	S-51	Puente Viesgo
23	S-52	
24	S-6	
25	S-61	
26	S-62	Ontaneda-Alceda
27	S-63	
28	S-7	
29	S-1	
30	S-11	Solares
31	S-12	
32	S-8A	
33	S-8B	Hoznayo
34	S-81	
35	S-82	
36	S-9A	
37	S-9B	Liérganes
38	S-91	
39	S-92	

6.3. INTERPRETACION GEOQUIMICA GENERAL

6.3.1. Características generales

A modo de resumen general de las características químicas de las aguas analizadas, comentadas por separado en los apartados anteriores, puede resaltarse la gran variabilidad cualitativa y cuantitativa que presentan las aguas termales, sobre una relativa uniformidad de las aguas frías (superficiales y subterráneas) analizadas como referencia.

Este hecho se pone de manifiesto observando -- los propios análisis químicos (Anexo 2) y las figuras 23 y 24. En la primera figura se han representado los diagramas de Stiff correspondientes a las manifestaciones termales y en la segunda se han representado todos los análisis sobre un diagrama de Piper-Hill-Langelier. La visualización de las facies hidroquímicas es de esta forma inmediata.

Son aguas ligeramente alcalinas con pH comprendidos entre 7,1 y 8,0, con la única excepción de la muestra 0-11, cuyo pH de 6,6 puede ser debido a polución. La conductividad es muy variable, oscilando entre los 105 μ S/cm de la muestra S-63 y los 7970 μ S/cm de la muestra S-7. Variable es también la dureza, que oscila entre los 38 y los 2048 ppm CO_3Ca de las mismas muestras.

La distribución de los componentes mayoritarios es también variable, manifestándose en la amplia gama de facies hidroquímicas presentes. En primer lugar destacan las -

de referencia, practicamente todas ellas de tipo carbonatado cálcico y abarcando la gama menos salina del conjunto. Destaca unicamente un reducido número de muestras con tendencias sulfatadas y cloruradas (O-23, S-41, S-51, S-52 y S-11).

Las manifestaciones termales, por el contrario, presentan una mayor dispersión. Resalta el carácter poco salino del termalismo asturiano de tipo bicarbonatado en Las Caldas de Oviedo y Fuensanta y de tipo mixto, bicarbonatado-clorurado cálcico-sódico en Puente Llés. En Cantabria esta facies mixta y poco salina se da también en Solares y Hoznayo. Las aguas sulfatadas cálcicas caracterizan las manifestaciones sulfhídricas de Puentenansa y Liérganes, estas últimas de carácter salobre. Finalmente son cloruradas sódicas en Puente Viesgo, La Hermida y Las Caldas de Besaya, - con una salinidad creciente, y también en Ontaneda - Alceda aunque con un notable componente sulfatado cálcico. Son lógicamente las facies más salinas de la zona.

En cuanto a los componentes minoritarios, SiO_2 , F^- , B y Li^{++} se comentan en el apartado 6.3.3. Los contenidos en nitratos son relativamente bajos y perfectamente normales; unicamente dos muestras (O-12 y O-23) superan los 100 ppm y los dos casos pueden ser debidos a polución, urbana e industrial en el primero y agrícola-ganadera en el segundo. Los contenidos en NH_4^+ , generalmente por debajo del límite de detección (0,05 ppm) son poco indicativos. Tampoco son anómalos los bajos contenidos en Fe^{++} , del orden de unas pocas décimas de ppm. Solo la muestra O-2B con 4 ppm sobresale de la media, aunque este valor es perfectamente compatible con el carácter reductor del acuífero (el agua -

es ligeramente sulfhídrica).

6.3.2. Justificación geoquímica

En primer lugar, el carácter bicarbonatado cálcico y poco salino de la mayor parte de las aguas de referencia es perfectamente normal, dado que generalmente corresponden a aguas de escorrentía superficial o de escorrentía subterránea somera sobre los materiales carbonatados paleozoicos y mesozoicos que predominan en la zona de estudio. Solo cuando el drenaje afecta a afloramientos triásicos -- (Keuper especialmente) las facies se hacen más salinas, presentando principalmente tendencias de carácter sulfatado.

La justificación geoquímica de las facies termales tampoco plantea especiales problemas, como ya se ha visto en los apartados detallados de cada manifestación. El carácter carbonatado cálcico de Las Caldas de Oviedo y Fuente Santa se justifica perfectamente mediante un circuito termal desarrollado exclusivamente a favor de las Calizas de Montaña. Las restantes manifestaciones, con una notable influencia salina en sus facies, generalmente resultan de la interacción entre un acuífero calizo (paleozoico o mesozoico) y el Triásico (Keuper en especial). El grado de interacción, junto con la diversidad de materiales del Trías, definen la naturaleza hidroquímica de cada manifestación.

Púntenansa, sobre materiales carbonatados jurásicos, es quizás la única manifestación que no precisa recurrir a los materiales triásicos para explicar sus características. Puente Llés, la Hermida, Las Caldas de Besaya y -

Puente Viesgo surgen en el contacto, estructural la mayoría de las veces, entre las calizas carboníferas y el Triásico, Las restantes manifestaciones resultan de la interacción entre el Triásico y acuíferos calizos mesozoicos.

Al carácter plástico del Triás, y del Keuper - en particular, se deben la mayor parte de las estructuras - diapíricas y de corrimiento que afectan a este sector marginal del Macizo Herciniano. La asociación del Triásico a los grandes accidentes estructurales hace que indirectamente el termalismo se presente también asociado a estos materiales.

Por otro lado, la alta conductividad térmica - de los materiales evaporíticos puede producir un calentamiento diferencial de las aguas que circulen por ellos o - cerca de ellos, dando la falsa impresión de una fenomenología de carácter termal. Algunas de las manifestaciones de - baja temperatura asociadas al diapirismo triásico pueden - ser de este estilo.

El carácter sulfhídrico de algunas manifestaciones no debe tener tampoco mayores implicaciones. Únicamente es necesaria la presencia de sulfatos, materia orgánica y un ambiente reductor que posibilite el desarrollo de - las bacterias sulforeductoras que mediatizan la formación - de H_2S .

6.3.3. Indicadores geotérmicos en el agua

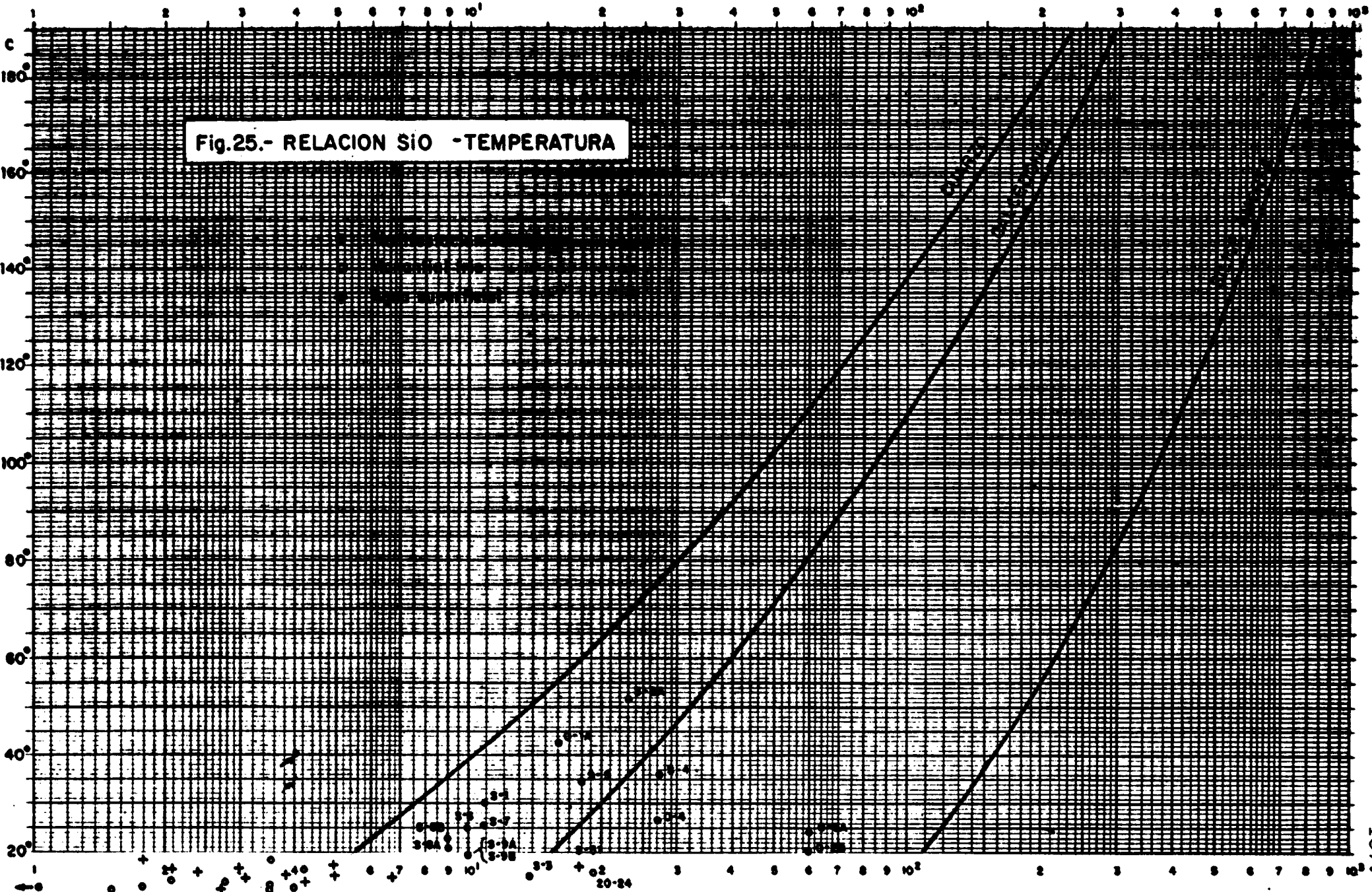
Ninguno de los indicadores geotérmicos que se han analizado, (SiO_2 , F^- y B), se encuentran en concentra-

ciones interesantes. La sílice presenta concentraciones muy bajas, tal como puede observarse en la fig. 25, donde se han representado en relación con las gráficas de solubilidad - del cuarzo y de la sílice amorfa. Se diferenciar claramente las aguas de referencia, con menos de 7 ppm, de las termales, entre 9 y 30 ppm, con la única excepción de Fuensanta de Oviedo que alcanza los 60 ppm. Puede considerarse que es estos valores están en consonancia con el predominio de los - acuíferos carbonatados, pero, a pesar de ello, las concentraciones en las manifestaciones termales siguen siendo bajas, aunque superiores al fondo regional. Cabe observar como muchas manifestaciones se sitúan sobre la recta de solubilidad del cuarzo, incluidas las de mayor temperatura en - superficie, como es el caso de Las Caldas de Oviedo (O-1A) y La Hermida (S-2A), con 42 y 51°C respectivamente.

Fluor y boro se encuentran también en concentraciones relativamente bajas. Generalmente las aguas termales presentan concentraciones superiores a las aguas frías, hecho que se puede observar a simple vista y en la fig. 26, donde se han representado las concentraciones de estos dos elementos, junto con el litio incluido a efectos comparativos, en función de la temperatura del agua. Las mayores concentraciones corresponden a aguas termales, aunque no hay - relación directa con la temperatura, puesto que aguas con - temperatura alta pueden presentar concentraciones ínfimas. La mayor indentación entre aguas frías y termales la presenta el boro, mientras fluor y litio se presentan mejor definidos.

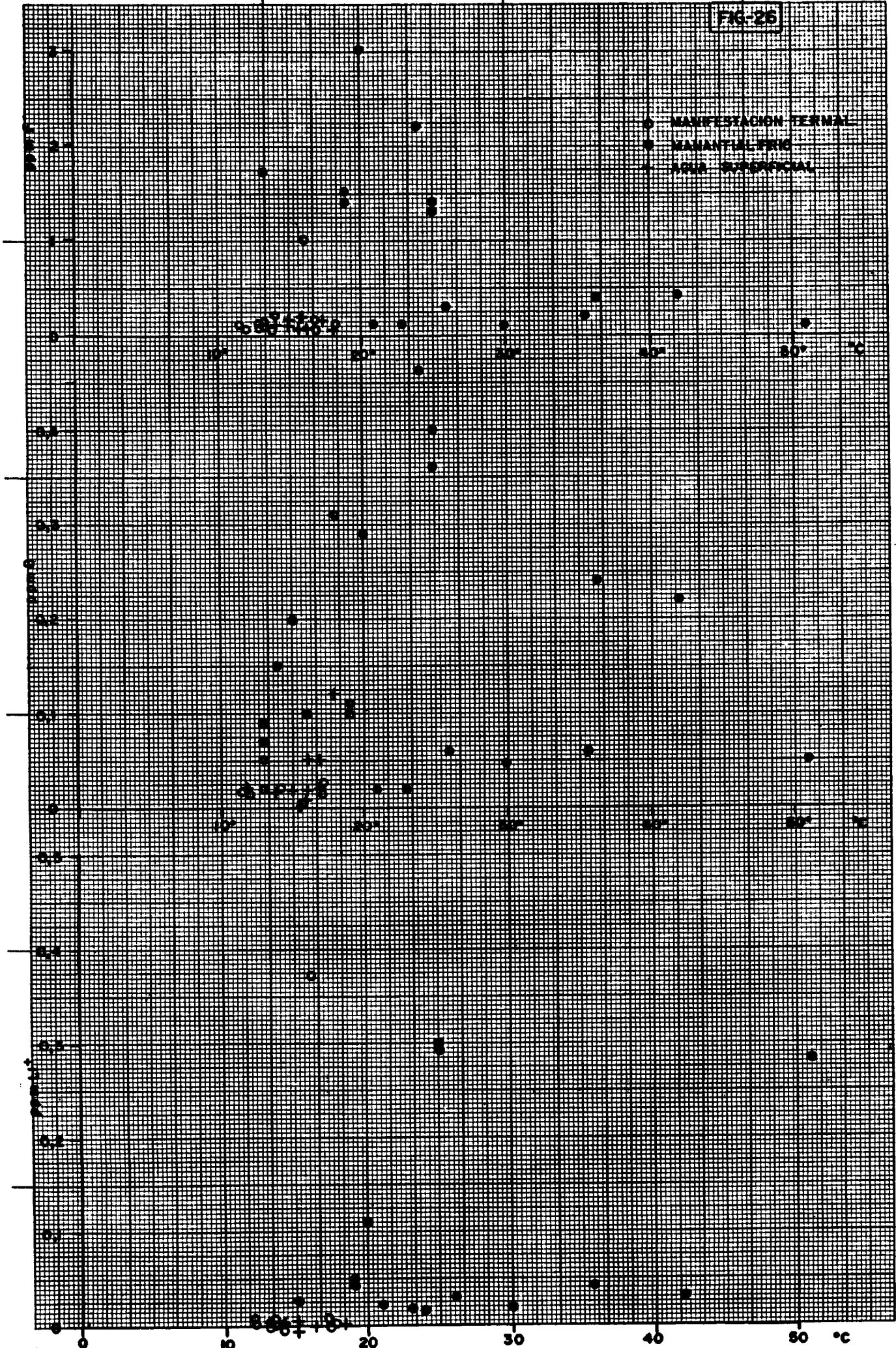
A nivel de manantiales termales tampoco hay -

Fig.25.- RELACION SiO -TEMPERATURA



U.S. GEOLOGICAL SURVEY, WATER RESOURCES DIVISION

FIG-26

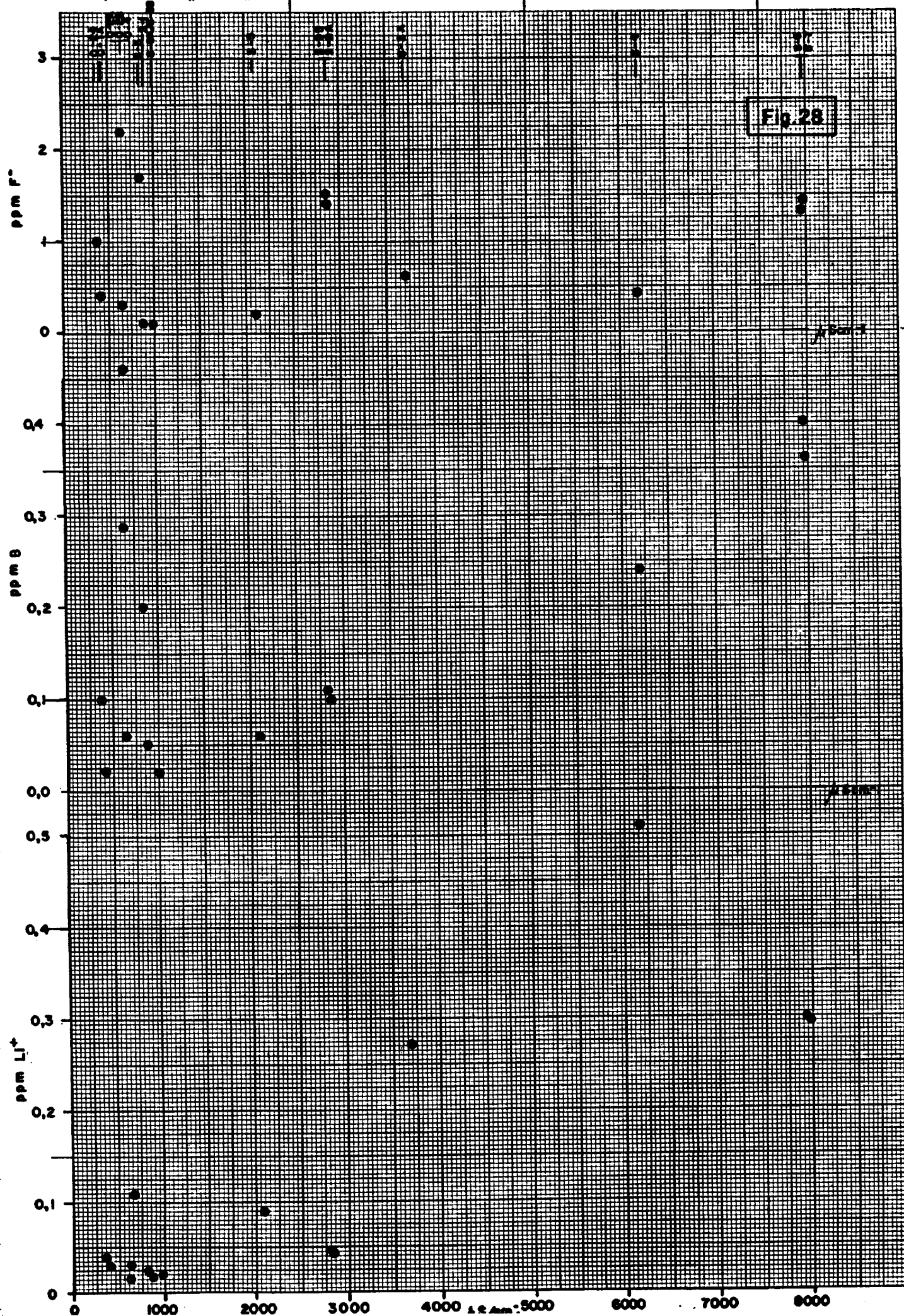


una buena correlación con el contenido en SiO_2 (fig. 27), la cual podría ser indicativa de una relación directa con la temperatura de almacén.

Finalmente la posible variación de estos elementos con la salinidad del agua termal puede observarse en la fig. 28. Las concentraciones de litio y boro en función de la conductividad presentan una correlación aceptable. El fluor insinúa una cierta relación que queda distorsionada por las elevadas concentraciones de algunas muestras de baja salinidad.

El cualquier caso, estas concentraciones relativamente bajas son perfectamente normales para las salinidades que entran en juego, más si se consideran las facies evaporíticas asociadas a la mayor parte de los acuíferos y unos tiempos de residencia largos. Resulta difícil en ellas buscar posibles implicaciones geotérmicas.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY WATER RESOURCES DIVISION



7.- GEOQUIMICA DE GASES

7.- GEOQUIMICA DE GASES

Dadas las especiales características de las manifestaciones termales inventariadas, casi todas ellas asociadas a circulación por calizas en ambiente cárstico, resulta prácticamente imposible tomar muestras de gas sin contaminar con aire, o bien, que posean contenidos de gases originales por encima de los límites de detección del laboratorio.

La causa es evidente. Una circulación como la cárstica, en medio subaéreo, permite el intercambio de los posibles gases endógenos originales con la propia atmósfera que invade el carst, hasta diluirlos o enmascararlos por completo.

Si a este hecho se le suma la circunstancia de que muchas surgencias están acondicionadas como plantas embotelladoras, con arquetas de captación herméticas en acero inoxidable, la dificultad es todavía mayor, aunque en este caso se trate de clara imposibilidad material.

En consecuencia, de todos los puntos de agua termal inventariados, solo ha resultado posible el muestreo en condiciones de relativa fiabilidad de tres de ellos: Fuensanta (O-2B), Caldas de Besaya (S-4) y Ontaneda (S-6).

En los tres puntos el gas extraído ha sido libre + disuelto, efectuándose la extracción por vacío diferencial. Las muestras se tomaban en tubos especiales previamente rellenos de argon, que era desplazado por el gas pro-

blema, el cual se envasaba a unas 2 atmósferas de presión para ser posteriormente sometido a análisis cromatográfico.

Los resultados analíticos se resumen en el anexo nº 3. En los tres casos el componente mayoritario es el N_2 (88-93% en volumen), seguido del O_2 y CO_2 . Se trata, por tanto, de aire reducido con componentes endógenos minoritarios tipo CH_4 y H_2 , que constituyen las bases de los cálculos geotermométricos si se considera que no han sido afectados por el medio gaseoso circundante. Los resultados de estos cálculos se discuten en el capítulo 9.

Las tres muestras poseen altos contenidos de He por este orden: Fuensanta (O-2B) = 0,21% V; Caldas de Besaya (S-4) = 0,079% V y Ontaneda (S-6) = 0,011% V. Estos valores implican concentraciones 400, 160 y 20 veces superiores a la del aire atmosférico, por lo que hay que pensar en bajos ritmos de desgasificación endógena, con acumulación y progresivo enriquecimiento en determinadas trampas geoquímicas.

La ausencia de CO_2 como gas predominante y de altas relaciones CH_4/H_2 indican ya cualitativamente hablando temperaturas inferiores a 100-150°C.

8.- ISOTOPOS

8.- ISOTOPOS

Todos los manantiales considerados como indicios termales han sido estudiados también bajo el punto de vista isotópico, llevándose a cabo las determinaciones analíticas de los contenidos de oxígeno-18, deuterio y tritio como componentes de la molécula de agua (Cuadro 2).

CUADRO Nº 2.- ANALISIS ISOTOPICOS

	NUMERO	TOPONIMIA	H ³ (VIT)	O ¹⁸ (% SMOW)	D (% SMOW)
AGUAS REFERENCIA	I-1 ✓	Fuensanta		- 2,0	- 7,0
	I-2 ✓	Piedramuelle		- 7,3	- 38,1
	I-3 ✓	Fuente Dé		- 8,9	- 54,7
	I-4 ✓	Llanes		- 2,9	- 12,8
	I-5 ✓	Alto Sopeña		- 7,4	- 39,3
	I-6 ✓	Rucandio		- 5,9	- 28,8
	I-7 ✓	Carriazo		- 6,6	- 30,8
	I-8 ✓	El Escudo		- 7,5	- 37,1
AGUAS PROBLEMA	O-1a ✓	Caldas Oviedo	6,6 ± 1,4	- 7,8	- 50,4
	O-2a ✓	Fuensanta	1,8 ± 1,3	- 8,0	- 50,8
	O-4 ✓	Puente Llés	2,7 ± 1,4	- 8,0	- 64,7
	S-1 ✓	Solares	9,0 ± 1,4	- 7,2	- 36,9
	S-2a ✓	La Hermida	0,7 ± 1,3	- 9,9	- 53,3
	S-3 ✓	Puentenansa	0 ± 2,1	- 9,2	- 46,2
	S-4 ✓	Caldas Besaya	3,5 ± 2,3	- 8,9	- 39,4
	S-5 ✓	Puente Viesgo	6,5 ± 2,1	- 8,6	- 38,6
	S-6 ✓	Ontaneda	7,6 ± 2,9	- 9,4	- 39,5
	S-63 ✓	Rio Pas	18,2 ± 3,1	- 8,4	- 37,0
	S-7 ✓	Alceda	50,8 ± 4,7(*)	- 8,4	- 39,2
	S-8a ✓	Fte. Olla	6,4 ± 1,9	- 6,8	- 34,1
	S-8b ✓	Fte. Francés	12,7 ± 2,3	- 6,9	- 33,9
	S-9 ✓	Liérganes	10,4 ± 2,1	- 7,3	- 33,7

(*) Por su situación geográfica y similitud geológica e hidrogeológica con Ontaneda se presume que este elevado valor de tritio debe ser consecuencia de la contaminación de la muestra en el laboratorio.

8.1. ISOTOPOS ESTABLES

8.1.1. Relación O^{18} - D

La relación O^{18} -D para aguas meteóricas se ha construido a partir de 8 muestras de agua de lluvia tomadas convenientemente distribuidas a lo largo de los tres ejes espaciales.

Las aguas se agrupan en la correspondiente nube de puntos cuya recta de regresión es:

$$\zeta D = 6,2 \zeta O^{18} + 6,8 \quad (\text{ajuste } 0,96)$$

muy próxima a la standard de Craig (fig. 29)

Las muestras I-1 e I-4 aparecen desplazadas hacia valores menos negativos que los que en realidad les corresponden, aunque como es lógico se siguen ajustando a la recta calculada, por tratarse de aguas de tormenta estival próximas al mar.

Los únicos puntos indicativos bajo el punto de vista isotópico serían el O-1a (Caldas de Oviedo - 42°C), O-2a (Fuensanta - 23,9°C) y O-4 (Puente Llés - 26°C). La Hermida muy cercana a este último, con sus 51,4°C, no presenta deriva.

Estos resultados coinciden con ciertos indicios químicos, dado que Fuensanta, a pesar de su baja temperatura, es el manantial con mayores contenidos de SiO_2 (60 ppm) y B (0,46 ppm); Puente Llés es la segunda en contenido

de SiO_2 (27 ppm), aunque con bajo contenido de B (0,6 ppm). Caldas de Oviedo, por su parte, es la segunda manifestación en temperatura inventariada, despues de la Hermida.

Exceptuando estos tres puntos, la sensación - que ofrecen la mayor parte de aguas termales es de tratarse para y simplemente de aguas meteóricas. Como ya se ha apuntado en el capítulo anterior, determinadas aguas de facies salinas con débil termalismo pueden deber éste a la pura - circulación por materiales evaporíticos, sin mayor trascendencia geotérmica.

En los demás casos, la falta de indicadores - geotérmicos en la mayor parte de las ocasiones o su débil - insinuación en otras, puede obedecer normalmente a dos modelos de circulación:

- Mezcla de aguas meteóricas frias con un débil caudal de fluido termal de origen profundo, dando lugar a las aguas termales que se manifiestan en superficie.
- Circulación más o menos profunda de aguas meteóricas por materiales fundamentalmente carbonatados que surgen con - un cierto termalismo despues de un tiempo de tránsito relativamente rápido, según indican los análisis de tritio.

Las tres aguas situadas a la derecha de la recta de regresión O^{18}/D es muy probable que respondan al primer modelo, y que su deriva de oxígeno sea debida a un cierto intercambio con formaciones marinas carbonatadas tipo Calizas de Montaña, etc.

8.1.2. Cálculo de la variabilidad isotópica espacial

Los cálculos de las rectas de variabilidad isotópica en función de las tres coordenadas espaciales presentan grados de ajuste insatisfactorio para su auténtico cometido de cálculo de zonas de recarga.

Incluso eliminando las dos muestras claramente anómalas (I-1 e I-4) por tratarse de tormentas estivales de zonas costeras, los coeficientes de ajuste (r^2) son demasiado bajos para tomar en consideración los cálculos de regresión lineal:

	<u>$r^2(0-18)$</u>	<u>$r^2(D)$</u>
efecto de altura:	0,70	0,61
efecto de longitud:	0,20	0,23
efecto de latitud:	0,41	0,33

A título de ejemplo se presenta la gráfica de correlación de efecto de altura, que es y con diferencia - la mejor de ellas, habida cuenta de que aunque el signo de su pendiente es correcto, un ajuste de 0,6-0,7 no es admisible a efectos de cálculo. (fig. 30).

La causa de la mala correlación quizás haya - que buscarla en el efecto de pantalla que crea la propia - Cordillera Cantábrica frente a la costa, que altera el efecto de continentalidad isotópico.

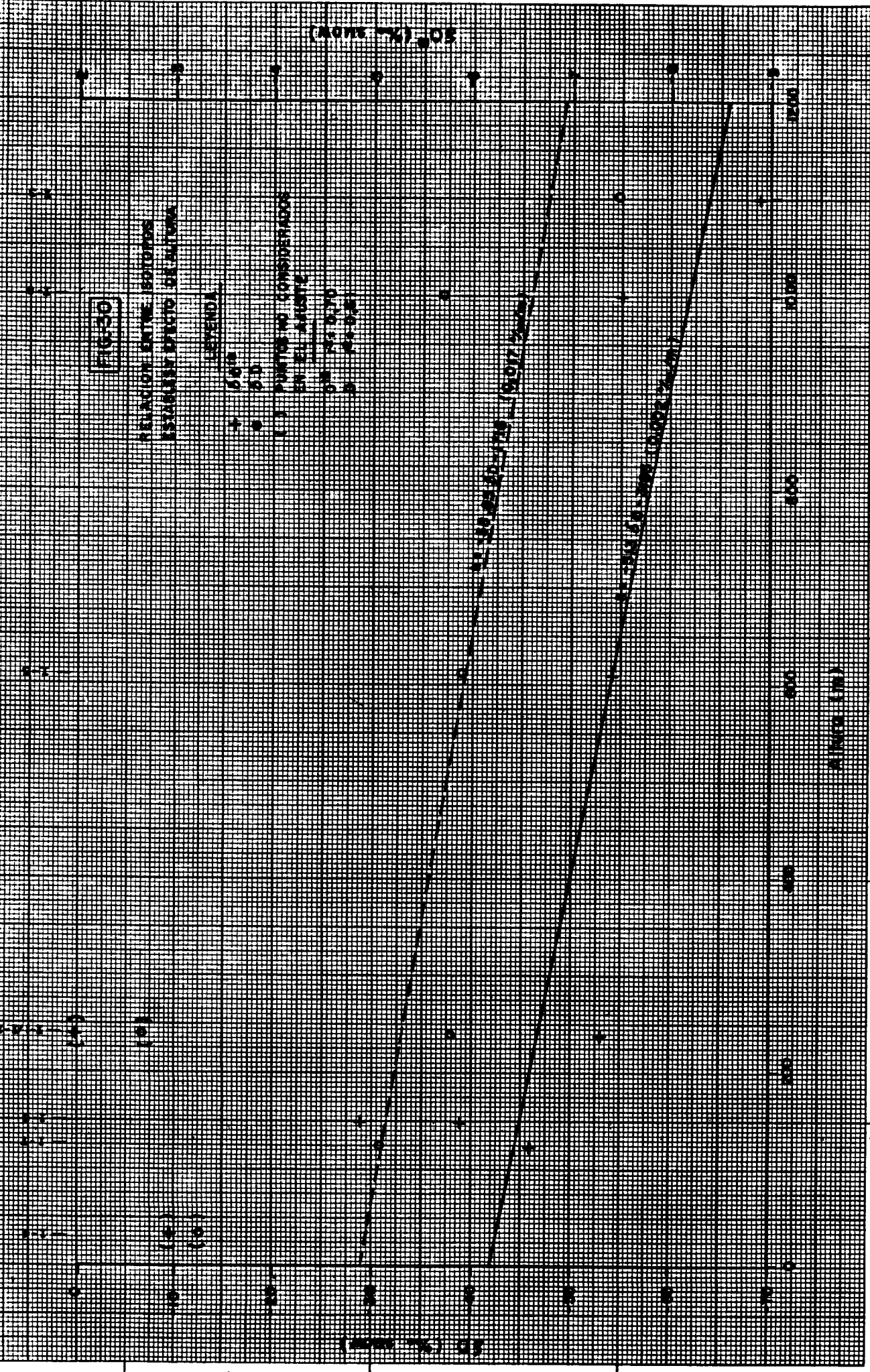
FIG. 30

RELATION OF THE ROTATIONS
 INDICATED BY THE CURVES

LEGENDA

- 50%
 - 60%
 - 70%
 - 80%
 - 90%
 - 100%
- 1.1 POINTS TO CONSIDER
 IN ALL CASES

(NOTE: 1% 0.05)



8.2. ANALISIS DE TRITIO

Los resultados de las determinaciones analíticas de tritio de las aguas termales se resumen en el cuadro 2. Los contenidos son muy variables, aunque tendiendo a bajos, lo que demuestra los fenómenos de mezcla deducidos también ya por isótopos estables y química convencional.

Si se aplicaran los cálculos de edad a un modelo de pistón, las aguas con menos de 5 U.T. deberían corresponder a aportes anteriores a 1953, y los resultados entre 5 y 20 U.T no tendrían correspondencia con ninguna lluvia posterior, dado que la sucesión de datos de recarga durante los años posteriores a 1953, aún en la actualidad, conducen, por lo general, a valores superiores a 20 U.T. El modelo de mezcla se hace, por tanto, imprescindible para justificar los resultados también con las dotaciones de tritio.

En base a este planteamiento, el cálculo de porcentajes de mezcla resulta sencillo si se parte de dos premisas:

- La dotación de las aguas termales es de 0 U.T. Los bajos contenidos de las propias aguas termales abogan por este hecho.

- El valor medio de la recarga se ha calculado en base a la dotación de H^3 del río Pas (18,2 U.T) como integrador de las lluvias locales.

El porcentaje de mezcla de agua de lluvia con agua termal para cada agua analizada sería por tanto de:

	<u>%</u> <u>agua termal</u>	<u>%</u> <u>agua de lluvia</u>
- Caldas de Oviedo:	64	36
- Fuensanta:	90	10
- Puente Llés:	85	15
- Solares:	51	49
- La Hermida:	96	4
- Puentenansa:	100	-
- Caldas de Besaya:	81	19
- Puente Viesgo:	64	36
- Ontaneda:	58	42
- Alceda:	-	-
- Fte. Olla:	65	35
- Fte. Francés:	30	70
- Liérganes:	43	57
	(59)	(41)

* Muestra presumiblemente contaminada (ver cuadro 2).

9.- TERMOMETRIAS QUIMICAS

9.- TERMOMETRIAS QUIMICAS

En el Anexo 4 se resumen los resultados de todos los cálculos geotermométricos tanto de fase líquida como gaseosa.

En realidad, para el modelo de Asturias y Cantabria no pueden aplicarse geotermometrías de fase líquida, dado que tanto la hidrogeología clásica, como la isotópica indican fenómenos de mezcla. Por otra parte, los materiales implicados en la circulación del agua caliente son en todos los casos sedimentarios (calizas y evaporitas predominantemente), mientras que el fundamento teórico de los cálculos geotermométricos se basa siempre en sistemas de equilibrio feldespato-agua y eventualmente cuarzo, con lo que no se cumplen en ningún caso las premisas básicas de aplicación.

De la observación del listado de cálculos geotermométricos (anexo 4) se desprende inmediatamente esta falta de aplicabilidad, dado que los resultados de los distintos métodos para una misma agua, son totalmente dispares y a la vez aberrantes.

Si hiciéramos caso omiso de estos razonamiento los únicos geotermómetros que presentarían indicios de cierta validez para determinados manantiales son el de cuarzo y el Ca/K, cuyos resultados se resumen en el cuadro 3. Tomando, por tanto, estos cifras con las lógicas precauciones que el caso requiere por los razonamientos fundamentales antes expuesto, llegaríamos a la conclusión de que el termalismo asturiano y montañés se mueve entre los 40º y 80º C.

En cualquier caso no debe tomarse este resultado como definitivo dado que se trata de una explicación de cálculos que puede fallar desde su propio fundamento.

Las geotermometrías gaseosas, en los únicos - tres puntos donde han sido aplicables, se mueven sobre los 100°C de orden de magnitud. Es obvio que, incluso en el caso de cumplirse todas las premisas necesarias para que el cálculo de geotermometrías líquidas fuera correcto, las temperaturas de equilibrio de los gases no deben coincidir necesariamente con los de fase líquida, antes bien, serían mayores, dado que el gas es un componente de origen más profundo que el agua termal y tienen orígenes distintos.

RESULTADOS COMPARATIVOS DE GEOTERMOMETROS (°C) (*)

MANIFESTACION		T° surgencia	GEOTERMOMETROS FASE LIQUIDA											GEOTERM. FASE GASEOSA			T° estimado			
N°	muestra		SILICE						Na/Li	Na/K	Ca/Na	Ca/K	Na - K - Ca.			Albita - Anortita		CH ₄ /H ₂	CH ₄ /H ₂ /CO ₂	CH ₄ /H ₂ /CO ₂ /H ₂ S
			Amerf.	C-α	C-β	Calc.	Q-e	Q-v					convencional	corrección CO ₂	corrección Mg					
0-1A	Caldas Oviedo	42					55				56									
0-2A	Fuensanta	24					111				84								84-111	
0-2B	Fuensanta	20					111				83					114	121	75	75-114	
0-4	Puente Llés	26					75				80								75-80	
S-2A	La Hernida	51					69				80	75			71				70-80	
S-4	Caldas Besaya	36					75				93			85	84		104		75-105	
S-5	Puente Viesgo	34					60				73	63			57				60-70	
S-6	Ontaneda	25					39				68	59			42		119		40-60	
S-7	Alceda	28					42				68	60			45				45-65	
S-1	Solares	30					42				48	33							42-48	
S-8A	F. Olla	21					36				48	36							36-48	
S-8B	F. Francés	23					36				46	32							32-46	

(*) LOS RESULTADOS ENTRE PARENTESIS SON ABERRANTES POR MARCADA FALTA DE EQUILIBRIO TERMODINAMICO ENTRE FASE MINERAL Y FASE FLUIDA.

10.- ESTUDIO DEL FLUJO REGIONAL

10.- ESTUDIO DEL FLUJO REGIONAL

Con objeto de cuantificar el flujo calorífico regional, se ha procedido al análisis de los datos de temperatura de todos los logs que se han podido encontrar pertenecientes a sondeos petrolíferos en permisos ya caducados. En la fig. 31 se indica su situación y en el cuadro nº 4 - los resultados, indicándose la profundidad de la medida, - temperatura registrada y valor de la temperatura corregida a tiempo infinito, valor último en base al cual se ha calculado el gradiente geotérmico.

La conversión de gradientes a flujos se ha hecho en base a suponer una conductividad térmica media homogénea para toda la cobertura sedimentaria de $2,1 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$, - equivalentes a $5 \text{ mcal.cm}^{-1} \text{ .seg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, según convenio de la IHFC.

Los gradientes geotérmicos oscilan entre 0,27 y 0,37 $^{\circ}\text{C}/10 \text{ m}$, con un valor medio de 0,31 $^{\circ}\text{C}/10 \text{ m}$, cuando la media peninsular está en 0,39 $^{\circ}\text{C}/10 \text{ m}$. Estos valores de gradiente se traducen en flujos del orden de 1,0-1,8 HFU - ($44-78 \text{ mWm}^{-2}$), con valores medios de 1,5 HFV (65 mWm^{-1}), lógicamente inferiores también a la media peninsular cuyo valor se cifra en 1,9 HFU equivalentes a 82 mWm^{-2} .

Los valores de flujo térmico son, pues, inferiores incluso a la media nacional. No obstante hay que hacer una salvedad importante: los sondeos petrolíferos base del cálculo se hallan concentrados en el extremo oriental de Cantabria, excepto el de Caldones, único con datos de As



SITUACION DE LOS SONDEOS PETROLIFEROS CON REGISTRO TERMICO

turias, y las zonas con manifestaciones termales se sitúan en sectores muy distantes a estos referidos.

En cualquier caso, el fenómeno termal asociado a zonas con bajo flujo térmico conlleva a pensar más en circulaciones profundas que a circuitos someros con anomalía - geotérmica.

CUADRO 4.- RESULTADOS TERMICOS DE LOS SONDEOS PETROLIFEROS

	Sondeo	Profundidad	T _z medida	T _z corregida	Gradiente °C/10 m	Flujo calorifico	
						mWm ⁻²	HFV
CANTABRIA	Liermo - 1	2453	65,5	89	0,31	65	1,54
	Ajo - 1	2869	54	67	0,21	44	1,04
		4443	90	107			
		4609	95	112			
		4959	116	133			
	Castro Urdiales-1	748	30	35	0,34	71	1,69
		1137	40	58			
1573		45	66				
1678		46	67				
Monillo -1	579	30	30	0,35	74	1,76	
	1081	44	62				
	1677	44	64				
Ancillo -1	898	41	52	0,37	78	1,85	
	1133	38	55				
	1583	42	62				
Matienzo	1948	52	77	0,33	69	1,64	
ASTURIAS	Caldones	500	26	23	0,27	57	1,35
		1425	40	59			
		1848	50	68			
VALOR MEDIO ZONA					0,31	65	1,54
VALOR MEDIO ESPAÑA					0,39	82	1,95

11.- CONCLUSIONES

11.- CONCLUSIONES

- El termalismo en el Principado de Asturias y en Cantabria está representado por 16 manifestaciones distribuidas en 12 núcleos principales, cuatro de ellos situados en Asturias y los restantes en Santander. Una de estas manifestaciones (Andines en Asturias) se halla completamente en ruinas y el manantial es inaccesible.

- Las manifestaciones de Asturias se sitúan sobre los materiales paleozoicos fuertemente tectonizados que integran el macizo herciniano del norte peninsular. Están relacionadas con las calizas carboníferas y su emplazamiento suele ser próximo al contacto entre las calizas y la serie mesozoica. En general no son directamente relacionables con líneas de falla importantes.

Las manifestaciones de Cantabria se localizan tanto sobre materiales paleozoicos como mesozoicos, dado el carácter de borde del macizo herciniano de la zona santandereana. La Hermida, Las Caldas de Besaya y Puente Viesgo manan de las Calizas de Montaña en su contacto con el Permo-trías, y son fácilmente relacionables con fallas importantes. Las restantes manifestaciones se ubican sobre materiales mesozoicos, poco tectonizados como en el caso de Puente nansa y Ontaneda-Alceda, o fuertemente diapirizados, como en Solares, Hoznayo y Liérganes.

- Son emisiones de agua de baja temperatura, - con las relativas excepciones de la Caldas de Oviedo (42°C) y La Hermida (51°C). Las restantes manifestaciones son de -

agua templada con temperaturas comprendidas entre los 15°C de Puentenansa y los 35°C de las Caldas de Besaya, ambas en Cantabria.

- Generalmente se trata de surgencias difusas captadas mediante excavaciones de poca profundidad. Los caudales son variables y oscilan entre los 0,5 l/s de Fuensanta de Oviedo y los 47 l/s de Solares.

- Las manifestaciones termales estudiadas se generan, por tanto, a favor de la tectónica local, asociadas a los materiales de máxima permeabilidad de la zona (calizas carboníferas y mesozoicas), sobre las que se desarrolla el circuito termal y, probablemente, el almacén.

Las buenas características hidráulicas de estas facies provocan la dispersión de las surgencias respecto a los accidentes tectónicos que posibilitan su génesis, de manera que en muchos casos es difícil relacionar los dos fenómenos entre sí. Las surgencias tienen lugar generalmente en los contactos con materiales más impermeables y en zonas topográficamente deprimidas. Por otro lado, la fuerte carstificación producida por la elevada pluviometría del sector, facilita los fenómenos de mezcla entre el agua termal y las aguas frías de infiltración.

La dispersión de los circuitos de salida, unida a los fenómenos de mezcla, hacen que el termalismo en esta zona se presente muy atenuado. Es probable que muchos fenómenos termales generados en la región queden de esta forma diluidos antes de manifestarse en superficie.

La mayor parte de los manantiales termales estudiados resultan de la interacción entre un acuífero calcáreo y materiales permotriásicos en facies detríticas y evaporíticas, las cuales no solo condicionan el sistema hidráulico de las surgencias y el quimismo del agua, sino que, en algunos casos, puede justificar también sus características térmicas, dada la elevada conductividad de los materiales evaporíticos.

- Las aguas termales analizadas son ligeramente alcalinas, con pH entre 7 y 8. Presentan una gran dispersión de facies hidroquímicas, de tipo bicarbonatado cálcico y poco salinas en las Caldas y Fuensanta de Oviedo. Siguen las facies mixtas, bicarbonatadas-cloruradas cálcico-sódicas también de baja salinidad, de Puente Llés, Solares y Hoznayo. Las aguas sulfatadas cálcicas caracterizan las manifestaciones sulfhídricas de Puentenansa y Liérganes, esta última de carácter salobre. Finalmente son cloruradas sódicas - en Puente Viesgo, La Hermida y Caldas de Besaya con una salinidad creciente, y también en Ontaneda-Alceda, aunque con una notable componente sulfatado-cálcica. Son en general - aguas salobres que constituyen las facies más salinas de la zona. Las durezas son elevadas, superando en todos los casos los 200 ppm de CO_3Ca (2040 ppm en Ontaneda-Alceda).

Esta diversidad de facies contrasta con la uniformidad de las aguas frías muestreadas como referencia, - con facies bicarbonatadas cálcicas predominantes, los pH - son análogos y las salinidades inferiores a las aguas termales.

- Ninguno de los elementos secundarios analizados como indicadores geotérmicos (SiO_2 , F^- y B) se encuentran en concentraciones interesantes. Los valores de la sílice en las aguas termales oscilan entre 9 y 30 ppm, con la excepción de Fuensanta de Oviedo con 60 ppm; son valores muy bajos, aunque siempre superiores a las aguas frías, generalmente por debajo de los 7 ppm. Fluor y boro se encuentran también en concentraciones relativamente bajas, aunque generalmente las aguas termales presentan también concentraciones superiores a las aguas frías. Los valores del amonio son poco significativos, dada la poca sensibilidad del método analítico (0,05 ppm).

- El carácter bicarbonatado cálcico y poco salino de la mayor parte de las aguas de referencia es perfectamente normal, dado que generalmente corresponden a aguas de escorrentía superficial o de escorrentía subterránea somera sobre materiales carbonatados, predominantes en la zona de estudio.

La justificación geoquímica de las facies termales tampoco presenta especiales problemas. El carácter carbonatado cálcico de las Caldas y Fuensanta de Oviedo se justifican plenamente mediante un circuito termal desarrollado exclusivamente a favor de las Calizas de Montaña. Las restantes manifestaciones, con una importante influencia salina en sus facies, generalmente resultan de la circulación mixta por acuíferos calizos (Paleozoico y Mesozoico) y el Triásico (Keuper en especial). El grado de interacción junto con la diversidad de materiales del Trías, definen la naturaleza hidroquímica de cada manifestación.

Puede considerarse que los bajos valores de los contenidos de SiO_2 están en consonancia con el predominio de los acuíferos carbonatados y que incluso los 60 ppm de Fuensanta de Oviedo pueden justificarse por la proximidad de un basamento cuarcítico. Las concentraciones relativamente bajas de los restantes elementos minoritarios (fluor boro y litio) son perfectamente normales para las salinidades que entran en juego, más si se consideran las facies -- evaporíticas asociadas a la mayor parte de los acuíferos y unos tiempos de residencia largos. Resulta difícil en ellas buscar implicaciones geotérmicas importantes, a pesar de tratarse de valores generalmente superiores al fondo regional.

La frecuente asociación del termalismo cantabro-asturiano con los materiales triásicos (Keuper en especial) se comprende si se considera que a su carácter plástico se deben la mayor parte de las estructuras diapíricas y de corrimiento que afectan a este sector marginal del Macizo Herciniano. La asociación del Triásico a los grandes accidentes estructurales hace que el termalismo se presente -- también asociado a estos materiales.

Por otro lado, la alta conductividad térmica de los materiales evaporíticos puede producir un calentamiento diferencial de las aguas que circulan por sus proximidades, dando la falsa impresión de una fenomenología de -- carácter termal. Algunas de las manifestaciones de baja temperatura asociadas al diapirismo triásico pueden ser de este estilo.

- La carstificación de las vías de circulación preferente y el acondicionamiento de muchas surgencias termales como plantas embotelladoras, motiva que sea prácticamente imposible el muestreo de gases con fiabilidad de que no exista intercambio entre el posible gas endógeno y la atmósfera.

- Las 3 muestras analizadas contienen una componente mayoritaria (88-93% en Vol) de N_2 , por lo que deben interpretarse como aire reducido con una mínima componente endógena rica en He cuya temperatura de equilibrio se cifra en unos 100°C.

- Los análisis isotópicos, por su parte, indican que las aguas termales son aguas meteóricas de circulación más o menos profunda, con claros indicios de mezcla en la mayor parte de los casos con aguas meteóricas de infiltración reciente. No se aprecian derivas isotópicas debidas a vaporización o a intercambio de O^{18} con las calizas marinas, por lo que cabe pensar en temperaturas inferiores a los 100°C o a mezclas muy importantes.

- Los cálculos de geotermometría líquida no son aplicables en el caso de Asturias-Cantabria, dado que los materiales que intervienen en el teórico equilibrio agua roca son calizas y facies evaporíticas. En el mejor de los casos, y aceptando que los geotermómetros SiO_2 y Ca/K funcionarían, hecho discutible pues a pesar de ser los de menos efecto "contaminatorio" no cumplen todos los requisitos requeridos, las temperaturas con ellos calculadas son siempre inferiores a 100°C.

- Todos los criterios químicos e isotópicos - apuntan, por tanto, a que el fenómeno termal en profundidad es del orden de 40-85°C, pero con una salvedad importante: las temperaturas de almacén calculadas, con todas las objeciones expuestas, son tan solo 15°C-25°C superiores a las de salida.

También todos los resultados térmicos de los sondeos petrolíferos indican que el flujo regional es inferior a la media peninsular, por lo que hay que pensar en circulaciones profundas y no en anomalías térmicas.

- Los 100°C que apunta la geotermometría gaseosa corresponde a la temperatura a la que se ha generado la pequeña componente de gas endógeno (<1%), que por supuesto no tiene por qué coincidir con la termometría química, dado que el origen del gas es necesariamente más profundo, y, por su contenido en He debe implicar al basamento cristalino.

12.- RECOMENDACIONES

12.- RECOMENDACIONES

A la vista del carácter tan particular de la fenomenología termal norteña, y a la vista de los inconvenientes prospectivos que presenta y a los resultados a los que se llega con la aplicación de las técnicas de trabajo usuales, deben hacerse las siguientes recomendaciones:

- La escasa diferencia entre temperaturas de emergencia y supuestas temperaturas de almacén, la baja temperatura media de las mismas y el uso que se hace de gran parte de ellos como establecimientos balnearios y plantas embotelladoras, desaconsejan técnicamente hablando inversiones prospectivas de cara a su aprovechamiento como energía geotérmica.

- No se ha llevado a cabo ningún estudio de mercado en este proyecto, pero se advierte una acusada ausencia de potenciales consumidores del agua caliente encontrada, dado que o se trata de manifestaciones perdidas entre montañas, o bien existen núcleos rurales próximos pero de economía fundamentalmente ganadera basada en pastos naturales.

- A pesar de todo, de interesar continuar la prospección, se consideran como zonas más interesantes:

Sector La Hermida-Puente Llés: temperatura de surgencia mayor de todo el inventario (51°C). Asociada a la Fm. Caliza de Los Picos de Europa. Su mayor temperatura y su diferencial elevada salinidad puede dar, quizás, una

cierta respuesta a la geofísica eléctrica que sería la técnica más idónea para intentar delimitar el potencial acuífero caliente. No obstante, lo abrupto de la topografía solo permitiría quizás perfiles longitudinales a lo largo del angosto valle del río Deva, donde se encuentra situado.

Sin lugar a dudas la mejor aplicación de este agua caliente, ya que el balneario se halla en ruínas en la misma orilla y en la cabecera alta de un río salmonero y - truchero por excelencia, como es el Deva en esta zona, entre Potes y Panes, sería la piscifactoria. Téngase en cuenta que el rendimiento óptimo de cría de especies de río se obtiene a las siguientes temperaturas:

- Trucha: 15-24º
- Tenca: 30º
- Carpa: 25º
- Salmón: 15-20º
- Angula: 23º
- Anguila: 19º
- Cangrejo de río: 25º

Dado el bajo coste que implicaría, de decidirse continuar la prospección, convendrá llevar a cabo unos pocos análisis de NH_3 , a nivel de micromol, para cuantificar mejor su temperatura de almacén.

Zona de Fuensanta: Manifestación a 24ºC asociada a la Caliza de Montaña pero con claras implicaciones geológicas ligadas al basamento cuarcítico de esta formación. Las termometrías tanto de fase líquida como gaseosa apuntan

entre 75° y 115°C. Estos resultados, al igual que se ha referido en el caso precedente, podrían ser ratificados con análisis de precisión de NH_3 para proseguir con técnicas geofísicas, inicialmente basadas en métodos eléctricos.

Caldas de Besaya: Balneario funcional a 36°C con potenciales temperaturas de almacén de 75°-100°C, aunque con reservas en cuanto a la fiabilidad de los cálculos. No se observa, en primera aproximación, un aprovechamiento directo del agua caliente si no es transportada a Corrales de Buelna, localidad situada a 4 km.

13.- TRABAJOS CONSULTADOS

13.- TRABAJOS CONSULTADOS

IGME.- Mapa geológico de España E/1:200.000 Hojas:

- Nº 2: Avilés (1971)
- Nº 3: Oviedo (1971)
- Nº 4: Santander (1971)
- Nº 9: Cangas de Narcea (1972)
- Nº 10: Mieres (1971)
- Nº 11: Reinosa (1971)

IGME.- Mapa geológico de España E/1:50.000. Proyecto MAGNA:

- Nº 28: Grado (1975)
- Nº 30: Villaviciosa (1973)
- Nº 32: Llanes (1981)
- Nº 35: Santander (1976)
- Nº 52: Proaza (1976)
- Nº 56: Carreña-Cabrales (Inédita)
- Nº 57: Cabezón de la Sal (1978)
- Nº 58: Los Corrales de Buelna (1979)

IGME (1975).- Inventario general de manifestaciones geotérmicas en el territorio nacional. Inédito.

IGME (1980).- Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares E/1:1.000.000. Ed. Servicio de Publicaciones del Mº Industria y Energía.

IGME (1981).- Mapa geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. E/1:1.000.000. Ed. Servicio de Publicaciones del Mº de Industria y Energía.

ANEXOS.

A N E X O - 1
RESUMEN DEL INVENTARIO

CUADRO: A1-1	RESUMEN DEL INVENTARIO	ZONA: ASTURIAS	HOJA 1
--------------	------------------------	----------------	-----------

NUMERO	TOPONIMIA	Tº MUNICIPAL	MAPA 1/50.000	NATURALEZA SURGENCIA	CAUDAL l/s	TEMPER. AGUA (°C)	pH	CONDUCT. μ S cm ⁻¹	Si O ₂ (p.p.m.)	N H ₄ ⁺ (p.p.m.)	Fe ⁺⁺ (p.p.m.)	
0-1a/	Caldas de Oviedo	Oviedo	Nº 52 Proaza	manantial (Carbonifero)	2	42	7,71	432	16	< 0,05	0,2	bicarbonatada cálcica
0-1b/	Fuente Tres Caños	Oviedo	" "	manantial (Carbon.-Cuater)	6	18,0	7,24	525		< 0,05		bicarbonatada cálcica
0-11/	Rio Gafo	Oviedo	" "	drenaje de Paleozoico y Cretácico	~ 1000	16,4				0,7 (turbidez)		sulfatado-clorurada cálcica.
0-2a/	Fuensanta	Nava	Nº 30 Villaviciosa	manantial (Cretác.-Carbon.)	0,5	23,9	7,18	650	60	0,5	0,6	bicarbonatada cálcica (sulfhídrica)
0-2b/	Fuente del Director	Nava	" "	" "	0,1	20,2	7,14	668	60	0,5	4	" " "
0-21/	Rio Fuensanta	Nava	" "	drenaje de Paleozoico y Cretácico	~ 3000	12,3						bicarbonatada cálcica
0-22/		Nava	" "	manantial (Cretac.-Carbon.)	4	12,1						" "
0-23/	El Pison	Nava	" "	manantial (Cretac.-Cuater.)	?	13,2						bicarbonatada-clorurada cálcica.
0-24/	La Begona	Nava	" "	manantial (Cretac.-Carbon.)	2	15,7	7,02	370	19	< 0,05		bicarbonatada cálcica
0-4/	Puente Llés	Peñamellera Baja	Nº 56 Carreña-Cabrales	manantial (Carbonifero)	(3)	25,9	7,52	650	27	1,0	0,5	bicarbonatada cálcico sódica:
0-41/		" "	" "	" "	~ 10	13,3						bicarbonatada cálcica
0-5/	Balneario de Andina.	?	Nº 32 Llanes	Pozo (Carbonifero)								EN RUINAS (INACCESIBLE)

CUADRO: A1-1		RESUMEN DEL INVENTARIO							ZONA: CANTABRIA			
NUMERO	TOPONIMIA	Tº MUNICIPAL	MAPA 1/50.000	NATURALEZA SURGENCIA	CAUDAL l/s	TEMPER. AGUA (°C)	pH	CONDUCT. $\mu S cm^{-1}$	Si O ₂ (p.p.m.)	N H ₄ ⁺ (p.p.m.)	Fe ⁺⁺ (p.p.m.)	
S-2a/	Balneario de La Hernida	Tresviso	Nº 56 Carreño Cabrales	manantial (Carbon.Permotrias)	(116)	51,4	7,55	3700	23	0,05	0,4	clorurado sódica
S-21/		"	" "	manantial (Carbonífero)	0,7	13,3						bicarbonatada cálcica
S-22/	Rio Deva	"	" "			15,6						" "
S-3	La Berzosa (Puentenansa)	Rionansa	Nº 57 Cabezón de la Sal	manantial (Jurásico)	0,6	14,6	7,70	855	14	0,25	0,2	sulfatada cálcica (sulfhídrica)
S-31/	Rio Mansa	"	" "		~ 1000	17,6						bicarbonatada cálcica
S-32/		"	" "	manantial (Jurásico)	10	12,2						" "
S-4	Balneario de Caldas de Besaya	Los Corrales de Buelna	Nº 58 Los Corrales de Buelna	manantial (Carbon.-Trias)	(6)	35,6	7,08	6200	27	0,05	0,4	clorurada sódica
S-41/	Rio Besaya	" "	" "			16,3					< 0,05	bicarbonatada cálcica
S-42/	Arroyo Rumiales	" "	" "	drenaje de Triásico	0,3	14,7					< 0,05	bicarbonatada cálcico magnésica
S-5	Balneario de Puente Viesgo	Puente Viesgo	nº 58 Los Corrales de Buelna	manantial (Carbonif.-Trias)	15	33,8	7,51	2120	18	< 0,05	0,2	clorurada sódica
S-51/	Arroyo de la Plata	Villafufre	" "	drenaje de Triasico y Jurásico	0,5	16,6				0,05		bicarbonatada cálcica
S-52/	Arroyo de Cogifo	Puente Viesgo	" "	drenaje de Mesozoico	0,3	16,3				0,05		bicarbonatada sulfatada cálcica

CUADRO: A1-1		RESUMEN DEL INVENTARIO							ZONA: CANTABRIA			HOJA 3
NUMERO	TOPONIMIA	Tº MUNICIPAL	MAPA 1/50.000	NATURALEZA SURGENCIA	CAUDAL l/s	TEMPER. AGUA (°C)	pH	CONDUCT. μ S cm ⁻¹	Si O ₂ (p.p.m.)	N H ₄ ⁺ (p.p.m.)	Fe ⁺⁺ (p.p.m.)	
S-6 /	Seminario de Ontaneda	Santiurde de Torazono	nº 58 Los Corrales de Buelna	manantial (Mesozoico)	5	24,8	7,15	7960	10	1,6 turbidez	0,3	clorurada sódica (sulfhídrica)
S-61 /	Fuente Grande	" "	" "	" "	0,4	12,6				< 0,05		bicarbonatada cálcica
S-62 /	Arroyo de Corral Mayor	" "	" "	Drenaje de (Mesozoico)	3	14,4				< 0,05		" "
S-63 /	Rio Pas	" "	" "		5000	16,4				< 0,05		" "
S-7 /	Balneario de Alceda	Santiurde de Torazono	nº 58 Los Corrales de Buelna	manantial (Mesozoico)	42	25,2	7,11	7970	11	0,75 turbidez	0,3	clorurada sódica (sulfhídrica)
S-1 /	Agua de Solares	Medio Cudeyo	nº 35 Santander	manantial (Cretácico)	47	29,7	7,45	860	11	< 0,05	0,2	clorurada-bicarbonatada cálcico-sódica.
S-11 /	Rio Panames		" "	drenaje de Cretácico y Keuper	2000	17,3				< 0,05		bicarbonatada-sulfatada cálcica.
S-12 /	La Covachona		" "	manantial (Cretácico-Keuper)	15	13,6				< 0,05		bicarbonatada cálcica
S-8a /	Fuente de la Olla	Entrambasaguas	nº 35 Santander	manantial (Cretácico)		21,3	7,53	1010	9	< 0,05	0,2	clorurada-bicarbonatada sódico-cálcica
S-8b /	Fuente del Francés	" "	" "	pozo surgente (Cretácico)	13	23,1	7,45	925	9	< 0,05	0,2	clorurada-bicarbonatada cálcico-sódica
S-81 /	Rio Aguanaz	" "	" "			15,0				< 0,05		bicarbonatada cálcica
S-82 /	Fuente el Campo	" "	" "	manantial (Cretácico)		16,6				< 0,05		bicarbonatada cálcica

A N E X O - 2.
ANALISIS QUIMICOS

ANALISIS QUIMICOS DEL INVENTARIO IGME-1975

NUMERO	pH	COMB	CO ₃ H ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	SiO ₂	B	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
0-1 A	8,34	370	223	24	6,7	0,39	14	0,05	6,8	2,1	57,3	15,6	0,1
0-1 B	8,08	425	284	15,8	9,2	0,11	6	0,05	6,1	1,2	92	4	0,1
0-2 A	7,85	530	262	102	5,7	2,70	64	0,38	26	7,5	80,6	14,8	0,50
0-2 B	7,91	525	253	112	7,1	2,90	64	0,34	26,1	7,5	80,3	14,4	0,62
0-4	8,02	545	204	32	77,7	0,30	27	0,05	53,6	4,8	55,9	13,8	0,14
S-1	7,08	765	235	36	134,5	0,1	9	0,05	87,9	1,4	67,6	7,6	0,1
S-2 A	8,17	3450	122	300	997,5	0,24	21	0,105	679	7,3	130,2	20	0,1
S-3	7,90	730	143	278	11,3	1,6	11	0,16	16,6	1,3	101,0	37,8	0,1
S-4	7,97	5350	192	418	1682,7	0,14	28	0,17	1083	12,7	143,6	26	0,1
S-5	8,03	1775	186	110	461,5	0,18	14	0,07	326	4,5	76,8	14,6	0,1
S-6	7,47	6500	116	1630	1583,3	1,3	12	0,32	970	10,5	578	108,4	1,02
S-7	8,00	6700	119	1610	1604,5	1,35	11	0,29	1045	10,4	587	105,4	1,68
S-8 A	7,67	775	241	47	137,4	0,1	8	0,05	90,5	1,8	70,7	16	0,1
S-8 B	8,11	765	241	50	133,8	0,11	8	0,05	89,1	1,5	70,4	16,4	0,1

PROYECTO: GEDERMIA CANTABRICO

FECHA: SEPTIEMBRE 1982

NUM NUESTRA	PHC	CUND	TH	CO3H-	CO3=	SO4=	CL-	F-	NO3-	SI02	B	NA+	K+	CA++	MG++	NH4+	FE++	LI+
1 0-4A	7.7	432	216	231	0	24	15	.4	1.8	16.0	.22	8.2	2.6	63.3	14.1	.02	.2	.031
2 0-4B	7.2	525	268	290	0	19	16	.1	5.0	3.6	.31	7.2	1.6	97.8	5.8	.02	---	.002
3 0-41	6.6	887	340	66	0	177	72	9.0	106.5	11.9	.54	46.6	6.5	145.4	12.6	.70	---	.014
4 0-2A	7.2	650	270	266	0	90	15	2.2	.1	60.0	.46	27.0	8.5	86.6	13.1	.50	---	.015
5 0-2B	7.4	668	272	249	0	100	17	3.0	.1	60.0	.29	26.4	8.5	87.4	13.1	.50	4.0	.109
6 0-21	7.6	308	130	132	0	17	13	.1	2.3	2.7	.02	6.0	2.1	44.9	4.4	---	---	.002
7 0-22	7.6	339	166	193	0	2	11	.1	2.0	1.5	.02	4.5	.5	62.5	2.4	---	---	.002
8 0-23	7.2	960	338	256	0	40	93	.1	113.5	3.6	.09	34.1	49.0	111.4	14.6	---	---	.002
9 0-24	7.0	370	170	173	0	35	13	1.0	.5	19.0	.10	12.5	3.2	56.1	7.3	.02	---	.037
10 0-4	7.5	650	204	206	0	29	94	.3	3.4	27.0	.06	57.0	6.3	62.5	11.7	1.00	.5	.031
11 0-41	7.8	319	151	173	0	2	13	.1	1.3	1.8	.05	5.8	.6	56.9	2.2	---	---	.002
12 S-2A	7.5	3700	430	127	0	311	1044	.1	.1	23.0	.05	672.0	9.3	137.9	20.9	.05	.4	.273
13 S-21	7.6	357	178	202	0	2	13	.1	.9	.2	.07	4.4	.4	68.1	1.9	---	---	.002
14 S-22	7.7	205	94	105	0	4	7	.1	1.2	2.4	.05	2.4	1.0	29.7	4.9	---	---	.002
15 S-3	7.7	855	412	159	0	276	19	1.7	.1	14.0	.20	16.6	1.4	108.2	34.6	.25	.2	.025
16 S-31	7.4	280	98	84	0	19	13	.1	9.6	1.8	.12	6.0	4.7	30.5	5.4	---	---	.002
17 S-32	7.5	206	90	83	0	16	10	.1	1.1	3.6	.02	4.7	1.2	28.1	4.9	---	---	.002
18 S-4	7.1	6200	494	196	0	344	1793	.4	.3	27.0	.24	1167.0	15.9	155.5	25.8	.05	.4	.511
19 S-41	7.5	290	110	89	0	31	20	.1	3.3	3.9	.02	10.3	2.2	35.3	5.3	---	---	.002
20 S-42	7.6	121	42	44	0	1	12	.1	2.4	6.8	.02	5.6	2.3	10.4	3.9	---	---	.002
21 S-5	7.5	2120	256	193	0	100	540	.2	.7	18.0	.06	550.0	5.6	81.7	12.6	.02	.2	.091
22 S-51	7.5	310	124	93	0	44	16	.1	2.4	18.7	.02	8.3	2.9	36.1	8.3	.05	---	.002
23 S-52	8.0	647	324	198	0	150	18	.2	2.7	5.0	.10	8.5	3.3	109.0	12.6	.05	---	.002
24 S-6	7.1	7960	2040	127	0	1822	1711	1.3	.1	10.0	.40	1087.0	13.1	631.7	112.8	1.60	.3	.300
25 S-61	7.4	270	98	109	0	2	10	.1	1.9	4.0	.02	4.4	.6	36.1	2.0	.02	---	.002
26 S-62	7.9	361	168	200	0	1	14	.1	2.1	4.3	.02	8.1	.7	67.3	1.9	.02	---	.002
27 S-63	7.4	105	38	43	0	2	7	.1	.8	3.0	.10	3.9	.9	12.0	1.9	.02	---	.002
28 S-7	7.1	7970	2048	127	0	1812	1770	1.4	.1	11.0	.36	1115.0	13.2	637.3	111.4	.75	.3	.294
29 S-1	7.4	860	240	238	0	31	142	.1	1.9	11.0	.05	87.0	2.0	76.2	12.2	.02	.2	.017
30 S-11	7.6	365	158	112	0	58	23	.1	4.6	5.0	.05	14.1	2.8	52.1	6.8	.02	---	.002
31 S-12	7.8	374	182	198	0	17	14	.2	2.1	2.1	.15	8.2	1.8	61.7	6.8	.02	---	.002
32 S-8A	7.5	1010	264	250	0	51	158	.1	1.1	9.0	.02	99.3	2.1	82.6	14.1	.02	.2	.021
33 S-8B	7.4	925	280	259	0	48	150	.1	.7	9.0	.02	90.4	2.0	86.6	15.6	.02	.2	.018
34 S-81	7.7	311	142	155	0	8	16	.1	3.1	3.1	.02	7.6	1.3	48.1	5.3	.02	---	.002
35 S-82	7.5	642	238	238	0	33	70	.1	2.7	4.3	.02	40.8	2.3	76.1	11.7	.02	---	.007
36 S-9A	7.1	2860	1630	168	0	1416	176	1.4	.1	10.0	.10	107.0	2.3	478.6	106.0	.10	.2	.046
37 S-9B	7.1	2830	1624	166	0	1419	170	1.5	.1	10.0	.11	106.0	3.4	489.0	98.2	.10	.2	.048
38 S-91	7.7	215	92	100	0	2	11	.1	1.4	2.1	.02	4.3	.9	32.1	2.9	.02	---	.002
39 S-92	7.7	489	236	232	0	28	24	.1	9.9	2.8	.02	10.2	3.3	85.8	5.3	.02	---	.002

ANALISIS QUIMICOS EN EPM

NUM MUESTRA	CO3H-	CO3=	SO4=	CL-	F-	NO3-	SUM.AN	NA+	K+	CA++	MG++	NH4+	FE++	LI+	SUM.CA
1 0-1A	3.79	0.00	.50	.42	.0211	.03	4.76	.36	.07	3.16	1.16	.0011	.01	.0045	4.75
2 0-1B	4.75	0.00	.40	.45	.0053	.08	5.69	.31	.04	4.88	.48	.0011	0.00	.0003	5.71
3 0-11	1.08	0.00	3.69	2.03	.4738	1.72	8.99	2.03	.17	5.76	1.04	.0388	0.00	.0020	9.03
4 0-2A	4.36	0.00	1.87	.42	.1158	.00	6.77	1.17	.22	4.32	1.08	.0277	.02	.0022	6.84
5 0-2B	4.08	0.00	2.08	.48	.1579	.00	6.80	1.15	.22	4.36	1.08	.0277	.14	.0157	6.99
6 0-21	2.16	0.00	.35	.37	.0053	.04	2.93	.26	.05	2.24	.36	0.0000	0.00	.0003	2.92
7 0-22	3.16	0.00	.04	.31	.0053	.03	3.55	.20	.01	3.12	.20	0.0000	0.00	.0003	3.52
8 0-23	4.20	0.00	.83	2.62	.0053	1.83	9.49	1.48	1.25	5.56	1.20	0.0000	0.00	.0003	9.50
9 0-24	2.84	0.00	.73	.37	.0526	.01	3.99	.54	.08	2.80	.60	.0011	0.00	.0053	4.03
10 0-4	3.38	0.00	.60	2.65	.0158	.05	6.70	2.48	.16	3.12	.96	.0554	.02	.0045	6.80
11 0-41	2.84	0.00	.04	.37	.0053	.02	3.27	.25	.02	2.84	.18	0.0000	0.00	.0003	3.29
12 S-2A	2.08	0.00	6.48	29.45	.0053	.00	38.01	29.23	.24	6.88	1.72	.0028	.01	.0393	30.13
13 S-21	3.31	0.00	.04	.37	.0053	.01	3.74	.19	.01	3.40	.16	0.0000	0.00	.0003	3.76
14 S-22	1.72	0.00	.08	.20	.0053	.02	2.03	.10	.03	1.48	.40	0.0000	0.00	.0003	2.02
15 S-3	2.61	0.00	5.75	.54	.0895	.00	8.98	.72	.04	5.40	2.85	.0137	.01	.0036	9.03
16 S-31	1.38	0.00	.40	.37	.0053	.15	2.30	.26	.12	1.52	.44	0.0000	0.00	.0003	2.35
17 S-32	1.36	0.00	.33	.28	.0053	.02	2.00	.20	.03	1.40	.40	0.0000	0.00	.0003	2.04
18 S-4	3.21	0.00	7.16	50.58	.0211	.00	60.98	50.76	.41	7.76	2.12	.0028	.01	.0736	61.14
19 S-41	1.46	0.00	.65	.56	.0053	.05	2.73	.45	.06	1.76	.44	0.0000	.00	.0003	2.71
20 S-42	.72	0.00	.02	.34	.0053	.03	1.12	.24	.06	.52	.32	0.0000	.00	.0003	1.15
21 S-5	3.16	0.00	2.08	15.23	.0105	.01	20.50	15.23	.14	4.08	1.04	.0011	.01	.0131	20.50
22 S-51	1.52	0.00	.92	.45	.0053	.04	2.94	.36	.07	1.80	.68	.0028	0.00	.0003	2.92
23 S-52	3.25	0.00	3.12	.51	.0105	.04	6.93	.37	.08	5.44	1.04	.0028	0.00	.0003	6.93
24 S-6	2.08	0.00	37.93	48.27	.0684	.00	88.35	47.28	.33	31.52	9.28	.0287	.01	.0432	88.56
25 S-61	1.79	0.00	.04	.28	.0053	.03	2.15	.19	.02	1.80	.16	.0011	0.00	.0003	2.17
26 S-62	3.28	0.00	.02	.39	.0053	.03	3.73	.35	.02	3.36	.16	.0011	0.00	.0003	3.89
27 S-63	.70	0.00	.04	.20	.0053	.01	.96	.17	.02	.60	.16	.0011	0.00	.0003	.95
28 S-7	2.08	0.00	37.73	49.93	.0737	.00	89.81	48.50	.34	31.80	9.16	.0416	.01	.0424	89.90
29 S-1	3.90	0.00	.65	4.01	.0053	.03	8.59	3.78	.05	3.80	1.00	.0011	.01	.0024	8.65
30 S-11	1.84	0.00	1.21	.65	.0053	.07	3.77	.61	.07	2.60	.56	.0011	0.00	.0003	3.85
31 S-12	3.25	0.00	.35	.39	.0105	.03	4.04	.36	.05	3.08	.56	.0011	0.00	.0003	4.04
32 S-8A	4.10	0.00	1.06	4.46	.0053	.02	9.64	4.32	.05	4.12	1.16	.0011	.01	.0030	9.67
33 S-8B	4.25	0.00	1.00	4.23	.0053	.01	9.49	3.93	.05	4.32	1.28	.0011	.01	.0026	9.60
34 S-84	2.54	0.00	.17	.45	.0053	.05	3.21	.33	.03	2.40	.44	.0011	0.00	.0003	3.20
35 S-82	3.90	0.00	.69	1.97	.0053	.04	6.61	1.77	.06	3.80	.96	.0011	0.00	.0010	6.60
36 S-9A	2.75	0.00	29.48	4.96	.0737	.00	37.27	4.65	.06	23.88	8.72	.0055	.01	.0066	37.33
37 S-9B	2.72	0.00	29.54	4.80	.0790	.00	37.14	4.61	.09	24.40	8.08	.0055	.01	.0069	37.20
38 S-91	1.64	0.00	.04	.31	.0053	.02	2.02	.19	.02	1.60	.24	.0011	0.00	.0003	2.05
39 S-92	3.80	0.00	.58	.68	.0053	.16	5.23	.44	.08	4.28	.44	.0011	0.00	.0003	5.25

ANALISIS QUIMICOS EN % EPA

NUM MUESTRA	CO3H-	CO3=	SO4=	CL-	F-	NO3-	SUM.AN	NA+	K+	CA++	MG++	NH4+	FE++	LI+	SUM.CA
1 0-1A	79.56	0.00	10.50	8.89	.44	.61	100.00	7.50	1.40	66.44	24.40	.02	.15	.09	100.00
2 0-1B	83.59	0.00	6.96	7.94	.09	1.42	100.00	5.48	.72	85.43	8.35	.02	0.00	.01	100.00
3 0-11	12.03	0.00	40.99	22.59	5.27	19.11	100.00	22.45	1.84	63.78	11.48	.43	0.00	.02	100.00
4 0-2A	64.36	0.00	27.66	6.25	1.71	.02	100.00	17.17	3.18	63.16	15.75	.41	.31	.03	100.00
5 0-2B	60.00	0.00	30.61	7.05	2.32	.02	100.00	16.43	3.11	62.38	15.41	.40	2.05	.22	100.00
6 0-21	73.93	0.00	12.09	12.53	.18	1.27	100.00	8.95	1.84	76.80	12.41	0.00	0.00	.01	100.00
7 0-22	89.04	0.00	1.17	8.73	.15	.91	100.00	5.55	.36	88.48	5.60	0.00	0.00	.01	100.00
8 0-23	44.22	0.00	8.78	27.65	.06	19.30	100.00	15.62	13.19	58.54	12.65	0.00	0.00	.00	100.00
9 0-24	71.04	0.00	18.26	9.19	1.32	.20	100.00	13.49	2.03	69.43	14.89	.03	0.00	.13	100.00
10 0-4	50.37	0.00	9.01	39.56	.24	.82	100.00	36.47	2.37	45.87	14.15	.82	.26	.07	100.00
11 0-41	86.71	0.00	1.27	11.21	.16	.64	100.00	7.67	.47	86.35	5.50	0.00	0.00	.01	100.00
12 S-2A	5.48	0.00	17.03	77.47	.01	.00	100.00	76.67	.62	18.05	4.51	.01	.04	.10	100.00
13 S-21	88.55	0.00	1.11	9.81	.14	.39	100.00	5.10	.27	90.46	4.16	0.00	0.00	.01	100.00
14 S-22	84.93	0.00	4.11	9.75	.26	.96	100.00	5.18	1.27	73.54	20.00	0.00	0.00	.01	100.00
15 S-3	29.02	0.00	63.99	5.97	1.00	.02	100.00	8.00	.40	59.81	31.53	.15	.08	.04	100.00
16 S-31	59.88	0.00	17.21	15.95	.23	6.73	100.00	11.12	5.12	64.83	18.92	0.00	0.00	.01	100.00
17 S-32	68.07	0.00	16.67	14.11	.26	.89	100.00	10.02	1.50	68.71	19.75	0.00	0.00	.01	100.00
18 S-4	5.27	0.00	11.74	82.94	.03	.01	100.00	83.03	.66	12.69	3.47	.00	.02	.12	100.00
19 S-41	53.49	0.00	23.67	20.69	.19	1.95	100.00	16.56	2.08	65.10	16.11	0.00	.13	.01	100.00
20 S-42	64.41	0.00	1.86	30.23	.47	3.03	100.00	21.26	5.13	45.28	27.99	0.00	.31	.03	100.00
21 S-5	15.43	0.00	10.16	74.31	.05	.06	100.00	74.26	.70	19.88	5.06	.01	.03	.06	100.00
22 S-51	51.92	0.00	31.20	15.37	.18	1.32	100.00	12.35	2.54	61.64	23.36	.09	0.00	.01	100.00
23 S-52	46.83	0.00	45.06	7.33	.15	.63	100.00	5.33	1.22	78.45	14.95	.04	0.00	.00	100.00
24 S-6	2.36	0.00	42.93	54.63	.08	.00	100.00	53.39	.38	35.59	10.48	.10	.01	.05	100.00
25 S-61	83.24	0.00	1.94	13.14	.25	1.43	100.00	8.80	.71	82.86	7.57	.05	0.00	.01	100.00
26 S-62	87.81	0.00	.56	10.58	.14	.91	100.00	9.07	.46	86.42	4.02	.03	0.00	.01	100.00
27 S-63	73.26	0.00	4.33	20.53	.55	1.34	100.00	17.87	2.42	63.09	16.47	.12	0.00	.03	100.00
28 S-7	2.32	0.00	42.00	55.59	.08	.00	100.00	53.95	.38	35.37	10.19	.05	.01	.05	100.00
29 S-1	45.42	0.00	7.52	46.64	.06	.36	100.00	43.74	.59	43.95	11.60	.01	.08	.03	100.00
30 S-11	48.67	0.00	32.02	17.20	.14	1.97	100.00	15.95	1.86	67.61	14.55	.03	0.00	.01	100.00
31 S-12	80.36	0.00	8.76	9.78	.26	.84	100.00	8.82	1.14	76.16	13.84	.03	0.00	.01	100.00
32 S-8A	42.51	0.00	11.02	46.24	.05	.18	100.00	44.69	.56	42.64	12.00	.01	.07	.03	100.00
33 S-8B	44.72	0.00	10.53	44.58	.06	.12	100.00	40.97	.53	45.02	13.37	.01	.07	.03	100.00
34 S-81	79.05	0.00	5.18	14.05	.16	1.56	100.00	10.33	1.04	74.97	13.62	.03	0.00	.01	100.00
35 S-82	59.00	0.00	10.39	29.87	.08	.66	100.00	26.91	.89	57.57	14.59	.02	0.00	.02	100.00
36 S-9A	7.39	0.00	79.09	13.32	.20	.00	100.00	12.47	.16	63.97	23.36	.01	.02	.02	100.00
37 S-9B	7.33	0.00	79.55	12.91	.21	.00	100.00	12.40	.23	65.60	21.72	.04	.02	.02	100.00
38 S-91	81.19	0.00	2.06	15.37	.26	1.12	100.00	9.12	1.12	78.07	11.63	.05	0.00	.01	100.00
39 S-92	72.74	0.00	11.15	12.95	.10	3.05	100.00	8.46	1.61	81.60	8.31	.02	0.00	.01	100.00

NUM MUESTRA	CO3H+CO3		CL		S04		CO3H+CO3+S04		CL+S04		MG	CO3H	
	CA	CA+MG	NA	NA+K	CA	CA+MG	CA+MG	NA+CA+K	CA	CL			
1 0-1A	1.199	.877	1.186	1.000	.158	.116	.992	.258	.367		.367	8.947	
2 0-1B	.974	.887	1.441	1.275	.081	.074	.961	.162	.098		.098	10.531	
3 0-11	.188	.159	1.002	.926	.640	.542	.702	.719	.180		.180	.533	
4 0-2A	1.009	.808	.360	.304	.434	.347	1.155	.402	.249		.249	10.303	
5 0-2B	.936	.750	.418	.351	.477	.383	1.133	.447	.247		.247	8.510	
6 0-21	.966	.831	1.405	1.165	.158	.136	.967	.282	.162		.162	5.899	
7 0-22	1.014	.954	1.585	1.488	.013	.013	.966	.106	.063		.063	10.194	
8 0-23	.755	.621	1.769	.959	.450	.423	.744	.417	.216		.216	1.599	
9 0-24	1.013	.834	.674	.586	.260	.214	1.048	.320	.215		.215	7.732	
10 0-4	1.083	.827	1.069	1.004	.194	.148	.975	.565	.309		.309	1.273	
11 0-41	.999	.939	1.454	1.370	.015	.014	.953	.131	.064		.064	7.732	
12 S-2A	.302	.242	1.008	.999	.941	.753	.995	.988	.250		.250	.071	
13 S-21	.974	.931	1.916	1.819	.012	.012	.943	.113	.046		.046	9.028	
14 S-22	1.161	.913	1.891	1.519	.056	.044	.957	.174	.272		.272	8.715	
15 S-3	.483	.316	.742	.707	1.064	.697	1.013	1.020	.527		.527	4.862	
16 S-31	.905	.700	1.405	.962	.260	.201	.901	.401	.292		.292	3.754	
17 S-32	.970	.754	1.380	1.200	.238	.185	.938	.376	.287		.287	4.822	
18 S-4	.414	.325	.996	.988	.923	.725	1.050	.980	.274		.274	.064	
19 S-41	.828	.664	1.259	1.119	.366	.294	.958	.534	.248		.248	2.585	
20 S-42	1.390	.659	1.390	1.119	.040	.025	.884	.437	.618		.618	2.130	
21 S-5	.776	.619	1.001	.991	.511	.407	1.026	.890	.254		.254	.208	
22 S-51	.846	.614	1.250	1.037	.509	.369	.982	.611	.379		.379	3.377	
23 S-52	.597	.501	1.373	1.118	.574	.462	.983	.616	.191		.191	6.391	
24 S-6	.066	.051	1.021	1.014	1.203	.930	.981	1.089	.294		.294	.043	
25 S-61	.992	.909	1.474	1.365	.023	.021	.930	.161	.091		.091	6.333	
26 S-62	.976	.933	1.121	1.067	.006	.006	.939	.112	.047		.047	8.300	
27 S-63	1.177	.933	1.164	1.025	.070	.055	.988	.302	.261		.261	3.569	
28 S-7	.065	.051	1.029	1.022	1.186	.921	.972	1.087	.288		.288	.042	
29 S-1	1.026	.812	1.058	1.044	.170	.134	.946	.609	.264		.264	.974	
30 S-11	.706	.581	1.058	.947	.464	.382	.963	.565	.215		.215	2.829	
31 S-12	1.054	.892	1.107	.981	.115	.097	.989	.215	.182		.182	8.217	
32 S-8A	.994	.776	1.032	1.019	.258	.201	.977	.650	.281		.281	.919	
33 S-8B	.982	.757	1.076	1.062	.231	.178	.936	.630	.297		.297	1.003	
34 S-81	1.058	.896	1.365	1.241	.069	.059	.954	.224	.182		.182	5.628	
35 S-82	1.027	.820	1.113	1.077	.181	.144	.964	.473	.253		.253	1.975	
36 S-9A	.115	.084	1.067	1.053	1.234	.904	.989	1.205	.365		.365	.555	
37 S-9B	.112	.084	1.040	1.021	1.211	.910	.993	1.180	.331		.331	.567	
38 S-91	1.023	.891	1.659	1.477	.026	.023	.913	.194	.149		.149	5.282	
39 S-92	.888	.806	1.526	1.282	.136	.124	.930	.262	.102		.102	5.616	

A N E X O - 3
ANALISIS DE GASES

ANALISIS DE GASES

MUESTRA.....0-28

TEMPERATURA..... 20

GASES	ZV	P.M.	P.M. APAR.	XPESO	P.P. (MMHG)	PESO(G/L)	CONC. MOL(G/MOL)
H2S	---	34.082	0	0	0	0	0
SO2	---	64.062	0	0	0	0	0
CO2	1.99	44.076	.8771124	3.2039454	15.124	3.9156802E-02	1.4303327E-03
CO	---	28.010	0	0	0	0	0
CH4	.074	36.042	.02667108	.09742504	.5624	1.1906732E-03	4.3493307E-05
H2	(.0006	2.016	6.048E-06	2.2092336E-05	.00228	2.6999999E-07	9.8626497E-09
O2	1.1	32.082	.352902	1.2890922	8.3599999	1.5754553E-02	5.7548757E-04
N2	93.2	28.016	26.110912	95.378809	708.32	1.1656657	4.2579824E-02
HE	.21	4.003	.0084063	3.0706813E-02	1.596	3.7528124E-04	1.3708398E-05
SUM. P.M. APARENTE.....		27.376009					
PESO ESPEC.		1.2221433					
CH4/H2(%V).....		246.66667					
N2/O2 (%V).....		84.727273					

MUESTRA.....S-4

TEMPERATURA..... 36

GASES	%U	P.M.	P.M. APAR.	XPESO	P.P. (MMHG)	PESO(G/L)	CONC. MOL(G/MUL)
H2S	---	34.032	0	0	0	0	0
SO2	---	64.062	0	0	0	0	0
CO2	2	44.076	.88152	3.2231003	15.2	.03935357	1.438884E-03
CO	---	28.010	0	0	0	0	0
CH4	0.002	36.042	.00036042	1.3178031E-03	.0076	1.6090178E-05	5.8830496E-07
H2	.0012	2.016	2.4192E-05	8.8453174E-05	.00912	.00000108	3.9468024E-08
O2	5.47	32.082	1.7548854	6.416385	41.572	.0783431	2.8644575E-03
N2	88.2	28.016	24.710112	90.347546	670.32	1.10313	4.0333725E-02
HE	.079	4.003	.00316237	1.1562569E-02	.6004	1.4117723E-04	5.1618611E-06
SUM. P.M. APARENTE.....		27.350064					
PESO ESPEC.		1.220985					
CH4/H2(%U).....		.03333334					
N2/O2 (%U).....		16.124314					

MUESTRA.....S-6

TEMPERATURA..... 25

GASES	ZV	P.M.	P.M. APAR.	ZPESO	P.P. (MMHG)	PESO(G/L)	CONC. MOL (G/MOL)
H2S	---	34.082	0	0	0	0	0
SO2	---	64.062	0	0	0	0	0
CO2	1	44.076	.44076	1.5483411	7.6	1.9676785E-02	6.912237E-04
CO	---	28.010	0	0	0	0	0
CH4	<.002	36.042	.00036042	1.2661156E-03	.0076	1.6090178E-05	5.652301E-07
H2	.0014	2.016	2.8224E-05	9.9447791E-05	.01064	.00000126	4.4262406E-08
O2	9.11	32.082	2.9226702	10.267017	69.236	.13047634	4.5834897E-03
N2	89.6	28.016	25.102336	88.48173	680.96	1.12064	3.9366843E-02
HE	.011	4.003	.00044033	1.5468306E-03	.0836	1.9667589E-05	6.9054935E-07
SUM. P.M. APARENTE.....		28.466595					
PESO ESPEC.		1.2708301					
CH4/H2 (ZV).....		.71428572					
N2/O2 (ZV).....		9.8353457					

A N E X O - 4
GEOTERMOMETRIAS

GEOTERMOMETRIAS LIQUIDAS

NUM NUESTRA	TEM	SIO2							NA-K-CA							CH4-H2			
		AMF	C-A	C-B	CAL	D-C	Q-V	NA/LI	NA/K	CA/NA	CA/K	B1/3	B4/3	CO2	HG	AL-AN	CH4-H2	-CO2	CO2-H2S
1 0-1A	42	-53	7	-37	23	55	62	165	358	-33	56	178	16*	---	---	---	---	---	-3
2 0-1B	18	-89	-36	-76	-23	9	20	20	293	-41	40	154	-1*	---	---	---	---	---	-54
3 0-11	16	-61	-3	-46	12	45	52	23	226	5	72	160	42*	---	---	---	---	---	11
4 0-2A	24	-7	60	13	81	111	110	48	356	-7	84	197	50*	---	---	---	---	---	54
5 0-2B	20	-7	60	13	81	111	110	172	361	-8	83	198	49*	---	---	---	---	---	54
6 0-21	12	-94	-43	-82	-31	2	13	27	378	-36	55	181	14*	---	---	---	---	---	-60
7 0-22	12	-105	-56	-93	-45	-12	-	38	199	-46	21	120	-20*	---	---	---	---	---	-84
8 0-23	13	-89	-36	-76	-23	9	20	-29	949	-4	137	309	103*	---	100	---	---	---	-30
9 0-24	16	-48	12	-31	29	62	67	146	317	-22	63	175	26*	---	---	---	---	---	10
10 0-4	26	-36	25	-19	44	75	79	47	199	21	80	157	54*	---	---	---	---	---	43
11 0-41	13	-102	-52	-90	-40	-8	4	28	191	-40	25	121	-14*	---	---	---	---	---	-74
12 S-2A	51	-42	19	-25	37	69	74	34	42	115	80	99	75*	---	---	---	---	---	71
13 S-21	---	-133	-91	-123	-82	-51	-37	39	177	-47	16	111	-24*	---	---	---	---	---	-147
14 S-22	16	-97	-46	-84	-34	-1	10	67	418	-51	43	177	-2*	---	---	---	---	---	-74
15 S-3	15	-56	2	-41	18	51	57	100	170	-23	36	122	*	---	---	---	---	---	---
16 S-31	18	-102	-52	-90	-40	-8	4	27	615	-32	82	233	39*	---	---	---	---	---	-69
17 S-32	12	-89	-36	-76	-23	9	20	36	317	-36	48	164	7*	---	---	---	---	---	-51
18 S-4	36	-36	25	-19	44	75	79	38	41	147	93	104	97*	---	85	---	---	---	84
19 S-41	16	-87	-34	-74	-21	11	22	7	287	-21	59	166	23*	---	---	---	---	---	38
20 S-42	15	-75	-20	-61	-6	27	36	29	415	-21	77	202	39*	---	---	---	---	---	-21
21 S-5	34	-49	11	-33	27	60	65	17	49	93	73	99	63*	---	---	---	---	---	57
22 S-51	17	-48	12	-32	29	61	67	14	378	-26	66	189	27*	---	---	---	---	---	6
23 S-52	16	-82	-28	-68	-15	18	28	14	402	-38	56	185	13*	---	---	---	---	---	-42
24 S-6	25	-65	-9	-51	7	39	47	19	35	99	68	90	59*	---	---	---	---	---	42
25 S-61	13	-87	-34	-73	-21	12	23	35	224	-41	30	132	-10*	---	---	---	---	---	-51
26 S-62	14	-85	-32	-72	-19	14	24	15	172	-34	27	117	-11*	---	---	---	---	---	-44
27 S-63	16	-92	-41	-79	-28	5	15	44	299	-31	51	163	12*	---	---	---	---	---	-53
28 S-7	25	-63	-6	-48	10	42	50	18	34	100	68	90	60*	---	---	---	---	---	45
29 S-1	30	-63	-6	-48	10	42	50	7	70	33	48	96	25*	---	---	---	---	---	21
30 S-11	17	-82	-28	-68	-15	18	28	-3	276	-17	61	165	25*	---	---	---	---	---	-29
31 S-12	14	-99	-49	-87	-37	-4	7	15	291	-33	48	159	8*	---	---	---	---	---	-65
32 S-8A	21	-68	-12	-54	3	36	44	10	65	36	48	94	26*	---	---	---	---	---	16
33 S-8B	23	-68	-12	-54	3	36	44	8	67	32	46	94	23*	---	---	---	---	---	14
34 S-81	15	-92	-40	-79	-27	5	16	18	254	-32	43	148	5*	---	---	---	---	---	-52
35 S-82	17	-85	-32	-72	-19	14	24	3	133	7	51	121	22*	---	---	---	---	---	-20
36 S-9A	19	-65	-9	-51	7	39	47	37	66	9	31	85	3*	---	---	---	---	---	8
37 S-9B	19	-65	-9	-51	7	39	47	39	91	8	39	99	11*	---	---	---	---	---	8
38 S-91	16	-99	-49	-87	-37	-4	7	40	284	-40	40	152	-1*	---	---	---	---	---	-70
39 S-92	14	-94	-42	-81	-30	3	14	7	362	-32	58	180	18*	---	---	---	---	---	-55

GEOTERMOMETRIAS GASEOSAS

NUM MUESTRA	GEOI. CH4-H2				
	SUM PP	KX	KP	LOGKP	T
5 0-2#	7.43-04	2.24+23	1.66+20	20.22	114
18 S-4	2.20-05	1.18+19	2.60+14	14.42	182
24 S-6	2.40-05	6.38+18	1.53+14	14.19	185

SUM I	H2OVAP	KX	T
1.47-03	.99853	3.20+30	121
1.44-03	.99856	1.68+26	179
6.92-04	.99931	2.13+26	178

GEOI. CH4-H2-CO2-H2S		
ALFA	BETA	T
28.16	7	75
22.63	7	104
20.12	7	119

A N E X O - 5
DIAGRAMAS DE SCHOELLER - BERKALOFF

C. G. S.: HIDROGEOLOGIA

Asturias-Cantabria

Diagrama de
SCHOELLER-BERCALOF

ESTUDIO :
..... Las Caldas de Quedo.....

MUESTRA

pH

C
μe/cm.

TH

0-1A
0-1B
0-11
0-1A (1975)

7,7
7,2
6,6
8,3

432
525
887
370

216
268
340

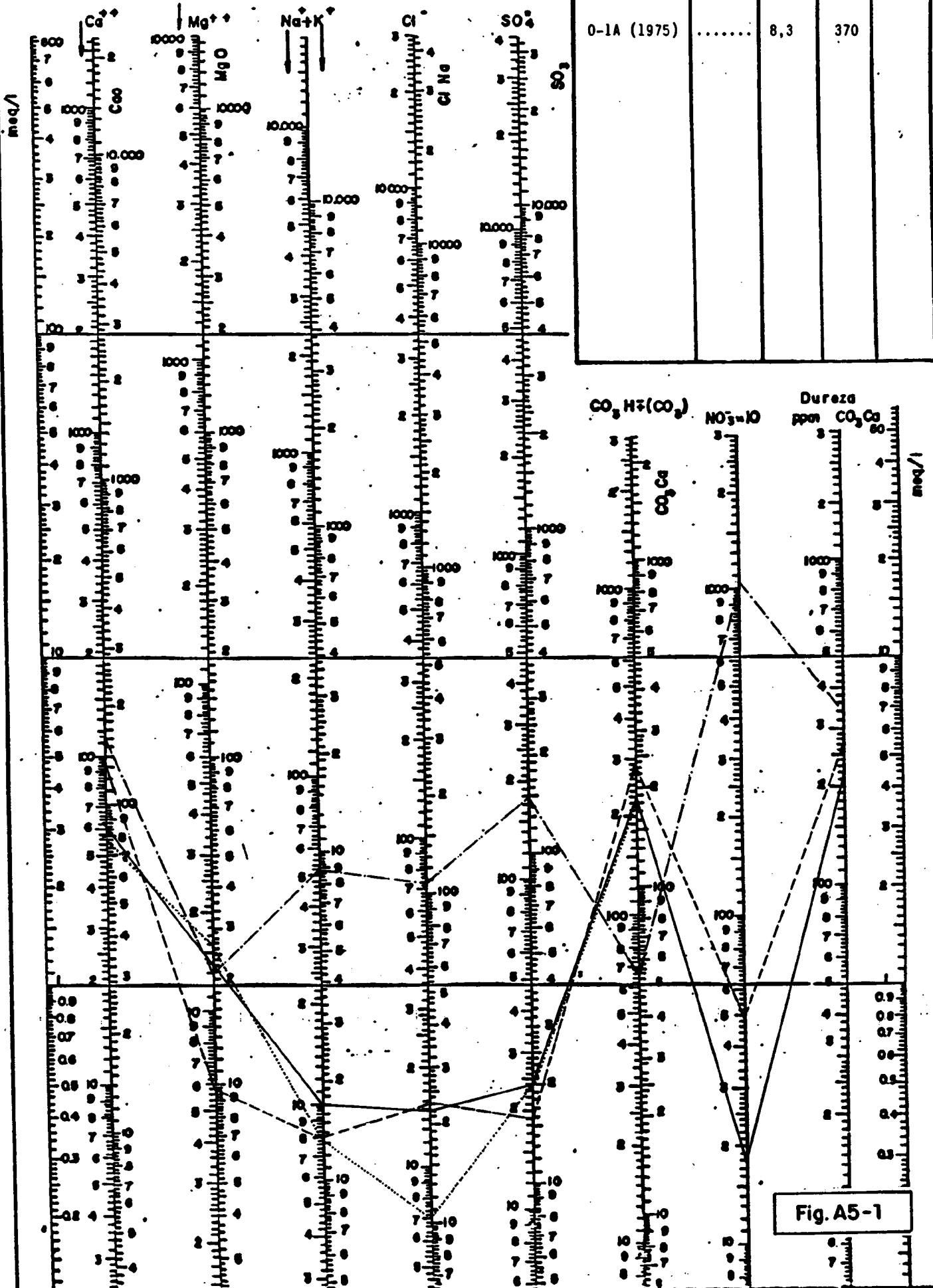


Fig. A5-1

C. G. S. HIDROGEOLOGIA

Asturias-Cantabria

ESTUDIO :

Fuentsanta

.....

Decreto de
SCHOELLER-BERKALOF

MUESTRA		PH	C μg/cm	TH
0-2A	—				7,2	650	270
0-21	- - -	7,6	308	130
0-22	—	7,6	339	166
0-23	- - -	7,2	960	338
0-24	—	7,0	370	170
0-2A (1975)	.....	7,9	530	

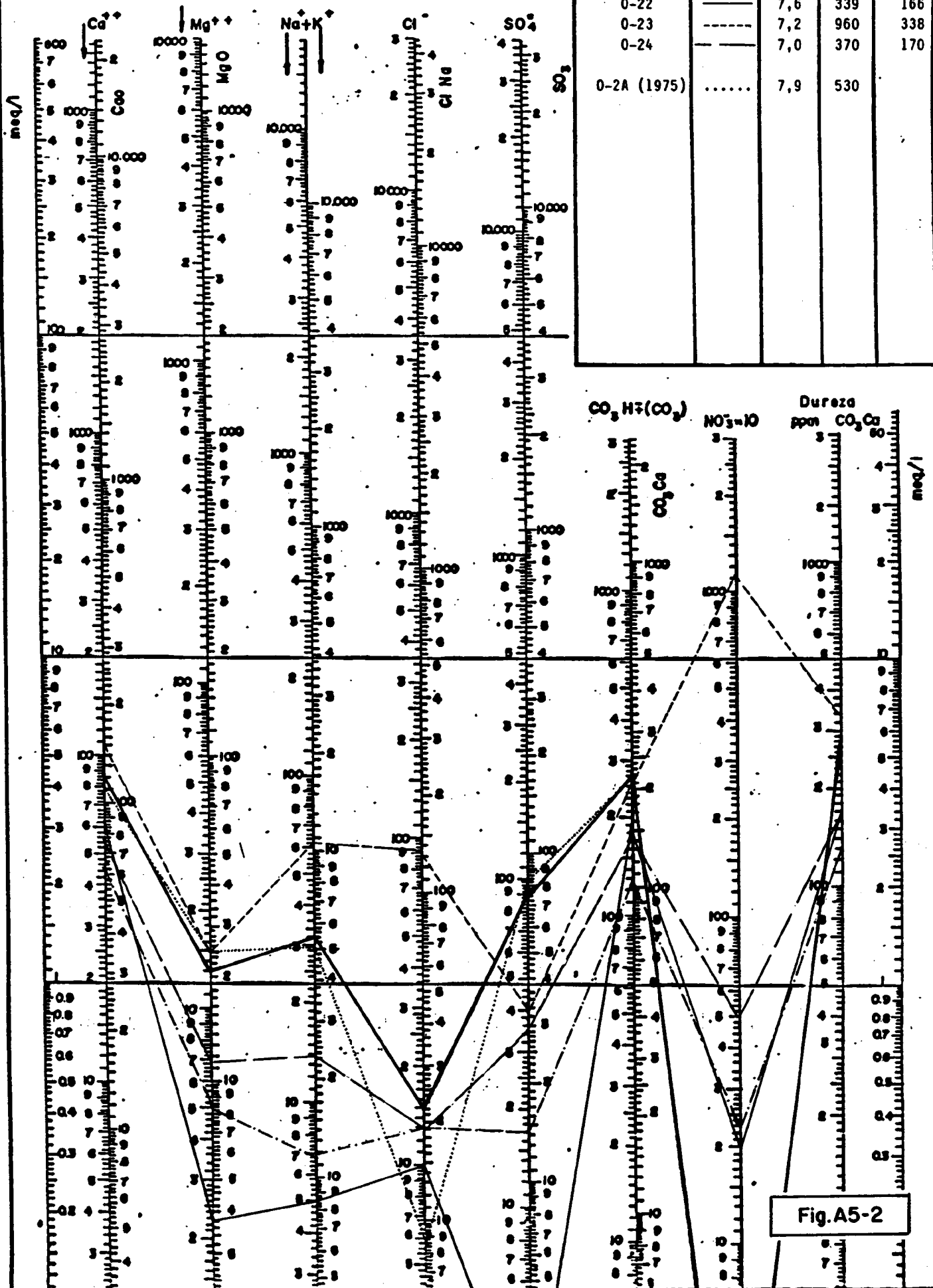


Fig.A5-2

C. G. S.: HIDROGEOLOGIA

Diagrama de
SCHOELLER-BENKALOF

ESTUDIO Asturias-Cantabria
Puente Llés
.....

MUESTRA

pH

C
μs/cm

TH

0-4	————	7,5	650	204
0-41	-----	7,8	319	151
S-22	-.-.-.-	7,7	205	94
0-4 (1975)	.....	8,0	545	

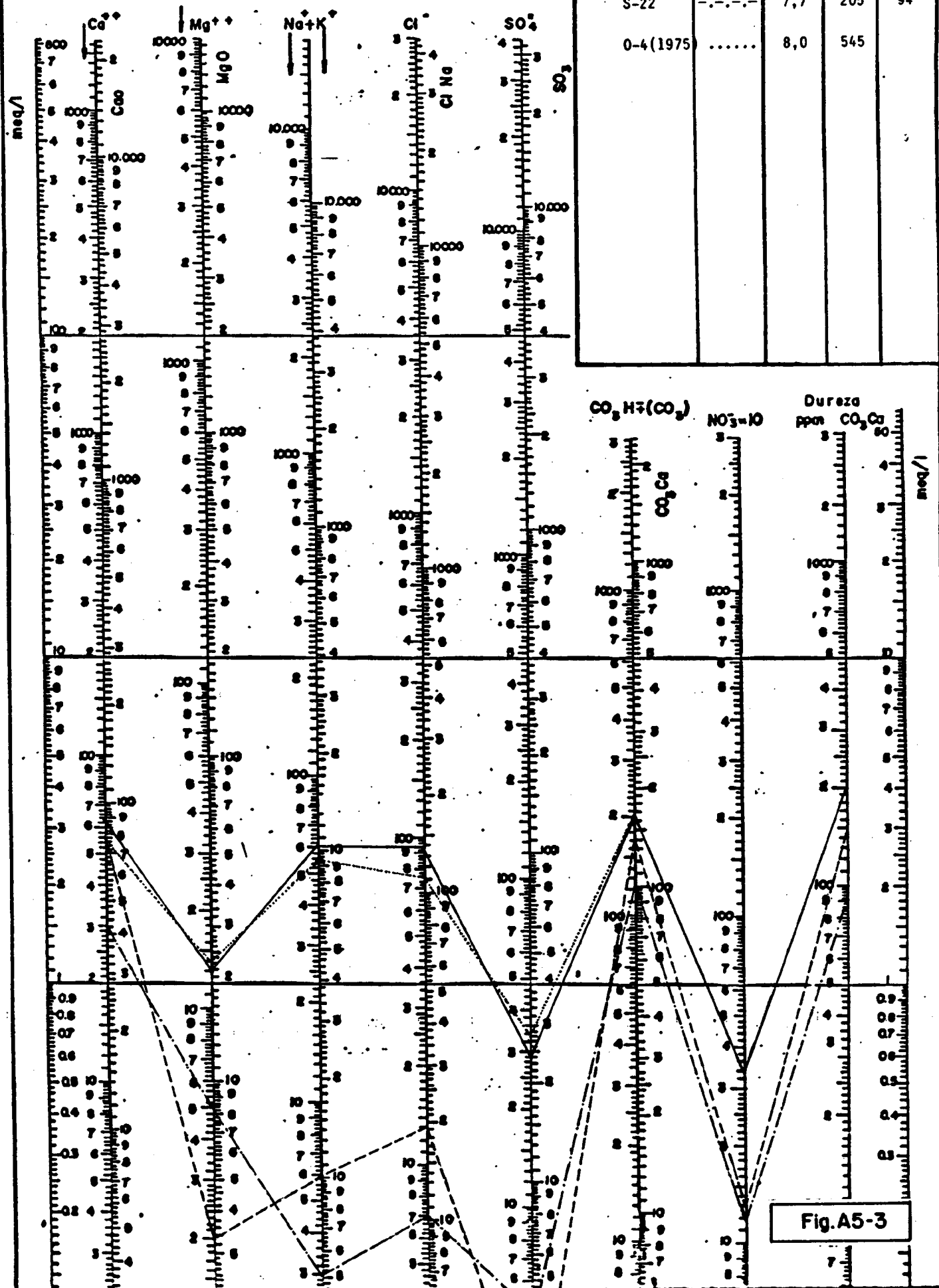


Fig. A5-3

C. G. S. HIDROGEOLOGIA

Asturias-Cantabria

Diagrama de
SCHOELLER-BERKALOF

ESTUDIO :

..... La Hermita

MUESTRA

pH

C
μs/cm

TH

S-2A

S-21

S-22

S-2A(1975)

7,5

7,6

7,7

8,2

3700

357

205

3450

430

178

94

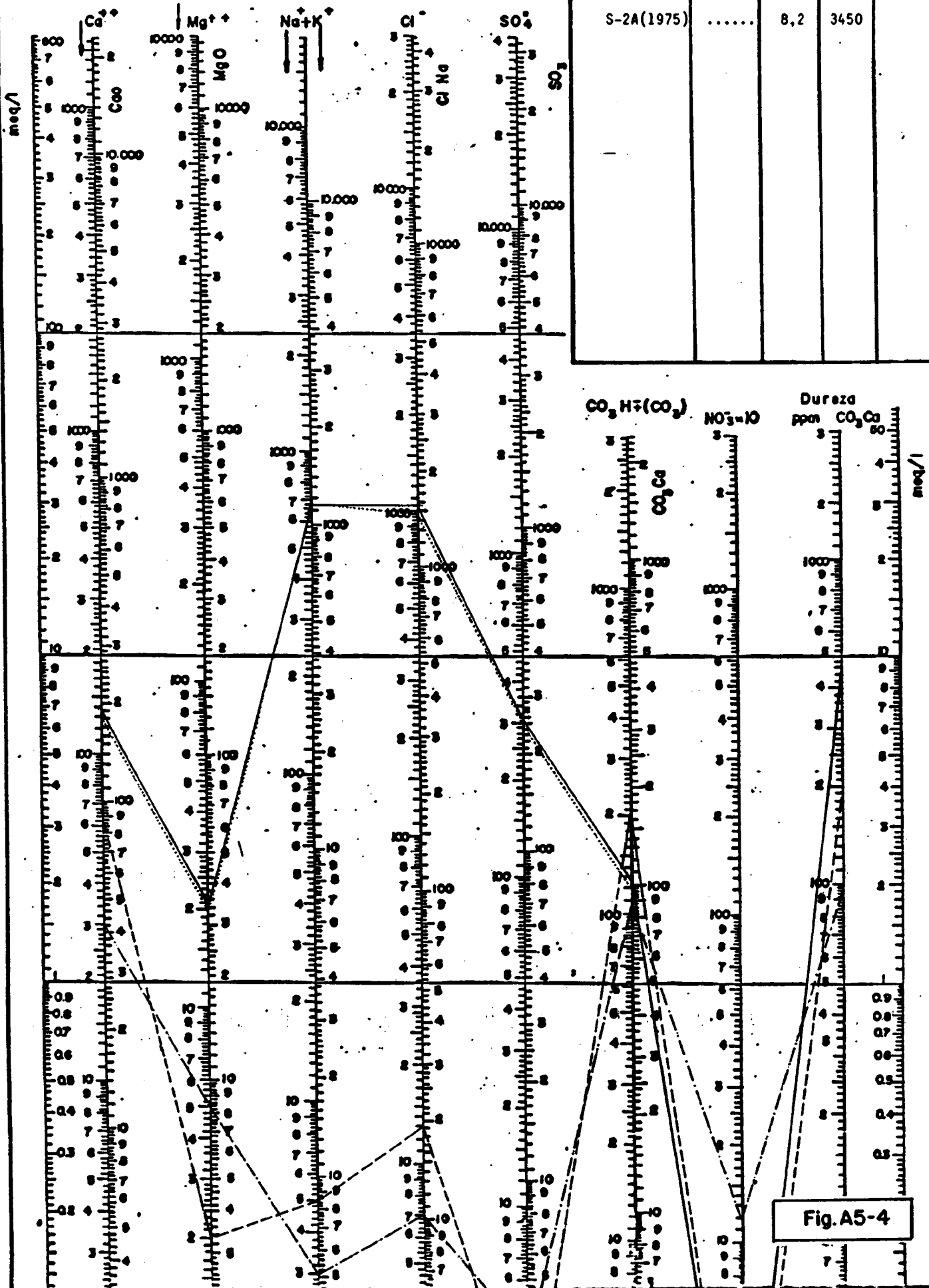


Fig. A5-4

C. G. S.: HIDROGEOLOGIA

Asturias-Cantabria

ESTUDIO

Puentenansa

Diagrama de
SCHOELLER-BERVALOP

MUESTRA

pH

C
μs/cm

TH

S-3	—	7,7	855	412
S-31	---	7,1	280	98
S-32	----	7,5	206	90
S-3 (1975)	.....	7,9	730	

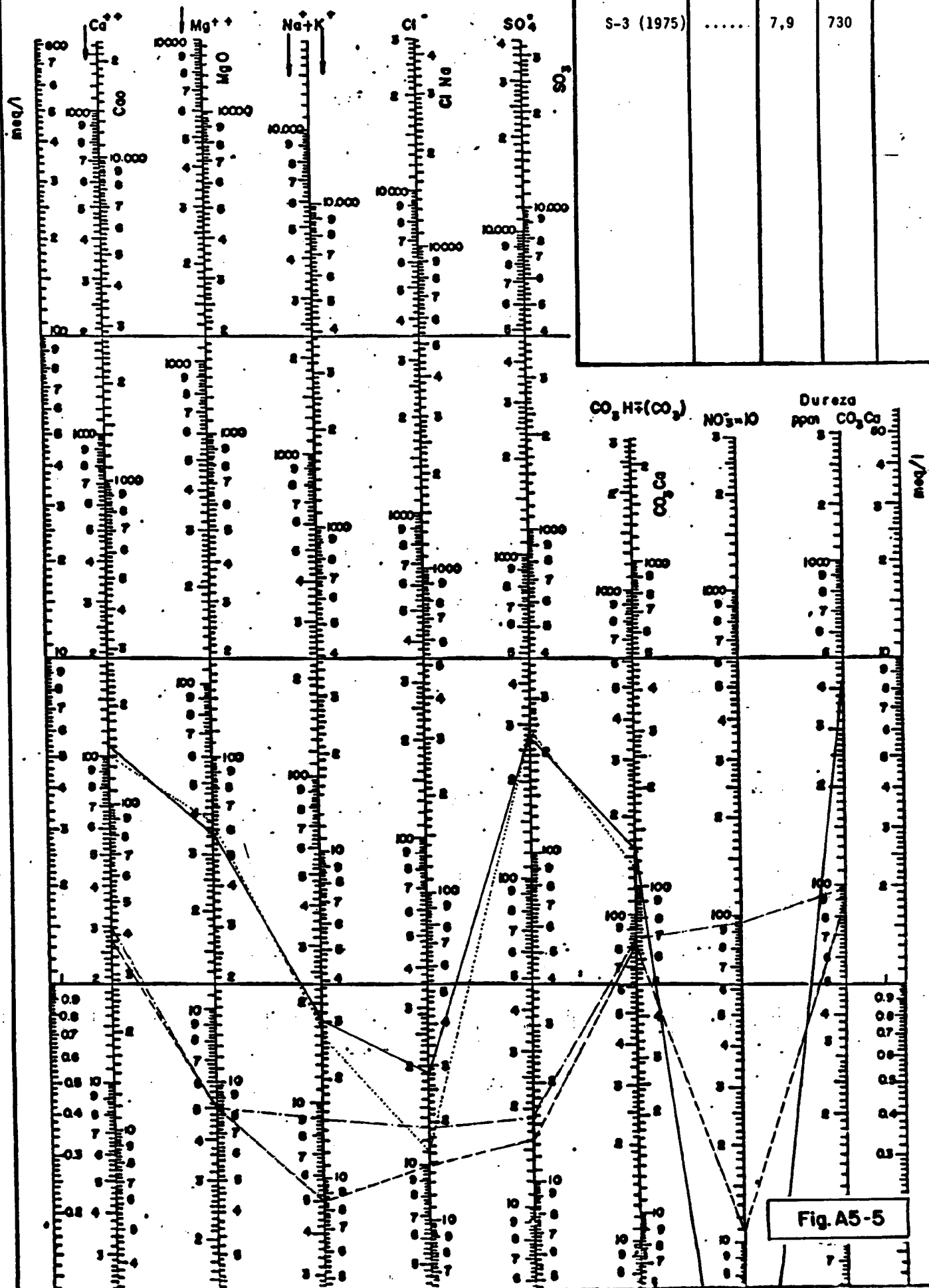


Fig. A5-5

C. G. S.: HIDROGEOLOGIA

Diagrama de
SCHOELLER-BERKALOP

Asturias-Cantabria
ESTUDIO :
Las Caldas de Besaya
.....

MUESTRA

pH

C
μg/cm

TH

S-4	7,1	6200	494
S-41	7,5	290	110
S-42	7,6	121	42
S-4 (1975)	8,0	5350	

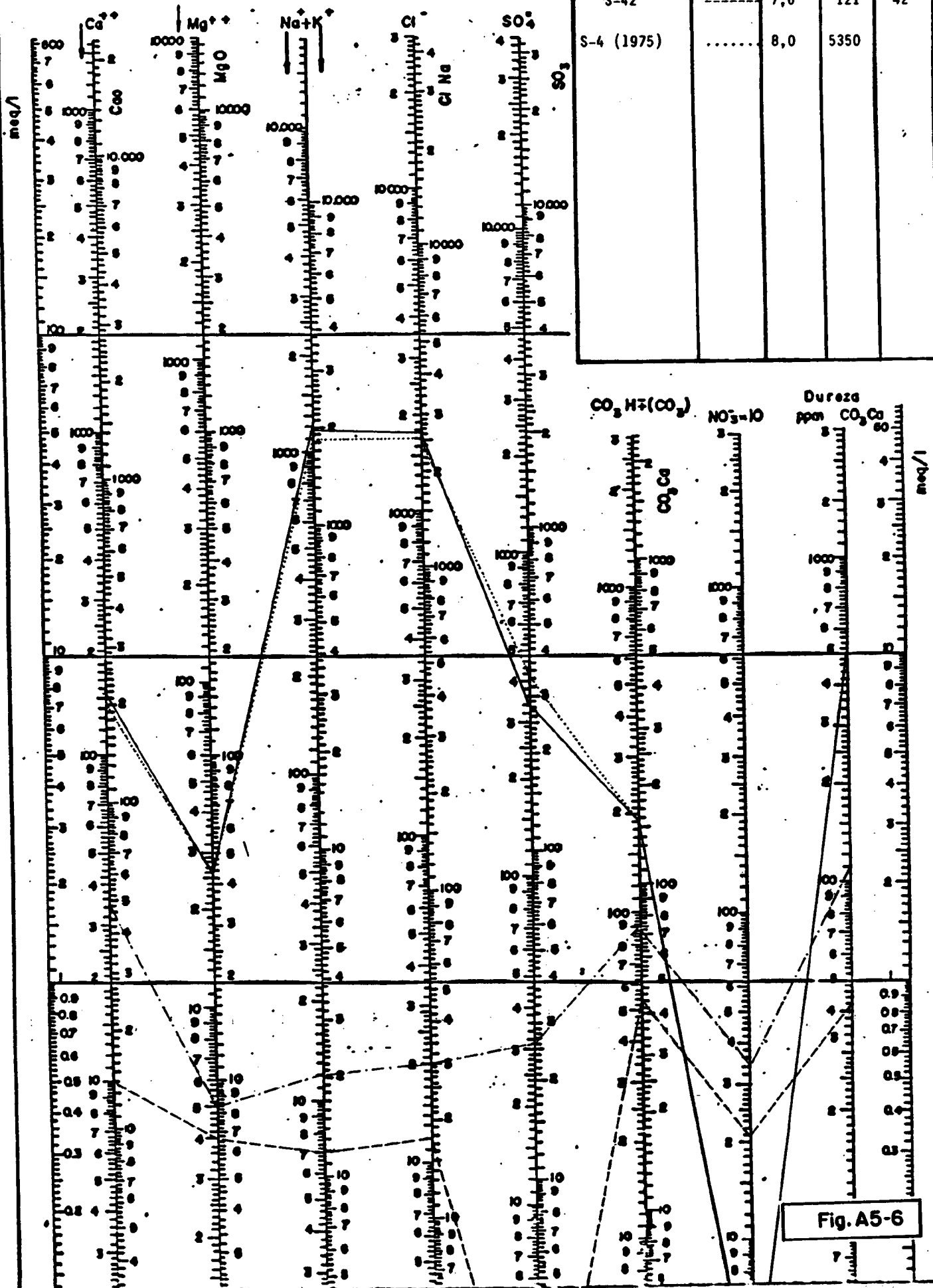


Fig. A5-6

C.G.S. HIDROGEOLOGIA

Asturias-Cantabria

ESTUDIO

Puente Viego

Diagrama de
SCHOELLER-BERKALOP

.....

MUESTRA	pH	C μe/cm.	TH
S-5	7,5	2120	256
S-51	7,5	310	124
S-52	8	647	324
S-63	7,4	105	38
S-5(1975)	8,0	1775	

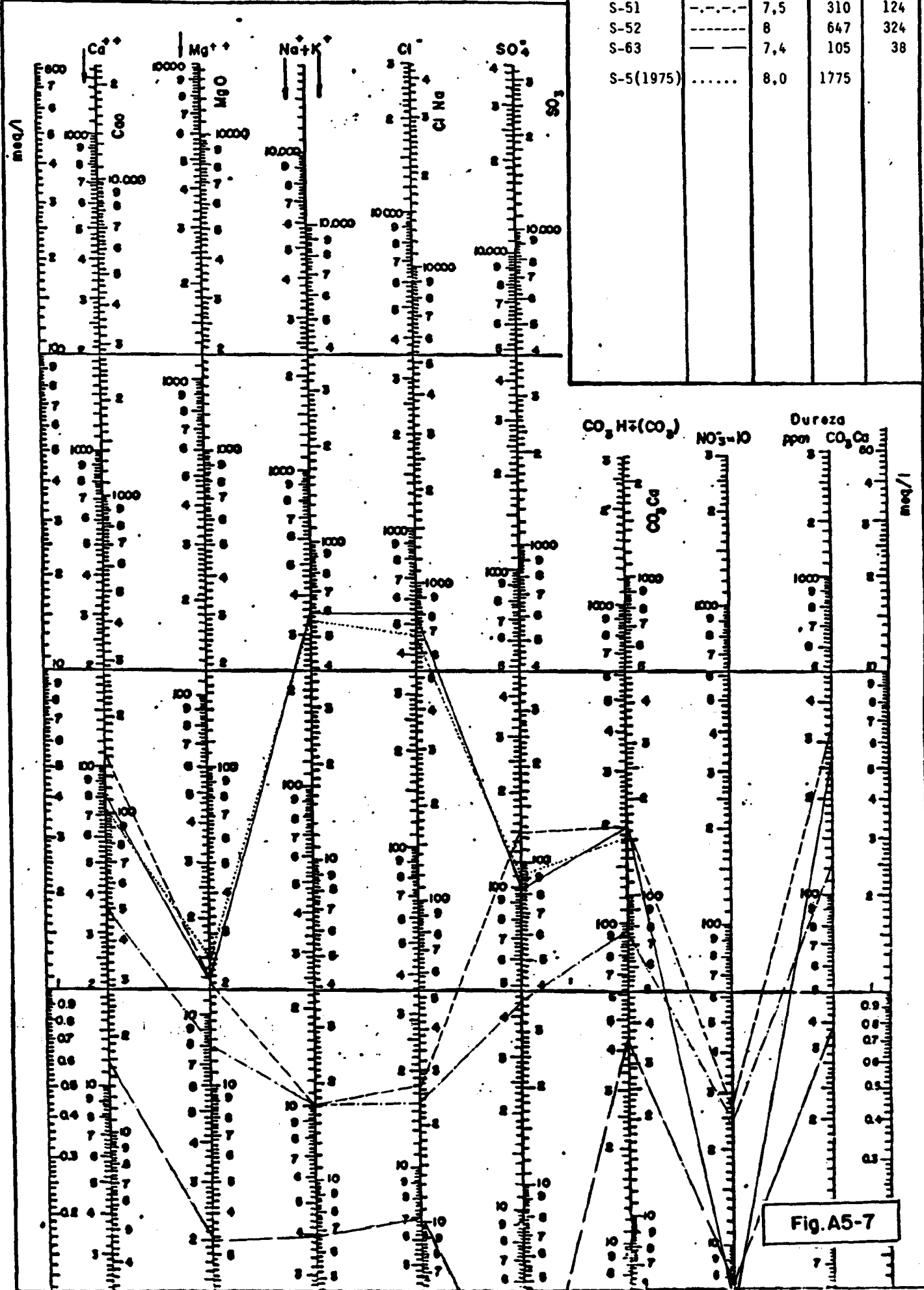


Fig. A5-7

C. G. S. HIDROGEOLOGIA

Diagrama de
SCHOELLER-BENKALOF

ESTUDIO : Asturias-Cantabria
..... Ontaneda-Alceda
.....

MUESTRA

pH

C
μg/cm.

TH

S-6	—	7,1	7960	2040
S-61	---	7,4	270	98
S-62	---	7,9	361	168
S-63	---	7,4	105	38
S-6 (1975)	.....	7,5	6500	

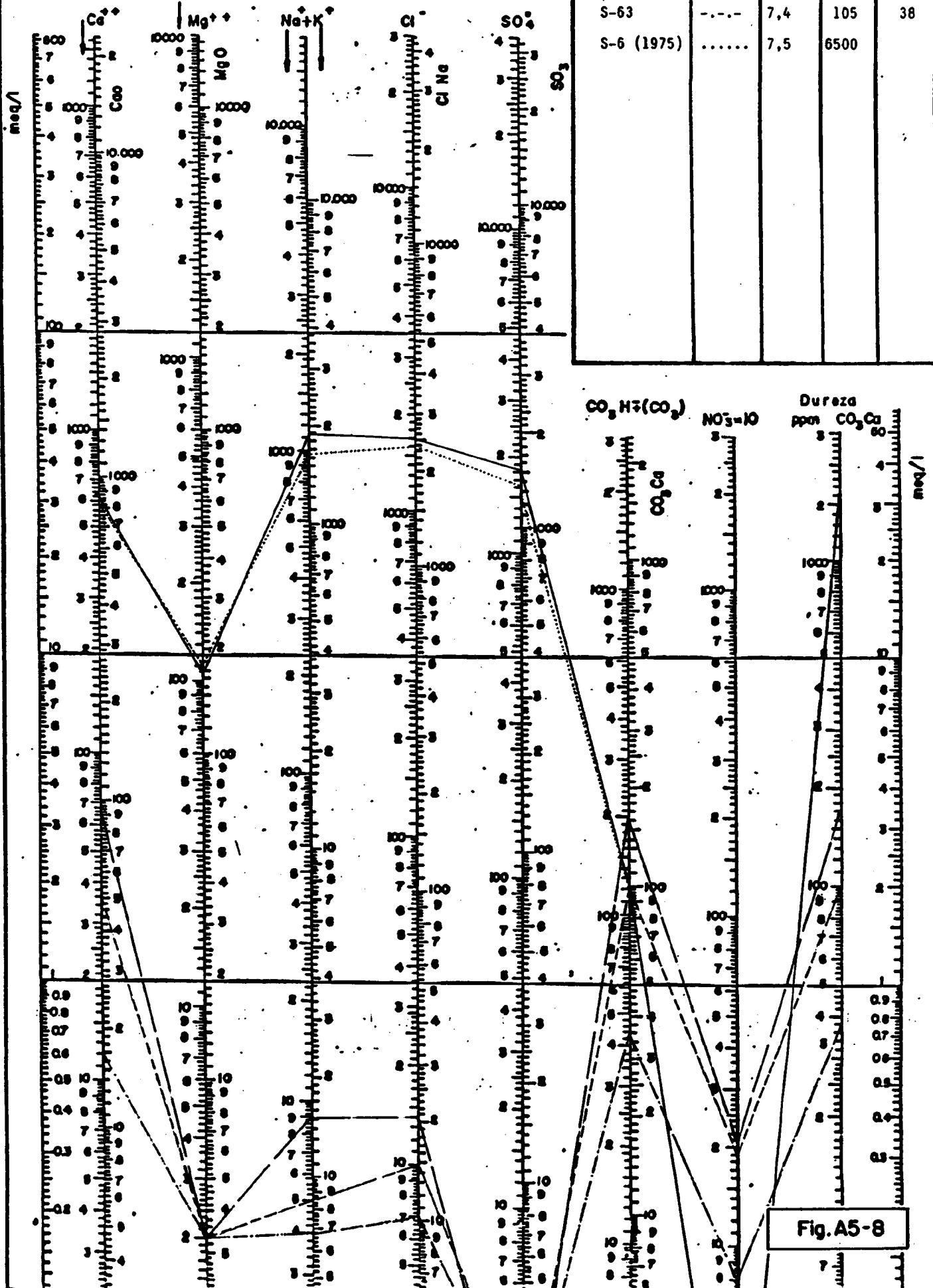


Fig. A5-8

C. G. S. HIDROGEOLOGIA

ESTUDIO ... Asturias-Cantabria ...

..... Solares

Diagrama de
SCHOELLER-BERKALOP

MUESTRA

pH

C
μg/cm.

TH

S-1	————	7,4	860	338
S-11	-----	7,6	365	112
S-12	-----	7,8	374	198
S-1 (1975)	.....	7,1	765	

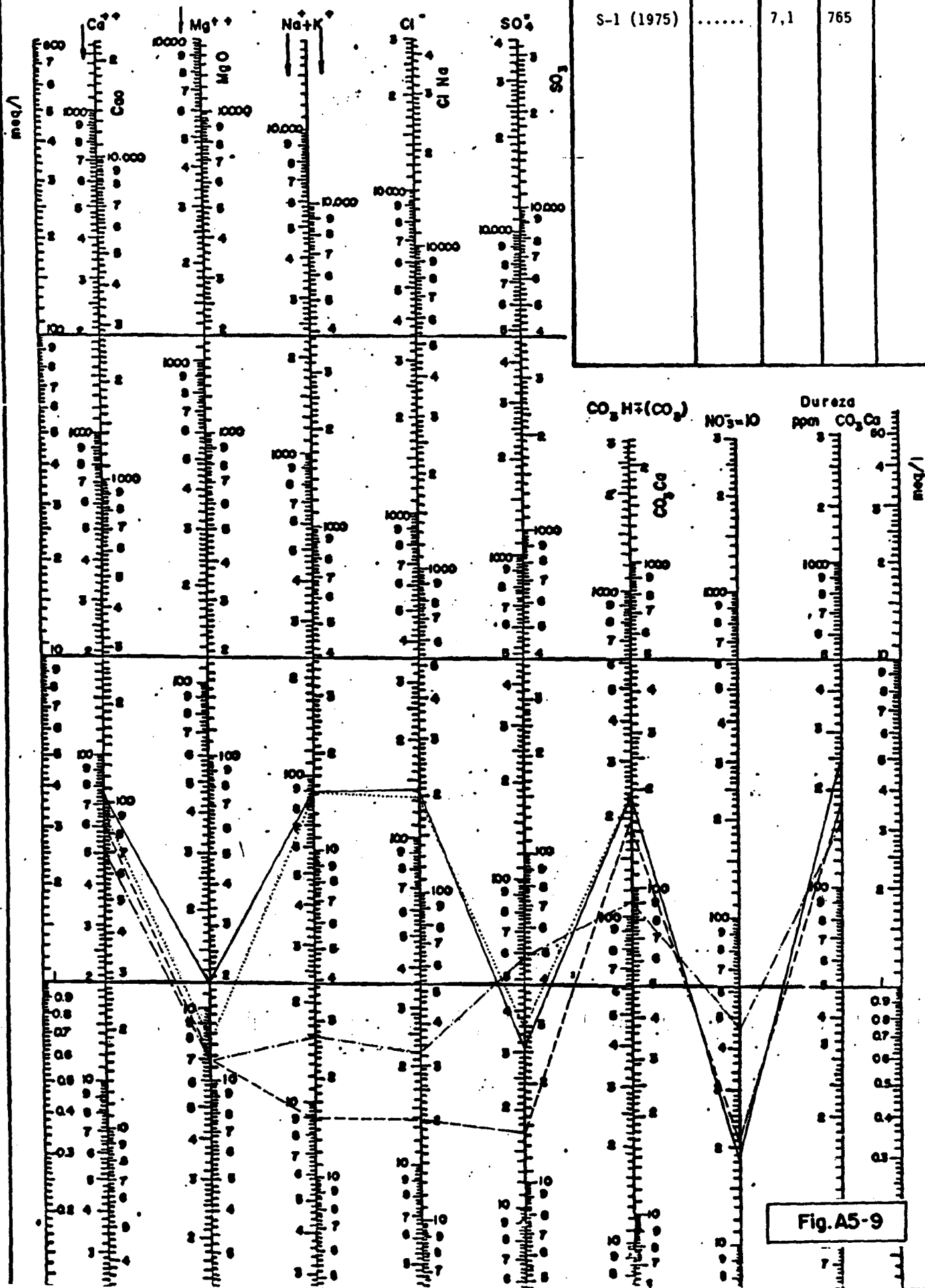


Fig. A5-9

C. G. S.: HIDROGEOLOGIA

Asturias-Cantabria

Diagrama de
SCHOLLER-BERKALOF

ESTUDIO :.....
.....Hoznayo.....

MUESTRA

pH

C
μg/cm.

TH

S-8A	7,5	1010	264
S-8B	7,4	925	280
S-81	7,7	311	142
S-82	7,5	642	238
S-8A(1975)	7,7	775	

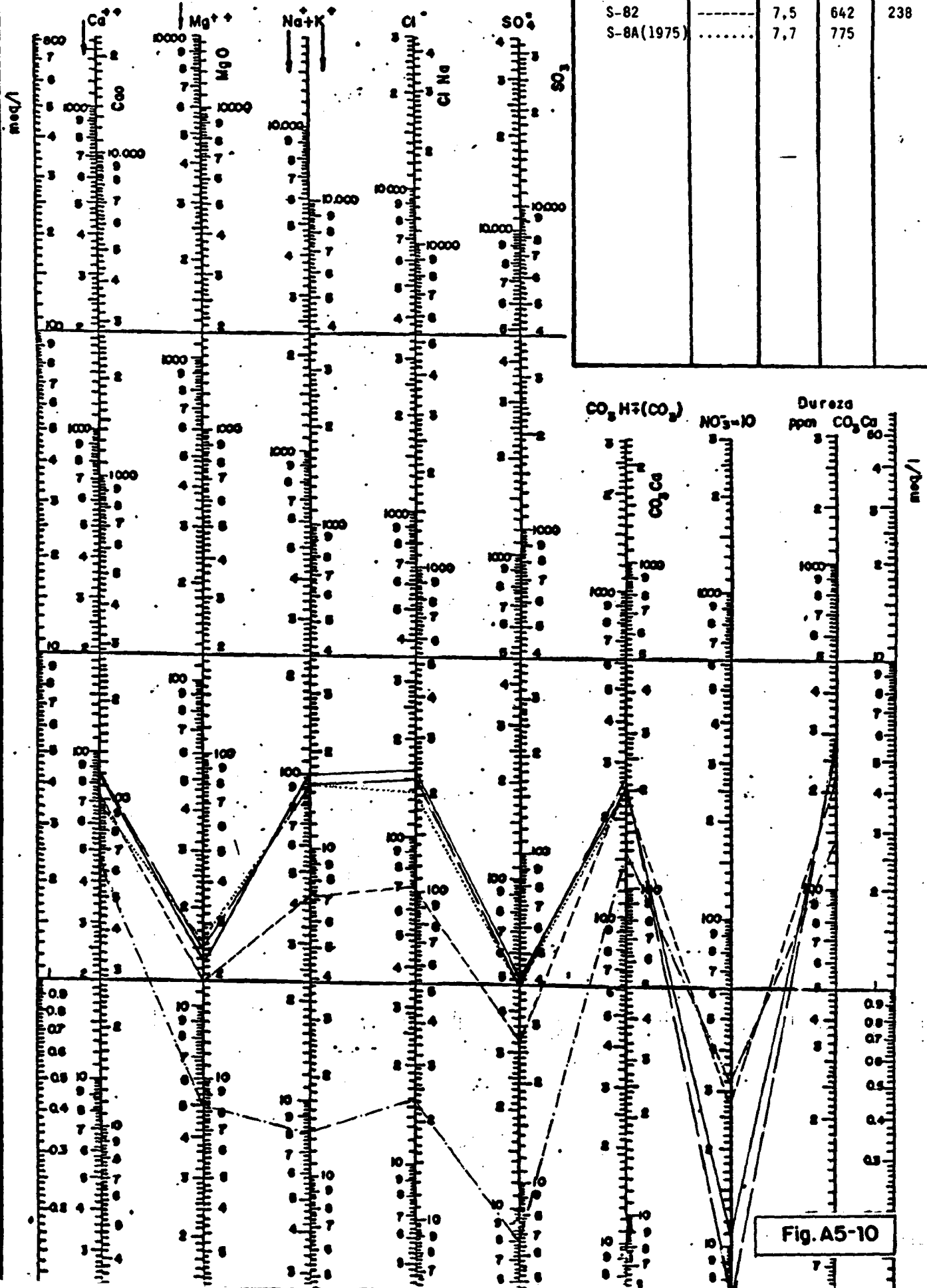


Fig. A5-10

C. G. S. HIDROGEOLOGIA

Diagrama de
SCHOELLER-BERKALOP

ESTUDIO ... Asturias-Cantabria
..... Liérganes
.....

MUESTRA

pH

C
μg/cm.

TH

S-9A

S-91

S-92

7,1

7,7

7,7

2860

215

489

168

100

232

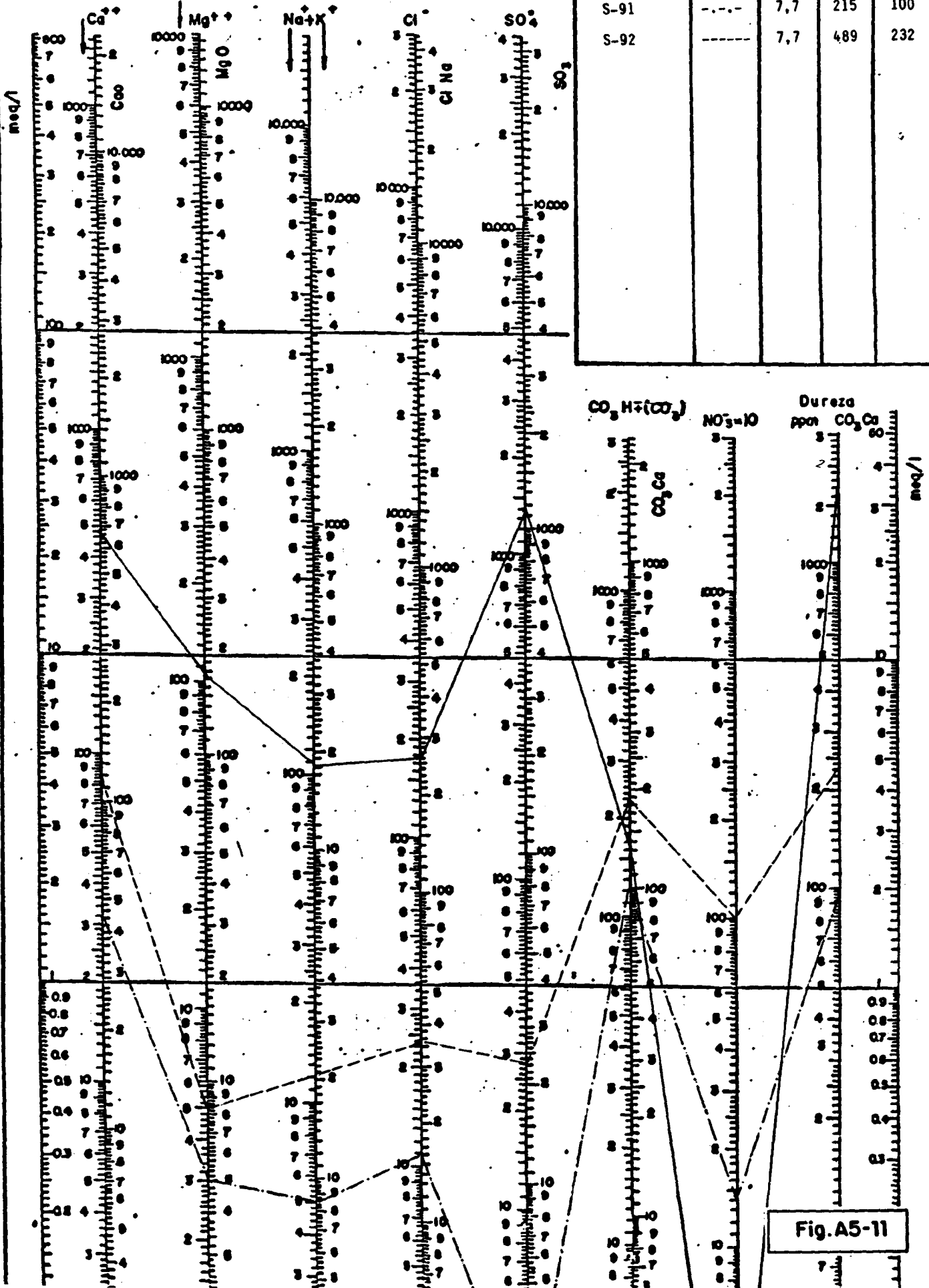


Fig. A5-11