

LEGISLACION INDUSTRIAL

III TOMO

2^a
edición

minería.

aguas minerome-
dicinales

y
subterráneas

PEDIDOS:
Servicio de Publicaciones
Ministerio de Industria

Claudio Coello, 44
Tels. 2762001-2762201
MADRID-1



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 300 mts.

Sondas de circulación directa e inversa

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72

MADRID-16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR Y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm.

Sacamuestras especiales a percusión.

Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

8 DE CADA 10 CROMATOGRAFOS
8 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS {infrarrojos ó ultravioleta visible
9 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS de absorción atómica
8 DE CADA 10 REGISTRADORES para laboratorio

VENDIDOS EL PASADO AÑO FUERON
PERKIN-ELMER

RECONOCIMIENTO GENERAL DEL PRESTIGIO DE UNA MARCA
DEDICADA PLENAMENTE A LA INVESTIGACION
PARA EL AVANCE CIENTIFICO E INDUSTRIAL

Al adquirir cualquiera de nuestros equipos, Vd. recibe, los siguientes servicios:

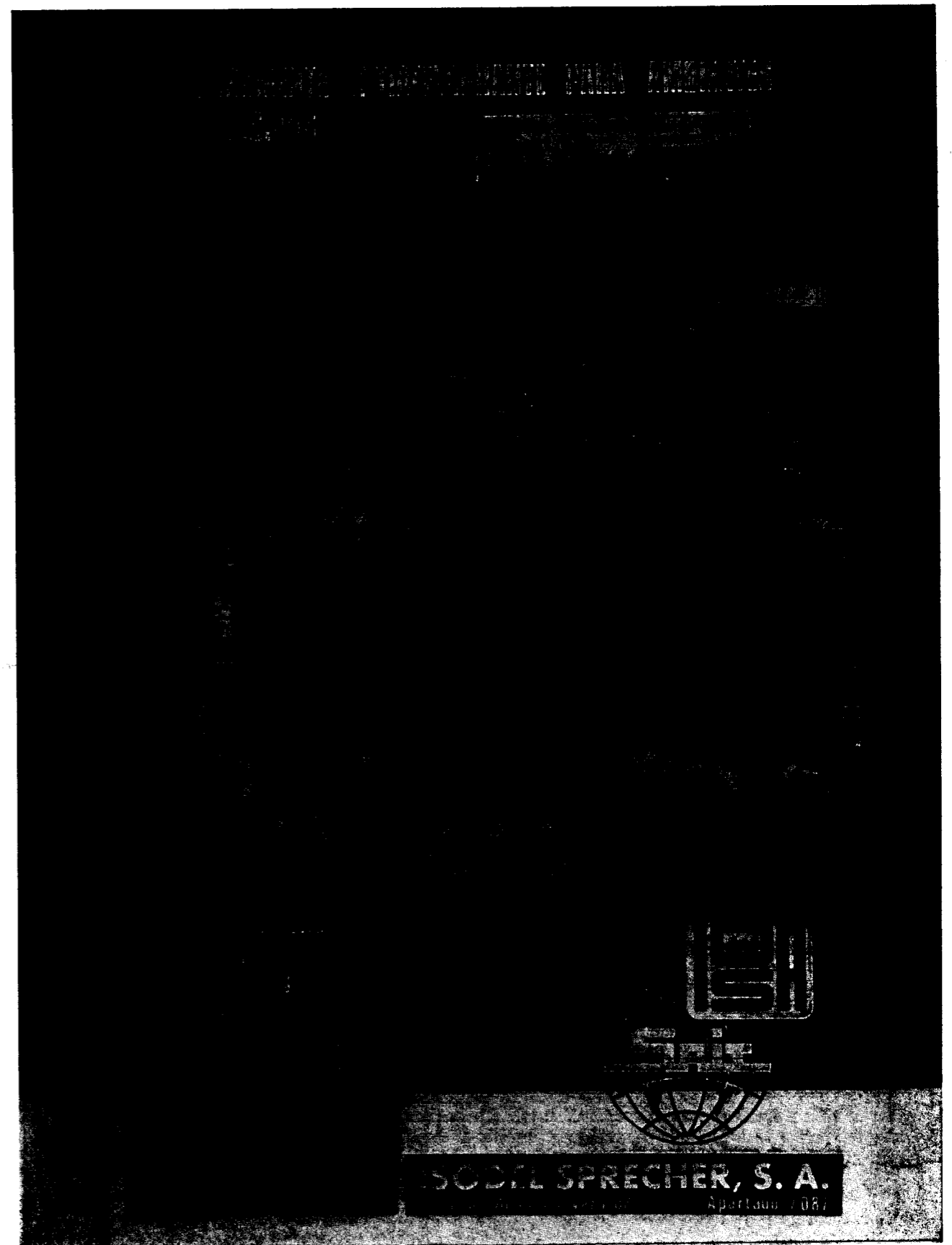
- Asistencia técnica
- Servicio y mantenimiento eficaces
- Autodespacho de mercancías
- Centro de entrenamiento en Madrid con gastos de desplazamiento sufragados por nuestra Organización
- Suministro y consulta de bibliografía técnica
- Formación de instrumentistas de su propia empresa
- Contrato de revisión.

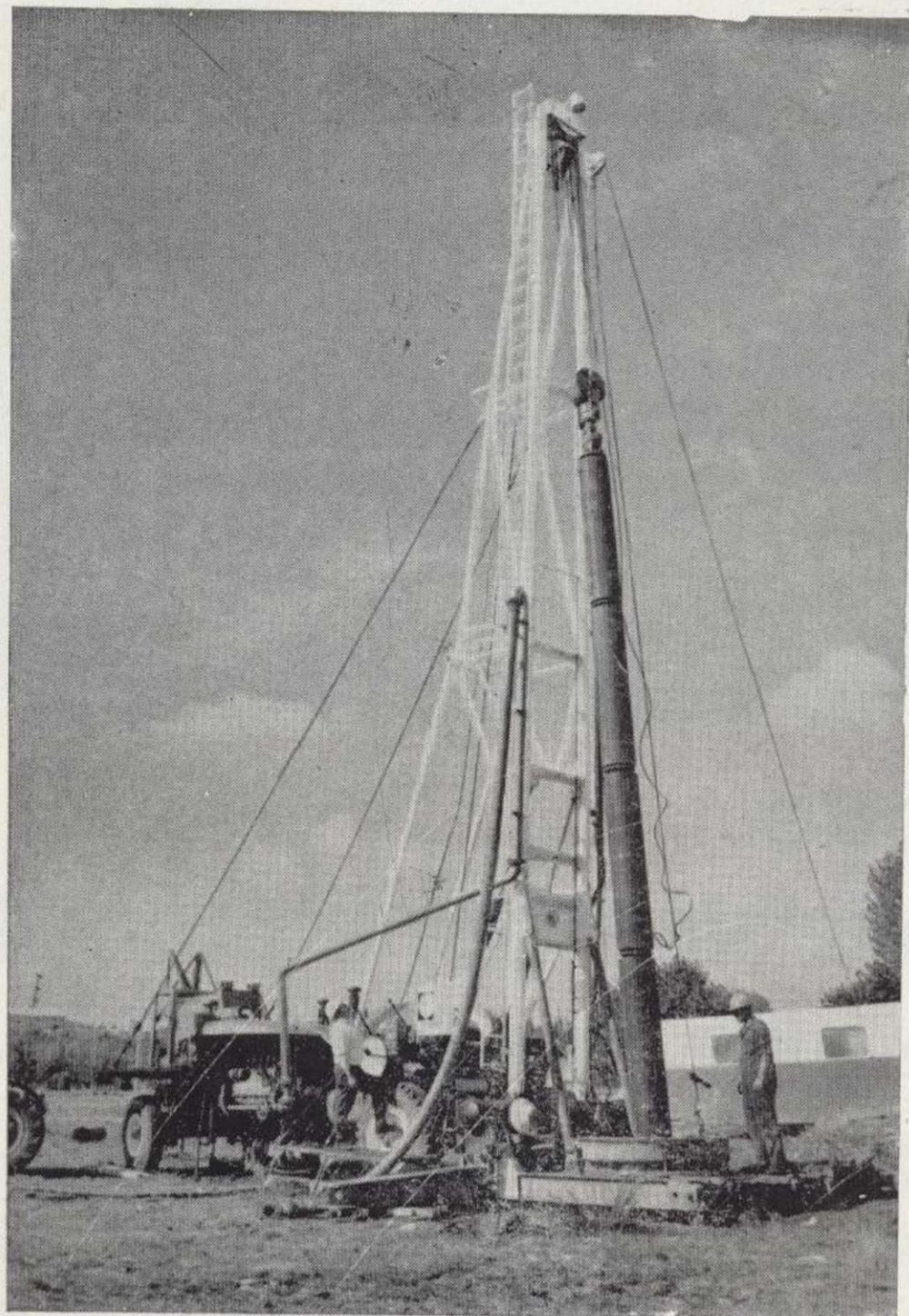
PERKIN-ELMER HISPANIA

MADRID
 Av. Generalísimo 71 A
 Tel.: 2 70 24 07

BARCELONA
 Sicilia 105 2
 Tel.: 2 26 33 37

LISBOA
 Av. Liberdade 120
 Tel.: 56 21 81





ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 300 mts.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72

MADRID - 16

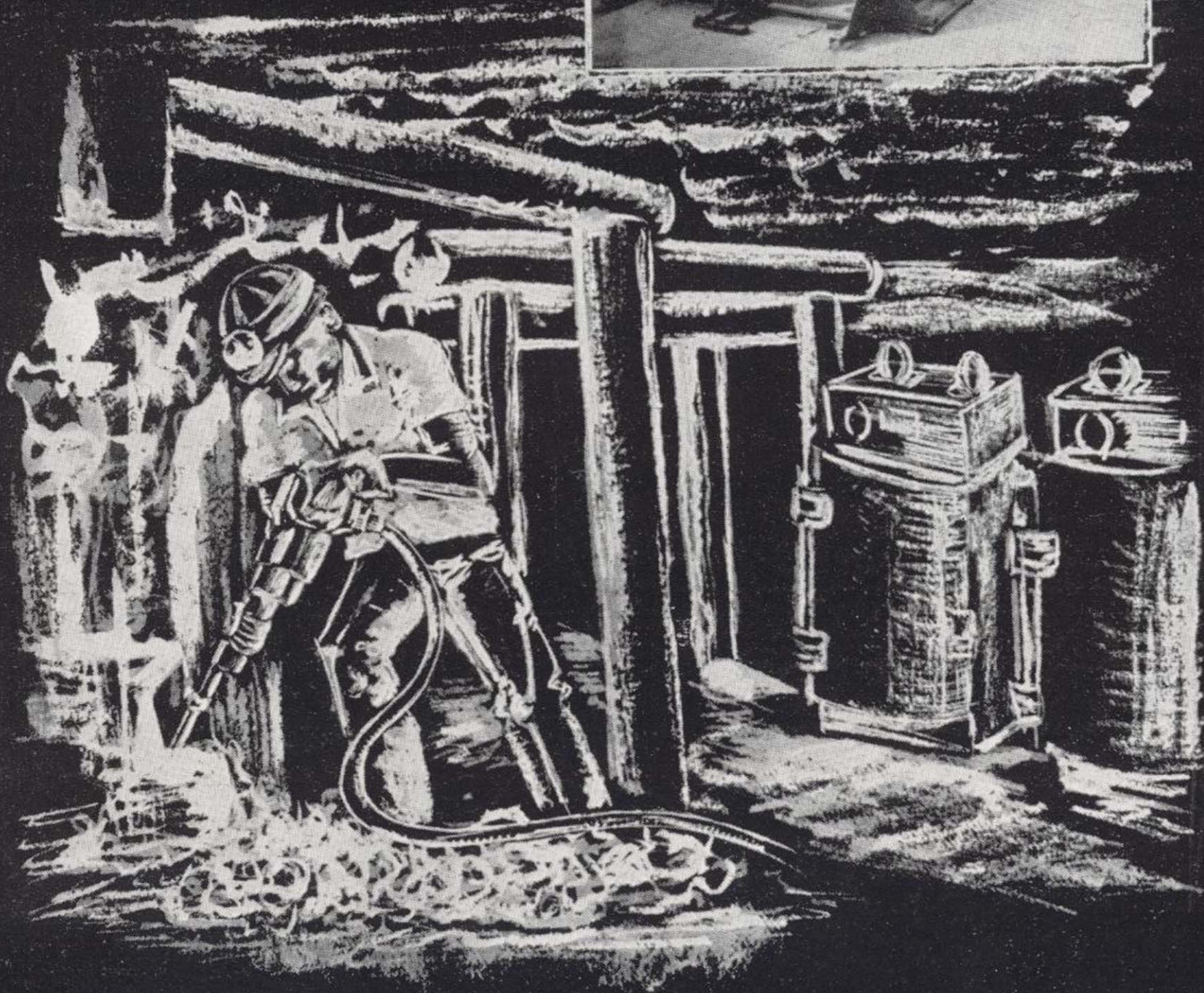
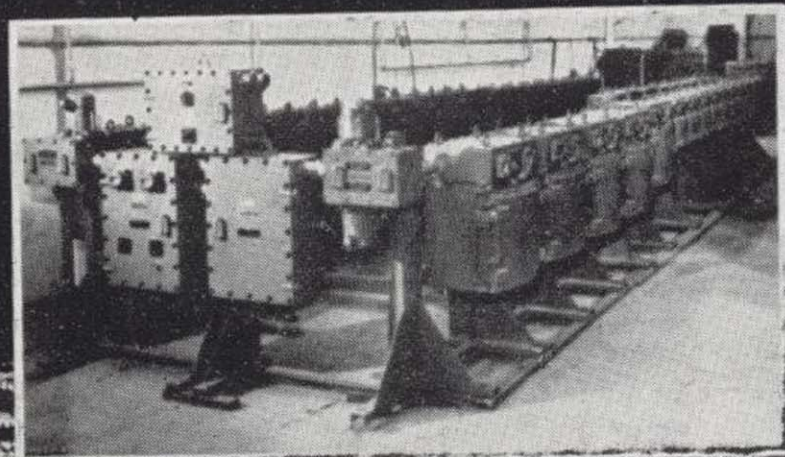
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

APARAMENTA ANTIDEFAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS

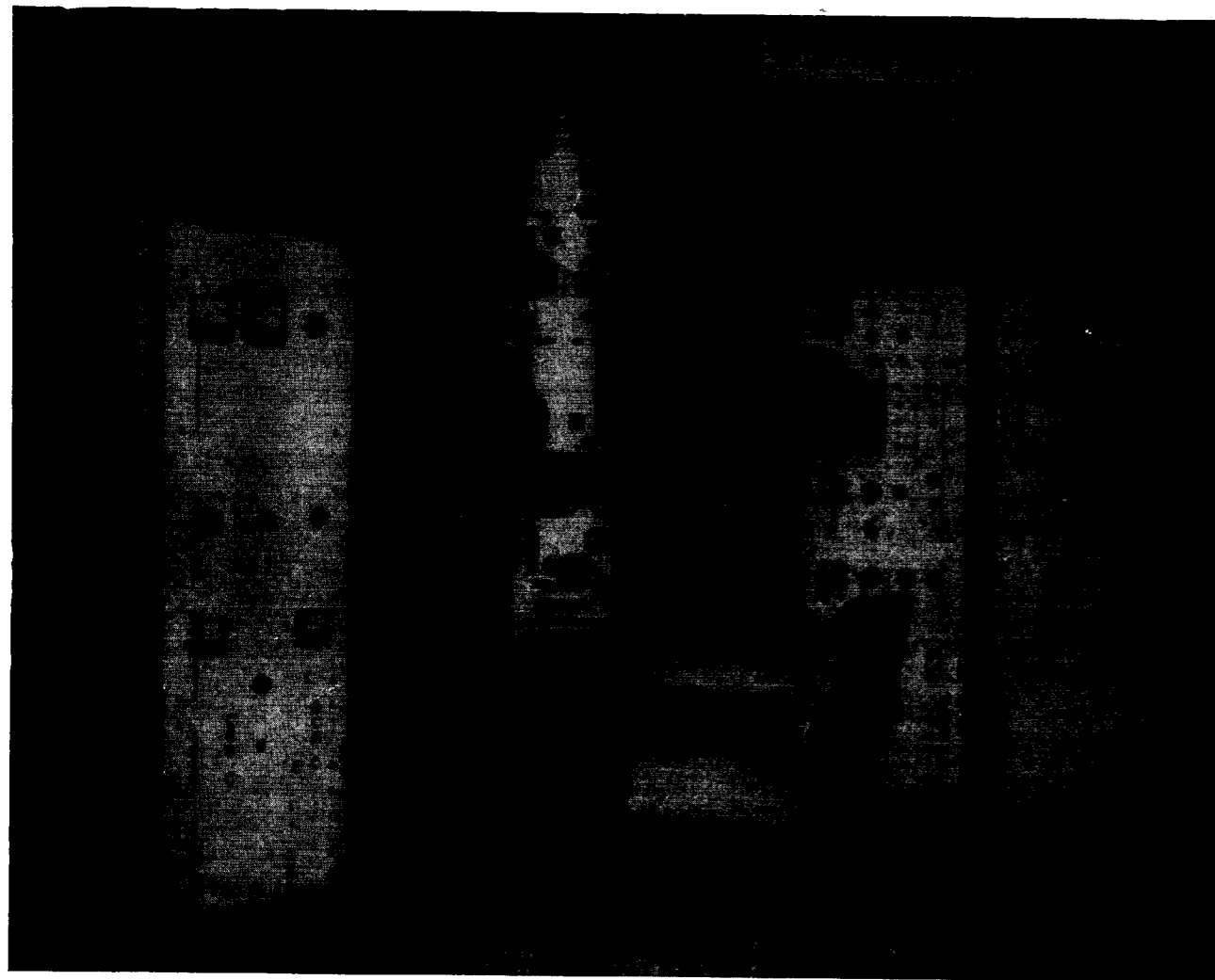


APARATOS DIVERSOS DE
SEGURIDAD
SEÑALIZACION
ALUMBRADO
DISTRIBUCION Y MANDO
MATERIAL DE CONEXION
CELDAS MEDIA TENSION
CONTACTORES
TRANSFORMADORES
CORTACIRCUITOS



ISODEL SPRECHER, S. A.
Madrid - Méndez Alvaro, 62 Apartado 7.087

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micras.
- ❖ Especialmente indicada en la resolución de problemas de Mineralogía y Petrología, así como en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3

SONDEOS RODES

Sondeos para alumbramientos de aguas.

Estudios Hidrogeológicos.

Acidificaciones y cimentaciones de sondeos.

Equipos de perforaciones a percusión y rotación
para profundidades hasta 1.400 metros.

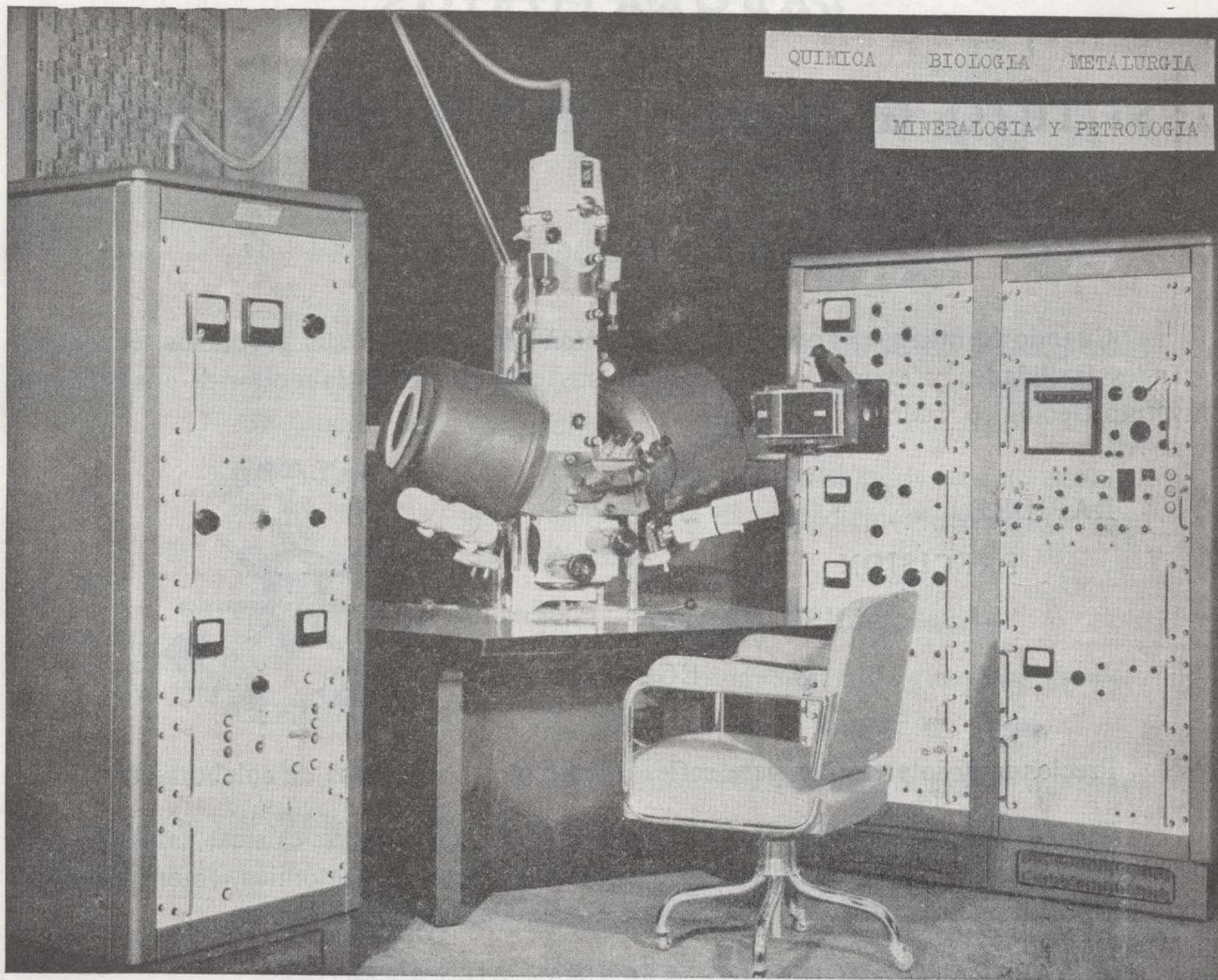
Consúltenos para cualquier problema de agua que
tenga para su finca o su industria.

ERNESTO RODES MARTI

Avda. J. Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359

VILLENA (Alicante)

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

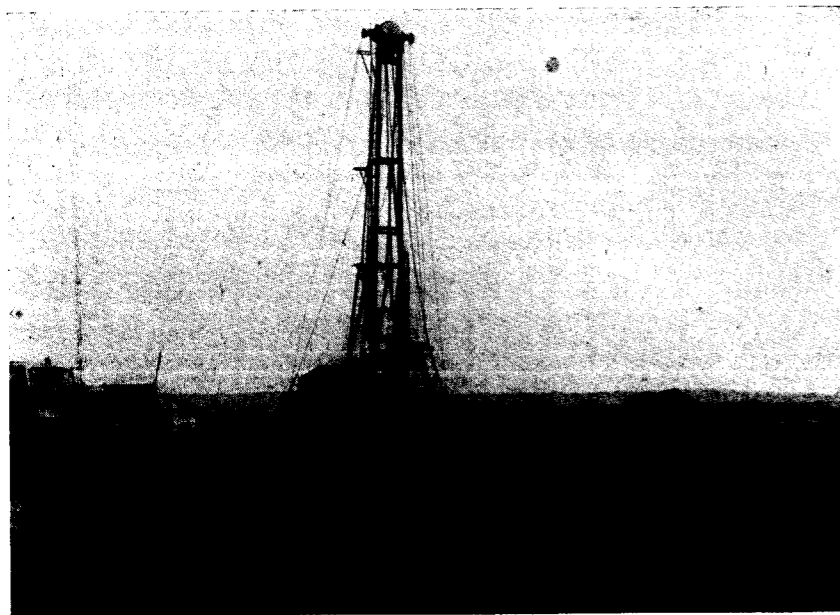
Teléf. 254 22 00

Madrid-3

¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

C. G. S. HACE EL RESTO



C. G. S.

LA COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS CUENTA CON EQUIPOS DE PERFORACION DE CIRCULACION DIRECTA, INVERSA Y PERCUSION QUE LE PERMITE ADOPTAR LA TECNICA MAS APROPIADA EN CADA CASO PARA OBTENER EL MAXIMO CAUDAL EXISTENTE

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,
NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66
Teléfono 22 36 04
VITORIA

PADRE XIFRE, 5
Teléfono 415 60 54
MADRID



CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S.A.

AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

- Coronas y demás útiles de diamante para sondeos y perforaciones.
- Equipos y material de sondeos «Longyear», sondas, bombas, accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Smith», triconos de aire para grandes voladuras.
- Utiles para perforación a percusión «Hard Metals», bocas de acoplamiento cónicos y roscadas, bocas para martillos de fondo, etc.
- Toda clase de equipos y materiales para sondeos y perforaciones.
- Sondas industriales para tomas de probetas. Cortadoras de juntas en pavimentos. Discos de diamante, etc.

DIRECCION COMERCIAL:
Telg. «CHRISTENSA»

ALBERTO ALCOCER, 5, 3.º-C
MADRID-16 Tel. 250 34 04



**Empresa
Nacional
Adaro
De
Investigaciones
Mineras
Sociedad
Anónima**

Proyectos de
investigación de

GEOLOGIA MINERA
HIDROGEOLOGIA
INGENIERIA
de desarrollo minero

ENADIMSA

Servicios especializados en

GEOFISICA
GEOLOGIA
FOTOGEOLOGIA
ESTRATIGRAFIA
PETROLOGIA

SONDEOS
METALOGENIA
GEOQUIMICA
GEOESTADISTICA
MINERALOGIA
HIDROGEOLOGIA

domicilio social: serrano núm. 116, madrid 6. teléfono 261 79 02
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12 getafe (madrid)
teléfonos 797 09 50/54/58

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.
Espectrometría de absorción atómica.
Espectrografía mediante placas fotograficas.
Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.
Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.
Análisis Químicos.
Microsonda Electrónica.
Metalogenia.
Petrología.
Preparación Mecánica de Minerales.
Mineralogía.
Macro y Micropalentología
Geotecnia.

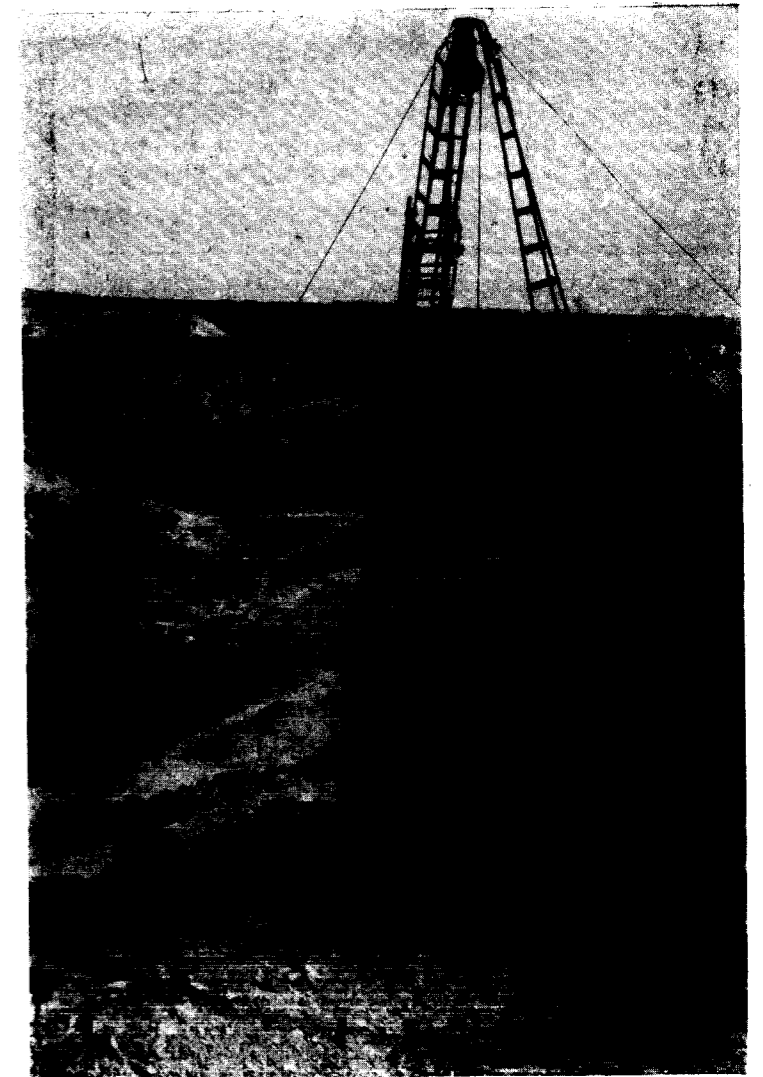
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELÉF. 254 22 00

MADRID-3

TERRATEST SU AUXILIAR EN LA INVESTI- GACION MINERA



TERRATEST, S. A.

Estudios Geológicos y Geofísicos. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

Perforación y Sondeos de Exploración. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

Estudios y Control de Perforación de Sondeo. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

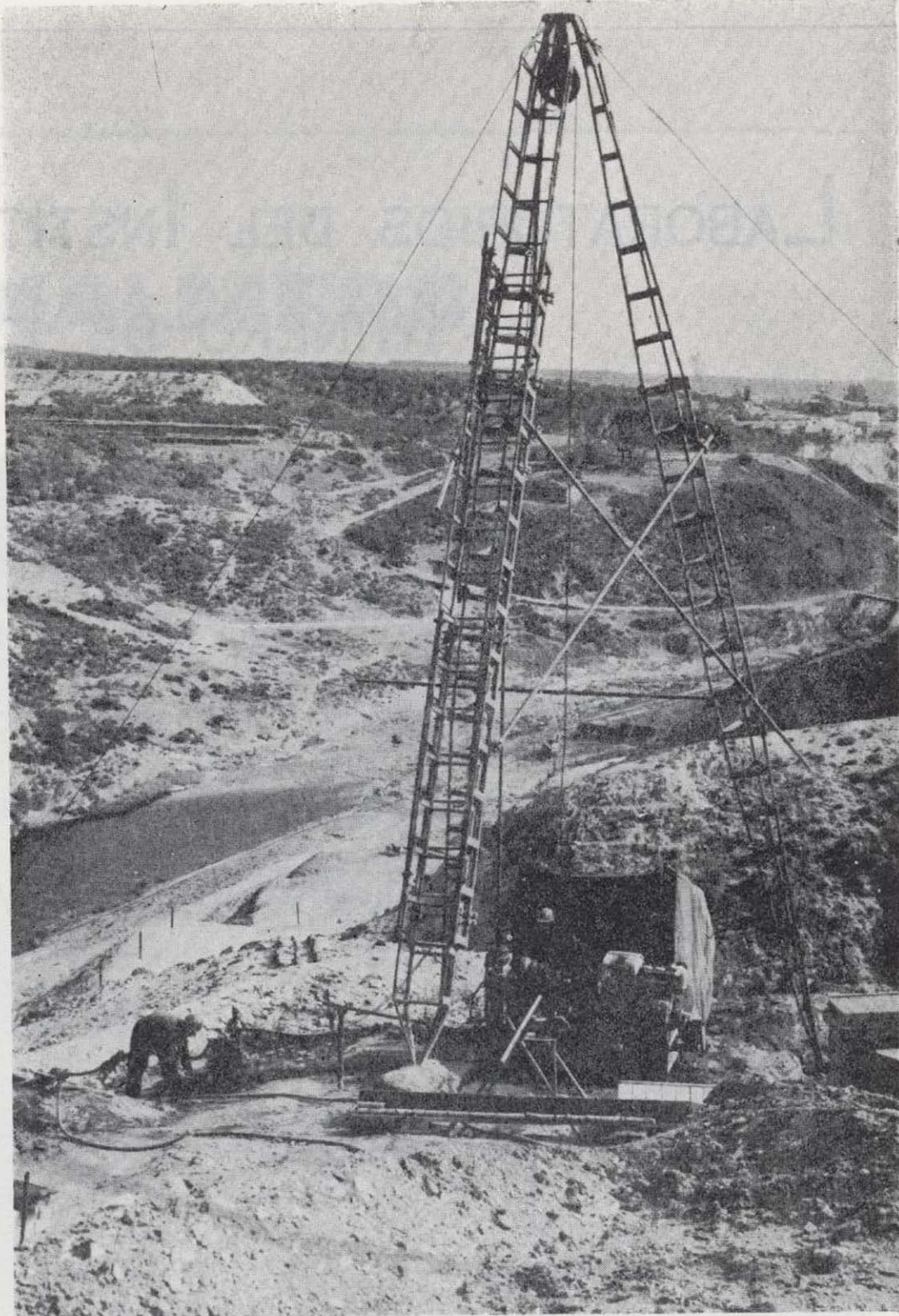
Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

Servicios a la Industria de la Construcción. - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y aserrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

TERRATEST, S. A. Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

TERRATEST SU AUXILIAR EN LA INVESTI- GACION MINERA



TERRATEST, S. A.

Estudios Geológicos y Geofísicos. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

Perforación y Sondeos de Exploración. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

Estudios y Control de Perforación de Sondeo. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

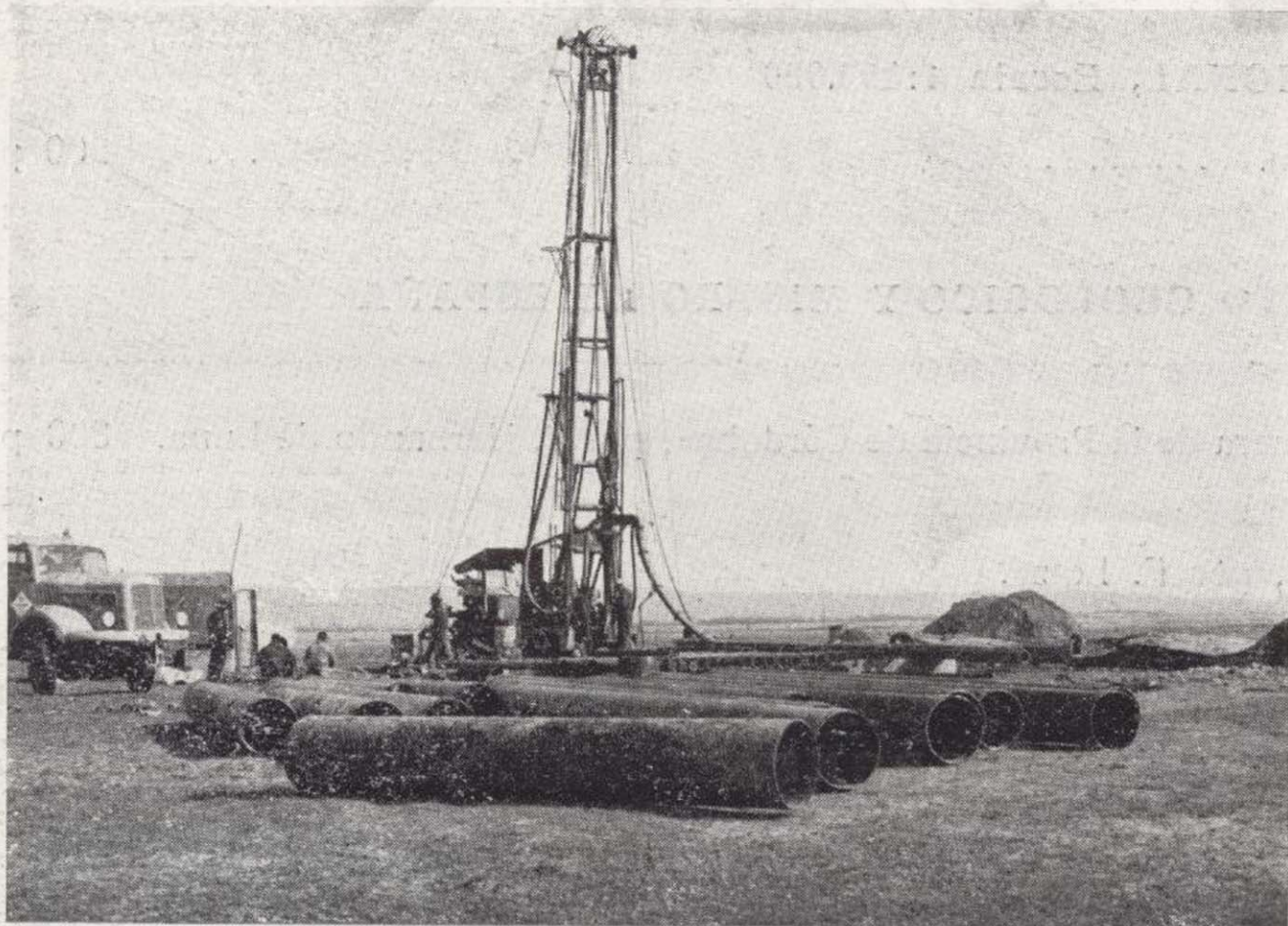
Servicios a la Industria de la Construcción. - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y aserrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

C. G. S. HACE EL RESTO



C. G. S.

LA COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS CUENTA
CON EQUIPOS DE PERFORACION DE CIRCULA-
CION DIRECTA, INVERSA Y PERCUSION QUE LE
PERMITE ADOPTAR LA TECNICA MAS APROPIA-
DA EN CADA CASO PARA OBTENER EL MAXIMO
CAUDAL EXISTENTE

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,

NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66
Teléfono 22 36 04
VITORIA

PADRE XIFRE, 5
Teléfono 415 60 66
MADRID

EDICIONES
DEL
SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

Economía Industrial: Revista mensual.

Información Estadística de Minas y Energía: 10 núms. anuales.

Estadística Minera de España: Edición anual.

Estadística de Consumo de Carbones: Edición anual.

Estadística de producción de Carbones: Edición anual.

Memoria del Cemento: Edición anual.

Memoria del Cemento natural, Cales y Yesos: Edición anual.

Las 100 grandes Empresas españolas.

Para mayor información y pedidos, dirijase a:

MINISTERIO DE INDUSTRIA - SERVICIO DE PUBLICACIONES
Claudio Coello, 44 - Teléfonos 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



Túnel de Villarino - Salamanca
Inyecciones en el túnel de conducción

- * INYECCIONES
- * PILOTES
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * ANCLAJES
- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO Y MINEROS
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * HIDROGEOLOGIA
- * MICROPILOTES
- * REVESTIMIENTOS DE RESINAS Y GUNITA
- * CONGELACION DE TERRENOS
- * ELECTRO-OSMOSIS

Oficina Central: MADRID-16
Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones:

BARCELONA - 11

Vilanova del 20
Teléf. 250 19 91
Telex 52243 - RODIO e

BILBAO - 11

Calle 21, 70
Teléf. 41 01 70

SEVILLA

Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88
Telex 72104 - RODIO e

VALENCIA - 9

Avda. Tirso de Molina, 14
Teléf. 65 65 15 y 65 64 88

Representaciones:

BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN, SANTA CRUZ DE TENERIFE

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:50.000

Hoja y Memoria núm. 536	Guadalajara...	250 pesetas.
» » » 537	Auñón.....	250 »
» » » 840	Bienservida.....	250 »
» » » 865	Siles.....	250 »

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:200.000

(SINTESIS DE LA CARTOGRAFIA EXISTENTE)

Hoja y Memoria núm. 14	Viella.....	400 pesetas.
» » » 25	Figueras.....	400 »
» » » 33	Lérida.....	400 »
» » » 39	Sigüenza.....	400 »
» » » 78	Baza.....	400 »

Con anterioridad fueron publicadas las siguientes Hojas y Memorias:

1, La Coruña. 2; Avilés. 3, Oviedo. 4, Santander. 5, Bermeo. 7, Santiago de Compostela. 8, Lugo. 9, Cangas de Narcea. 10, Mieres. 11, Reinosa. 12, Bilbao. 15, Artiés. 16/26, Pontevedra - La Guardia. 17, Orense. 18, Ponferrada. 19, León. 20, Burgos. 21, Logroño. 24, Berga. 27, Verín. 28, Alcañices. 29, Valladolid. 30, Aranda de Duero. 31, Soria. 32, Zaragoza. 36, Vitigudino. 38, Segovia. 40, Daroca. 43, Plasencia. 45, Madrid. 50, Valencia de Alcántara. 51, Cáceres. 58/59, Villarreal-Badajoz. 60, Villanueva de la Serena. 61, Ciudad Real. 69, Pozoblanco. 70, Linares. 76, Córdoba. 84/85, Almería-Garrucha.

MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Tomo 79: Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa (con mapa provincial E. 1:50.000, 2 tomos).....	500 pesetas.
Tomo 80: El Paleozóico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).....	300 »
Tomo 81: Mapa Hidrogeológico Nacional; Explicación de los mapas de lluvia útil, de reconocimiento hidrogeológico y de síntesis de los sistema acuíferos. (como anexo se adjuntan dichos mapas).....	500 »

Para pedidos e información:

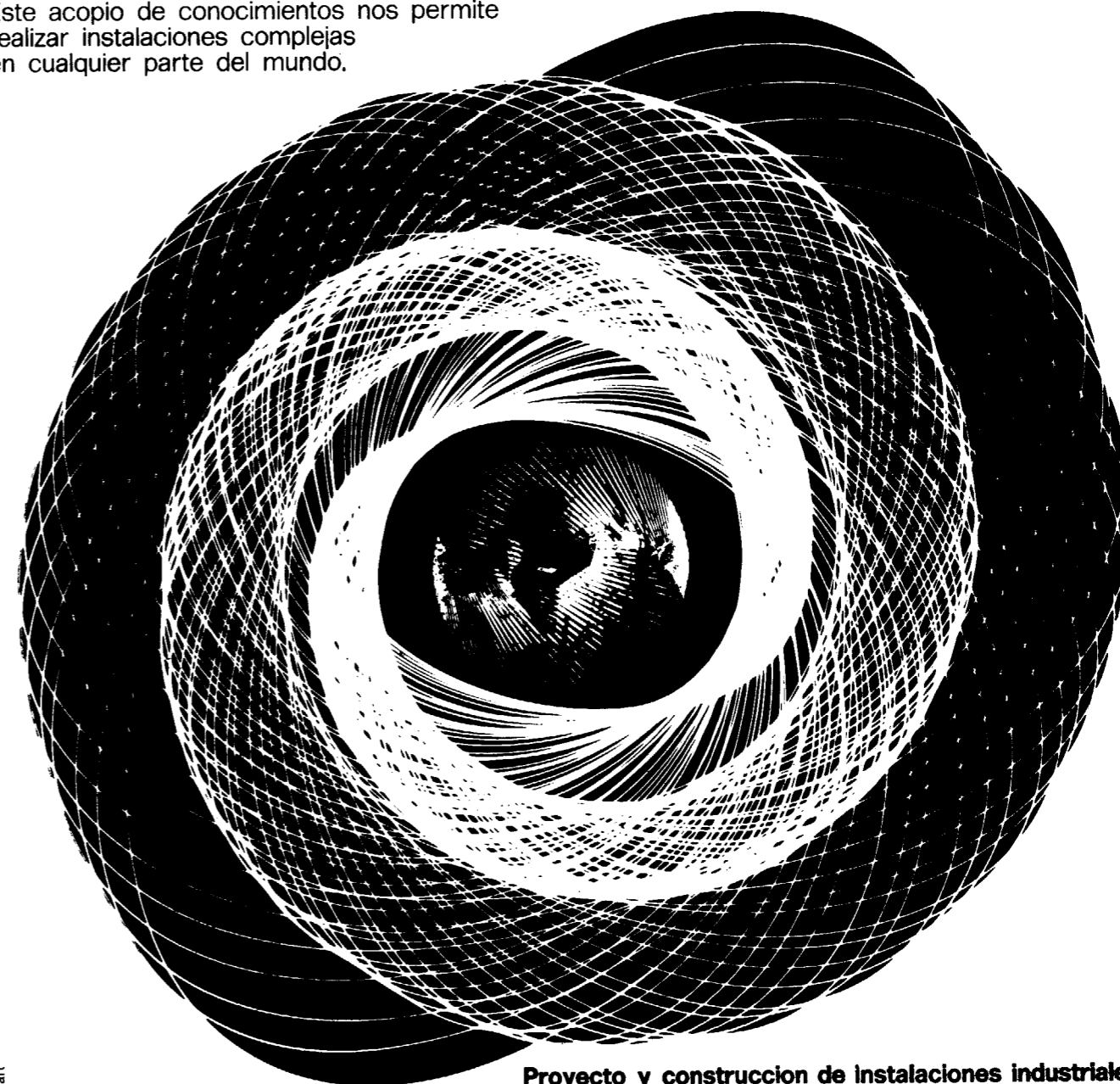
SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello, 44, Teléfonos 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID - 1

experiencia mundial

es característica de McKee-Ctip

Desde 1905, en sesenta países, hemos adquirido experiencias valiosas. Este acopio de conocimientos nos permite realizar instalaciones complejas en cualquier parte del mundo.



F/1 cart



Proyecto y construcción de instalaciones industriales

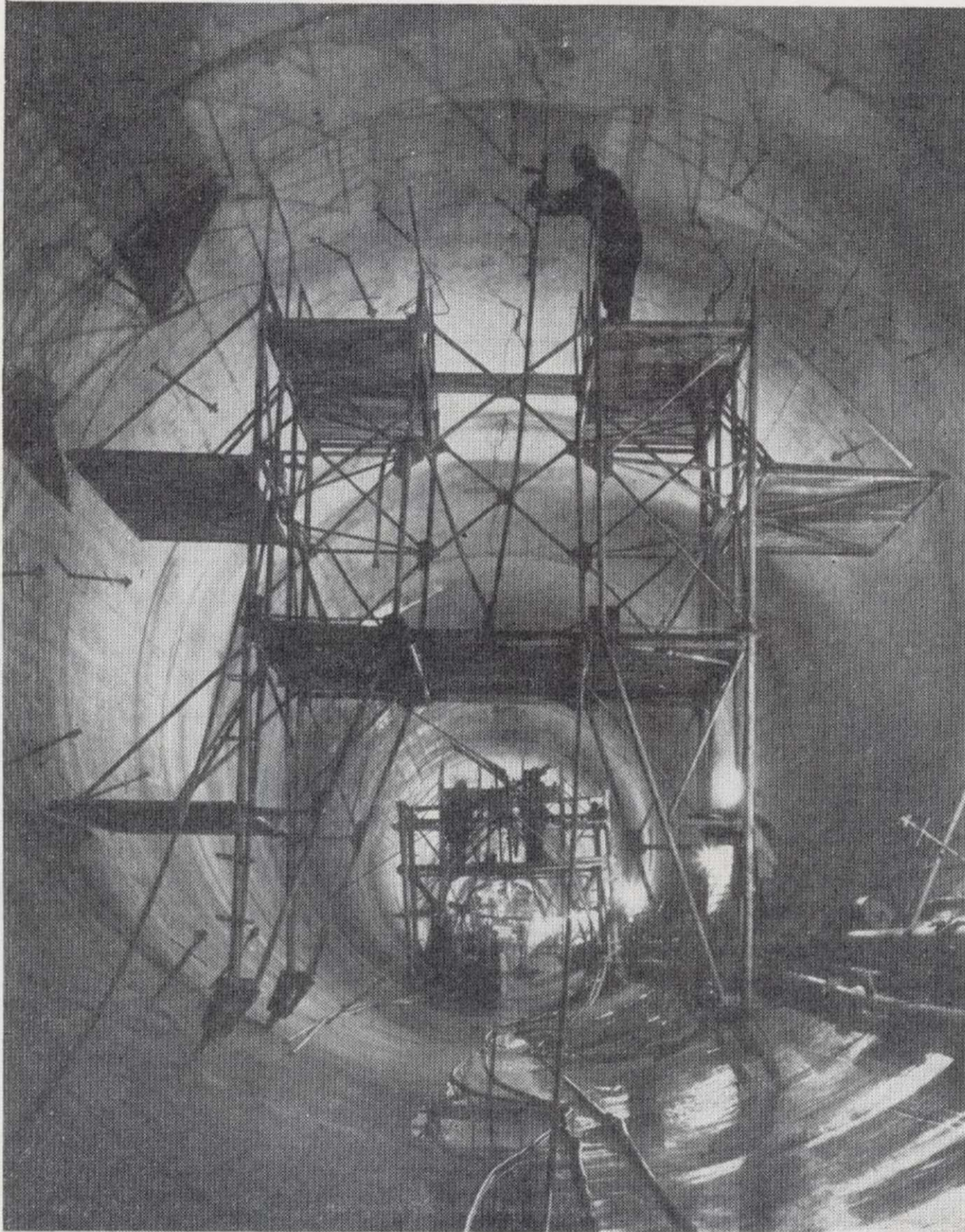
McKEE-CTIP INGENIEROS SA
Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Makibermad
Asociada de
Arthur G. McKee & Company, Cleveland, Ohio, Usa
Ctip, Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia

Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK, UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO, BOGOTÁ, TORONTO, MEJICO CITY, SAO PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



Túnel de Villarino - Salamanca
Inyecciones en el tunel de conducción

- * INYECCIONES
- * PILOTES
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * ANCLAJES
- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO Y MINEROS
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * HIDROGEOLOGIA
- * MICROPILOTES
- * REVESTIMIENTOS DE RESINAS Y GUNITA
- * CONGELACION DE TERRENOS
- * ELECTRO-OSMOSIS

Oficina Central: MADRID-16

Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones:

BARCELONA - 11

Villarroel, 200
Teléf. 250 79 83
Telex 52243 - RODIO e

BILBAO - 11

Gran Vía, 70
Teléf. 41 21 79

SEVILLA

Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88
Telex 72154 - RODIO e

VALENCIA - 9

Avda. Tirso de Molina, 14
Teléfs. 65 65 15 y 65 64 88

Representaciones:

BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN, SANTA CRUZ DE TENERIFE

nosotros
trabajamos
a
"fondo"

AGUJA



Vegarada
perforaciones

porque... si el agua es nuestra finalidad, llegar a ella es nuestra técnica.

Más de 300 mil metros perforados, personal especializado, perfección en los sondeos y rentabilidad, garantizan un nombre... "VEGARADA".

Parque de las Naciones C/. Guzmán el Bueno, 121 - Tel. 253 42 00 - Madrid-3

Tomo LXXXIII

Fascículo I

Enero-Febrero 1972

Boletín Geológico y Minero

revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 - 4.^a serie



SUMARIO

		Páginas
Geología	A. GARRIDO-MEGÍAS y L. M. ^a RÍOS ARAGÜÉS: Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ríos Cinca y Segre (Pirineo Central de la vertiente sur pirenaica, provincias de Huesca y Lérida)	1
	II. MAGLIOLA MUNDET: Contexto geológico de los yacimientos de fluorita de Múzquiz, Estado de Coahuila, México	48
Aguas subterráneas	J. CRUZ-SANIULIÁN y L. GARCÍA ROSSELL: Características hidrogeológicas del sector del Jabalcón (provincia de Granada)	68
Minería	T. FEBREL MOLINERO: Estructura de la masa de pirita de la mina de Herrerías. Puebla de Guzmán (Huelva)	81
Información	Personal. — Noticias. — Estadística y Economía. — Información legislativa. — Notas bibliográficas	88

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid - 3
Teléfono 234 13 28

ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid - 2
Teléfono 276 20 01

SP

MINISTERIO DE INDUSTRIA - SERVICIO DE PUBLICACIONES

El Instituto Geológico y Minero de España
hace presente que las opiniones y hechos
consignados en sus publicaciones son de la
exclusiva responsabilidad de los autores
de los trabajos.

Los derechos de propiedad de los trabajos
publicados en esta obra fueron cedidos por
los autores al Instituto Geológico y Minero de
España.
Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

Sondeo para el abastecimiento de Nijar (Almería). Caudal 100 l/s. Año 1968

Foto IGME

Depósito Legal M. 3.279.-1958

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCÍA MORATO, 122, TELÉFONO 233 06 19.—MADRID

Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ríos Cinca y Segre

(Pirineo Central de la vertiente sur pirenaica, provincias de Huesca y Lérida)

por A. GARRIDO-MEGIAS (*) y L. M.^a RIOS ARAGÜES (*)

RESUMEN

La presente publicación constituye un ensayo de síntesis de los resultados obtenidos de las zonas estudiadas por nosotros (respectivamente, cuenca de Tremp-Graus s. l. y borde sur oriental de la misma) junto con los datos de la abundante bibliografía existente.

El estudio estratigráfico, especialmente detallado en el Jurásico y Cretáceo, está enfocado desde el punto de vista secuencial, siendo posible distinguir ritmos sedimentarios (o secuencias mayores) de marcada evolución vertical y horizontal cuyos límites se asocian a discontinuidades o rupturas sedimentarias de valor regional, las cuales están en íntima relación con pulsaciones y fases tectónicas. Todo ello nos permite comparar la sedimentación con otros fenómenos y en definitiva obtener una imagen más coherente de la dinámica geológica.

Se ha podido establecer que las discordancias observadas en unas zonas se corresponden en otras con rupturas sedimentarias apreciables (y viceversa) y en consecuencia obtener una buena correlación entre las potentes series subsidentes de la zona norte y su equivalente en facies plataforma, de potencia mucho más reducida.

Las discordancias mejor establecidas, y en las que hacemos mayor hincapié dada su importancia, son las siguientes: kimmeridgense, intra-porlandense, intra-santonense, fini-campanense, intra-garumnense (ligada a tectónica de compresión), cuisienne inferior (post-manto del Cotiella) e intraluciense.

Asimismo se llega a la conclusión de que algunas de las estructuras actuales son el resultado de la suma de varias fases (v. g. anticlinales de San Corneli-Boixols, Sierra del Montsec, Boltaña, etc.).

Finalmente, la aportación de nuevos datos han permitido emitir la hipótesis según la cual la Sierra de Montsec constituiría el frente sur del manto del Cotiella.

RÉSUMÉ

Cette publication est une tentative de synthèse des résultats acquis dans les zones que nous avons étudiées (bassin de Tremp-Graus s. l. et son bord sud, respectivement), ainsi qu'une mise au point de l'abondante information bibliographique.

L'étude stratigraphique, détaillée surtout pour le Jurassique et le Crétacé revêt essentiellement un caractère séquentiel. Il a été en effet possible de distinguer des rythmes sédimentaires (ou séquences majeures) avec évolution verticale et horizontale nettement marquées et dont les limites correspondent à des discontinuités ou à des ruptures sédimentaires de valeur régionale, en relation intime avec des pulsations et des phases tectoniques.

Toutes ces observations nous permettent de relier la sédimentation avec d'autres phénomènes et d'obtenir, en définitive, une image plus cohérente de la dynamique géologique.

Il a été établie que les discordances observées en certaines zones correspondent ailleurs avec des ruptures sédimentaires notables et réciproquement. Ainsi les puissantes séries subsidentes de la zone Nord ont pu être convenablement corrélées avec leur équivalent sous faciès plateforme de puissance nettement plus réduite.

Les discordances le mieux établies, celles que nous mettons en exergue, compte-tenu de leur importance sont les suivantes: kimmeridgienne, intra-portlandienne, intra-santonienne, fini-campanienne, intra-garumnienne (liée à une tectonique de compression). Cuisienne inférieure (postérieure à la nappe du Cotiella) et intra-lutécienne.

Ainsi arrive-t-on à la conclusion que quelques unes des structures actuelles sont le résultat de la superposition de plusieurs phases tectoniques (cf. anticlinal de San Corneli-Boixols, Sierra du Montsec, Boltaña, etc....).

(*) Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A.

Enfin les nouvelles données ont permis d'émettre l'hypothèse qui reconnaît dans la Sierra du Montsec le front sud de la Nappe du Cotiella.

SUMMARY

This paper tries to summarize the field works we carried out on the regions of Tremp-Graus basin and its SE boundary, and, earlier bibliography.

Stratigraphic study, specially detailed about Jurassic and Cretaceous periods, has been made mainly by sequences analysis. It has been possible to distinguish sedimentary rhythms (on larger sequences) with a very obvious vertical and horizontal evolution, whose limits are associated to regional discontinuities or sedimentary ruptures, which are in a very closed connection with tectonic vibrations and orogenic phases. Thus, it is possible to compare sedimentation with others geological phenomena, and we may have a more consistent idea about dynamic geology.

It has been possible to prove that the unconfomity observed in some areas correspond in others to evident sedimentary ruptures (and viceversa), so that it is possible to have a good correlation between the thick subsiding series of the north area and their equivalent under a platform facies but with smaller thickness.

The most relevant unconfomities are the following: kimmeridgian, intra-portlandian, intra-santonian, latest campanian, intra-garumnian, lower cuisian (post Cotiella overthrust) and intra-lutetian.

In conclusion: some of the actual structures are the result of several phases (f. i. San Corneli-Boixols antichlinal, Sierra del Montsec, Boltaña, etc.) and, we have been led to the important hypothesis that the Montsec Mountain is the south boundary of the Cotiella overthrust.

I. INTRODUCCIÓN

El objeto de la presente publicación es la presentación de la zona de tesis del primero de los firmantes (zona 1. fig. 1). Ahora bien, hemos creído que este trabajo sería de mucha más utilidad con la aneión de las zonas limítrofes necesarias para obtener una síntesis regional más coherente y completa. Nos era indispensable la zona estudiada por el segundo de los firmantes (zona 2, fig. 1). El resto de las zonas se han obtenido de los trabajos bibliográficos que indicamos en la figura número 1, obteniendo finalmente uno cartografía que va de Norte a Sur desde la zona axial pirenaica al Valle del Ebro, y de Oeste a Este, del Valle del Cinca a la Sierra del Cadi.

Este trabajo va acompañado de un mapa geológico reducido de un original E. 1: 200.000, confeccionado a partir de una cartografía (la de los dos firmantes) sobre fotografía aérea (E. 30.000) previo paso al mapa topográfico 1:50.000. También figuran diversos esquemas y figuras así como tres cortes tectónicos generales.

Finalmente agradecemos a la Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A., la publicación de este estudio de síntesis que comprende los trabajos de campo realizados en el marco de la exploración de la llamada cuenca de Trem-Graus.

II. CUADRO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La región de estudio tiene una longitud máxima, de Este a Oeste de 120 kilómetros y una anchura, de Norte a Sur, del orden de 70 kilómetros.

La topografía es considerablemente accidentada, presentándose al Norte los macizos del Cotiella, Turbón, Sierra de Sis, Set Comelles, Boumort, Sierra de Prada y Sierra del Cadi; hacia el Sur una zona deprimida con relieves más suaves, para de nuevo aumentar en la Sierra del Montsec con altitudes alrededor de los 2.000 metros. A continuación y hasta el valle del Ebro, los relieves moderados de las sierras marginales. La zona está drenada por ríos de orientación meridiana (Cinca, Esera, Isábena, Noguera Ribagorzana, Noguera Pallaresa y Segre). El clima es mediterráneo y la erosión considerablemente activa, da buenos afloramientos.

Desde el punto de vista geológico podemos distinguir, de Norte a Sur, las siguientes zonas:

Zona axial, de altitud considerable, constituida por terrenos hercínicos.

Zona de los Nogueras, estrecha banda (deprimida respecto a las zonas adyacentes) constituida por molasas post-hercínicas (Westfaliense, Estefaniense y Permotrias), Triás medio, superior y macizos flozantes y alóctonos de material paleozoico.

Zona subpirenaica, constituida por terrenos jurásicos, cretácicos y terciarios (se incluye completa la cuenca de Tremp-Graus con sus bordes norte y sur inclusive).

Zona de las Sierras marginales, incluida la Sierra del Cadi (serie reducida de Senonense superior-Eoceno, discordante sobre un substratum jurásico-triásico erosionado).

Zona de la Cuenca del Ebro o depresión oligomiocena.

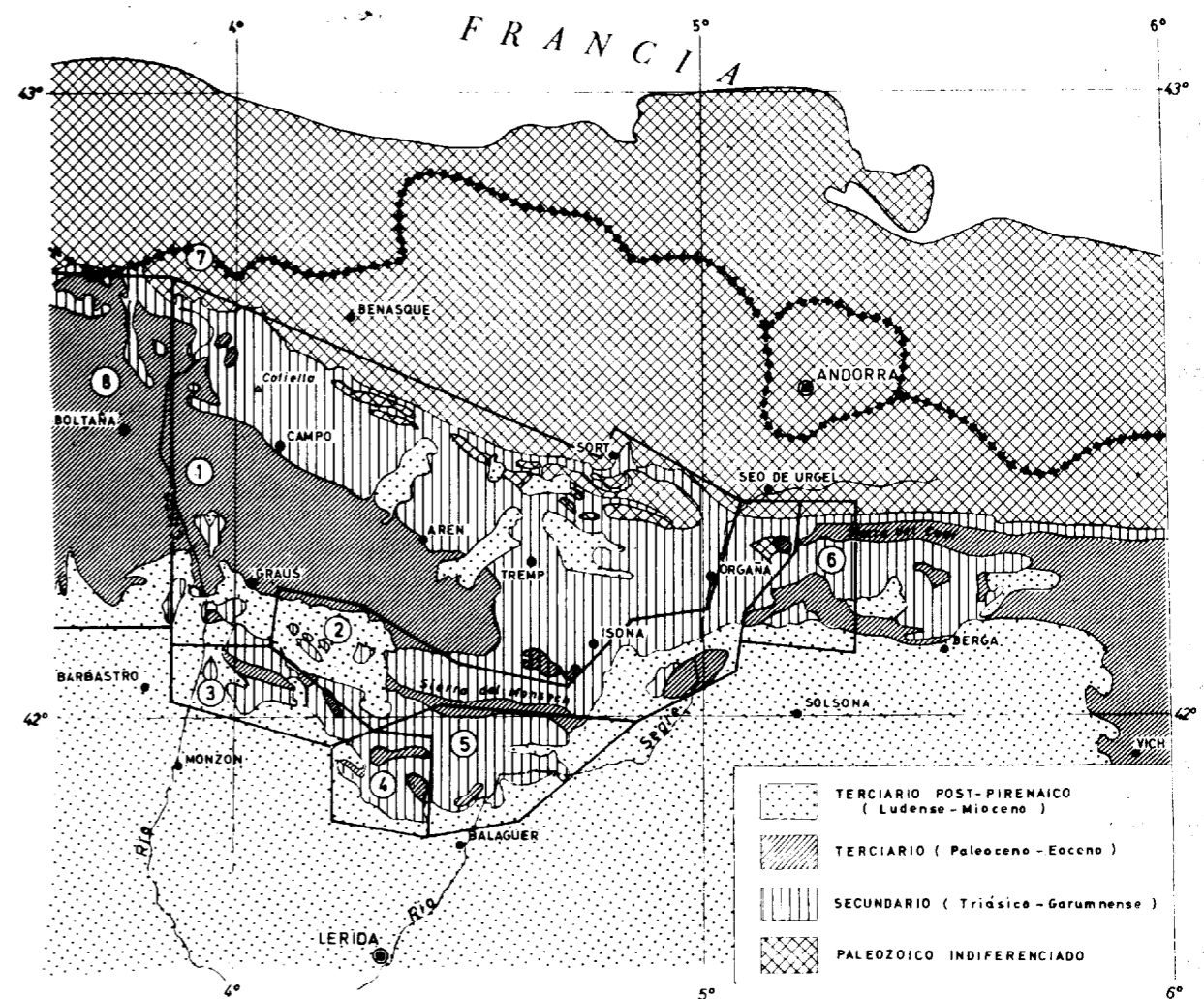


Fig. 1.—Plano de posición de los trabajos consultados en la cartografía. 1.—Tesis doctoral de A. GARRIDO-MEGÍAS (1963-1971, en prensa). 2.—Área cartografiada por L. M.^a RÍOS (Informes internos de ENPASA; 1964-1970). 3.—Estudio fotogeológico (modificado) de L. DUPLAN y L. FORTIN (1962). 4.—Tesis doctoral de J. P. GIRAUDET (1962, Universidad de Burdeos). 5.—Mapa geológico de la provincia de Lérida (A. ALMELA y J. M.^a RÍOS, 1947) y Hojas geológicas números 327, 328 y 329 del IGME. 6.—B. GUERIN-DESJARDINS y M. LATREILLE (I. F. P., 1961). 7.—Tesis tercer ciclo C. MARTINEZ (1968, Universidad de Montpellier). Tesis doctoral M. SEGURET (1970, Universidad de Montpellier). 8.—M. SOLER y C. PUIG DEFABREGAS (Pirineos, 96, p. 5-20, Jaca, 1970).

III. BREVE RESUMEN DE LOS TRABAJOS ANTERIORES

En 1910 Dalloni, con su estudio geológico sobre los Pirineos aragoneses da el primer mapa geológico y análisis estratigráficos sistemáticos, admitiendo una vergencia general hacia el Sur. Jacob y Fallot (1914) consideran que la serie secundaria está corrida hacia el Norte para formar el manto del Montsec. Más tarde esta misma teoría es defendida por Astré y abandonada de nuevo por los mismos autores (Jacob, Fallot, Astré y Ciry: 1927). Entre

1927-1930 Jacob considera que la cobertura despegada al nivel del Triás ha cabalgado en su conjunto hacia el Norte, pero con algunos retornos locales hacia el Sur. Los macizos paleozoicos de los Nogueras los considera autóctonos en su conjunto, siendo algunas unidades alóctonas por retorno hacia el Sur.

En 1934 la escuela alemana, con P. Misch, H. Ashauer y Selzer, marca una nueva etapa. P. Misch aporta la primera estratigrafía precisa y un notable mapa geológico. La interpretación es netamente

autoctonista con una clara vergencia hacia el Sur. Para aquellas estructuras de difícil explicación introduce el término de «doble vergencia» o «estructuras en abanico» que por ruptura de sus raíces se presentan como alóctonas.

Entre 1934 y 1954, A. Almela y J. M.^a Ríos en el mapa geológico de Huesca y Lérida, hacen una síntesis de todos los trabajos anteriores, enriquecido con aportaciones propias, precisando numerosos puntos, así como describen con detalle la discordancia pirenaica y ponen en evidencia la interferencia de pliegues Norte-Sur y Este-Oeste.

A partir de 1955 la escuela de Leyde (De Sitter, Zwart, Boschma, Mey, Nagtegaal, Oelle, Zandvliet, Wennerkers), hacen un estudio sistemático de los terrenos hercínicos que constituyen la zona axial de los Pirineos centrales. Al mismo tiempo la escuela de Utrecht (M. G. Rutten, Ten Haaf, Geurissen Van Der Ligen, Van Der Voo, Van Der Velde...) estudia el borde sur de la zona axial en la cuenca de Jaca, poniendo en evidencia que la tectónica pirenaica ha dado numerosos cizallamientos, engendrando pequeños klips.

En 1961 B. Guerin-Desjardins y M. Larteille, estudian la zona comprendida entre los ríos Segre y Llobregat, dan una cartografía detallada e insistiendo particularmente en el carácter autóctono de la región. Explican el macizo de Pedraforca como una estructura de doble vergencia como H. Ashauer (1934).

En 1966 J. Rosell hace un estudio de la zona comprendida entre el Segre y el Noguera Pallaresa.

Seguidamente P. Souquet (1967) en su tesis doctoral sienta una buena base para la estratigrafía del Cretáceo superior, calcáreo fundamentalmente.

Entre 1964-1970 el equipo de Montpellier, especializado en tectónica (M. Mattauer, Seguret, Martínez, Proust, Vergely, Ravier) ha dado un extraordinario y fundamental avance sobre la tectónica pirenaica.

La tesis de M. Seguret (1970) instaure de nuevo una vergencia hacia el Sur, estableciendo que toda la serie post-triásica, de la vertiente sur pirenaica, está despegada y ha sufrido importantes desplazamientos desde el Norte hacia el Sur (de hasta 50 kilómetros) que disminuyen por amortiguamiento frontal. Este amortiguamiento frontal no se realiza completamente más que a 60 u 80 kilómetros al Sur de la zona axial, en el frente del manto (Sierras marginales).

En 1968 A. Garrido-Megías establece la cronología del anticlinal norte-sur de Mediano al correlacionar las series que lo fosilizan como equivalentes de los conglomerados de Campanue (= Luteciense superior).

En diciembre de 1970 M. Soler Sampere y A. Garrido-Megías ponen en evidencia el frente sur-occidental del manto del Cotiella y su fosilización (con presencia de olistolitos y slumping en la base de la serie fosilizante) por series más antiguas a las supuestas por M. Seguret en su tesis (pág. 128, figura 45, 1970), donde por no haber observado dicho frente sobre el terreno, postuló hipotéticamente su fosilización por un nivel detrítico duro, que resalta en el relieve situado en el techo de las margas superiores a las calizas de alveolinas de Sierra Ferrera-Foradada de Toscar. Este nivel viene inmediatamente debajo de los conglomerados de Campanue.

Por otro lado, en la misma publicación, quedó establecida la posterioridad de los anticlinales norte-sur (Mediano Boltaña y pequeños anticlinales de la zona de Arro y Samper) con relación a la «mise en place» del manto del Cotiella, ya que estos pliegues afectan a la serie fosilizante. A su vez estos anticlinales norte-sur son anteriores a los conglomerados de Campanue que los fosiliza.

Finalmente, en enero de 1971, A. Garrido-Megías y M. Soler Sampere (inédito) han observado (Corsá, Noguera Ribargorzana, extremidad oriental del Montsec), unas brechas y discordancias en abanico que fosilizan el flanco sur de la Sierra del Montsec. A esta fosilización, según la estratigrafía establecida por alveolinas y vertebrados para la cuenca de Ager, podría estimarse una edad Cuisiense inferior, pudiéndose presumir que estos primeros movimientos del Montsec son contemporáneos con la «mise en place» del manto del Cotiella.

IV. ESTRATIGRAFÍA

Introducción

A) Intentamos en este capítulo no limitarnos a una fría y escueta descripción de las series litológicas y su fauna, sino que por el contrario pretendemos, según el grado de conocimientos y datos que poseemos, intentar desarrollar una estratigrafía dinámica, tratando de encontrar su relación con el medio, forma y movilidad del fondo sedimentario, subsidencias, regresiones, transgresiones, etc.

Por otro lado, y siempre que sea posible, haremos una subdivisión y estudio por formaciones coherentes o ritmos secuenciales de clara evolución vertical y horizontal. Estas formaciones no siempre coincidirán con los límites cronológicos de piso, sino con rupturas o discontinuidades sedimentarias de valor regional, las cuales de una manera muy general están siempre relacionadas con pulsaciones o fases tectónicas que pueden ser de distensión en el caso de formación de una cuenca o comprensión en fases orogénicas. Estas discontinuidades sedimentarias se materializan en discordancias, cambios

importantes en el ritmo secuencial, cambios en la dirección de aportes o cambios bruscos en la cantidad y calidad de los mismos, polizonas de condensación en provincias oceánicas o bien niveles margosos, calcáreos o lignitosos con fauna salobre en provincias neríticas.

B) Es muy importante la definición del medio de deposición para dar un contenido real a las unidades paleogeográficas y comprender mejor los fenómenos sedimentarios. La reconstitución de este medio se consigue con el estudio de las estructuras, texturas y análisis de asociaciones biológicas.

Un instrumento de enorme valor es el estudio geoquímico que permite conocer a la vez las grandes evoluciones continentales (gracias a los minerales arcillosos) y las finas variaciones de detalle del medio marino (gracias a los oligoelementos).

El boro es un elemento que se utiliza como *indicador de paleosalinidad*. Gracias a numerosos estudios de series de referencia, el tenor en boro de la fase arcillosa de un sedimento permite caracterizar, en parte, el medio de deposición de este sedimento.

Ciertos elementos tales como el Ni, Co, Mo, Pb, Cu y Zn están habitualmente ligados a la vida orgánica y tienen una repartición que sigue perfectamente a la del carbono orgánico.

C) Por otro lado queremos explicar el significado de los términos «extensivo» y «restrictivo», que a veces emplearemos. Diremos que una formación es extensiva o tiene un carácter extensivo cuando, a medida que ascendemos en la serie, sus términos cada vez más modernos ocupen progresivamente áreas más extensas de deposición. Inversamente diremos que una serie es restrictiva cuando el área de sedimentación ocupada por los términos más modernos es inferior a la ocupada por los más antiguos. De la misma manera diremos que una formación es más extensiva o restrictiva que otra cuando el área de sedimentación de la primera sea mayor o menor respectivamente que el de la segunda. El significado de estos términos, extensión y restricción, es puramente geométrico, independientemente de si el medio es marino o continental. En el caso de formaciones marinas «extensión» y «restricción» coincidirán con los términos transgresión y regresión en el sentido en que se utilizan por los geólogos, generalmente.

D) Para la descripción litológica utilizaremos frecuentemente los términos micrita, microsparita y sparita (equivalentes de caliza cripta, micro y cristalina respectivamente) y dolomicrita, dolomicrosparita y dolosparita en el caso de dolomías.

E) Comenzaremos nuestra descripción con una exposición muy resumida del Paleozoico distinguiendo dos conjuntos, por un lado los terrenos anteriores a la fase mayor hercínica y por otro las molasas post-hercínicas donde incluimos al Triás

inferior por su dificultad de separación del Pérmico. A continuación y de manera brevísima el Triás medio y superior. A partir del Jurásico la descripción será mucho más amplia, prestando especial interés al Jurásico medio y superior, así como el paso al Cretáceo inferior y las notables diferencias de éste con el conjunto homogéneo del Jurásico. En el Cretáceo superior distinguimos cuatro ritmos netamente diferenciables que nos permitirán comprender razonadamente la evolución de la dinámica sedimentaria en esta época. En el Terciario trataremos de relacionar la evolución de las facies con fenómenos tan importantes para la tectónica pirenaica como la «mise en place» del manto del Cotiella, las estructuras transversas de Mediano y Boltaña y la orogénesis pirenaica.

Terrenos ante-hercínicos

Dejando aparte el problema del *Precámbrico* y según P. Cavet (1957) la base de la potente serie flysch que reposa sobre los gneis (Precámbricos ?) en los Pirineos orientales, comprende un nivel muy recristalizado considerado como *Cámbrico*.

El *Ordovícico* en general presenta una facies flysch con sus típicas figuras sedimentarias, pudiéndose distinguir, en el Ordovícico inferior, algunos niveles de cuarcita y en el Ordovícico superior, conglomerados gruesos con cemento rojo, pizarras, pizarras rojas y grauwas, hacia el techo hay pizarras calcáreas que Schmidt (1931) atribuye al Ashgillense. La potencia, difícil de evaluar, puede estar comprendida entre 500 y 800 metros.

El *Silúrico* se caracteriza por la presencia de pizarras con Graptolites y calizas con Orthoceras, siendo la sucesión litológica: pizarras y cuarcitas, pizarras, calizas, pizarras negras superiores con nódulos de piritita atribuibles al Silúrico superior. Este último nivel es muy constante en todo el Pirineo, constituyendo un buen nivel de despegue. A las pizarras superiores les siguen unas calizas gris-azuladas en bancos potentes con Orthoceras, Crinoides y Cardiola que alternan con algunos niveles de pizarras negras. La potencia mínima puede estimarse 250 metros.

El *Devónico* es difícilmente separable del Silúrico. El Devónico inferior y medio está constituido por calcoesquistos con Graptolites, pizarras abigarradas y calizas grises con Orthoceras y Crinoides. El Devónico inferior es esencialmente calizo, comienza por unas calizas grises (calizas de Mantoceras), siguiéndole las típicas calizas grietas rojas o grises o gris-rojizas que constituyen un nivel muy característico (calizas de Cheiloceras).

En el *Carbonífero* es difícil de determinar su límite inferior por ser insensible el paso a las calizas

devónicas. Se le puede considerar una serie de tipo flysch. El Carbonífero inferior se caracteriza por pizarras micáceas negras, conglomerados, cuarcitas, líditas y calizas. En el Westfaliense inferior se inicia una regresión con aparición de niveles arenosos y restos de plantas. A continuación tiene lugar la *orogénesis mayor hercínica*, que es de edad intra-westfaliense, desarrollándose un metamorfismo que va desde la epi hasta la catazona con migmatización e incluso granitización tardi-tectónica (G. Guitard, 1970).

conservando el clásico apelativo de Permotrias, si bien puede incluir en su base parte del Estefaniense.

La litología de estas cinco formaciones es la siguiente:

La *formación conglomerática* (400 m. en Aguiró) se compone de brechas y conglomerados basales, areniscas, alguna capa carbonosa y tobas.

La *formación volcánica* (500 m. en Erill Castell) la forman tobas de colores claros y oscuros, brechas tobáceas y andesitas basálticas.

La *formación carbonosa* (minas de lignito de

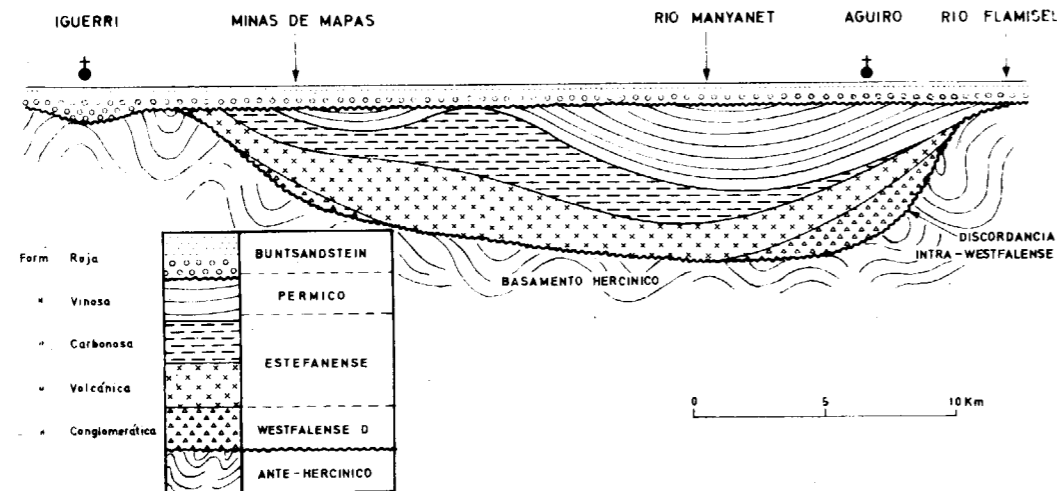


Fig. 2.—Esquemas de las series post-hercínicas anteriores al Triás medio de la vertiente sur de los Pirineos Centrales.

Moladas post-hercínicas

En el borde sur de la zona axial (Pirineo central), entre los ríos Flamisell y Noguera de Tor (Aguiró, Batliu de Sas, minas de Malpas), se desarrolla una pequeña cuenca constituida por depósitos fluviales volcánicos y lagunares que van desde el Westfaliense al Triás inferior (fig. 2). Distinguimos cinco formaciones de la base al techo: conglomerática, volcánica, carbonosa, vinosa y roja.

En la formación conglomerática, la fauna fósil recogida por Stevens (1956) da una edad westfaliense D. En la formación carbonosa los fósiles dan una edad estefaniense (Dalloni, 1930; Misch, 1934; Virgili, 1960). La formación vinosa es considerada como pérmica por Virgili (1960) si bien la base puede ser estefaniense y la formación roja, que en esta zona está separada de la serie vinosa por una discordancia en su parte superior, pertenece al Buntsandstein por la presencia de flora triásica con *Equisetum arenaceum* Bron (Dalloni, 1910-1913). Esta discordancia no es fácil de seguir, fuera de esta zona, por lo que en la práctica hemos cartografiado juntas las dos formaciones, vinosa y roja,

Malpas, 450 m.), serie formada por pizarras carbonosas, lignito, areniscas y algunas intercalaciones de conglomerado.

La *formación vinosa* (750 m., río Manyanet, 1.000 m. río Segre), a la cual pasa gradual pero rápidamente la serie carbonosa. Se compone de pelitas, areniscas, arkosas y brechas con elementos de cuarzo. Toda la formación tiene un color rojo vinoso («lie de vin» según el término francés).

La *formación roja*, con una potencia relativamente constante que oscila sobre los 200 metros. Está formada por arcillas, areniscas rojas micáceas, intercalaciones de pudingas y un conglomerado basal con elementos de cuarzo, cuarcitas y líditas.

Otra cuenca de moladas post-hercínicas, pero más amplia que la anterior, se extiende al Este de Guils, río Segre y borde norte de la Sierra del Cadi. Aflorescimientos de estos mismos materiales existen en Estach-Montardit, Vilamur-Rubio (Valle del Noguera Pallaresa) y en las escamas alóctonas de la zona de los Nogueras.

En resumen podemos decir que tras la fase mayor hercínica, mientras las zonas altas fueron sometidas a la erosión, las zonas deprimidas fueron

de una sedimentación molásica post-orogénica. Al mismo tiempo tiene lugar una etapa de distensión con salida de magmas (andesita basáltica). El límite superior de la formación vinosa viene marcado por una ligera discordancia (base fini-paleozoica), no siempre presente.

A continuación viene el período de sedimentación de la serie roja, el cual se caracteriza por:

— Un cese total de la dinámica de distensión (subsidiencias, volcanismo) que caracterizó al período anterior (Westfaliense-Pérmico).

— Un fuerte carácter extensivo, que al tener lugar sobre una morfología prácticamente peneplanizada explica la gran obicuidad y potencia relativamente constantes (≈ 200 m.) de esta formación.

Triás medio y superior

El Triás se ajusta al esquema clásico germánico, a saber: sobre una base detrítica (Buntsandstein), un conjunto calcáreo dolomítico (atribuible al Muschelkalk) seguido de una serie arcilloso-evaporítica atribuida al Keuper.

El Triás medio-superior presenta la siguiente sucesión:

a) Sobre las capas rojas del Buntsandstein viene una *serie de paso al Muschelkalk* de 20 a 25 metros de potencia (Misch, 1934), constituida por: arcillas pizarrosas verdes, negruzcas y rojizas, yeso y margas amarillas dolomíticas celulares. El yeso contiene, al igual que el Keuper, cuarcos bipiramidados, lo cual hace pensar que éstos están más bien ligados a una facies que a un piso determinado (el Keuper).

b) A continuación un resalte morfológico, de 30 metros de potencia, atribuido al *Muschelkalk*, formado por calizas y calizas dolomíticas negras, con niveles vermiculados, bien tableados y a veces oolíticos. Estos niveles son generalmente fértidos. En el anticlinal de Oden (Guerindesjardins y Laitreille, 1961) citan abundantes Esthéridos, pequeños Ophiuros y un pez. En Camarasa el tenor en boro del Muschelkalk es del orden de 150 p. p. m., lo que equivale a un medio marino con tendencia a la desalinización.

c) Finalmente el Keuper, con su facies típica de margas versicolores y evaporitas, pasa hacia el techo (Pallerol, río Isábena) a margas dolomíticas grises con finas intercalaciones de dolomía arcillosa gris y pátina amarillenta. De estas margas dolomíticas (30 a 50 m.) pasamos en perfecta continuidad sedimentaria a las «calizas inferiores».

d) El Triásico termina en una barra caliza a la que denominamos «calizas inferiores». En el río Isábena (3 km. al Sur de Alins) la potencia de esta barra es de 31 metros distribuidos: en 8 metros de

dolomicrita gris pseudo-oolítica con intraclastos y el resto hasta e techo de una micrita con pasadas microoolíticas. Al sur de Mediano, en el río Susia, hay en la base dos bancos microconglomeráticos con un foraminífero de carácter triásico: la Triasina. La fauna de esta formación se reduce a Ostrácodos, Frondicularia y restos de Lamelibranquios y Gasterópodos.

Las «calizas inferiores» pueden equivaler al *Retiense* con *Avicula contorta* de Ariège, donde al igual que aquí le sigue el Tuf de Dubar. Esta trilogía: facies Keuper-calizas inferior-Tuf de Dubar, es una sucesión netamente típica en Anquitania y en nuestra zona de estudio (río Isábena, Montanisell, Montsec, Tolva, Mediano, etc...).

El medio durante la sedimentación de las «calizas inferiores» es francamente marino pero confinado en su base, disminuyendo la salinidad hacia arriba para llegar a valores normales de mar abierto.

Jurásico

El límite inferior del Jurásico fue definido en el Coloquio de Luxemburgo (1962) y aceptado así en el I Coloquio de Estratigrafía y Paleografía del Jurásico de España (Vitoria, 1970), como la base del Hettangense, incluyendo el Retiense en el Triásico.

Lías inferior

Para su descripción utilizaremos las series del río Isábena (3 km. al Sur de Alins), Turbón, Alins (Norte de Alins), río Cinca (5 km. al Sur del Mediano), Tolva y Camarasa (Norte de Balaguer).

Distinguimos, de la base al techo, la siguiente sucesión:

a) *Brecha ferruginosa* (5 a 10 m.), el límite superior de las calizas inferiores queda marcado por una clara ruptura sedimentaria, que se inicia con la sedimentación de una brecha tobácea roja con elementos de rocas (arcillas, calizas con textura oolítica de las calizas inferiores y ofitas), cementados por una arcilla ferruginosa. En Tolva se intercala hacia la parte superior un banco de lumaquela ferruginosa con restos de lamelibranquios y vertebrados y otro de caliza finamente oolítica. Este último también se encuentra en la base, en el río Cinca. Esto sugiere una interstratificación de esta toba en medio de una sedimentación continua.

Este nivel es análogo al conocido como «Tuf de Dubar», descrito por el citado autor en los Pirineos franceses (1925) y que atribuye al Hettangiense. Esta atribución es válida, ya que en Ariège la bre-

cha contiene resedimentada *Plicatula intusstriata* del Hettangense inferior (Bouroullec y Deloffre, 1969) y los niveles suprayacentes están datados igualmente del Hettangense (Magne y Senorivivien, 1961; Abrard, 1948).

En Monfalcó (Sur del Montsec) se observa la brecha de Dubar claramente discordante sobre las calizas inferiores y sobre los niveles superiores del Keuper.

Por otra parte en el sondeo de Centenera (11 kilómetros al Noreste de Graus), el Infralías (probable Retiense) presenta trazas de metamorfismo de contacto cada vez más importante hasta la entrada en la ofita masiva. Para tratar de fijar la edad de la ofita nos referiremos a la hipótesis de M. H. Tazieff (conferencia en la SNPA, 22-2-1967) según la cual, la brecha de Dubar se debería a la acumulación de materiales piroclásticos emitidos por la ofita. Si admitimos este esquema podemos considerar la «brecha de Dubar» y la ofita como dos manifestaciones de un mismo fenómeno eruptivo. En este caso podemos situar la llegada de la ofita en el Hettangense inferior.

Por todo lo expuesto es evidente que existe una clara discontinuidad sedimentaria (relacionada con una fase de distensión con llegada de ofita) entre las calizas inferiores y la brecha de Dubar, quedando, por tanto, suficientemente justificado el límite entre Retiense y Hettangense como límite Triásico-Jurásico.

b) *Calizas con ostrácodos* (o nivel de calcoesquistos bituminosos). Consta de 10 a 15 metros de micrita con ostrácodos, moluscos, gasterópodos en el techo. Interstratificado con la caliza y en su mitad superior hay diversas pasadas de calcoesquistos bituminosos. Hacia la mitad existe una zona intermedia con radiolas de erizos (calizas con *Diademopsis*), que se considera habitualmente en Aquitania como paso Hettangense inferior-Hettangense superior.

Durante la deposición de este nivel el medio fue primeramente marino, pero confinado para pasar hacia arriba progresiva y rápidamente a un medio lagunar sobre salado. Los calcoesquistos se originaron por la llegada de abundantes aportes continentales de materia orgánica y existencia de un medio fuertemente reductor.

c) *Brecha dolomítica* (30 a 50 m.), el medio lagunar sobresaturado, continúa pero sin aportes continentales y un enriquecimiento en iones Ca y Mg permiten el depósito de dolomía.

El fondo sedimentario se muestra en esta época inestable, creándose zonas localizadas y subsidentes donde se han depositado espesores considerables de anhidrita (> 200 m. en Camarasa, 380 sondeos de Benaberre), equivalentes a la brecha dolomítica,

d) *Calizas listadas y dolomía*: 30 a 50 metros de micrita con finas señales de estratificación (calizas listadas) con intercalaciones de dolomicrita. La fauna es escasa, reduciéndose a Ostrácodos y restos de lamelibranquios. El medio, aunque con disminución considerable de la salinidad, sigue siendo marino confinado.

e) *Calizas oolíticas* (25 a 30 m.). Aún cuando la salinidad es elevada hay una tendencia a menos confinamiento. Se caracteriza este paquete por micrita y oomicrita con Textuláridos, Ostrácodos, Lamelibranquios, Equinidos, Gasterópodos y Algas. La parte basal de esta formación en el río Cinca (confluencia con el Susia), Tolva y Camarasa es rica en algas *Dasycladáceas* (*Paleodasycladáceas barrabei*) del Sinemuriense s. l. Esta caliza con algas en Tolva viene en ligera discordancia angular sobre las calizas con ostrácodos (o parte basal del Hettangense superior), faltando las calizas listadas y dolomía, así como la brecha dolomítica. Esta ligera discordancia intra-sinemuriense también se observa en el Cinca.

Las calizas oolíticas terminan en una superficie ferruginosa (ruptura sedimentaria) perforada, muy constante en todas partes. La datación la hacemos con referencia al Montsec, donde Bassoulet (1962, página 28) cita un Ammonites, género *Echioceras* del Sinemuriense terminal, encontrado justamente encima del nivel ferruginoso perforado. Esto nos permite situar el límite Lías inferior-Lías medio justamente entre la base de las margas y el techo de las calizas oolíticas.

Como resumen podemos proponer la siguiente cronología, para las distintas formaciones distinguidas en el Lías inferior y techo de Trías (ver figura 3).

LIAS INFERIOR	HETTANGENSE SUP - SINEMURIENSE	Calizas oolíticas
		Calizas con Algas
		Calizas listadas y dolomía
	HETTANGENSE INFERIOR	Brecha dolomítica o Zona de anhidrita
		Caliza con Ostrácodos (con calcoesquistos bituminosos)
TRIAS	RETIEENSE	Brecha de Dubar
		Calizas inferiores
		Facies Keuper

Fig. 3.—Formaciones distinguidas en el Trías superior y Lías inferior. Datación propuesta.

Lías medio y superior

En el Lías medio y superior la tendencia marina se acentúa y el medio es ya francamente marino. La potencia media para este tramo es de 50 metros (Turbón 85), presentando la clásica morfología de dos depresiones margosas separadas por una barra intermedia (barra de *Pectens* y *Belemnites*) constituida por una biomícrita de pátina ferruginosa.

La literatura cita abundante fauna, fundamentalmente de Ammonites, que permite situar el límite Lías medio-Lías superior en la base del tramo margoso superior que pertenece al Toarciense. Hacia el techo de las margas del Toarciense se inicia un resalte morfológico, en perfecta continuidad sedimentaria, constituido por una alternancia de calizas y margas (2 a 4 m.) con abundantes *Gryphaea* sublobata del Aalenense (Dubar, 1927), que en el borde norte de la Sierra de Prada queda interrumpida bruscamente por una superficie ferruginosa muy neta. Esta ruptura sedimentaria se observa en magníficas condiciones al Sur de la Guardia de Ares, en donde sobre la costra ferruginosa vienen varios metros de margas rojas y grises-blancas con nódulos ferruginosos, siguiéndole un conjunto dolomítico-calcáreo del Kimmeridgiense, habiendo por tanto laguna de sedimentación del Bajociense al Oxfordiense (M. Delmas, A. Garrido Megías y L. Ríos, 1970). De aquí la necesidad desde el punto de vista secuencial de incluir al Aalenense junto con el Toarciense.

Jurásico medio y superior

El Jurásico de la vertiente sur pirenaica presenta en su conjunto una sucesión carbonatada, a menudo muy monótona, siendo difícil establecer una zonación vertical, en unidades estratigráficas. Cuando existen cefalópodos, el establecer una zonación es fácil, pero en facies neríticas (nuestro caso) donde sólo se desarrollan faunas bentónicas, una biozonación es mucho más delicada. Los foraminíferos arenáceos y los Ostrácodos dan, por el momento, los mejores resultados. La utilización de la técnica secuencial permite determinar (en estas series tan monótonas, aparentemente) tramos o formaciones, basadas en una evolución (ritmo) delimitadas por discontinuidades (rupturas sedimentarias).

El estudio del Jurásico medio y superior de la cuenca de Tremp-Graus está basado en más de una decena de cortes (Turbón, Alins, Bonansa, Pont de Suert, Orgaña, Guardia de Ares, etc...), pero para su descripción nos basaremos en tres series

fundamentales: Pont de Suert, Sierra de Prada (Guardia de Ares y Segre) y Montsec.

Corte de Pont de Suert.—Situado a 1,5 kilómetros al NW de dicho pueblo, en el cerro de Mirabet. Este corte presenta la ventaja de tener diversas intercalaciones calcáreas que nos han permitido una buena correlación con el Jurásico medio y superior de la vertiente norte-pirenaica.

De la base al techo tenemos la siguiente sucesión:

Miembro 1; 65 metros de dolomía negra fétida dividida en:

40 metros de oodoloparita (oolitos difuminados de gran talla), dolomicrosparita oolítica y guijosa (*graveleuse*) con Textuláridos, Ophthalmidos, restos de Lamelibranquios, Gasterópodos y raros Equinodermos.

25 metros de dolomicrosparita con muy escasa fauna (restos de Ostrácodos).

Miembro 2; únicamente en Pont de Suert nos ha sido posible dividirlo en dos submiembros:

Submiembro 2a; 16 metros de dolomía negra de aspecto brechoide, donde elementos homogéneos angulosos de dolosparita o dolomicrosparita guijosa están cementados por dolosparita.

11 metros de dolosparita ligeramente guijosa en la base.

12 metros de micrita lacustre con abundantes restos de Ostrácodos.

Submiembro 2b; este tramo presenta algunas zonas con un aspecto particular debido a la dolomitización diferencial que se concentra preferentemente en las sinuosas pistas de gusanos, recibiendo el nombre de «calizas tigreadas» por recordar a la piel de este felino.

De abajo hacia el techo tenemos la sucesión:

130 metros de alternancias irregulares de micrita y dolomicrosparita, a veces dolosparita. Hay algunas pasadas guijosas y raramente oolíticas. Los organismos poco numerosos están representados por *Kurnubia*, Textuláridos, Ophthalmidos, Nautiloculinas, Trocholinas y restos de Lamelibranquios, Equinodermos, espículas de Espongíarios y muy raras algas *Thaumatoporella*.

11 metros de micrita lacustre con abundantes tallos y oogonios de Caráceas y Ostrácodos.

Miembro 3; 22 metros de brecha con elementos de caliza oolítica y guijosa y dolomicrosparita. El cemento calcáreo-dolomítico y dolomítico (*Pseudocyclamina jaccardi*?).

101 metros de micrita raramente guijosa caracterizada por la presencia de *Pseudocyclamina jaccardi* y *Ps. virguliana*, además se encuentran raros Nautiloculinas, Lagénidos y restos de Lamelibranquios, Equinodermos, espículas de Espongíarios y Ostrácodos.

127 metros de dolomicrosparita, a veces guijosa, con raros restos de Lamelibranquios.

Miembro 4; 92 metros de micrita gris con *Pseudocyclamina virguliana* y raros Textuláridos, Ophalidos, Miliólidos, Nautiloculinas, Lagénidos y restos de Lamelibranquios, Gasterópodos, Equinodermos y espículas de Espongiarios.

Miembro 5; 52 metros de dolomicrosparita fina beige, con muy raros restos de Ostrácodos. Este conjunto se encuentra en todos los cortes con una cristalinidad media que varía entre 10 y 40 μ .

Sobre el miembro 5 vienen en discordancia calizas con Orbitolinas y Melobesias tipo Vinport (Aptense superior a Albense).

Para la datación del Jurásico medio-superior nos basamos:

1.º Presencia de *Gryphaea sublobata* justamente debajo de la base del miembro 1.

2.º La presencia de Kurnubia en la base del submiembro 2b que se encuentra en el Oxfordiense superior de Aquitania.

3.º El nivel de brecha base del miembro 3 marca una ruptura en la sedimentación y a partir de la cual se deposita una serie atribuida al Kimmeridgiense por la presencia de *Pseudocyclamina jaccardi*. La repartición de esta especie en la cuenca de Aquitania corresponde a la parte basal y media del Kimmeridgiense inferior (Bouroullec y Deloffre, 1969).

Cortes del río Segre y Guardia de Ares.—El corte del Segre se ha efectuado en el desfiladero que hay al Norte de Orgañá y el de Guardia de Ares se sitúa a 10 kilómetros al Oeste del anterior y al Sur de este pueblo. Ambos cortes pertenecen al borde norte de la Sierra de Prada, siendo la serie y potencias prácticamente iguales.

El estudio de estos dos cortes nos ha permitido establecer que la parte basal de la serie carbonatada que viene a continuación de las margas del Lías medio superior no pertenece al Dogger-Oxfordiense (como pretende B. Peybernes, 1968), sino al Kimmeridgiense, faltando Dogger y Oxfordiense por laguna sedimentaria (M. Delmas, A. Garrido-Megías y L. Ríos, 1970).

Este contacto puede ser observado en detalle a 1,5 kilómetros al SW de la Guardia de Ares, en el barranco de los Prados. En este punto las margas del Lías superior terminan en una alternancia margocalcárea de 3 a 4 metros con *Gryphaea sublobata* del Aalenense. Este conjunto viene coronado por una costra ferruginosa (o ruptura sedimentaria) sobre la que descansan varios metros de margas rojas y gris-blancas con nódulos ferruginosos. A continuación viene la serie carbonatada kimmeridgiense. Esta misma sucesión ha sido también observada al Este del Segre en Turó de la Ciutat.

En la serie que viene sobre las margas y costra ferruginosa, podemos distinguir los siguientes miembros (de la base al techo):

Miembro A: 350 metros distribuidos en un primer submiembro (≥ 100 m.) de dolomía negra fétida (dolosparrita guijosa y oolítica) que en su base tiene unos bancos calizos (6 m.) con *Pseudocyclamina jaccardi*. La fauna de este tramo consta de restos de Lamelibranquios, Gasterópodos, Equinodermos, Anelidos, Ostrácodos y raros Textuláridos. El segundo submiembro consta de caliza gris (micrita) en bancos delgados con zonas irregularmente dolomitizadas con *Pseudocyclamina virguliana* y Kurnubia.

Miembro B: 300 metros de micrita con pasadas de microbrechas de elementos centimétricos y abundantes pseudomorfofisis de calcita sustituyendo cristales de yeso (en el sondeo del Congosto de Eriña se atravesaron 350 metros de anhidrita masiva que podrían corresponderse, en parte, con este tramo). La fauna se reduce a Ostrácodos, Moluscos y *Pseudocyclamina virguliana* (en la base). Hacia la mitad de la formación se encuentra *Iberina lusitánica*.

Miembro C: 220 metros de brecha poligénica con elementos calizos de la serie anterior y cemento calizo con *Nactiloclinas* y *Trocholinas*, Textuláridos, Miliólidos y restos de Lamelibranquios, Equinodermos y Ostrácodos (fig. 6).

Miembro D: 50 metros de micrita con biopisólitos ferruginosos. La escasa fauna observada se compone de Textuláridos, *Nautiloculinas*, *Trocholinas*, Lagénidos y restos de Lamelibranquios, Gasterópodos, Equinodermos y Anélidos.

Miembro E: 250 metros de micrita con algunas intercalaciones de micrita guijosa-oolítica. La fauna la constituyen Textuláridos, Miliólidos, *Pseudocyclaminas* (*Ps. virgulina* y *lituus*), *Kurnubia*, *Trocholinas*, Ostrácodos y restos de Gasterópodos, algas y Coprolitos.

Miembros F: 180 metros de micrita ligeramente guijosa y arenosa, con finas pasadas en el techo de margas lignitosas. La fauna se compone de la asociación *Feurtillia frequens*, *Macroporella embergeri*, Lituólidos, Caráceas y restos de Munieria. Esta asociación es atribuida, al menos en parte, al Neocomiense basal (N. Grekoff y otros, 1961), pudiendo a veces encontrarse en el techo del Portlandense.

Miembro G: 1.200 metros de calizas atribuidas al Barremense con Textuláridos, Valvulinidos, *Choffatella decipiens*, *Koskinolinas*, *Dictyoconus*, *Orbitolinopsis*, *Irakia*, *Orbitolinas*, *Toucasia* y Caráceas (hacia en techo).

Miembro H: 220 metros de micrita, micrita arcillosa con una intercalación de 50 metros de dolomía (dolomicrosparita y esparita) con que termina la

potente serie calcárea del Congosto de Orgañá. Este último paquete lo atribuimos al Aptense inferior por pasar hacia el Oeste a unas margas cuya microfauna nos da esta edad. Sobre este tema volveremos más adelante al estudiar el Cretáceo inferior.

Corte de Els Terradets.—Este corte se encuentra en la margen izquierda del Noguera Pallaresa en donde este río atraviesa la Sierra del Montsec (figura 4).

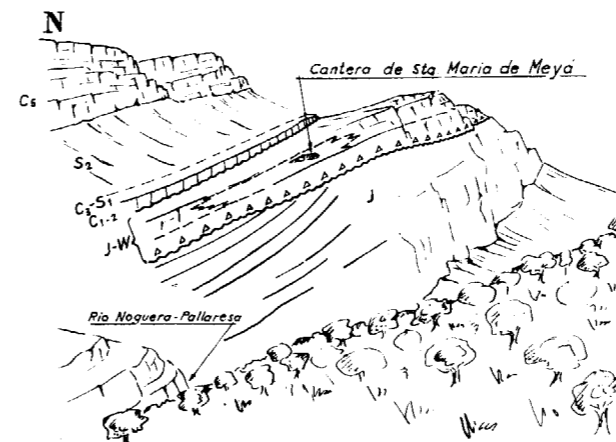


Fig. 4.—Ponorámica del Montsec, margen izquierda del Noguera-Pallaresa (diseño a partir de una foto). J. Jurásico medio-superior; J-W. paso Jurásico-Cretáceo inferior discordancia y brecha de base; C₁₋₂ Cenomanense superior-Turonense; C_{2-S1} Coniaciense-Santoniense 1; S₂ Santoniense 2 (margas del Montsec); C₅ Campaniense.

De abajo a arriba se tienen los miembros siguientes:

Miembro a: 345 metros de dolomía gris-negra a gris (dolomicrosparita y dolosparrita) oolítica en la base con intercalaciones de micrita gris. La fauna se reduce a Kurnubia, Nautiloculinas, Ostrácodos, Coprolitos, Equinodermos y Miliólidos.

Miembro b: 120 metros de micrita beige guijosa a oolítica con Miliólidos, Textuláridos, *Pseudocyclamina virguliana*, *Iberina*, Ostrácodos, Coprolitos, Moluscos, Equinodermos, coronada por una dolomicrosparita gris-oscuro con raros bioclastos (Lamelibránquios, Coprolitos).

Miembro c: 35 metros de brecha poligénica (discordante sobre la serie inferior) con elementos calcáreos y dolomíticos. En el cemento calizo se encuentran escasas *Trocholinas* y Ostrácodos.

Miembro d: 20 metros. Biomicrita a biomicrosparita guijosa beige con Moluscos Equinodermos, Algas, *Trocholinas*, Miliólidos, Nautiloculinas y Lituólidos (entre ellos *Pseudocyclamina lituus*).

Miembro e: 45 metros de micrita marrón (caliza

lacustre), localmente algo arcillosa con Caráceas, escasos Moluscos y Ostrácodos.

Miembro f: Estas calizas lacustres pasan hacia arriba gradualmente, mediante identaciones a la caliza marina con *Orbitolinopsis* atribuida al Barremense (este paso no se observa en el lugar del corte, pero se presenta en numerosos lugares del Montsec).

La parte superior de este corte (formaciones b, c, d, e y f) presenta la misma sucesión biozonal que el corte del Segre, si bien en este último los espesores son mucho mayores:

La sucesión en el Montsec (fig. 5) puede resumirse en:

- Caliza con *Iberinas* (miembro b).
- Brecha poligénica con *Trocholinas* (miembro c).
- Caliza con *Trocholinas* y Algas (miembro d).
- Caliza lagunar-lacustre con Caráceas y Ostrácodos (miembro e).
- Caliza con *Orbitolinopsis* (Barremense) (miembro f).

La parte basal de la caliza con Caráceas se corresponde lateralmente con la cantera de caliza litográfica llamada de Santa María de Meyá (fig. 5).

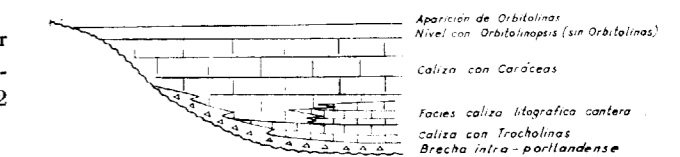


Fig. 5.—Paso Jurásico-Cretáceo inferior en el Montsec y posición relativa de la caliza litográfica de Santa María de Meyá.

Esta cantera situada en las proximidades de Rubies constituye uno de los yacimientos fosilíferos españoles más nombrados, donde diversos autores han encontrado vegetales, insectos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles, etc. (lista de fósiles en «Explicación de la hoja núm. 290, Ison»). El estudio de los mismos da una edad Jurásico superior. Por lo tanto, las calizas con Caráceas del Montsec corresponden a una facies Purbeckiense-Wealdense equivalente en parte al Neocomiense marino con *Feurtillia frequens* y *Macroporella embergeri* de Orgañá, y la brecha y caliza con *Trocholinas* pertenecen todavía al Portlandense.

Justificación de las dataciones del Jurásico medio y superior

En la cuenca de Aquitania, para el período comprendido entre el Bajocense-Oxfordense superior

(ambos inclusive) dos grandes dominios se distinguen:

— Una provincia oceánica al Oeste, rica en Cefalópodos y otra nerítica al Este con fauna bentónica. Ambos medios (abierto y confinado) están

cuenca de Aquitania situada exactamente al Norte, del otro lado del Pirineo.

a) Para el Bajocense-Oxfordiense superior podemos establecer la siguiente correlación entre Pont de Suert y los cortes de Mont Sacon y Thebes (vertiente norte-pirenaica).

Secuencias mayores o ritmos (según Delfaud, 1968)	Cortes de : Mont Sacon y Thebes (Francia)	Corte de : Pont de Suert (España)
JI Kimmeridgense inf.	Brecha	Brecha poligénica
		Micrita lacustre con Caráceas y Ostrácodos
JC Osfordense (1) sup. (laguna del Orf. inferior)	Dolomías superiores Calizas tigreadas	Submiembro 2 b
	Caliza de Ourdes con Nerínides	Micrita lacustre con Ostrácodos
JB Batho. sup-Collov	Dolomía media	Submiembro 2a.
	Caliza lacustre de Thebes	Dolomicrosparita con Ostrácodos
JA Bajoc-Bathon inf.	Dolomía inferior	Miembro 1

(1) Según el I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de España (Vitoria 1970) desaparecen el Argoviense y Raurasiense quedando englobados en el Oxfordiense.

separados por una línea meridiana jalonada de arrecifes (J. Delfaud T.5, figs. 166-167, 1968). No parece que haya habido verdaderos motivos tectónicos en el Jurásico, pero las fases son numerosas y acompañadas de discontinuidades (o rupturas sedimentarias) asociadas a direcciones y paleoestructuras. Está comprobado en Aquitania que estas fases son debidas generalmente a movimientos tardi-hercinianos y sus direcciones son submeridianas (hercínicas) y a veces armoricanas. Dos buenos ejemplos lo constituyen las zonas de Tardets y Lourdes-Bagnères.

La cadena pirenaica en esta época no estaba individualizada y aún cuando localmente se observen direcciones Este-Oeste, las directrices generales presentan un bosquejo bien diferente que se superpone al actual edificio pirenaico. Es por esto que las facies jurásicas se relacionan mejor de N. a S. que de E. a W. Esta conclusión queda bien demostrada por la perfecta concordancia de facies que existe entre el Jurásico medio y superior de la cuenca de Tremp-Graus y la provincia nerítica de la

b) En el Jurásico terminal la cuenca se homogeniza, Ph. Dufaure, 1958 (ya no hay distinción entre provincias oceánicas y neríticas) y una sedimentación margo-caliza con Lituólidos y Exogiras invade toda la Aquitania.

Durante el Kimmeridgiense y Portlandense se distingue en Aquitania (Delfaud, 1968) cuatro secuencias mayores o ritmos que se corresponden con otras tantas rupturas sedimentarias. Sin embargo, en la cuenca de Tremp-Graus sólo hemos conseguido diferenciar de manera clara las rupturas de la base del ritmo primero (J I) y cuarto (J IV) que se corresponden, respectivamente con la brecha de base del Kimmeridgiense en Pont de Suert y brecha intra-Portlandense del Segre y Montsec. A pesar de ello se ha podido establecer la equivalencia de cada ritmo, gracias a la correspondencia biozonal que existe de uno y otro lado de los Pirineos.

La equivalencia entre los cuatro ritmos del Jurásico terminal, con las zonas de Ammonites, foraminíferos de Aquitania y Cuenca de Trem-Graus queda reflejada en el siguiente cuadro:

Equivalencia entre : ritmos, zonas de Ammonites y foraminíferos de facies nerítica en Aquitania, Según Delfaud, 1968			Equivalencia con la cuenca de Tremp-Graus	
J IV	Portlandense sup.	Zona de : Pavlovia	<i>Feurtilia frequens</i> <i>Pseudocyclamina lituus</i> <i>Iberina lusitánica</i> <i>Troeholina alpina elongata</i>	miembros : C; D, E, F (Segre y Guardia de Ares) o miembros : c, d, e (Montsec)
J III	Portlandense inf.	Zona de : Gravesia	<i>Pseud. virguliana</i> <i>Haplophragmium supra jurasieum</i>	miembro B (Segre y G. de Ares) o miembro b (Montsec)
J II	Kimmeridg superior	Zona de : Aulcostephanus pseudomutabilis	<i>Pseud. virguliana</i>	miembro 4 (Pont de Suert)
		Zona de : Rasencia cymodoce	<i>Pseud. virguliana</i> <i>Pseud. jaccardi</i>	miembro 3 con brecha de base (Pont de Suert)
J I	Kimmeridg inferior	Zona de : Pyctonia baylei	<i>Pseudocyclamina jaccardi</i>	

Conclusiones sobre el Jurásico

Podemos decir que el Jurásico se caracteriza por su gran homogeneidad, pudiendo destacar los siguientes puntos:

1. Facies y espesores muy uniformes, sin entrar en diferencias de detalle, lo cual implica vastas cuencas.
2. Uniformidad en las diferentes unidades estratigráficas (ritmos).
3. Calma orogénica, interrumpida de vez en cuando por fases o pulsaciones que delimitan secuencias sedimentarias mayores (o ritmos), separadas por discontinuidades, que se materializan en provincias neríticas por fauna somera, a veces ligeras discordancias erosivas y lagunas de sedimentación (v. g. del Dogger-Oxfordense en el borde norte de la Sierra de Prada y Montsec).
4. No hay señales de detritismo grueso, los aportes detríticos son finos (arcillas), lo que indica lejanía de las líneas de costa.
5. La primera modificación importante corresponde al Kimmeridgense inferior con aparición de una brecha poligénica de base y a veces discordancias apreciables (en Tahus y Guardia de Ares el Kimmeridgense viene sobre el Lías con ángulo de

discordancia de 20° y más al norte sobre el Paleozoico).

En Aquitania la fase kimmeridgense modifica la dirección de aportes que durante el Jurásico medio y superior provenían del Sur y del Oeste, para pasar a provenir del Oeste y Noroeste. Este hecho, unido al de la homogenización de la cuenca, habla por sí solo de la importancia de la fase kimmeridgense.

6. En el Portlandense inferior (caliza con Iberinas) se acentúa el confinamiento (cristales de yeso sustituidos por caliza en el Segre) e incluso en algunas zonas se llega a un máximo de confinamiento con un medio lagunar sobresalado y sin aportes continentales (anhidritas masivas del sondeo de Eriña).

7. La etapa del Jurásico medio y superior caracterizada en la cuenca del Tremp-Graus por el exclusivo depósito de carbonatos (favorecido por la biostasia de los continentes) queda interrumpida por la fase intraportlandense que origina una ruptura notable e inicia una nueva etapa de inestabilidad que perdurará durante todo el Cretáceo inferior. Esta ruptura sedimentaria se materializa con aparición de brechas poligénicas (río Segre, Guardia de Ares) y fuertes discordancias en la Sierra del Montsec donde la brecha de base reposa en discordancia angular e incluso rellena paleorelieves muy irregulares.

Cretáceo inferior

Introducción

La gran homogeneidad que había caracterizado al Jurásico queda interrumpida en el Portlandense superior. Esta ruptura sedimentaria intraportlandense es el comienzo de un nuevo período que se caracteriza por su inestabilidad (fase de distensión y subsidencias) que descompone la vasta cuenca jurásica en numerosas cuencas secundarias y aparece el primer detritismo verdadero después del Triás. En la cuenca cantábrica y en la anglo-parisiense se desarrolla una facies detrítica denominada Purbeckiense-Wealdiense, que marca una fuerte discontinuidad con la serie jurásica. Esta discontinuidad queda marcada en la cuenca de Treppe-Graus por una brecha de base observada en el borde norte (Sierra de Prada) y en el Sur (Sierra de Montsec).

Para el estudio del Cretáceo inferior utilizaremos como corte base el del río Segre (Orgañá) para la serie calcárea inferior, y el de Cabó (7 km. al Oeste de Orgañá) para la serie margosa.

Cortes del Segre y Cabó.—En el estudio del Jurásico ya describimos con detalle el paso Jurásico-Cretáceo y el Neocomiense del río Segre y su equivalencia con el Montsec, por ello haremos una rápida descripción recordatoria para dedicarnos con más detalle a la serie margosa de Cabó (fig. 6).

De la base al techo tenemos:

Miembro C: 220 metros de brecha poligénica con *Trocholinas*, *Nautiloculinas* (Portlandense superior).

Miembro D: 50 metros de micrita biopisólita con *Trocholinas*, *Nautiloculinas* (Portlandense superior).

Miembro E: 250 metros de micrita con *Pseudocyclamina virguliana* y *Ps. lituus*, *Kurnubia*, *Trocholinas* (Portlandense superior).

Miembro F: 180 metros de micrita ligeramente arenosa con margas lignitosas en el techo. *Fur-ticia frequens*, *Macroporella embergeri* y raras Caráceas (Neocomiense basal).

Miembro G: 1.200 metros de micrita con *Chofatella decepiens*, *Dictyoconus*, *Orbotolinopsis*, *Irakia*, *Orbitolinas* y Caráceas hacia el techo (Neocomiense superior y Barremense).

Miembro H: 220 metros de micrita, micrita arcillosa e intercalación de dolomías, que hacia el Oeste pasa a margas del Aptense inferior.

Miembro I (incluye al miembro H por cambio de facies a margas): 1.000 metros de margas con finas e irregulares intercalaciones de micrita arcillosa.

Miembro J: 1.400 metros de margas con gruesas

intercalaciones irregulares de micrita y microsparta, a veces guijosa, con *Orbitolinas*, *Rudistos*, *Lamelibranchios*.

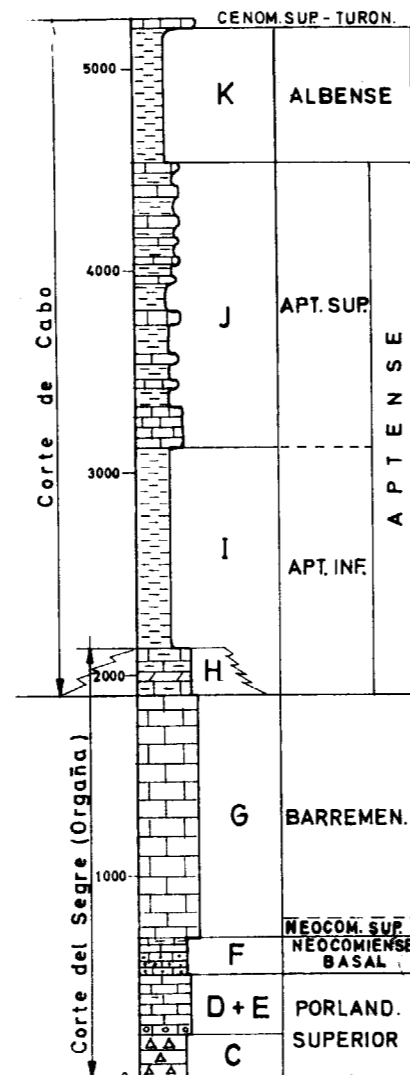


Fig. 6.—El Cretáceo inferior en el valle del Segre (corte de Segre y Cabó).

La fauna librada por lavaje de margas de los miembros I y J ha dado una rica asociación de foraminíferos.

Los primeros 170 metros (base de I).

Gavelinella barremiana.

Tristix carinata.

Globorotalites bartensteini intercédens.

Hedbergella subcretácea.

Globigerina kugleri.

El resto hasta el techo del miembro J ha librado la asociación:

Gavelinella intermedia.

Hedbergella cf. planispira

Epistomina colomi.

Globigerinelloides blowi.

Globorotalites bartensteini bartensteini.

Globorotalites bartensteini intercédens.

Gavelinella barremiana.

También se ha hecho un estudio de Nannofósiles, que junto con la microfacies y la asociación de foraminíferos nos hace proponer para este conjunto de 2.400 metros (formaciones I + J) una edad aptense. Por otro lado, por correlación con el corte del Congosto de Collegats, donde hemos encontrado en la base de las margas un *Deshayesites* (Aptense inferior).

Miembro K: 680 metros de margas pobres en fauna, con espículas de Espongiarios y pequeños foraminíferos:

— *Ticinella roberti* y *Hedbergella washitensis*, que atribuimos al Albense.

Sobre las margas viene la cornisa calcárea del Cenomanense superior-Turonense (micrita con *Prealveolinas* y *Pithonellas*).

El conjunto que acabamos de describir en el Valle del Segre y Cabó constituye la serie más potente de Cretáceo inferior de la zona, hacia el Oeste en *Collegats* evoluciona en el sentido de un enriquecimiento en carbonatos y una disminución de espesor. (Río Segre-Cabó: 4.000 m. de Cretáceo inferior sin contar el Albense; *Collegats*, 1.000 m. para la misma serie).

En *Collegats*, en las margas aptenses (a 50 m. de su base) hemos encontrado macrofauna representada por:

Deshayesites.

Plicatula placunea Link.

Parahoplites irregularis Cassier.

Dufrenoyia.

Chelonicerias.

la cual nos da una edad Aptense inferior (parte superior probable) para el primer tercio del paquete de margas.

En el corte de *Collegats*, el estudio de microfauna junto con el de Nannofósiles nos ha permitido establecer la presencia de un Neocomiense y Barremiense calizo. Un Aptense inferior (zona de margas con intercalaciones calcáreas) y un Aptense-inferior

a superior calizo (barra calida superior) que B. Peybernees (1969) atribuye al Albense.

A continuación una ligera discordancia a la que siguen 20 metros de micrita con *Prealveolinas* y *Pithonellas* del Cenomanense superior-Turonense.

En el río *Flamisell* las calizas basales corresponden al Aptense inferior-superior (esto se ha conseguido por medio de cortes intermedios, entre el *Noguera Parallaresa* y el *Flamisell*, las margas superiores deben ser atribuidas al Albense. Dalloni, (1930) señala fauna de Ammonites del Albense inferior (*Douvilleiceras*).

En *Montiverri* (3 K. al SE. de Pont de Suert), el Aptense superior Albense calcáreo viene directamente sobre el *Kimmeridgense-Portlandense* e igualmente sobre el *Mirabet* a 1.5 kilómetros al NO. de Pont de Suert, el Aptense superior con *Melobesias* del tipo *Vimport* viene sobre el *Kimmeridgense*.

Entre el río *Noguera Ribagorzana* y el *Esera* (Turbón) se observa el siguiente esquema Cretáceo inferior-substratum. (A. Garrido, 1966. Informe interno ENPASA) Peybernees y Papon (1968):

El Cretáceo inferior, a medida que nos desplazamos hacia el Oeste, los niveles más modernos son más extensivos, así en la zona de Bonansa y Cerro *Mirabet*, sobre el *Kimmeridgense superior* viene el Aptense superior, en la *Ermita de las Aras* es el Albense sobre el *Kimmeridgense inferior* y en el *Turbon* el Albense superior arenoso viene sobre el *Dogger* (*Bathonense*).

En la zona situada al Oeste del *Noguera Ribagorzana* se desarrolla hacia el techo de las margas albenses una serie detrítica constituida por areniscas arcilloso-ferruginosas y areniscas cuarcíticas, que a veces (*Ermita de las Aras*) en la base existe un banco de varios metros de potencia de un conglomerado poligénico con elementos centimétricos de cuarcitas y liditas.

En al *Sierra del Montsec* el Cretáceo inferior es mucho más reducido. Sobre la brecha y caliza con *Trocholinas* viene una caliza con Caráceas que incluye en la base, a modo de lentejón, la caliza litográfica de la *Cantera de Santa María de Meya*, atribuida al Jurásico superior. La caliza con Caráceas la consideramos como *Purbeckiense-Wealdiense* por correlación con el corte del Segre (Orgañá).

La caliza con Caráceas pasa gradualmente hacia arriba por medio de indentaciones marinas (*Miliólidos*, *Orbitolinopsis*) a la facies marina de calizas barremenses. Las calizas barremenses presentan una facies con *Orbitolinopsis*, *Irakia* y *Chofatellas*,

En la zona de *Rubies* y *Noguera Ribagorzana* se distinguen dos barras calizas separadas por un nivel margoso con lignito. La primera barra está defini-

da en la base por la aparición de Orbitoliptonisis primero y Orbitolinas después, seguidas de un nivel con Irakia y abundantes Toucasias. La segunda barra se caracteriza por la presencia de Pseudo Toucasia santanderensis del Aptense y en el techo Pseudochoffatella cuvillieri del Aptense superior (J. P. Bassoulet, 1962).

De lo expuesto y por correlación con el corte del río Segre (Orgaña), consideramos la primera barra como Neocomiense superior Barremense, el nivel margoso con lignito (ruptura sedimentaria) equivaldría a las calizas con Caráceas que coronan el Barremense del Segre (techo del miembro G). La segunda barra representaría al Aptense. En el Noguera Ribagorzana sobre la segunda barra se desarrolla una serie de margas con intercalaciones de calizas arcillosas grises con Orbitolinas, Precuneolinas y restos de Lamelibranchios. Esta formación podemos considerarla Albense por presentar facies arcillosa, como en el borde norte de la cuenca y por la presencia de Pseudochoffatella cuvillieri del Aptense superior en el techo de la formación inferior (segunda barra).

Los espesores máximos medidos para los diferentes tramos del Cretáceo inferior en la Sierra del Montsec son las siguientes:

- Purbeckiense-Wealdense (Caliza con Caráceas): 200 metros.
- (Neocomiense superior?) Barremense-Aptense (1.^a barra-lignito-2.^a barra): 150 metros.
- Albense (margas y calizas arcillosas): 220 metros.

En cuanto a su geometría también el Cretáceo inferior de Montsec tiene un carácter extensivo al comportarse como un relleno de relieves preexistentes. Este proceso se inicia a partir de la brecha portlandense.

Resumen del Cretáceo inferior

En el dominio aquitano-pirenaico las directrices paleogeográficas que durante el Jurásico obedecían a direcciones sub-meridianas, cambian radicalmente en el Cretáceo inferior para tomar la dirección pirenaica (N. 110 E.), iniciándose la fragmentación de la cuenta jurásica. entrando en una etapa de distensión que se traduce en una fuerte acentuación de la subsidencia, la cual es responsable parcialmente de la acumulación de potentes series.

En la cuenca de Trem-Graus se pueden distinguir dos zonas netamente diferentes para el Cretáceo inferior, separadas por un importante límite paleogeográfico definido por la alineación Coll de Nargó-Boixols-San Corneli-bordes sur de las Sierras de

San Gervas y Aulet-Turbón. Este límite separará una zona norte fuertemente subsidente con una potente serie de más de 5.000 metros (río Segre) que hacia el Oeste, al mismo tiempo que se reduce progresivamente de potencia, presenta un dispositivo extensivo. Del otro lado de esta línea se extiende la zona Sur que ha actuado como plataforma y donde se ha depositado un Cretáceo inferior más calcáreo y mucho más reducido.

Dentro del conjunto Cretáceo inferior podemos distinguir (no siempre bien delimitados) ocho ritmos, incluyendo el Portlandense superior en el primero y el Cenomanense inferior y medio (el cual describiremos en el capítulo dedicado al Cretáceo superior) en el último, por estar en perfecta continuidad sedimentaria con el Albense superior.

Para su descripción nos basamos en los cortes de referencia del «Rio Segre-Cabó» (fig. 6) y del «Pantano de Escalles» (fig. 8).

La sucesión de abajo a arriba es la siguiente:

Ritmo G 1: Comprende al *Portlandense superior* constituido por una brecha de base y calizas con Trocholinas, Nautiloculinas Pseudocyclamina lituus,, Ps. virguliana y Kurnubia (miembros C + D + E, río Segre), este ritmo tiene su homólogo en el Montsec con brecha (discordante) y calizas con Trocholinas.

Ritmo G 2: Comprende el *Neocomiense basal*, lo forman calizas margosas ligeramente arenosas con Feurtillia frequens, Macroporella embergeri y raras Caráceas (miembro F del Segre). Su límite inferior es difícil de señalar sobre el terreno, lo situamos con la aparición de pequeños cuarzitos milimétricos (primer detritismo verdadero después del Triás). El límite superior queda definido por unas margas lignitosas (ruptura sedimentaria). En el Montsec este ritmo equivale (por lo menos en parte) a las calizas con Caráceas y lentejones de caliza litográfica facies cantera (lagunas desaladas con peces, anfibios, etc.).

Ritmo G 3: Lo constituye la potente formación calcárea con Orbitolínidos y Orbitolinas del Segre (miembro G) atribuida al *Barremense*, posiblemente sus niveles inferiores pertenezcan al *Neocomiense superior*. Este ritmo queda bien delimitado en su base por las margas lignitosas del techo del Neocomiense basal y en el techo por calizas con Caráceas con algunas intercalaciones de calizas con Orbitolinas, Orbitolínidos, Irakia, terminando con 100 metros de caliza micrítica lacustre con Caráceas y Ostrácodos. Este ritmo se corresponderá en el Montsec con la «primera barra» y margas con lignito. Este lignito representaría la ruptura sedimentaria equivalente a las calizas con Caráceas y Ostrácodos del Segre.

Ritmo G 4: Se inicia la instauración de un medio marino abierto de influencia pelágica con detritismo fino venido de lejos (arcillas) y presencia de Cefalópodos. Este ritmo está representado en el corte

zándose por una disminución de la batimetría y del detritismo (arcillas) y por una intensa actividad biológica (Rudistos, grandes acumulaciones de Orbitolinas). Hacia el Oeste de Cabó el Aptense su-

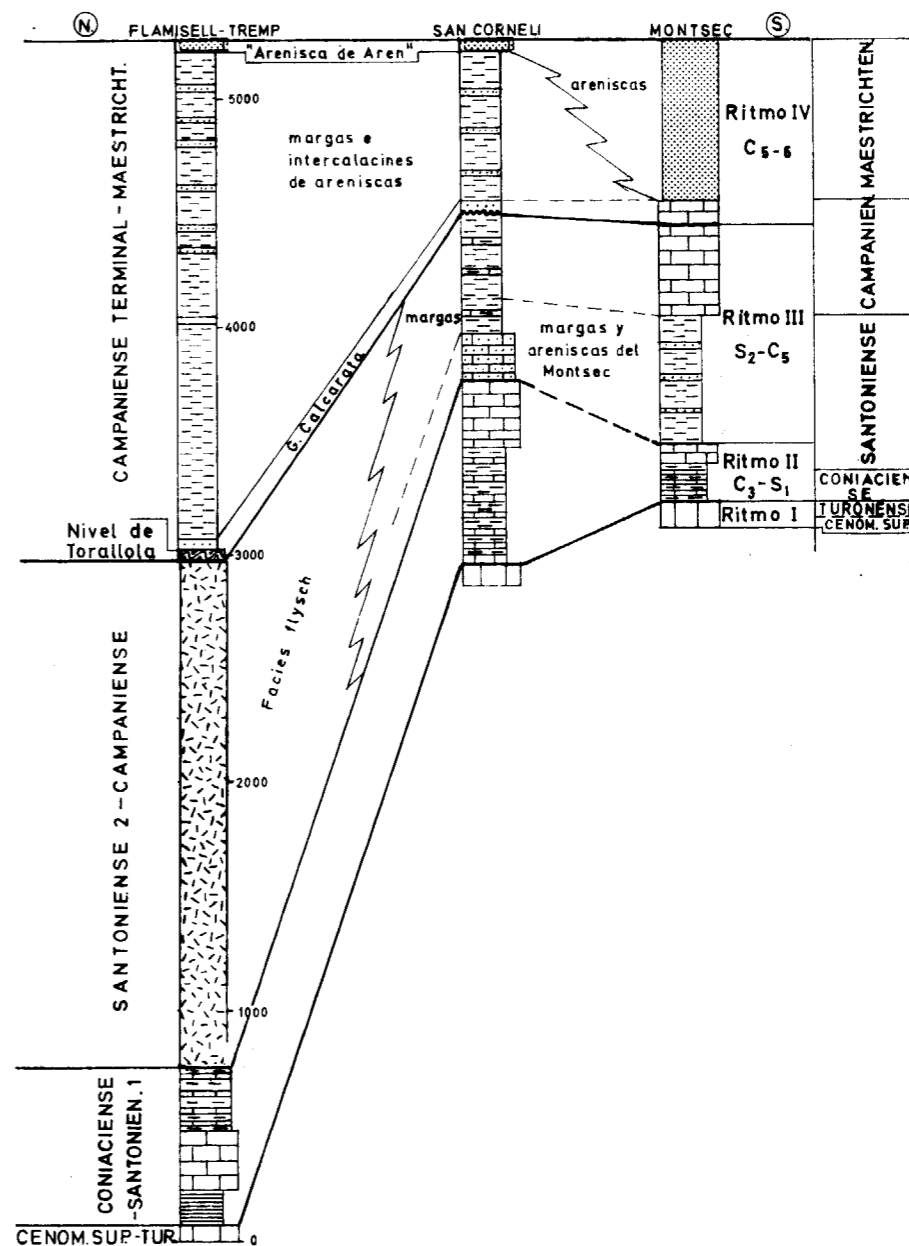


Fig. 7.—Correlación N.-S. del cretáceo sup. en el Noguera Pallaresa.

del Segre-Cabó por el miembro I, atribuido al *Aptense inferior*.

Ritmo G 5: Atribuimos este ritmo al *Aptense superior* (miembro J del corte Segre-Cabó), caracteri-

por pasar a Calizas organógenas con desaparición de las arcillas (Collegats, Flamisell, etc.).

Ritmo G 6: Con margas del Albense (miembro K del corte Segre-Cabó) se inicia un nuevo rit-

mo caracterizado, al igual que el Aptense inferior, por un medio marino abierto con Cefalópodos y detritismo fino (arcillas). En todos los cortes efectuados es constante la presencia de espículas de Espongiarios y Hedbergella washitensis.

Ritmo G 7: En el Albense superior (zonas del Isabena, Ermita de las Aras, Turbón) una brusca ruptura sedimentaria inicia la sedimentación de una serie detrítica constituida por areniscas cuaríticas y areniscas arcillosas que en la Ermita de las Aras comienza por un conglomerado con elementos de cuarcita y lidita. Este detritismo disminuye hacia el Este, de tal manera que en el Noguera Sibagorzana y zonas de Boixols y Orgañá el Albense superior está representado por una serie fundamentalmente margosa.

Incluimos en este ritmo las potentes calizas del pantano de Escales atribuida al *Cenomanense inferior a medio* por seguir en perfecta continuidad y sin ruptura aparente al Albense superior.

El conjunto Areniscas (Albense superior)-Calizas de Escales (Cenomanense inferior a medio), indican un medio marino con tendencia a la desalinización hacia el techo.

Ritmo G 8: Este ritmo está representado por las margas de Sopeira (Cenomanense medio), que contrastan con las calizas guijoso-ferruginosas de Escales por la instauración de un medio de salinidad normal pelágico.

El límite superior de este ritmo y límite base de la etapa del Cretáceo superior, viene marcado por la parada total de la subsidencia y transgresión del Cenomanense superior.

Para terminar diremos que el área de sedimentación del Cretáceo inferior es mucho más reducida que la del Jurásico, pero en su conjunto el Cretáceo inferior presenta un claro dispositivo extensivo con pulsaciones restrictivas internas que limitan los diversos ritmos.

Cretáceo superior

En el Cretáceo superior podemos distinguir 4 grandes secuencias o ritmos bien diferenciados y separados por discontinuidad bien marcadas (figura 7):

1. Cenomanense superior-Turonense.
2. Coniacense-Santonense 1.
3. Santonense 2-Campanense.
4. Campanense terminal-Maestrichtense.

El *Cenomanense inferior y medio* lo incluimos junto con la serie Albense a la que sigue en perfecta continuidad.

En la zona del Pantano de Escales al serie Albo-Cenomanense es de abajo a arriba, la siguiente (figura 8):

Miembro L: 220 metros micrita gris-oscuro, más o menos arcillosa, atribuible al *Albense superior-Cenomanense inferior* por la presencia de abundantes Orbitolinas asociadas a raras Trocholinas (*Trocholina cf. lenticularis*).

PANTANO DE ESCALES (N. Ribagorzana)

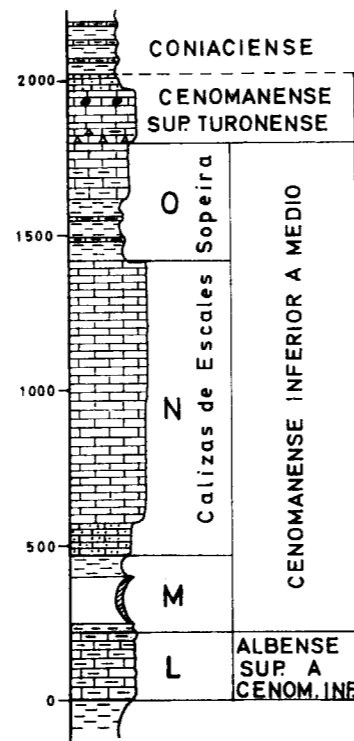


Fig. 8.—Corte del pantano de Escales (paso Cretáceo inferior-Cretáceo superior).

Miembro M: 253 metros de margas con intercalaciones de microsparita ligeramente guijosa y algo arenosa en la base y trazas de glauconia.

Este conjunto queda datado en la base como *Cenomanense inferior* por los Ostrácodos: *Brachyctères* y *Ptérogocythère*.

Miembro N: 950 metros de caliza guijosa y ferruginosa, pátina pardorrojiza a rojo-vinosa. Se caracteriza todo el conjunto por la presencia de Orbitolinas y a partir de la mitad por la aparición esporádica de Prealveolinas y rareza de Orbitolinas.

Miembro O: 390 metros de margas grises (margas de Sopeira) y micrita con Pithonellas. La microfaua obtenida por lavado da: *Globigerina washitensis*, *Rotalipora apenninica*, *Praeglobotruncana stephani* y *Gavelinella báltica cf. tumida* que nos aseguran una edad Cenomanense inferior a medio.

A continuación una brecha con elementos calizos, a veces de varios metros cúbicos de caliza con Prealveolinas y cemento de micrita con Pithonellas. La presencia de slumping indican un gradiente de Norte a Sur.

Fuera de esta zona tan localizada del pantano de Escales el Cenomanense inferior y medio se presenta muy reducido con 200 a 50 metros e incluso menos (Santorens, Alins, Turbón) y en el resto de la cuenca no existe (salvo un pequeño asomo en la Sierra de Carreu), viniendo directamente el Cenomanense superior sobre términos del Cretáceo inferior y Jurásico.

resto de las zonas donde el Cenomanense superior transgrede sobre terrenos inferiores, su espesor disminuye a cifras inferiores a los 100 metros (Flamisell 80 m., Sierra de Carreu 85 m., Montsec 100 m. o inferior).

Coniacense-Santonense 1

Después del periodo de tranquilidad del Turonense (facies y potencia reducida constantes), se inicia un periodo que se caracteriza por la reactivación de la subsidencia y la restricción del área de deposición. Dicha restricción trae como consecuencia

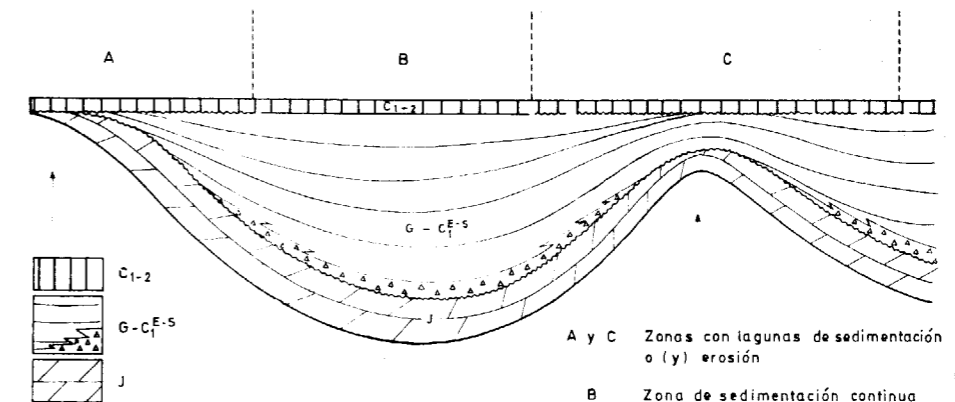


Fig. 9.—Esquema en el momento de la deposición del Cenomanense superior-Turonense. C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense; G-C₁^{E-S}, Cretáceo inferior-Cenomanense medio; J, Jurásico indiferenciado.

Cenomanense superior-Turonense

Desde el punto de vista secuencial la ruptura sedimentaria que separa netamente el Cretáceo inferior del superior hay que situarla en la base del Cenomanense superior. Esta nueva etapa se caracteriza por una parada de la gran inestabilidad que venía caracterizando al Cretáceo inferior. En el momento de iniciarse la sedimentación del Cenomanense superior las áreas sin sedimentación estaban peneplanizadas y las áreas sedimentarias colmatadas (ver fig. 9) y en consecuencia el mar de Prealveolinas pudo extenderse en grandes zonas con una delgada capa acuosa, esto que da demostrado por la constancia de facies y espesores.

El Cenomanense superior-Turonense presenta la facies típica de caliza con Prealveolinas (Cenomanense superior), seguida de caliza con Pithonellas (Turonense). Morfológicamente esta formación constituye una barra característica de pátina blanca que resalta en el paisaje pirenaico.

La potencia de este conjunto es de 200 a 250 metros en la zona donde se ha depositado el Cenomanense inferior y medio (área comprendida entre Baciero-Turbón, Alins y Sierra de Aulet) en el

en algunos puntos una erosión que origina localmente aportes detríticos y ferruginosos en el Coniacense, al mismo tiempo que en este piso aparecen también localmente facies subrecifales regresivas con respecto al Turonense. En otros puntos, la sedimentación pelágica del Turonense continúa en el Coniacense, aunque generalmente con un aumento del aporte de arcilla.

De todos modos el conjunto Coniacense-Santonense 1 tiene un carácter carbonatado predominante, aunque no tan puro como en el Cenomano-Turonense. Será a partir de la discordancia intrasantonense cuando aparecerá de manera definitiva el detritismo que se desarrollará plenamente en la parte norte hasta el fin del Cretáceo.

El Coniacense-Santonense 1 forman un conjunto muy difícil de sintetizar dada su variedad de facies y potencias, según sea el borde norte o sur de la cuenca y aún dentro del mismo borde norte donde sus variaciones son aún más notables.

No obstante, para el Coniacense podemos esquemáticamente distinguir dos tipos de facies extremas: una sobrecifal y otra pelágica (e intermedias entre ambas).

El *Coniacense sobrecifal* se caracteriza por:

1.º Su litofacies de calizas guijosas, arenosas y ferruginosas.

2.º Por su biozona de Dictyopsellas y Vidalinas.

Esta facies está bien desarrollada en el Cotiella (400 m.), Baciero (780 m. con influencia pelágica), Egea (160 m.), San Corneli (220 m.), y en la Sierra de Montsec (140 m. Noguera Ribagorzana).

El *Coniacense de facies pelágica* se localiza en la zona norte, entre el Noguera Ribagorzana y el Flamisell, donde al Turonense con Pithonellas le sigue, sin discontinuidad marcada (excepto unos delgados niveles brechoides), una serie margosa y margo-caliza micrítica de facies pelágica, atribuida al Coniacense (*Globotruncana imbricata* y *Globotruncana sigali*). Las potencias del Coniacense en esta zona son difíciles de evaluar por su dificultad de separación del Turonense y del Santonense donde la facies pelágica continúa.

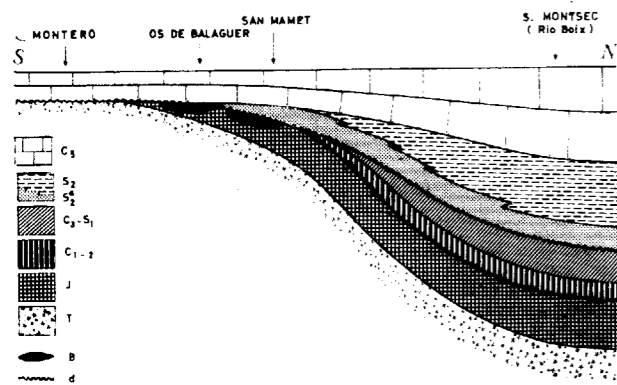


Fig. 10.—Esquema de la discordancia y transgresión intra-santonense entre el Montsec (extremo oriental) y las Sierras marginales. C₁, Campaniense; S₂, Santoniense 2 (margas de Montsec) S₂^{*}, Santoniense 2 (detritico y ferruginoso); C₁-S₁, Coniacense Santoniense 1; C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense; J, Jurásico indiferenciado; T, Trias; B, bauxita; d, discordancia.

El Santonense 1 (inferior a la brecha de Campo) sigue al Coniacense sin ruptura sedimentaria alguna. La aparición de Lacazinas marca el comienzo de este piso salvo en las facies pelágicas donde la ausencia de las mismas hace difícil la separación. Las potencias del Santonense 1 experimentan fuertes oscilaciones, así en el Esera hemos medido por métodos topográficos (año 1961) 4.160 metros que junto a los 780 metros del Coniacense nos dan casi 6.000 metros para el conjunto Coniacense-Santonense 1. Esta fosa es la zona de máxima subsidencia de toda la cuenca. En el Isábena y

Noguera Ribagorzana, el Coniacense-Santonense 1 oscila entre 450 y 500 metros (si bien hay que tener en cuenta la erosión ante-Santonense 2 bastante importante en esta zona). En el borde sur de la cuenca (Sierra del Montsec) el Santonense 1 tiene su máxima potencia en el Noguera Ribagorzana, con sólo 120 metros.

En las sierras marginales y sierra del Cadí, el Santonense que figura en las diferentes cartografías no es el Santonense 1 sino el Santonense 2, el cual es transgresivo después del movimiento intra-santonense. En este punto la discrepancia con Souquet (1967, fig. 46) es muy importante, ya que para este autor la transgresión Santonense se inicia en el comienzo de este piso, cuando en realidad la transgresión tiene lugar en el Santonense 2 (aproximadamente Santonense superior) (ver fig. 10).

Facies del Santonense 1

A grandes rasgos podemos distinguir dos zonas claramente diferenciadas desde el punto de vista de facies, una zona norte siguiendo el borde norte de la cuenca, desde el macizo del Cotiella, pasando por el Isábena, Noguera Ribagorzana, Flamisell, hasta el Noguera Pallaresa (afloramiento de Ortoneda) y otra zona sur que va desde Benabarre, Tolva S. de Montsec, Sierra de Aubens y San Corneli-Boixols. Por último una tercera zona (Congosto de Ventamillo y borde norte de la unidad de Seira) que presenta una facies intermedia entre la primera y la segunda, pero no hay que olvidar que paleogeográficamente la unidad de Seira estaría situada al Sur de la unidad alóctona del Cotiella llevada ésta a su lugar de origen (Seguret, 1967).

Zona Norte.—Tomaremos como tipo la serie del Esera, completada en el techo con otros afloramientos. La sucesión que tenemos de la base al techo es la siguiente:

a) 4.160 metros de micrita algo arcillosa, ligera y finamente arenosa con Pithonellas, espículas de Espongiarios y raras Lacazinas.

b) 35 metros de micrita guijosa con grandes Miliólidos, Lacazinas, Corales, Rudistos.

c) 50 metros (mínimo) de margas con intercalaciones calizas. La fauna es abundante en Equínidos, de los cuales hemos hecho una amplia recolección, ya que la datación de este tramo (o «margas con Equínidos») que constituye la parte visible más alta del Santonense 1, nos dará un límite inferior de la discordancia intra-Santonense.

Los ejemplares recolectados fueron estudiados por el General Collignon. Presentamos sólo aquellos ejemplares con valor estratigráfico.

Micraster decipiens. Bayle (2 ejemplares).

Coniacense sup. + base del Santonense.

Micraster turonensis. Bayle (2 ejemplares).

Santonense.

Micraster gibbus. Lamk (3 ejemplares).

Santonense (sube en el Campanense).

Echinoconus vulgaris. Leske (4 ejemplares).

Santonense.

Micraster corbaricus. Lambert (5 ejemplares).

Santonense (inferior).

De la repartición de estas especies en la escala cronológica nos hace concluir para las «margas de Equínidos» una edad *Santonense inferior*.

El contenido en boro de la formación a (o calizas de Aguas Salenz, Misch, 1934) da unos valores muy altos (tenor en boro ≥ 400 ppm), esto explica una salinidad muy superior a la de un medio marino normal. Ello unido a la presencia de pirita, sugiere un medio confinado y reductor durante el tiempo de deposición de las calizas de Aguas Salenz. Este medio era poco apropiado para el desarrollo de la vida, si bien esporádicas dulcificaciones del mismo permitieron la existencia de algunas formas. La presencia de Pithonella, nos indica una influencia pelágica.

Esta misma facies, con ligeras variaciones de salinidad, aún dentro de altos valores, se continúa en todo el borde norte. Hacia el Oeste (Cotiella), el techo de la formación se enriquece en sílex. En el barranco de los Neis y hacia la mitad de la serie se intercala un lentejón de calizas muy arenosas y areniscas.

Zona Sur.—La facies Santonense 1 (Sierra del Montsec, San Corneli), presenta, de la base al techo los términos siguientes (corte en el Noguera Ribagorzana):

35 metros de Microsparita micrítica, guijosa, arenosa, ferruginosa, alternando con margas. Lacazinas (además de Dictyopsellas y Vidalinas, Rotálidos, Rudistos, etc.).

82 metros, banco que resalta en la morfología, de micrita grumosa con Lacazinas y grandes Miliólidos, Corales, Hippurites.

En este banco es característico en todo el Montsec la presencia de Spirocyclinas y Cyclopsinas.

Un Hippurites recogido en el techo de la formación presenta un grado de foliación de las láminas externas intermedio entre el *Radiolites mamillar* Matherem del Santonense inferior y *R. aurigenis* Munier-Chalmas del Campanense. Es decir, cabe pensar que, por lo menos, el Santonense 1 comprende al Santonense inferior.

El espesor de esta serie hacia el Este se adelgaza notablemente.

Santonense 2-Campanense

El tercer ritmo sedimentario del Cretáceo superior lo constituye el conjunto Santonense 2-Campanense terminal. Sus límites inferior y superior están

marcados por rupturas sedimentarias muy evidentes, que se materializan en el terreno por discordancias y/o cambios notables de facies.

En su totalidad este ritmo se comporta como un conjunto extensivo en un medio marino con salinidad normal, contraposición con el ritmo anterior (Coniacense-Santonense 1), que era fundamentalmente restrictivo y medio confinado (alta salinidad) en la parte norte.

Por su importancia pasamos a continuación a hacer un estudio de la discontinuidad base de este ritmo (o discordancia intra-Santonense).

Estudio y zonas de observación de la discordancia intra-Santonense.

1. Zona del río Esera.

El lugar privilegiado donde se manifiesta en mejores condiciones de observación es el río Esera, a 3 kilómetros al Norte de Campo (ver fig. 11).

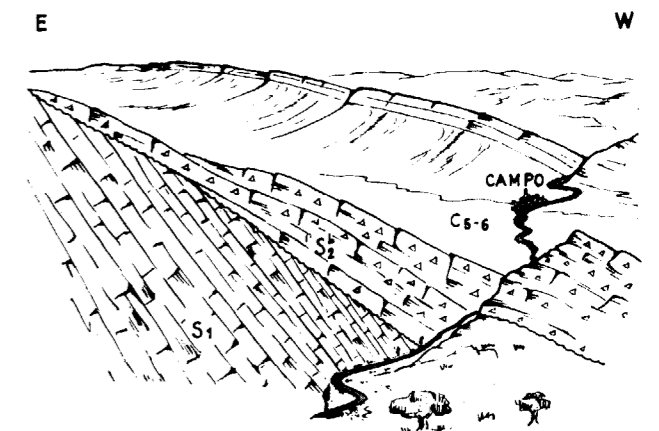


Fig. 11.—Panorámica desde el Norte de la discordancia intra-santonense en el río Esera (diseño a partir de una foto).

S₁, Santoniense inferior (Calizas de Aguas Salenz); S₂, Santoniense superior-Campaniense (brecha de Campo); C₅₋₆, Campaniense-Maestrichtense (flysch y margas).

Esta discordancia se sitúa entre las calizas de Aguas Salenz y una potente brecha (650 m. brecha masiva y 400 m. con intercalaciones de brecha) conocida como «brecha de Campo», la cual ha sido objeto de numerosas publicaciones, habiendo sufrido variadas y diversas interpretaciones en cuanto a su origen, edad y posición tectónica. Fue Misch (1934) quien atribuyó una edad Santonense a la brecha de Campo e intra-Santonense para los movimientos que originaron la discordancia situada en su base. Recientemente, Souquet (1964) considera útil reexaminar de nuevo el problema y llega

a las mismas conclusiones que Misch. Finalmente B. van Hoorn (1969) considera la brecha de Campo como un depósito que rellena un cañón submarino y niega la existencia de movimientos intrasantonenses como causa de la discordancia.

La interpretación de la brecha de Campo como relleno de un cañón submarino, así como la negación de los movimientos intra-santonenses es una idea inaceptable por varias razones:

— *Primero*, Van Hoorn al girar las calizas infra-discordantes (o calizas de Aguas Salenz) a su posi-

de los sedimentos del NE. hacia el SE. Esto es totalmente contradictorio con el flanco sur del cañón submarino de Van Hoorn.

— *Tercero*, razones de orden general que afectan a toda la cuenca, indican que la brecha de Campo no es un fenómeno geológico aislado, sino que por el contrario está ligado a una discontinuidad o ruptura sedimentaria que afecta a toda la cuenca. Esta discontinuidad ha sido originada por la fase intra-Santonense que marca el comienzo de la extensión del Santonense superior-Campanense.

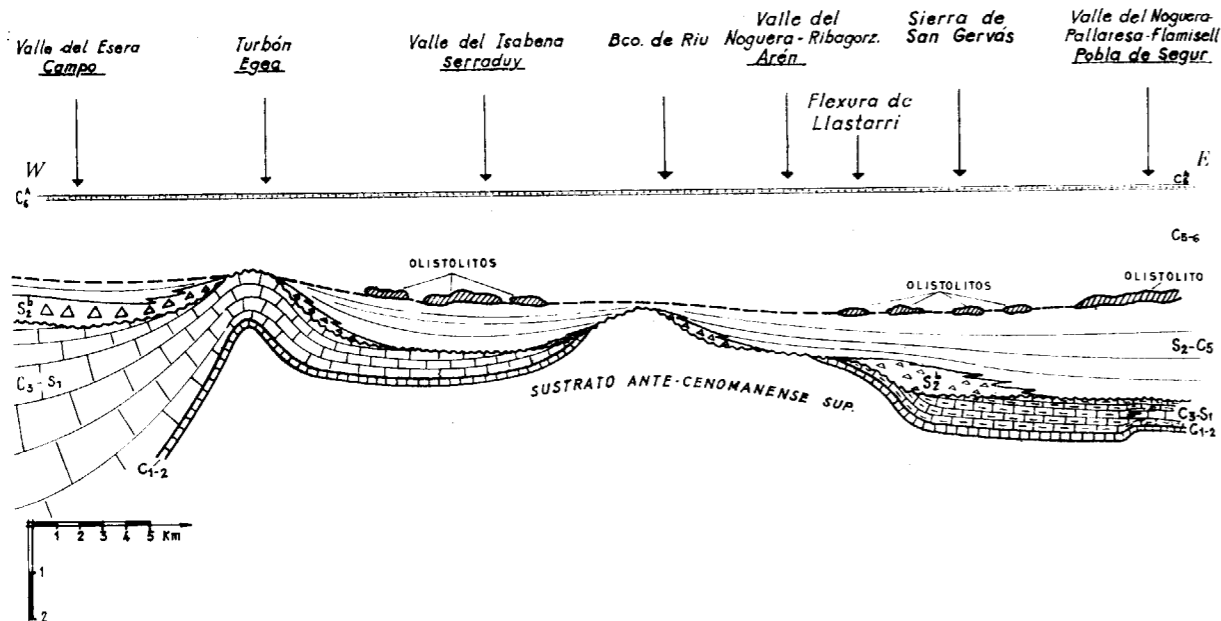


Fig. 12.—Esquema E-W del Cretáceo superior en el borde norte de la cuenca de Tremp-Graus. C^A₆, arenisca de Aren (Maestrichtense superior); C₅₋₆, Campanense terminal-Maestrichtense (margas y olistolitos en la base); S₂-C₅, Santonense 2-Campanense (flysch); S^b₂, brecha de Campo (Santonense 2 ± Campanense); C₃-S₁, Coniaciense-Santonense 1; C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense.

ción horizontal en las dos alineaciones de afloramiento de la brecha de Campo (la del río Esera y la de la zona de Lleret) obtiene que los planos de discordancia de ambas zonas buzan hacia una línea imaginaria que pasase entre ambos afloramientos. Esta línea de dirección Oeste-Este sería el eje del cañón submarino. Sin embargo, una toma detallada de buzamientos en la zona de Lleret muestra que al llevar a la posición horizontal las calizas de Aguas Salenz, el plano de discordancia buza al Norte al igual que en el Esera.

— *Segundo*, en el Esera, entre el techo de la brecha masiva y la zona de transición al flysch, se observan fenómenos de slumping que han provocado la formación de repliegues sinsedimentarios que indican un deslizamiento penecontemporáneo

2. Zona del Noguera Ribagorzana.

La discordancia intrasantonense, tan conocida y discutida en el Esera, era, sin embargo, desconocida en el Noguera Ribagorzana, fue en el año 1965 cuando el primero de los firmantes tuvo ocasión de observarla, y más tarde, en 1967, mostrarla a P. Souquet (que por olvido involuntario no cita en su tesis la procedencia de la misma), con motivo de una interesante excursión conjunta por el Pirineo francés y español.

Desde la Sierra de Sis (barranco de Riu) hasta la extremidad oriental de la Sierra de San Gervás, el flysch senonense (Santonense 2-Campanense terminal) viene transgresivo hacia el Norte contra los afloramientos calcáreos de la

Sierra de Aulet y San Gervás. La discordancia en esta zona es aparentemente menos espectacular, debido a la falta de brecha en su base, que la hace pasar más desapercibida, y sin embargo, la erosión del sustratum es más importante (ver fig. 12). Esta erosión se acentúa de Este a Oeste, es decir, mientras en San Gervás el yacente del flysch es el Co-

Cenomanense medio e inferior (margas de Sopeira y calizas ferruginosas de Escales). En el barranco de Riu la discordancia con las margas de Sopeira llega a ser próxima a los 90 grados (ver fig. 15).

3. Zona del Flamisell-Noguera Pallaresa.

En el río Flamisell el contacto flysch-serie inferior (calizas y margas con Equínidos), está en malas condiciones de observación. No obstante, si hubiera discordancia el ángulo de la misma es apreciable. Este mismo contacto se observa en buenas condiciones a 2,5 kilómetros al Norte de Pobla de Segur, en la unión de los barrancos de Manso y Vaicarga, en donde el flysch y la facies con Equínidos presentan una discordancia angular de 25 a 30 grados. Entre ambas formaciones existen 40 metros de margas conglomeráticas slumpizadas muy caóticas similares a las observadas en otros puntos de la discordancia.

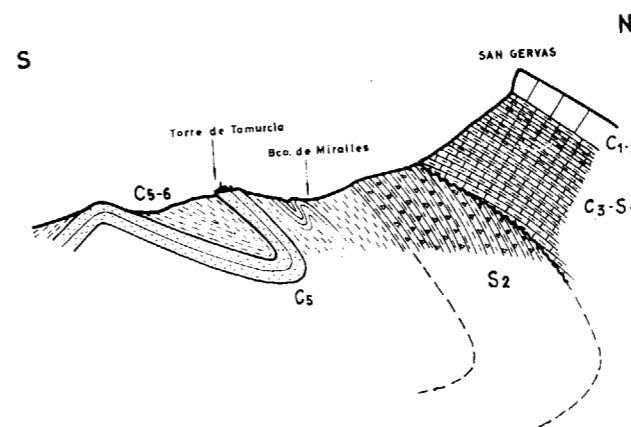


Fig. 13.—Corte tectónico interpretativo N-S de la Sierra de San Gervás. Discordancia intra-santonense. C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense; S₂, Santonense 2 (margas y brechas); C₅, Campanense (flysch); C₅₋₆, Campanense terminal Maestrichtense (margas).

niaciense-Santonense (fig. 13) al llegar al río Noguera Ribagorzana y continuando hacia el Oeste, la erosión ante-flysch se acentúa rápidamente, poniendo al flysch sucesivamente en contacto con el Cenomanense superior-Turonense (ver fig. 14) y

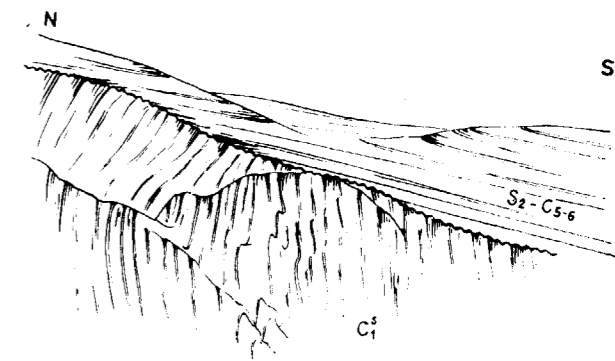


Fig. 15.—Discordancia intra-santonense en el barranco de Riu. (diseño a partir de una foto). C^s₁, Cenomanense medio (margas de Sopeira); S₂-C₅₋₆, Santonense 2-Campanense-Maestrichtense.

4. Zona de la Sierra del Montsec.

Ante el hecho de que la discordancia intra-santonense exista a lo largo de todo el borde norte del flysch senonense (60 a 70 km.) nos indujo a los dos firmantes a considerar este fenómeno en el borde sur de la cuenca, poniéndose de manifiesto de nuevo la discordancia en el extremo oriental del Montsec (A. Garrido y L. M. Ríos, 1968, inédito).

En el río Boix, al Norte de Villanova de Meyá, en la pista que va a Tremp, el Santonense margoso tiene en su base un tramo detrítico ferruginoso (miembro S^a₂) que se comporta como un *relleno discordante* (fig. 16) sobre las calizas de pátina blanca del Cenomanense superior-Turonense, e incluso sobre el Aptense (dos pequeños afloramientos

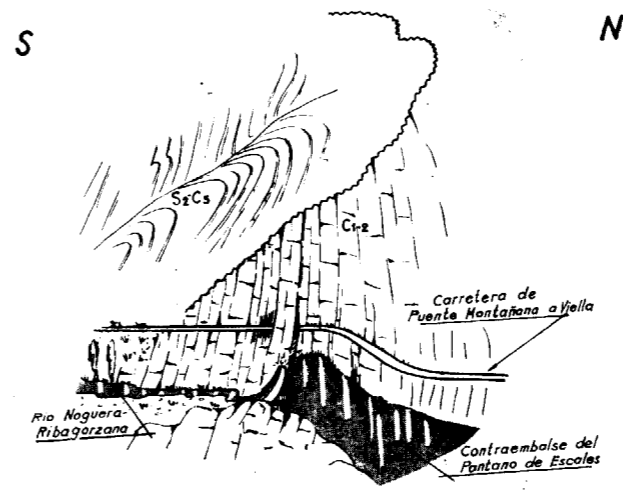


Fig. 14.—Discordancia intra-santonense en el Noguera-Ribagorzana (diseño a partir de una foto con helicóptero). S₂-C₅, Campaniense ± Santoniense 2; C₁₋₂, Turonense y brecha turonense (elementos de Cenomanense superior).

tos junto a la pista). En la pista Villanova a Tremp, la base de este miembro (S_2^a) está constituida por 70 metros de caliza gruesamente guijosa ferruginosa y arenosa, con litoclastos (elementos del Jurásico) y fauna de Lacazinas y Cyclolites. Siguen 80 metros de margas arenosas y areniscas ferruginosas con Larazinas, Hippurites y Radiolites. Ter-

hacia el Oeste se adelgaza y pasa a la formación superior de las margas santonenses por cambio lateral de facies.

A partir del barranco de Colobo y hacia el Oeste es la base de la serie margosa del Santonense 2 la que reposa directamente sobre la barra caliza del techo del Santonense 1.

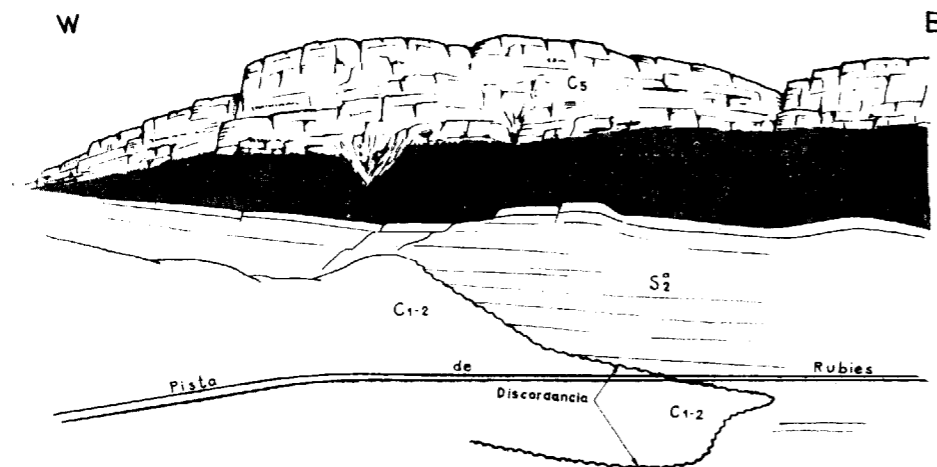


Fig. 16.—Discordancia intra-santonense en el extremo oriental del Montsec (diseño a partir de una foto). C_{1-2} , Cenomanense superior-Turonense; S_2^a , Santoniense 2 (detritico y ferruginoso); S_2 , Santoniense 2 (margas del Montsec); C_5 , Campaniense.

mina por 10 metros de caliza guijosa arenosa, algo ferruginosa con Larazinas que corona la formación. Sobre ella viene el tramo del Santonense margoso. Hacia el Oeste el miembro S_2^a disminuye de espesor en conjunto, pero siguen encontrándose los tres términos (caliza arenosa, arenisca y caliza). En el Meridiano de Santa María de Meyá y durante 2 kilómetros hacia el Oeste el término arenoso viene desbordante sobre el Santonense 1. Este término aparece aquí con la facies de arenas limolíticas versicolores que recuerdan a la facies Utrillas, típica de la Ibérica. A partir de Rubies y hacia el Oeste, ya no se presenta más el banco calizo del techo que pasa a margas. En el Noguera Pallaresa encontramos todavía la caliza ferruginosa de base y encima unos metros de arenisca roja que reposa sobre el Santonense 1. En el barranco que hay al Norte de Ametlla existen aún unos metros de caliza arenosa ferruginosa y 2 metros de arenisca amarilla-rojiza sobre la que viene la serie potente del Santonense margoso. Este es el último jalón hacia el Oeste de la presencia de arenisca de este intervalo (S_2^a). En el barranco de Colobo es el último punto donde observamos la presencia del término de base constituido por 1 metro de caliza guijosa, amarillenta y arenosa que se sitúa en la base del conjunto margoso del Santonense. Por todo lo expuesto se deduce que el miembro detritico ferruginoso (S_2^a)

Por otro lado, el Coniaciense-Santonense 1, que en el Noguera Ribagorzana tiene 250 metros, experimenta una reducción progresiva de su potencia hacia el Este, con 150 metros en el barranco de

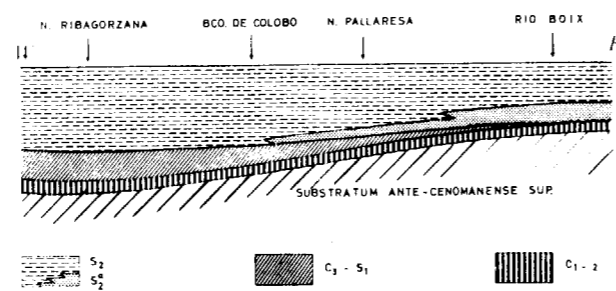


Fig. 17.—Esquema E-W del Santoniense en el Montsec. S_2 , Santoniense 2 (margas del Montsec); S_2^a , base Santoniense 2 (detritica, ferruginosa y discordante hacia el Este); C_1-S_1 , Coniaciense-Santonense 1; C_{1-2} , Cenomanense superior-Turonense.

Colobo, 100 metros en el Noguera Pallaresa y a partir de aquí y hacia el Este se adelgaza a 50 metros, llegando en los últimos 5 kilómetros del extremo oriental del Montsec a desaparecer por erosión ante-santonense 2. En la figura 17 se esquematiza todo lo expuesto.

Facies del Santonense 2.—Se pueden distinguir tres zonas bien diferenciadas:

Zona 1, borde norte de la cuenca donde el Santonense 2 presenta una facies flysch comportando en su base y de manera discontinua una brecha masiva (brecha de Campo) o intercalaciones de niveles de brecha (San Gervás). Su edad queda justificada por la presencia de:

- Globotruncana ventricosa.
- Globotruncana concavata.
- Globotruncana concavata var. carinata.
- Gublerina decoratissima.

que dan *Santonense superior*.

La potencia del flysch basal correspondiente al Santonense superior es difícil de evaluar, ya que pasa en perfecta continuidad al Campanense, no obstante y con margen de error, podríamos estimar unos 700 metros en la zona de San Gervás, donde se incluye todo el paquete con intercalaciones de brecha, 200 metros en la zona de Poble de Segur e incluso puede llegar a cifras inferiores dado el carácter extensivo y solapante del flysch.

Zona 2, la facies de esta zona (borde sur de la cuenca, Sierra del Montsec, San Corneli) la constituyen margas e intercalaciones más o menos potentes de calizas guijosas arenosas y areniscas ferruginosas. La fauna consta de Lacazinas y Rudistos, Cyclolites, Orbitoides tissoti hacia el techo. La potencia en el Montsec es de 500 metros en el Noguera Ribagorzana, para ir disminuyendo hacia el Este (300 m. en Villanova de Moyá).

En San Corneli hemos encontrado dos Amonites en margas equivalentes de las calizas arenosas ferruginosas del techo de la estructura:

Texanites gallicus Coll (Santonense medio, y sobre todo superior).

Muniericeras gosanicum v. Hauer (Santonense superior).

Esta asociación nos da una edad *Santoniense superior*.

Zona 3.—Incluimos en esta zona las Sierras marginales y la Sierra del Cadí, donde el Santonense 2 se caracteriza por presentar una facies exclusivamente detritica ferruginosa de muy reducido espesor. La asociación de Lacazinas y Orbitoides tissoti asegura un Santonense 2.

Facies del Campanense

Distinguimos una facies flysch al Norte, una facies calcárea al Sur y una facies margosa intermedia en la zona de paso del flysch a las calizas.

Zona 1.—La facies flysch se desarrolla al Norte (Campo-Aren-Poble de Segur) y sigue en continuidad respecto al Santonense superior. La edad viene determinada por la siguiente microfauna:

- Globotruncana lapparenti lapparenti.
- Globotruncana lapparenti bulloides.
- Globotruncana lapparenti coronata.
- Globotruncana elevata elevata.
- Globotruncana elevata stuarti.
- Globotruncana fornicata.
- Globotruncana marginata.

Zona 2.—La facies caliza campanense se desarrolla al Sur de la cuenca en la Sierra del Montsec, donde su potencia oscila entre 400 y 500 metros; su atribución está justificada por la presencia de Orbitoides media y Orbitoides tissoti y aparición de Siderolites.

Zona 3 o de facies margosa, se desarrolla a ambos lados del cierre periclinal de San Corneli. Estas margas (con intercalaciones de calizas margosas micríticas) vienen a continuación de las calizas y areniscas ferruginosas de San Corneli, estando datadas en su base como Santonense elevado por formas extremas de Globotruncana concavata, y en el techo por Globotruncana calcarata del Campanense terminal. Esta facies margosa del Campanense pasa al Norte a la facies flysch de Poble de Segur y al Sur a las calizas de Montsec.

Resumen del Santonense 2-Campanense (fig. 7).

El Santonense 2-Campanense o tercer ritmo sedimentario constituye un conjunto claramente extensivo, limitado por dos rupturas sedimentarias netas, en la base la discordancia intra-santonense y en el techo por la discordancia intra-campanense o discordancia de Montesquiú (sobre esta discordancia volveremos más adelante).

Zona 1-Cuenca de Tremp-Graus.

En el borde norte de la cuenca el Santonense 2-Campanense presenta una facies flysch con sus clásicas figuras sedimentarias. La medida de flute-cast y estratificación cruzada da una dirección de aportes aproximada del Este hacia el Oeste (Poble de Segur, N. Ribagorzana e Isábena). (Van Hoorn, 1970).

El cambio de facies flysch a la facies del Montsec (margas y areniscas del Santonense 2 y calizas campanenses) tiene lugar en San Corneli, que constituye un límite paleogeográfico entre la facies flysch al Norte y la facies plataforma al Sur.

El medio que durante el Coniaciense-Santonense 1 (calizas de Aguas Salenz) fue confinado (alta salinidad) cambia bruscamente a un medio marino abierto con salinidad normal, durante el depósito de la facies flysch.

Este cambio del medio en el Montsec también

se acusa con una disminución de la salinidad, pasando de marino y litoral (Coniaciense-Santonense 1) a marino y litoral con fuerte influencia fluvial durante el Santonense 2 (margas y areniscas del Montsec) y marino abierto en el Campanense calizo.

Zona 2-Sierras marginales (incluida la sierra del Cadi).

En las Sierras marginales el Santonense se caracteriza por depósitos de escasa potencia detríticos y ferruginosos (areniscas y calizas ferruginosas, arenas y margas ocreas y amarillas) de facies marina muy litoral y fuerte influencia fluvial. La disposición es totalmente independiente con el substratum sobre el que viene transgresivo de tal manera que hacia el Sur descansa cada vez sobre niveles más antiguos. Su fauna nos da una edad *Santonense elevado*. P. Souquet cita *Orbignya canaliculata* Roll du Roq, *Vaccinites sulcatus* Defr. *Praeradiolites toucasi* d'Orb, *Rhynchonella difformis* d'Orb, J. P. Giraudet (1962) cita un Rudisto santonense *Radiolites cf. mamillaris* Math. La macro-

fauna suele ser abundante con *Lacazina elongata* M. Ch., *L. compresa*, *Vidalina hispánica* Schlumb, *Vitalina antiqua* d'Orbs, *Meandropsina vidali* Schlumb, *Orbitoides tissoti* Schlumb, etc...

El Campanense en las sierras marginales presenta una facies caliza como la del Montsec, si bien su potencia se reduce hacia el Sur y llega a desbordar los límites del Santonense para en los afloramientos más extremos (Rubio, sierra de Montorio) reposar sobre el Triás (P. Souquet 1967).

Campanense terminal-Maestrichtense

Constituye el cuarto ritmo sedimentario del Cretáceo superior. Contrasta claramente con el ritmo anterior, ya que en conjunto presenta un carácter regresivo. Su facies en el Norte está representada por margas grises arenosas, con intercalaciones de areniscas que se acuñan lateralmente, coronadas por una barra de areniscas y calizas arenosas conocida como «Arenisca de Aren». La potencia de esta serie oscila desde 2.250 metros en Pobla de Segur a 1.300 metros en Campo. Su edad está jus-

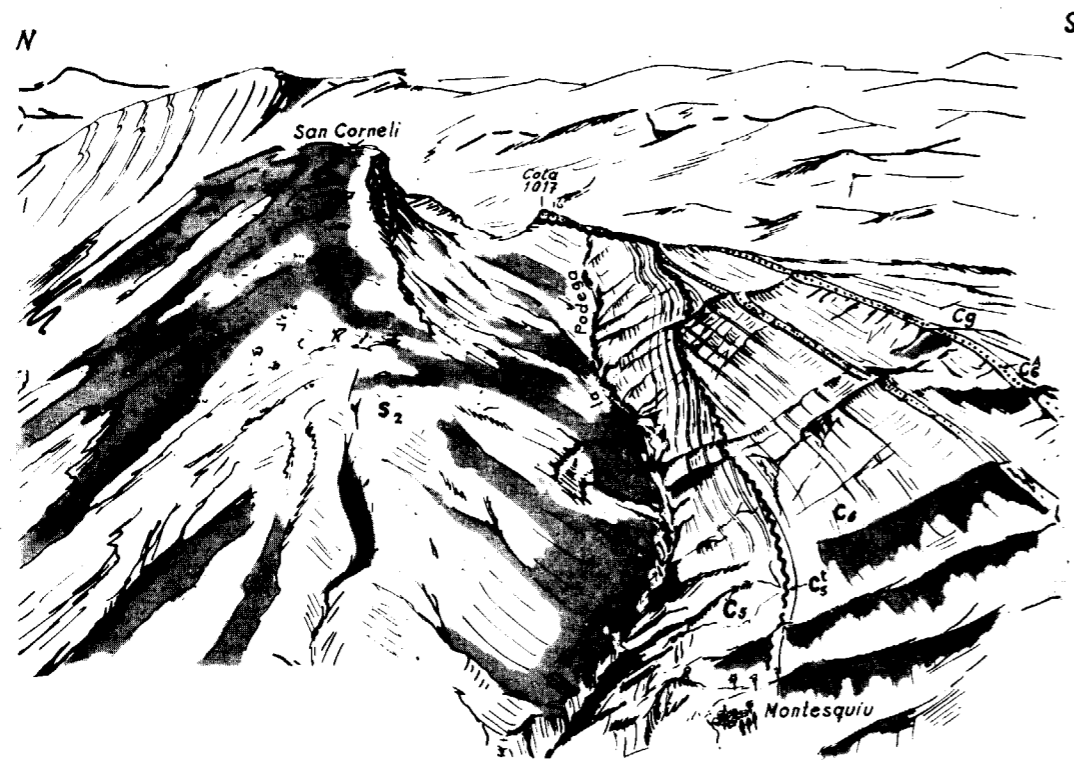


Fig. 18.—Panorámica de la extremidad occidental de San Corneli. Discordancia intra-campaniense (diseño a partir de una foto desde helicóptero). S₂, Santonense 2; C₅, Campaniense; C₅^t, Campaniense terminal (con *Globotruncana calcarata*); C₆, Maestrichtense; C₆^A, Maestrichtense superior (arenisca de Aren); C_g, Garmanense.

tificada por la microfauna obtenida de lavajes de margas:

Globotruncana calcarata ...	Campanense terminal ...
Globotruncana elevata stuartiformis... ..	Maestrichtense ...
Globotruncana falsostuarti ..	Maestrichtense superior ...
Globotruncana contusa	

Los niveles calcáreos han dado *Siderolites*, *Orbitoides* (*O. media* y *O. tissoti*) y *Lepidorbitoides*.

Hacia el Sur pasa todo el conjunto por medio de indentaciones de areniscas y calizas arenosas (anticlinal de Isona) cada vez más numerosas a las calizas arenosas y areniscas masivas del Montsec (700 m.).

El límite inferior de este ritmo viene claramente definido:

1. Por una discordancia que se extiende a lo largo de todo el flanco sur del anticlinal de San Corneli-Boixols.
2. Por un cambio litológico flichs-margas jalonado de *Olitostromas* (Pobla de Segur, N. Ribagorzana, Isábena) y, finalmente,
3. En el Montsec por el paso calizas, calizas arenosas (y areniscas) con la presencia de fauna rodada (*Lacazinas*, *Orbitolinas*).

1. *Discordancia intra-Campanense.*

Esta discordancia se sigue a lo largo de todo el flanco sur de la estructura San Corneli-Boixols (A. Garrido, 1969). Los puntos donde mejor se observa es en Montesquiú y Sallent.

En la zona de Montesquiú, margen izquierda del barranco de la Podega (fig. 18) se observa cómo la serie inferior (margas y margas calizas del Campanense) es comida hacia el Este, mientras que la serie supradiscordante presenta un dispositivo extensivo, de tal manera que al final del barranco en la cota 1017 y hacia el Este es la arenista de Aren la que viene directamente sobre la serie inferior. (Santonense 2-Campanense). El ángulo de discordancia varía en términos generales entre 20 y 30 grados, así en el barranco de la Costa Grand la serie inferior a la discordancia está invertida y buza 80° al Norte y la supradiscordante 80 al Sur. En el barranco de los Colladas las dos series buzando al Sur con un ángulo de discordancia de 40 a 50 grados, pero en general, en las proximidades de la discordancia, la serie inferior está invertida, buzando entre 60 y 85 grados al Norte y la superior con buzamiento normal de 60 a 85 grados al Sur. En algunos puntos como en las proximidades del barranco de Gasó, las calizas micríticas con *Lacazinas* de la serie infradiscordan-

te, presenta una superficie abarrancada y ferruginosa con las concavidades rellenas de arenisca que descarta la posibilidad de un contacto anormal. Al Este de Abella de la Conca, en el Coll de Faidella, a 500 metros del mismo, el contacto de la discordancia viene jalonado por una superficie ferrugi-

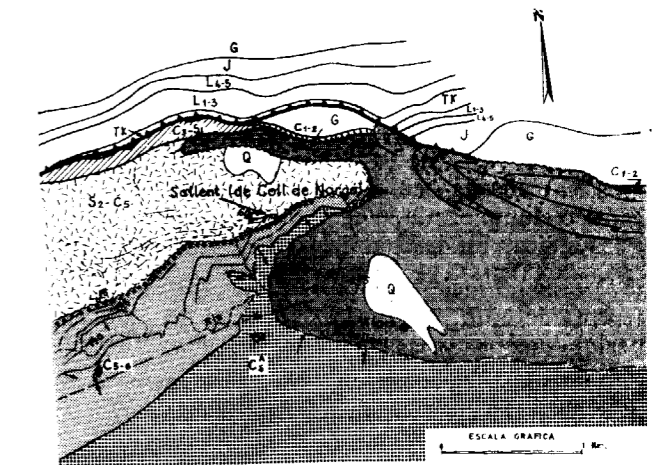


Fig. 19.—Cartografía de la zona de Sallent sobre foto aérea. (discordancia intra-campaniense y garumnense). Q Cuaternario; C_g C, Garumnense (congomerados de Coll de Nargó); C_g, Garumnense; C₆^A, Maestrichtense superior (arenisca de Aren); C₅₋₆, Maestrichtense ± Campaniense terminal; S₂-C₅, Santonense 2 ± Campaniense; C₃-S₁, Coniaciense-Santouienense 1; C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense; G, Cretáceo inferior; J, Jurásico medio-superior; L₄₋₅, Lias medio-superior; L₁₋₃, Lias inferior Tk Kouper.

nosa. Por último en la zona de Sallent (fig. 19) en la base de la serie discordante, existe un conglomerado de 20 a 25 m. de potencia con elementos de hasta 8 y 10 centímetros de calizas y un 20 al 40 por 100 de cuarcitas, en general bien rodadas. La arenisca de Aren, a la altura de Sallent y hacia el Este, se acuña y pasa de arenisca a caliza construida con corales y enormes Rudistos. En este punto la discordancia intra-campanense va a morir contra la discordancia intra-garumnense de Coll de Nargó.

Justificación de la edad de la discordancia.—El lugar óptimo para la datación de la discordancia intra-campanense es el pueblo de Montesquiú (figura 18), que constituye aproximadamente el punto cero a partir del cual hacia el Este la discordancia se desarrolla, mientras que hacia el Oeste se amortigua, llegando a desaparecer.

Sobre la discordancia vienen unos 40 metros de margas coronadas por un banco de arenisca. Estas margas han librado *Globotruncana calcarata*, que

nos permite datar la discordancia como Campanense terminal.

2. *Contacto flysch-Margas*.—En la zona de Torallola el techo del flysch campaniense viene coronado por una banda más o menos irregular que llamamos «nivel de Torallola». Este nivel está constituido por calizas margosas y margas que han dado abundante macrofauna (según la bibliografía). En su conjunto el nivel de Torallola lo interpretamos como un olitostroma (como tales han sido considerados por B. Van Hoorn (1970) en el Isábena y Noguera Ribagorzana) por las siguientes razones.

a) Forma en general un conjunto más o menos caótico slumpinzado. Los planos axiales de los pliegues indican un deslizamiento de Norte a Sur.

b) Su litofacies y fauna la hacen netamente diferente de la formación inferior (flysch) y de la superior (margas grises), que lo fosilizan.

c) El estudio de la macrofauna recogida y estudiada por el General Collignon, nos ha dado las siguientes formas:

Cunolites beaussetensis All (Santonense superior).

Cunolites cf. Plesiocunolites subcircularis All (Santonense-Campanense inferior).

Columactinastraea renensis All. (Santonense superior).

Isomicraaster dallonii Lambert (Santonense).

En conclusión, nos da una edad para el nivel de Torallola: Santonense superior-Campanense inferior.

d) Las margas superiores que fosilizan al nivel de Torallola han dado en sus 30 a 40 metros basales Globotruncana calcarata, forma del Campanense terminal. Esta biozona de G. calcarata ha sido también encontrada en la base de las margas que siguen al flysch en el Noguera Ribagorzana, Isábena y Esera.

e) El nivel de Torallola, de gran variabilidad en cuanto a su potencia, no es de distribución continua, adoptando un dispositivo arrosariado que jalona el techo del flysch desde Pobl de Segur a las inmediaciones del Turbón. (Ver fig. 12.)

En conclusión, podemos decir que el nivel de Torallola es un olitostroma (Santonense superior-Campanense inferior), de origen septentrional y encajonado entre el techo del flysch (Campanense medio a superior) y el Campanense terminal (biozona de Globotruncana calcarata).

3. *Paso Calizas-Calizas Arenosas (y Areniscas) del Montsec*.—En la Sierra del Montsec (Noguera Ribagorzana) podemos distinguir tres tramos bien

diferenciables para el conjunto Campanense-Maestrichtense (del techo a la base):

Tramo c.—600 metros de un conjunto fuertemente detrítico y ferruginoso, constituido por areniscas y calizas arenosas con *Orbitoides media*, *O. tissoti*, *Lepidorbitoides* y *Omphalocyclus* (en el techo).

Tramo b.—100 metros de caliza gruesamente guijosa, muy ferruginosa con *Orbitoides media*, *O. tissoti*, *Siderolites* y fauna resedimentada de Lacazinas y Orbitolinas.

Tramo a.—400 metros de caliza gris *Orbitoides media*, *O. tissoti*, *Siderolites* y *Rudistos*.

Por otro lado, el tenor en boro (220 a 260 ppm) del tramo a nos indica un medio marino abierto, el cual al pasar el tramo b experimenta un cambio brusco del tenor en boro (80 a 120 ppm), lo cual indica influencias litorales notables que hacen bajar la salinidad. Estas mismas condiciones se continúan en el tramo c.

De todo lo expuesto deducimos que entre el tramo a y el tramo b existe una ruptura sedimentaria marcada por un cambio del medio y la presencia de fauna rodada.

Campanense terminal-Maestrichtense en las sierras marginales

En las sierras marginales y a medida que nos desplazamos hacia el Sur, este conjunto disminuye de potencia (sierra de San Manet, Os de Balaguer), sin llegar a rebasar el límite de deposición del Campanense, como se demuestra en afloramientos más meridionales (Rubio, Montero) e igualmente en Juseu y Aguinalliu (5 km. al SE. del pantano de Barasona), Fonoz y Naval (río Cinca), donde el Garumnense viene directamente sobre las calizas campanenses muy reducidas.

La ausencia prácticamente general de Maestrichtense en las Sierras marginales donde el Garumnense viene directamente sobre las calizas campanenses en perfecta continuidad sedimentaria (tránsito gradual con indentaciones de caliza lacustre) induce a considerar como muy posible que la facies garumnense engloba al Maestrichtense (Souquet 1967). En el esquema de la figura 20 se representa esta hipótesis, tomando como línea horizontal de referencia la isocrona base de la transgresión ilerdense. Igualmente se observa en dicho esquema cómo el Garumnense es más extensivo, rebasando el límite de las calizas campanenses, para venir, en Ibars de Noguera, sobre el Trías.

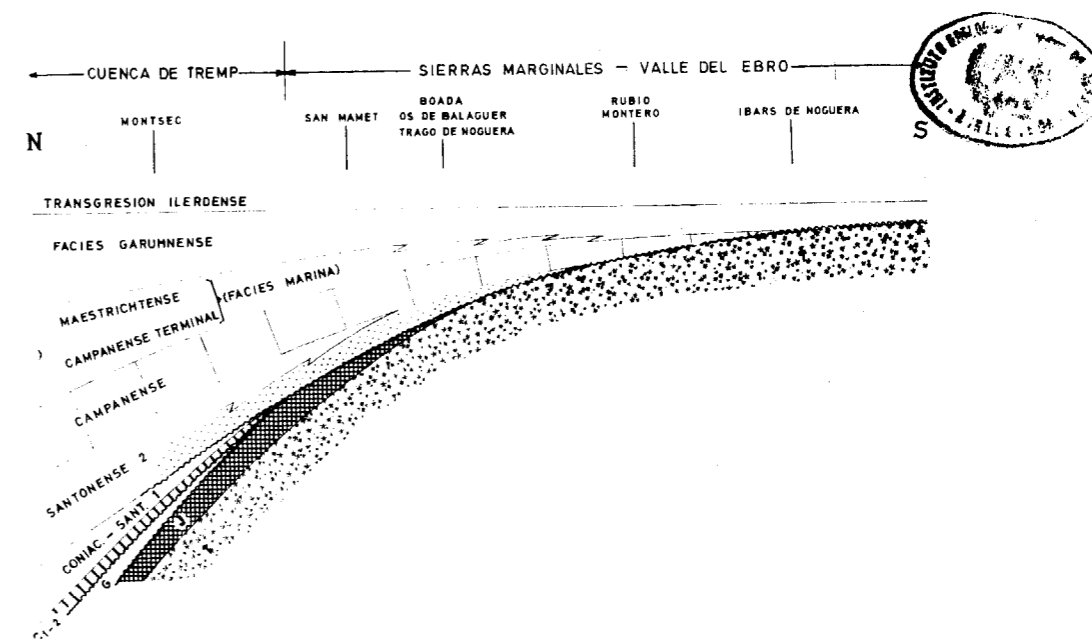


Fig. 20.—Esquema Norte-Sur del Secundario y facies garumnense, entre el Montsec y valle del Ebro (se ha tomado como línea horizontal de referencia la isocrona de la transgresión ilerdense).

Conclusiones sobre el Campanense terminal-Maestrichtense (fig. 7)

Esta formación se muestra como un conjunto regresivo, su límite inferior está claramente marcado por una ruptura sedimentaria debida a una fase campanense terminal, datada en la zona norte por Globotruncana calcarata. Esta fase es responsable de cambios de facies notables:

1. Flysch-margas con intercalaciones entre ambas de considerables masas olitostromáticas (zonas de Torallola y río Isábena, fig. 12).

2. Margas calcáreas-margas arenosas con intercalaciones de arenisca, separadas por una discordancia notable (Montesquiu-Sallent) con conglomerado poligénico le base en este último.

3. Calizas-areniscas en el Montsec con cambio de la salinidad y fauna resedimentada en la base.

Indudablemente las consecuencias de esta fase campanense son más espectaculares en las zonas subsidentes y en los bordes de las mismas, ya que al cambio de facies se le suma las discordancias y la llegada de Olistolitos. Sin embargo, en las áreas de plataforma las consecuencias quedan reducidas a un cambio de facies y del medio de sedimentación.

Paso Cretáceo Superior-Paleoceno

El Paleoceno se presenta en la cuenca de Tremp-Graus y Sierras marginales (excepto en el ángulo

nor-occidental) bajo la facies continental y somera conocida como Garumnense (término estrictamente pirenaico creado por Leymerie en 1862), que se intercala entre el Cretáceo y el Eoceno marino. La facies garumnense, según los lugares, puede ocupar un intervalo más o menos grande en la escala estratigráfica.

Para el estudio del Paleoceno tomamos como corte tipo el corte de Campo (río Esera), donde se puede distinguir, en sentido ascendente sobre la arenisca de Arén, los cuatro tramos siguientes (390 m. en total, fig. 21):

a) 50 metros de una zona de paso de marino a continental, constituida por margas rojas y grises lignitosas, con intercalaciones de arenisca.

b) 128 metros de margas abigarradas con una intercalación de 5 metros de caliza arenosa en la base con Laffiteina y Rotalidos, una gruesa pasada (60 m.) de dolomicrita gris a marrón con Caráceas, Microcodium y raros Lamelibranquios en la base, hacia el techo fina intercalación de lignito y un banco característico (que se sigue hasta el Isábena) de caliza lacustre (3,5 m.) con Microcodium y Caráceas.

c) 70 metros desglosados en: 15 metros de micrita y dolomicrita seguidos de 55 metros de biomícrita y microsparita a menudo guijosa y oolítica con Miliólidos, Algas, Planorbulina (en la base) y Corales y Microcodium en el techo.

d) 142 metros desglosados en: 72 metros de biomícrita a sparita, con pasadas dolomíticas, la

fauna está representada por Miliólidos, Alveolinas deformadas, restos de Lamelibranquios y Coskino-

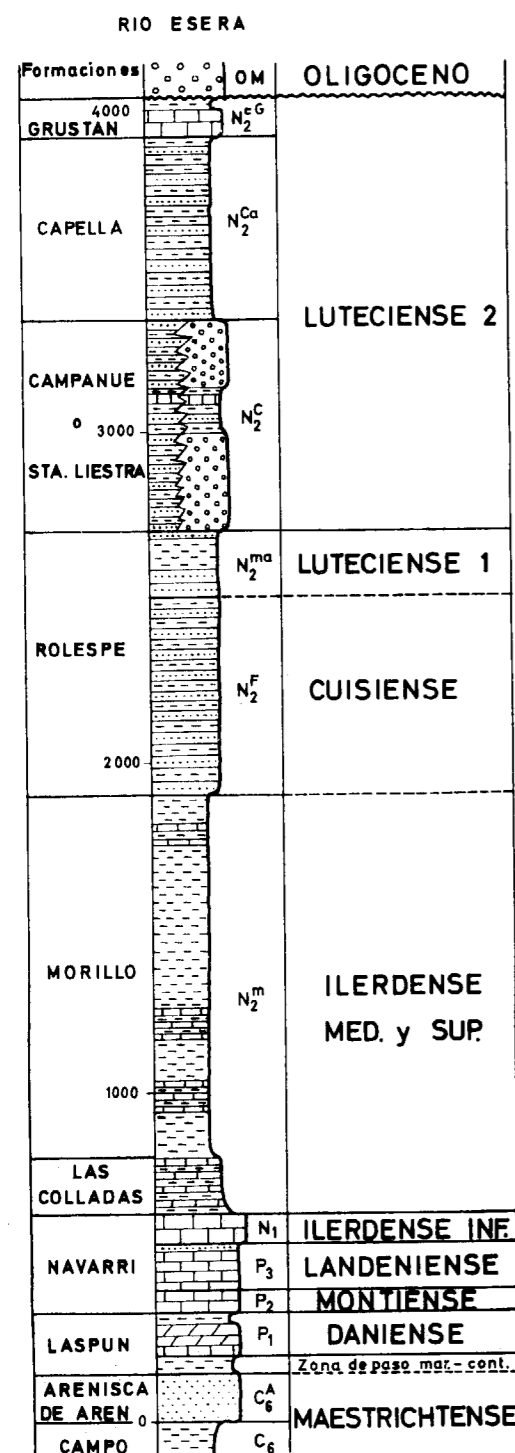


Fig. 21. --La serie terciaria en el valle del Esera.

lina y *Alveolina primaeva* en la base. Le siguen 70 metros de micrita y microsparita a veces dolomítica con Alveolinas y biomicrita y microsparita con Operculinas, Distichoplax y Corales hacia el techo. Esta serie viene coronada por unos metros de arenisca y margas arenosas con Caráceas, Microcodium y resto de plantas.

Sobre el tramo *d* vienen las calizas del Ilerdense inferior con Flosculinas, Opertorbitolites y Alveolinas.

Datación propuesta: Para el tramo *a* o zona de paso marino-continental la atribuimos al Maestrichtense (como más adelante veremos) por correlación con el Isábena, zona de Tremp e Isona donde las indentaciones marinas contienen fauna maestrichtense. En cuanto a los tramos *b*, *c* y *d* nos basaremos en la estratigrafía descrita por M. Mangin en Navarra, que nos permite atribuirlos con buena aproximación al Daniense, Montiense y Landeniense respectivamente.

Estos tres ciclos podemos asimilarlos a tres secuencias sedimentarias que terminan por un episodio regresivo. El Daniense termina con margas lignitosas y caliza lacustre, el Montiense con 2 metros de caliza con Microcodium y el Landeniense por areniscas margas arenosas con Caráceas y plantas. A continuación vienen las calizas (transgresivas) del Ilerdense inferior con Flosculinas, Alveolinas y Opertorbitolites.

Evolución de facies y potencias del Paleoceno

Tomando como punto de partida el río Esera (corte de Campo) el Paleoceno evoluciona hacia el Oeste a facies más carbonatada de tal manera que a partir de Foradada de Toscar desaparecen las intercalaciones arcillosas, hacia el Suroeste, Sur y el Este presenta la típica facies garumnense (Mediano, Sierras marginales, Cuenca de Tremp).

Su potencia aumenta de manera general hacia el Este, excepto en el Isábena, donde retrocede a 220 metros. Basándonos en una correlación con el Corte de Campo (nivel característico de calizas lacustres del techo del Daniense y calizas con *Alveolina primaeva* de la base del Landeniense), se observa que esta reducción se hace fundamentalmente a costa del Landeniense que en el Isábena queda reducido a 40 metros con un conglomerado de base de 2 metros con gruesos elementos. En Arén (Noguera Ribagorzana), la potencia del Garumnense es de 540 metros, alcanzando su máximo en la zona de Tremp (Noguera Pallaresa) con 960 metros para de nuevo decrecer en Coll de Nargó, donde no sobrepasa los 200 metros.

Evolución vertical de la facies garumnense

El paso del Maestrichtense-Garumnense se hace a través de una alternancia de facies marina y continental, observable en numerosos puntos (Tremp, Coll de Nargó, Sierras de Aubens y Montsec, etc.). Este paso se efectúa por medio de margas versicolores, margas lignitosas e indentaciones marinas, donde Vidal (1874-1877) reconoció (en la región de Tremp) una intercalación de un nivel con Rudistos, de afinidades maestrichtenses según Baudelot y Souquet (1962), más tarde (1967) este último autor describe en la región de Isona (Santuario de Nuestra Señora de la Rosa) un nivel, con Orbitoides media y Lepidorbitoides, superior al nivel de Rudistos.

En las sierras marginales aragonesas el Garumnense se superpone directamente a las calizas con Hippurites del Campanue, ningún fósil indica la presencia de Maestrichtense marino. El Maestrichtense estaría incluido en la serie garumnense. Esta evolución Norte-Sur sería gradual, como puede observarse en el anticlinal de San Mamet y sinclinal de Os de Balaguer, donde el Garumnense yace aun sobre un Maestrichtense reducido que representaría al Maestrichtense inferior.

El problema de los conglomerados garumnenses

En la región de Coll de Nargó la serie arcillosa-detritica del Garumnense viene coronada en perfecta sucesión sedimentaria por una masa de conglomerados poligénicos, de color rojizo. Estos conglomerados han sido objeto de estudio de numerosos autores, Leymerie (1868), Dalloni (1930) que los considera de edad Montiense sin ningún argumento paleontológico. Misch (1934) los coloca en el Oligoceno, J. M. Ríos (1951) los considera en relación con movimientos tectónicos comparables a los evocados por Ashauer (1934) para la zona de los Pirineos Orientales, comprendidos en la época de transición del Cretáceo y Terciario, finalmente Souquet (1966) precisa esta misma conclusión.

Actualmente hemos creído oportuno reexaminar con detalle el problema, llegando a la conclusión que efectivamente los conglomerados vienen discordantes sobre un substratum plegado y deformado por una fase tectónica intra-garumnense de considerable importancia. Souquet llegó a la misma conclusión, si bien en su mapa geológico interpreta la traza de la discordancia como un contacto anormal o mecánico, cuando en realidad dicho contacto lo hemos observado en numerosos puntos y es perfectamente normal. La importancia de esta fase tectónica queda bien patente al Este de Coll de Nargó entre los pueblos de Canelles y Perles (fig. 22), don-

de existe un cabalgamiento muy tendido hacia el Sur de las dolomías jurásicas y Cretáceo inferior sobre el Maestrichtense del flanco norte de la Sierra de Turp. El cabalgamiento hacia el Oeste queda fosilizado por el Garumnense de Canelles (A. Garrido, 1969 inédito). La flecha del desplazamiento debe ser del orden de 1,5 kilómetros hacia el Sur como mínimo, ya que la salida del Jurásico ha de salvar la potencia de la serie del Cretáceo superior (en el supuesto de que no existiera Cretáceo inferior al Sur de Coll de Nargó-Canelles), la cual es de 1.500 metros en la Sierra de Turp. Otro cabalgamiento paralelo al de Canelles se desarrolla 1 kilómetro al norte de éste, su flecha crece a medida que nos desplazamos hacia el Oeste, yendo a morir contra una falla de desgarre Norte-Sur con inyección de Trias, paralela al Segre y que separa las estructuras anticlinales de Montaña de Nargó y la que hay enfrente del otro lado del Segre (cotas 1.206 y 1.209). Esta falla de desgarre (o falla del Puente de Espía) se le puede calcular un desplazamiento hacia el Sur mínimo de 500 metros y debe estar fosilizado igualmente por los conglomerados garumnenses, ya que al Sur de los mismos no se notan los efectos de la falla. Hacia el Oeste de Coll de Nargó el cabalgamiento de Canelles muy posiblemente debe continuarse bajo los conglomerados discordantes. Esta hipótesis podemos basarla por un lado en la importancia del mismo (desplazamiento mínimo de 1,5 kilómetros en Canelles) y en la geometría del afloramiento de los conglomerados (9 km. de afloramiento prácticamente rectilíneo). Por otro lado, el cabalgamiento que jalona todo el borde sur del anticlinal de Boixols al llegar a la altura de Sallent (1,2 km. exactamente al NE de Sallent, ver fig. 19), se pone en contacto con los conglomerados garumnenses, afectándoles (en nuestra opinión) ligeramente y a partir de este punto y hacia el Este no es posible seguir la traza del cabalgamiento.

En conclusión podemos esquematizar los hechos en los siguientes puntos:

1. Los conglomerados garumnenses de Coll de Nargó son discordantes y están en *contacto normal* con un substratum plegado y erosionado al cual fosilizan.

2. El cabalgamiento de Canelles está ligado a esta deformación de substratum y queda fosilizado por los conglomerados.

3. A título de hipótesis podemos pensar que el cabalgamiento del flanco sur de la estructura de Boixols, puede ser el mismo de Canelles, pues resulta paradójico que ambos cabalgamientos, cuyas trazas están sensiblemente alineadas, dejen de ser observados en una zona intermedia de 9 kilómetros jalónada por una masa de conglomerados discordantes.

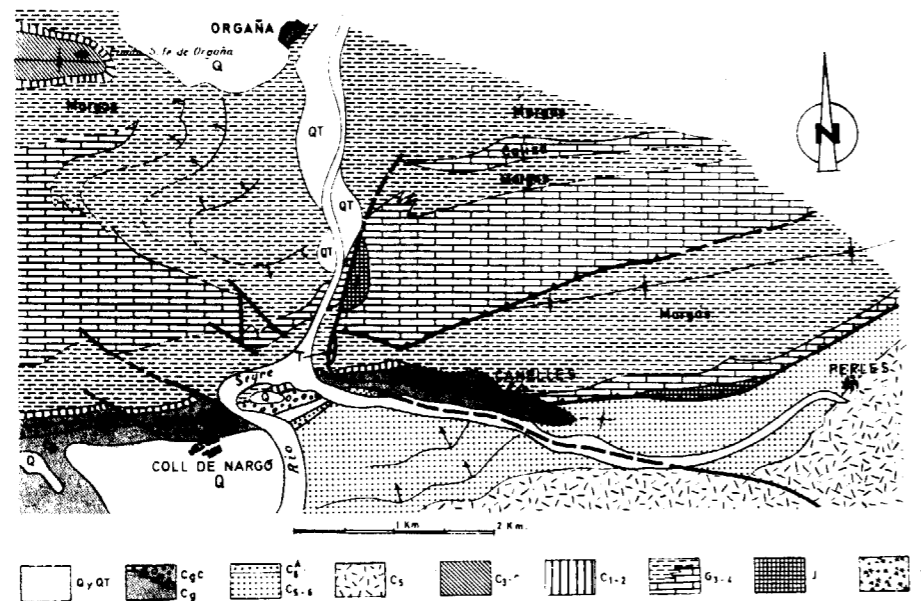


Fig. 22. --Cartografía de la zona de Coll de Nargó. Q y Qr Cuaternario; Cg conglomerados garumnenses de Coll de Nargó; Cg^A arenisca de Arén (Maestrichtense superior); C₃₋₈ Campanense terminal-Maestrichtense; C₅ Campanense; C_{3-S1} Coniaciense-Santonense I; C₁₋₂ Cenomanense superior-Turonense; G₃₋₄ Aptense-Albens (calizas y margas); J Jurásico; T Triás.

4. Indudablemente estas superficies anormales han podido rejugar posteriormente (v. gr. «mise en place» del manto de Cotiella y de Gavarnie).

5. La datación de estos movimientos intra-garumnenses es difícil por la carencia de pruebas paleontológicas. No obstante y por criterios de campo, los conglomerados de Coll de Nargó pueden correlacionarse hacia el Oeste con los conglomerados intra-garumnenses de Talarn (Noguera Pallaresa), Arén (Noguera Ribagorzana) y finalmente con los del Isábena (de dos metros de potencia) los cuales soportan inmediatamente encima unos bancos calcáreos, con *Alveolina primaeva* de la base del Landeniense, seguidos (al igual que en Coll de Nargó, Noguera Pallaresa y Ribagorzana) por unas margas rojas arenosas. Este banco de conglomerado equivaldría en el Esera a un nivel calcáreo con *Microcodium* de la base del Landeniense.

En resumen y a título de hipótesis, proponemos una edad Landeniense para la fase intra-garumnense de Coll de Nargó.

Por otro lado, esta hipótesis está en concordancia con los hechos observados al Sur de la Cadena Cantábrica (Manzanedo, Villarayo, Miranda de Ebro), donde el Garumnense, representado normalmente por el Daniense-Montiense (a veces falta el Montiense) viene directamente transgredido por el Eoceno (Mangin, 1960) llegándose a la conclu-

sión de que el Garumnense en la época Daniense y Montiense corresponde a depósitos más finos (carbonatos y arcillas, respectivamente), que indican una peneplanización de los relieves fini-cretáceos. Un cambio surgiría en el Landeniense, acompañado de un reprís de la erosión que explicaría la ausencia del Montiense en estas zonas.

Resumen del paso Cretáceo-Eoceno

Anteriormente, al hablar de la evolución vertical de la facies garumnense, se llegaba a la conclusión de que no existe un límite tajante entre el Garumnense y el Maestrichtense, o lo que es lo mismo, no existe una ruptura sedimentaria entre ambos terrenos, como los observados v. gr. entre los ritmos en que hemos dividido el Cretáceo superior. Desde el punto de vista secuencial es mucho más lógico considerar el Garumnense unido al Maestrichtense, ya que entre ambos existe un paso progresivo de marino a continental. De esta manera, el paso Cretáceo-Eoceno quedaría definido por el ritmo «Campanense terminal-Maestrichtense-Garumnense», siendo sus límites dos claras rupturas sedimentarias, el inferior la fase intra-Campanense (discordancia de Montesquiu, *Olitrostromas* del techo del Flysch, etc.) y el superior la transgresión

ilerdense. En rigor deberíamos tener en cuenta la fase intra-garumnense de Coll de Nargó, pero por ser un fenómeno muy localizado, difícil de identificar en el resto de la cuenca, optamos por que quede incluido dentro del Garumnense.

El estudio de este ritmo es verdaderamente interesante y formativo, ya que engloba un término inferior marino (Campanense terminal-Maestrichtense) y un término superior continental (Garumnense). Hasta ahora al hablar del Maestrichtense marino decíamos que era regresivo, puesto que su límite sur, en las Sierras marginales no llega a rebasar el límite del Campanense (fig. 20). Por el contrario el Garumnense no sólo rebasa los límites del Maestrichtense marino, sino que incluso los del Campanense para venir directamente sobre el Triás en Ibars de Noguera. La mecánica de estas alternativas en la mayor o menor extensión de las áreas sedimentarias, queda enormemente simplificada con el uso de la técnica secuencial. Así en el período «Campanense terminal-Maestrichtense-Garumnense» lo consideramos como un *único cuerpo sedimentario*, el cual se caracteriza por una *evolución vertical regresiva* y una *evolución horizontal extensiva*. Estos conceptos vienen expresados gráficamente en la figura 20.

Los resultados a que llegamos con el uso de la técnica secuencial, nos permite al mismo tiempo que una interpretación razonada de la dinámica sedimentaria (relación entre tectónica y sedimentación), una mayor exactitud en la datación de discontinuidades sedimentarias (cambios del medio de sedimentación, regresiones, transgresiones, etc.). En nuestro caso podemos ahora decir con más precisión que la retirada del mar maestrichtense hacia el Norte, en las sierras marginales, no tuvo lugar en el comienzo de este piso, sino en el Campanense terminar, o lo que es lo mismo, la iniciación de la regresión es sincrónica con la discordancia de Montesquiu datada por *Globotruncana calcarata*.

Paleógeno

El Paleoceno fue descrito anteriormente en el paso Cretáceo superior-Eoceno.

Eoceno

Tomamos como corte tipo la serie del río Esera (fig. 21) que comprende desde el Ilerdense inferior hasta el Luteciense superior sobre el que vienen en discordancia los conglomerados post-pirenaicos. El Bartonense aflora en el río Cinca y al este del Esera.

En el corte del río Esera tenemos de la base al techo la siguiente sucesión.

Ilerdense inferior

A la fase regresiva del techo del Landeniense (calizas, areniscas y margas arenosas lagunares con Corales, Caraceas, *Microcodium* y resto de plantas) le sigue la transgresión del Ilerdense inferior. En el Esera el Ilerdense inferior está constituido por 90 metros de caliza (biomicrita) a veces arenosa y arcillosa con algunas pasadas de margas.

La parte superior puede ser ya Ilerdense medio. La base de esta formación es algo ferruginosa con restos fosfatados y trazas de lignito. La fauna abundante está representada por *Alveolinas*, *Flosculinas*, *Opertorbitolites douvillei*, *Miliólidos*, *Rotálidos*, *Oftálmidos*, *Valvulina*, *Equinodermos*, *Lamelibranchios*, *Melobesias*.

El medio es marino nerítico de plataforma con salinidad normal.

La potencia media del Ilerdense inferior calizo oscila entre 40 y 60 metros. En la zona del Isábena es de 50 metros, pero su litología es menos carbonatada con una alternancia de calizas, calizas margosas y margas, más hacia el Este, en Arén, la parte superior pasa a margas, quedando unos 20 metros basales calcáreos y arcillosos con un conglomerado poligénico de base de elementos (de hasta 10 cm.) calizos y algunos de areniscas del Garumnense. En la zona de Tremp prácticamente todo el Ilerdense inferior es margoso (con varias intercalaciones calcáreas) y potencia del orden de 50 a 60 metros.

Sobre el terreno es relativamente fácil reconocer la base del Ilerdense por estar jalonada en numerosos puntos por un conglomerado de base o bien areniscas y margas lignitosas e incluso a veces por ser ligeramente discordante sobre su substratum. Presenta conglomerado de base en Merli, Arén, Montsech (flanco sur), río Farfaña (2 kilómetros al norte de Os de Balaguer). En la zona que se extiende al Oeste de Foradada de Toscar (Sierra Ferrera, Peña Montañesa y Solana) y en la base de la caliza con *Alveolinas* y *Flosculinas* existe un microconglomerado calcáreo muy característico de 10 a 30 centímetros con elementos centimétricos bien rodados de cuarzo blanco. En dirección a Plan, a la salida del último túnel se observa el Ilerdense inferior en discordancia angular sobre el Paleoceno, según una superficie ligeramente ondulada jalonada de 25 centímetros de margas lignitosas.

Esta ruptura sedimentaria que marca la transgresión ilerdense no se observa en la región de Tremp, donde parece existir un paso gradual al Garumnense.

Ilerdense medio y superior

Está constituido por una serie fundamentalmente margosa con intercalaciones más calcáreas. Su potencia es de 1.275 metros, desglosados en dos formaciones: Las Colladas y Morillo (fig. 21).

Formación Las Colladas: 175 metros, de una alternancia de margas con Foraminíferos pelágicos y micrita con espículas de Espongiarios. El medio es de salinidad normal pero presenta algún episodio ligeramente confinado; el porcentaje de cuarzo aumenta con respecto a la caliza de Alveolinas.

Hacia la mitad de la formación existe una intercalación (10 m.) de calizas microcristalinas arenosas y margas pobres en foraminíferos, con fauna resedimentada del Senonense, hacia el techo se establece un régimen para-recifal, con pequeños arrecifes aislados que alternan con margas. Este episodio arrecifal tiene su máximo desarrollo hacia el Este en los arrecifes arrosariados de Merli, Peña Aspra y Sierra de Berganuy (G. Vergel, 1968). Este último afloramiento es el de mayores proporciones y más espectacular, tiene 2 kilómetros de longitud (según la dirección de las capas) por 60 metros de potencia, la facies típicamente arrecifal se desarrolla en los 20 últimos metros con Corales y Algas fundamentalmente. Lateralmente hacia el Este y Oeste pasa rápidamente a margas.

Formación Morillo (1.100 m.). Es la conocida formación de «margas azules» eocenas. El detritismo aumenta con respecto a la anterior formación, el medio es marino abierto y hacia el techo la salinidad disminuye.

Podemos distinguir de la base al techo, tres zonas:

Zona A: la constituyen margas con Radiolarios y fauna pelágica rara, con dos gruesas intercalaciones slumpizadas (Olistolitos?) de 70 a 100 metros de potencia, de una alternancia decimétrica de micrita con Espículas, Radiolarios y margas con Radiolarios y microfauna bentónica. En el techo de la primera intercalación se encuentran Nummulites Assilinas, Discocyclinas, Alveolinas, Algas, Anélidos y restos de vertebrados.

Zona B: incluye únicamente margas azules, los Radiolarios desaparecen rápidamente, siguiéndole una zona de foraminíferos bentónicos y raros pelágicos.

Zona C: la regresión que luego se acentuará en la formación de Rollespe se inicia aquí (disminución de la salinidad). La constituyen margas azules con aparición de calizas con Assilinas y Discocyclinas, en la parte inferior y hacia el techo intercalaciones de caliza arenosa azoica.

Datación del Ilerdense medio y superior

La hacemos por correlación con el Isábena (De Renzi, 1967), donde se encuentran *Turritella trem-pina Carez*, *Gissortia genevauxi Doncieux*, *Spondylas hispanicus Doncieux*, etc.

Todos ellos a los mismos niveles margosos de Ilerdense medio de Corbière (Francia), como igualmente el Ilerdense medio y superior con *Nummulites bironensis Schaub*, *N. exilis Douville*, etc. (lista de fósiles: Crusafont, De Renzi, Clavell, 1968).

«Mise en place» del manto del Cotiella

La fosilización del manto del Cotiella ha quedado demostrada (M. Soler y A. Garrido, 1970) en la región situada al Sur de Sierra Ferrera, donde el plano de cabalgamiento que bordea la Peña Montañesa, sufre una desviación al SE. para ir directamente a la Ermita de San Elías. A partir de este punto el manto queda fosilizado, la línea de discordancia toma a partir de la Ermita de San Elías una dirección NE. (ver mapa geológico), y justo al Norte de Samper cambia para seguir en sentido SE. e ir directamente a la base de la formación Rollespe (Cuisiense). Esto nos autoriza a considerar las «margas azules» (Ilerdense medio y superior) del valle del Esera, como perteneciente a la unidad alóctona del «manto del Cotiella» y a la formación Rollespe como serie fosilizante. Por tanto se puede atribuir, con bastante aproximación, una edad *Cuisiense inferior* para la «mise en place» del manto del Cotiella.

En la Ermita de San Elías existe diferencia de facies entre la serie alóctona (marga calizas nodulosas y margas arenosas con abundantes Nummulites y Assilinas) y la serie fosilizante (margas y areniscas con estructuras de corriente no turbidítica, pequeños canales, ripples, etc.) con una fauna resedimentada.

Hacia el Este la serie discordante que fosiliza el manto (ángulo de discordancia hasta de 45°) está jalonada de olistolitos de muy diversos tamaños y a medida que nos desplazamos en este sentido y por tanto del borde del manto, se hace más difícil su seguimiento por tender los niveles del contacto cada vez más al paralelismo, de tal manera que a partir del meridiano de Campanue y hacia el valle del Esera deja de ser apreciada la discordancia, existiendo en su lugar un cambio de facies entre la serie alóctona y la fosilizante. En esta última el aumento continuo de aportes detríticos muestran una influencia continental cada vez más importante.

Si a todo lo expuesto unimos el carácter marino de ambas series, nos vemos abligados a admitir que

el movimiento del manto del Cotiella, al menos en su borde noroccidental, ha tenido lugar sobre un fondo submarino.

La fuerte inestabilidad sedimentaria mostrada por la serie autóctona (Oeste de la Ermita de San Elías) en los niveles próximos (inferiores o superiores) equivalentes a la discordancia, muestran abundantes slumps, olistolitos, etc., que confirman esta hipótesis.

Una vez efectuado el «anclaje» del frente del manto (Cuisiense inferior), las zonas traseras del mismo seguirían presionando, en el sentido del desplazamiento, o bien por pura gravedad (desnivel entre el frente y la cola) o bien porque la zona axial pirenaica continuaba elevándose (o ambas cosas). Durante este proceso la zona frontal quedaría inmovible pero la longitud transversal del manto (en el sentido del desplazamiento) se iría acortando por medio de repliegues más o menos acusados, de vergencia sur, que originaría acúñamientos de la serie supra-discordante en las zonas internas del manto y discordancia progresivas en el frente del mismo. Esta elevación de la zona axial pirenaica debió de ser más acusada hacia el Este, ya que las direcciones de los aportes, en la serie post-manto (Cuisiense-Luteciense) en la cuenca de Tremp (zona al Oeste del Noguera Pallaresa) de facies continental con depósitos de tipo aluvial a sub-deltaico, muestran una dirección predominante NE-SW. Este hecho viene apoyado por la migración de la facies marina del Cuisiense-Luteciense, hacia el Oeste, así en la región de Puente de Montañana y río Isábena, los depósitos son de tipo aluvial a sub-deltaico, hacia el Oeste del Isábena y hasta el meridiano de Campanue son de tipo deltaico, más hacia el Oeste en la región de Ainsa corresponden a un flysch proximal y finalmente en la cuenca de Jaca a un flysch distal.

Cuisiense-Luteciense 1

Esta etapa se corresponde en el corte del Esera con la formación Rollespe. El Cuisiense está datado por correlación con el Isábena donde se correspondería con los niveles duros, que coronan las margas azules y donde se asienta Roda de Isábena. En este nivel se encuentra *Alveolina oblonga D'orbigny* (de Renzi 1967). En cuanto al Luteciense su límite, un poco impreciso, lo hemos trazado fotogeológicamente por correlación con el nivel continental de la roca (río Isábena), donde la fauna de Mamíferos da una edad Luteciense y posiblemente base del Luteciense inferior (Crusafont, de Renzi y Clavell, 1966-1968).

En el Esera el Cuisiense-Luteciense 1 (formación Rollespe) está constituida por 600 metros de margas y areniscas arcilloso-calcáreas y micáceas, con in-

teralaciones esporádicas de Lumaquellas de Nummulites. La presencia de biotita en las areniscas implica la erosión de capas con metamorfismo bastante pronunciado, lo que sugiere una surrección pirenaica en esta época.

La salinidad del medio decrece bruscamente (160 ppm de Boro) en los primeros niveles de la formación, que manifiesta la llegada de agua dulce. La asociación de la microfauna de las margas intercaladas en las areniscas, indican un medio nerítico, el aumento continuo de aportes detríticos muestran una influencia continental cada vez mayor, que junto con la desalinización del medio y la presencia de Caráceas indican que una clara regresión afecta a esta región. Es muy importante hacer notar la presencia bastante intensa de fauna reseedimentada del Cretáceo superior y sobre todo del Ypreciense con Cuvillierina.

La formación Rollespe (Cuisiense-Luteciense 1), hacia el Este ocupa una extensa área de afloramiento (Isábena, Noguera Ribagorzana), donde J. G. Van Eden (1970) la interpreta como un depósito deltaico, si bien el estudio de las direcciones de paleocorrientes no tiene las características de un delta ideal con una corriente mayor y varios brazos. Parece tratarse de varios ríos o corrientes pequeñas, ya que se observa una cierta convergencia de los canales. La dirección de aportes (estratificación cruzada, paleocorrientes) es claramente de componente norte, predominando el sentido NE-SW. El tamaño de los elementos decrece rápidamente hacia el SW, en la dirección del transporte.

Esta facies sub-deltaica corresponde al Cuisiense y hacia arriba el carácter menos marino se acentúa hasta el Luteciense, donde ya es francamente continental (nivel de la Roca) si bien posteriormente hay algunas recurrencias hasta su definitiva implantación. Hacia el río Esera la serie se corresponde con la zona de transición para pasar al Oeste de Foradada de Toscar a un flysch de carácter proximal (Van Lusen, 1971).

En la cuenca de Jaca el Cuisiense, que presenta una facies de flysch distal típica, viene discordante (M. Soler y C. Puigdefábregas, 1970), sobre los afloramientos del borde norte de la cuenca, lo cual quiere decir que esta zona también ha sido afectada por los movimientos responsables del manto del Cotiella.

Luteciense 2

En la serie del río Esera distinguimos tres formaciones para el Luteciense 2, que de la base al techo son las siguientes: Campanue (conglomerados), Capella y Grustan.

Conglomerados de Campanue.—Situamos el co-

mienzo del Luteciense 2 en la base de los conglomerados de Campanúe. Su potencia es de 640 metros con una intercalación de margas, areniscas y calizas con fauna marina. Hacia el Sur y SW experimentan una reducción de potencia y cambio de facies con indentaciones cada vez más frecuentes de margas gris-azuladas y areniscas, al mismo tiempo que el tamaño de los elementos disminuye. La deposición de estos conglomerados tienen lugar en medio marino que se acentúa hacia el SW y Oeste. Por el contrario y de igual manera que la formación inferior (Rolespe), el carácter continental se acrecienta hacia el Este y SE. A la altura de la falla de Foradada y hacia el Oeste los conglomerados experimentan un espectacular cambio de facies a margas azules y areniscas.

La base de los conglomerados de Campanúe se correlacionan hacia el SE con los niveles del yacimiento clásico del Soler (Carez), donde la fauna a base de Potámides dan una asociación de *Luteciense superior* (Luteciense-Biarritzense). Por otro lado el yacimiento de Torrelabad (situado a niveles equivalentes al tercio superior de los conglomerados de Campanúe), ha dado una fauna pobre en mamíferos que podrían comprender la zona de Issel.

Formación de Capella.—Entre los pueblos de Torre de Obato y Grustan se desarrolla una serie de 560 metros constituida por una alternancia irregular de areniscas de grano medio a grueso y margas pardas, rosadas y a veces amarillentas, su facies es continental, pasando gradualmente hacia arriba (180 m. finales) a facies lagunar a marina somera con Gasterópodos, Lamelibranquios y Nummulites y litología de margas gris a gris-azulada y areniscas grises.

Esta formación la consideramos Luteciense superior a Biarritzense por estar intercalada entre los Conglomerados de Campanúe (Luteciense superior) y la formación de Grustan (Biarritzense).

Formación de Grustan.—Ochenta metros de caliza gris a gris-marrón, patina gris blanca y arenosa en su base: La fauna está representada por Nummulites, Alveolinas, Gasterópodos, Lamelibranquios. La presencia de Alveolinas posiblemente de la biozona A. elongata nos permite atribuir esta formación al Biarritzense (o techo del Luteciense superior).

Fase intra-Luteciense.—Los conglomerados de Campanúe marcan una clara ruptura sedimentaria, en relación con una fase tectónica que ha originado una serie de pliegues Norte-Sur. Primeramente A. Garrido (1968) estableció la sincronía de los conglomerados de Campanúe con la serie equivalente que fosiliza la fase principal de movimientos del anticlinal de Mediano. Posteriormente M. Soler y A. Garrido (1970) extienden las mismas conclusiones

para los anticlinales Norte-Sur de la zona de Arro, Boltaña y del borde sur de la cuenca de Jaca (anticlinales de Besué, Arguís, Bentué y Rasal), estableciendo al mismo tiempo que esta familia de pliegues Norte-Sur son posteriores a la «mise en place» del manto del Cotiella, ya que afectan a la serie fosilizante. Finalmente según hipótesis de trabajo de M. Soler (1971) el manto de Monte Perdido y los pliegues Norte-Sur pueden ser afectos de una misma causa, habiéndose originado el gran anticlinal de Boltaña por una gran falla de desgarre potencial de sentido dextrógiro. Esta hipótesis permitiría datar el manto de Monte Perdido como intra-Luteciense.

Bartonense

Dos kilómetros al Sur del pueblo de Capella y hacia el Este, aparece bajo los conglomerados post-pirenaicos de Graus una serie (formación de Escanilla) típicamente continental lacustre, constituida por margas abigarradas (rojas, amarillas, violáceas y pardas) con vetas de yeso e intercalaciones irregulares de conglomerado poligénico y arenisca gruesa en bancos métricos. En la base de la formación existen unas capas de caliza lacustre con intercalaciones de lignito (minas de Capella y Lascuarre), de donde se han extraído numerosas especies de vertebrados (Crusafont 1958-1965), que representan la «Zona de Castres» o al menos la transición de la zona de Issel a la de Castres. Es decir un *Bartonense inferior basal* o tránsito Luteciense superior-Bartonense.

En esta zona faltan las calizas de Grustan, viniendo las calizas lacustres de la base del Bartonense directamente sobre la formación de Capella, este hecho podría explicarse por acuñaamiento de las calizas de Grustan hacia el Este o bien por la discordancia (a escala cartográfica) del Bartonense, la cual hacia el Este descansa progresivamente sobre niveles inferiores. Al Norte de Tolva existe un extenso afloramiento de Bartonense (Viacamps, Almunia de San Lorenzo, Chiró), que hacia el Norte intercala en su base un conglomerado poligénico rojizo, al mismo tiempo que la discordancia cartográfica pasa a ser angular y observable a la escala del afloramiento, (Sierra Palleroa, Sierra Llera, Claravalls, Cajigar).

En este último afloramiento los conglomerados basales del Bartonense, en discordancia angular más acentuada hacia el Norte, reposan sucesivamente sobre un nivel característico equivalente al nivel de la Roca (Luteciense inferior), a continuación sobre el Cuisiense y finalmente sobre las margas azules del Ilerdense superior. En este punto sobre la serie lacustre del Bartonense de Cajigar

vienen, en ligera discordancia, los conglomerados post-pirenaicos de la Sierra de Sis.

En el Cinca (Sur de Mediano) la formación de Escanilla se desarrolla ampliamente pudiendo equivaler por semejanza de facies a la formación de Campodarbe que viene discordante sobre el flanco Oeste del anticlinal de Mediano.

Ludense-Oligoceno

Al final del Eoceno superior tiene lugar la llamada fase pirenaica, materializada en la formación de un manto de material paleozoico y su cobertura cretáceo-eocena (manto de Gavarnie), que se ha desplazado de Norte a Sur con una flecha mínima de 9 kilómetros en Gavarnie y de 15 kilómetros más hacia el Este (M. Seguret, 1970). La unidad de Gavarnie soporta encima de manera sucesiva y hacia el Este las unidades de Monte Perdido y Cotiella. Los desplazamientos hacia el Sur de esta unidad respecto de su substratum dan según Seguret una cifra de desplazamiento para la cuenca de Tremp-Graus comprendida entre 50 kilómetros para el meridiano del Cotiella y de 30 kilómetros para la unidad también corrida de Pedraforca (extremo oriental de la cuenca). Todas estas cifras han tenido también en cuenta la zona de los Nogueras con desplazamiento mínimo hacia el Sur de 10 kilómetros.

El amortiguamiento frontal de estas series despegadas al nivel del Triás, dado que su estructura es a menudo suave con pliegues poco vergentes y de gran radio, ha tenido que efectuarse en su mayor parte en el cabalgamiento frontal o frente al manto (sierras marginales) por medio de escamamientos múltiples (para más información ver tesis doctoral de M. Seguret, 1970).

A continuación de la fase pirenaica tiene lugar la depositación de una potente serie de molasas groseramente detríticas (Sierra de Sis, Set Comelles, Pobl de Segur, etc.) datadas en su base por el yacimiento de mamíferos de Sosis (Crusafont, Hartenberger y Thaler, 1963), como de la «Zona de Euzet» (Ludense inferior). Este yacimiento junto con el de Capella, inferior a la discordancia, nos permite determinar la edad de la fase pirenaica que estaría situada entre las zonas de Castres y la de Euzet, o lo que es lo mismo, entre el Bartonense inferior basal y el Ludense inferior.

Desde el punto de vista geométrico, las molasas post-pirenaicas constituyen un claro ritmo sedimentario extensivo hacia el Norte, esta disposición se observa de manera muy elocuente en Pobl de Segur. Hacia el Sur, en el borde Norte de la cuenca del Ebro, esta formación conglomerática pasa progresivamente a una serie detrítica más fina, que está plegada (fase oligocena, anteaquitaniense) y

recubierta por una serie continental discordante y horizontal (Crusafont, Riba y Villena, 1966). Esta zona plegada forma una estrecha banda que se extiende desde Panzano (región de Barbastro) hacia el Este sobre más de 150 kilómetros hasta la provincia de Barcelona.

La edad de la serie detrítica (formación de Peraltilla), superior a los yesos («ride de gypse» de los franceses), ha sido datada en Calaf por mamíferos como Sannoisense (Ch. Deperet; 1898) y en un nivel más inferior que el precedente (J. L. Reille, 1967) encuentra una flora de Charophytas: *Harrischara tuberculata* Lyel que corresponde a la zona de Montmartre, es decir Oligoceno inferior. En la zona de Barbastro, cerca de Peraltilla, este último autor (1967) cita de nuevo fauna de Charophytas, un nivel superior a los yesos, característica del Oligoceno inferior (*Rhabdochara stockmansii*, Gramb.)

La fase Oligocena en esta zona es interpretada por M. Seguret (1970) por un rejuego del frente Sur del manto, debido a un empuje de Norte a Sur que se traduce en las sierras marginales por un escamamiento según fallas inversas de zócalo, cabalgantes hacia el Sur, que implicarían al Oligoceno de la cuenca del Ebro plegándolo sobre el nivel de despegue de los yesos, los cuales para Seguret son del Oligoceno inferior, es decir, post-pirenaicos.

El problema de la «ride de gypse».—La datación de la serie de Peraltilla en sus niveles más bajos como Oligoceno inferior, no nos autoriza a la datación de los yesos, únicamente precisa un límite superior máximo para los mismos. Desde el punto de vista tectónico-sedimentario se presenta una disyuntiva: o los yesos de al «ride de gypse» son posteriores a la fase pirenaica (manto de Gavarnie), o bien anteriores a la misma.

Primera hipótesis.—La «ride de gypse» jalona el borde sur del frente del manto de Gavarnie. Desde el punto de vista sedimentológico si los yesos son post-manto deberían ser fuertemente detríticos, como corresponde a toda serie post-orogénica y máxime dada su proximidad al frente del cabalgamiento. Por otra parte, las series evaporíticas se corresponden dentro de una secuencia sedimentaria a la etapa final caracterizada por una paralización de la actividad tectónica y erosiva, quedando esta última reducida a la disolución de tipo químico, que se traduce en las zonas de sedimentación por una precipitación de yesos y carbonatos fundamentalmente.

Segunda hipótesis.—Esta hipótesis defiende que los yesos de la «ride de gypse» son anteriores a la fase pirenaica, en cuyo caso su edad sería Eoceno superior (Bartonense probable a Ludense basal como máximo, ya que la fase post-pirenaica está datada en Sosis como Ludense inferior).

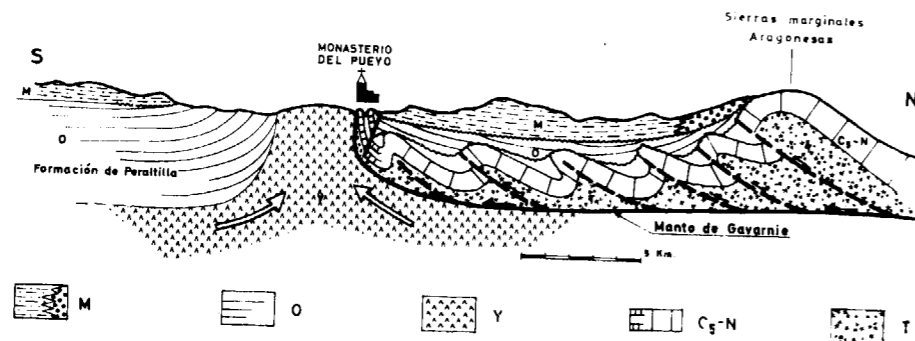


Fig. 23.—Hipótesis sobre la «ride de gypse» (el manto de Gavarnie o fase pirenaica es posterior a los yesos; según A. GARRIDO, (1971). M, molasas miocénicas (\pm Oligoceno superior); O, molasas post-pirenaicas (formación de Peraltilla); Y, yesos del Eoceno superior (ante-Cavarnie); C₅-N, Campanense-Eoceno; T, Triás.

Esta hipótesis compartida también por M. Soler, viene representada en el esquema de la figura 23, que explicaría la «ride de gypse» como un fenómeno de halocinesis, hecho que viene apoyado por la discordancia entre el Mioceno y la formación de Peraltilla, que en realidad es una discordancia progresiva compleja que puede ocupar bastante amplitud en la escala cronológica. La migración del yeso estaría favorecida al Norte por la presión litostática del manto y series post-discordantes, y en el Sur por la sedimentación de la formación post-pirenaica de Peraltilla.

Mioceno

Posteriormente a esta tectónica Oligocena (pre-aquitaniense) o en continuidad con la misma, las sierras marginales aragonesas y catalanas se elevan originándose el depósito de brechas y conglomerados al borde de las mismas, que lateralmente y en breve espacio pasan a una serie detrítica más fina (Selzer, 1934; Almela y Ríos, 1950-1951, 1960-1962), equivalente de las capas de Santa Cilia, dadas como aquitanenses (M. Crusafont, O. Riha y J. Villena, 1966).

El yacimiento fosilífero de Santa Cilia está situado en un nivel muy bajo dentro de la serie discordante, lo cual lleva a considerar como Mioceno todo el conjunto superior discordante.

Los conglomerados miocenos que se adosan sobre las Sierras marginales al Norte de Santa Cilia, implican a considerar como contemporáneos los conglomerados que se extienden hacia el Este (Alquezar, Colungo, El Grado, Graus, et.). La presencia en esta serie de diapiros que la afectan (Naval Estada-Estadilla, Fonz, Puebla de Castro), indican una edad miocena al menos para su última etapa intrusiva.

Finalmente la importancia de los movimientos de elevación post-miocenos de la zona axial quedan de manifiesto en la depresión de Cerdeña (altitud 1.900), que constituye una pequeña cuenca miocena hundida con respecto a las áreas limítrofes.

V. TECTÓNICA Y SÍNTESIS EVOLUTIVA

Dentro de los grandes rasgos estructurales de la Cadena Pirenaica, la zona objeto de estudio ocupa la posición indicada en la figura 24.

La cadena Pirenaica pertenece al ciclo orogénico alpino, sus materiales paleozóicos están extraordinariamente tectonizados, ya que la fase pirenaica se superpone a múltiples orogénesis anteriores.

Después de la fase mayor hercínica de edad intra-westfalense (con plegamiento, metamorfismo, plutonismo), la cadena hercínica comienza a ser erosionada y peneplanizada, localizándose cuencas de sedimentación subsidentes que han permitido el depósito de series que a veces sobrepasan los 2.000 metros de Westfaliense supra discordante a Pérmico. Esta época se caracteriza por un período de distensión con volcanismo andensítico.

La deposición del *Triás inferior* se hace sobre una superficie peneplanizada (bloque europeo), por erosión de las zonas altas y colmatación de las cuencas por las molasas post-hercínicas junto con un cese de la dinámica de distensión. Esto explica la gran ubicuidad, uniformidad de facies y potencia relativamente constante (200 m.) del *Triás inferior*.

La individualización comienza en el *Triás medio y superior* con depósitos de más de 1.000 metros de serie evaporítica (C. Virgili, 1963), terminando con la deposición relativamente constante de la barra retienense.

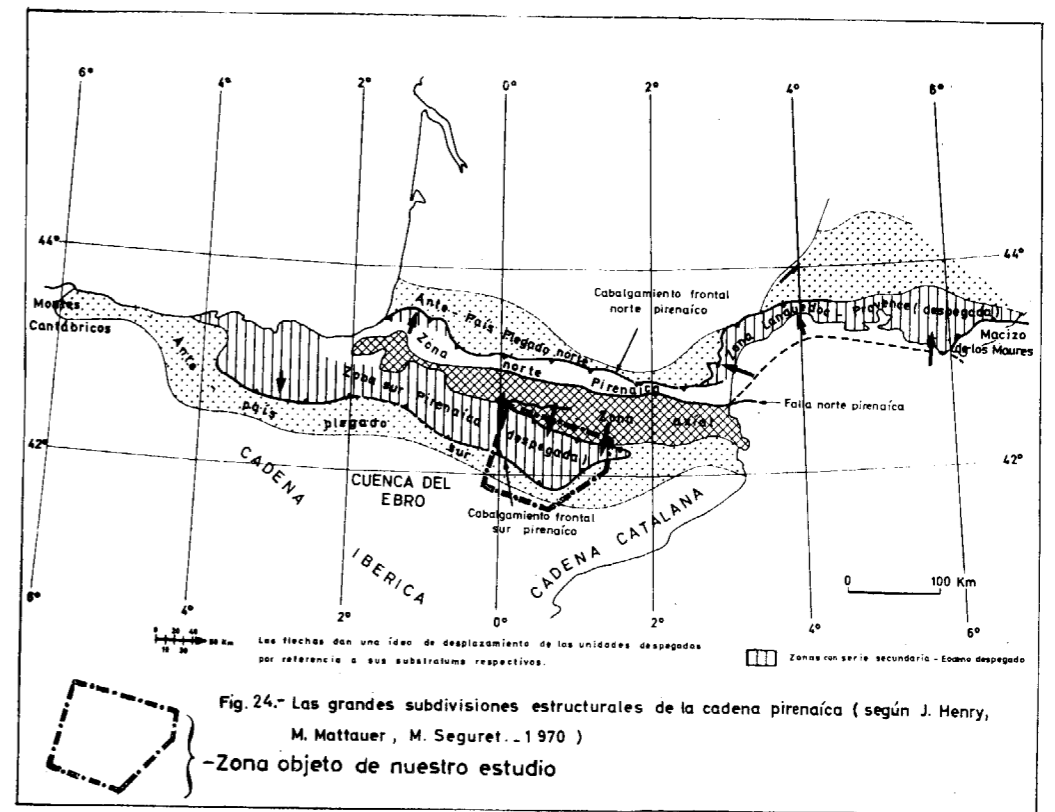


Fig. 24.—Las grandes subdivisiones estructurales de la cadena pirenaica (según J. Henry, M. Mattauer, M. Seguret... 1970)

En el Jurásico la cadena piernaica no estaba aun individualizada, las directrices generales, de dirección submeridiana (movimientos tardi-hercínicos o simétricos) se superponen al actual edificio pirenaico, por lo que las facies jurásicas se relacionan mejor de Norte a Sur, de uno y otro lado de los Pirineos.

El Jurásico se inicia con una etapa de distensión con inyección de ofita (metamorfismo de contacto) en el Retienense y emisión de materiales piroclásticos que se acumulan en la brecha de Dubar. Esta tectónica de distensión es responsable de ligeras discordancias de la brecha observadas en el Montsec. El *Lias inferior*, de facies carbonatada, se deposita en un medio marino somero con episodios confinados. Una tentativa de individualización tiene lugar en el Hettangense superior con deposición, en zonas localizadas y subsidentes, de anhidrita. En el *Lias medio y superior* el medio es marino, con influencias oceánicas (Cefalópodos) y detritismo fino (arcillas).

Con el *Jurásico medio y superior* la sedimentación es carbonatada y el medio nerítico, diferenciándose diversas rupturas sedimentarias delimitadas por niveles regresivos (calizas lacustres con Caráceas y Ostrácodos). En el *Jurásico terminal* la fase kimmeridgense delimita una clara ruptura jalonada de

brechas y en algunas zonas discordancia del kimmeridgense sobre series más antiguas (Sierra de Prada, Sierra del Montsec). El Jurásico finaliza en el *Portlandense inferior* con un episodio regresivo que ha dado lugar, en determinados puntos, a la precipitación de anhidrita.

La gran homogeneidad, sin entrar en detalles, que caracteriza al Jurásico es bruscamente interrumpida por la fase intraportlandense, iniciándose con el *Portlandense superior* (con brecha de base y discordante en el Montsec) un nuevo período sedimentario que continuará durante todo el *Cretáceo inferior* y que se caracteriza por su cambio radical de las directrices paleogeográficas que toman, por primera vez, la dirección pirenaica e inician la fragmentación de la vasta cuenca Jurásica entrando en una etapa de distensión que se traduce en fuertes subsidencias responsables de la acumulación, en parte, de grandes espesores de sedimentos (más de 5.000 m. en el Segre). Con iguales características la sedimentación continúa hasta el *Cenomanense inferior y medio* (1.500 m. en el pantano de Escalles). La línea Boixols-San Corneli-Turbón limita al Norte de la zona de grandes espesores, mientras que al Sur se extiende un área de plataforma que se caracteriza por un Cretáceo más calcáreo y mucho

menos potente, donde el mecanismo de subsidencia de la zona norte queda plasmado en claras fallas subverticales (y submeridianas?) y juego de bloques más tarde erosionados y peneplanizados sobre los que viene el Cenomanense superior a manera de tabla rasa. Este esquema está perfectamente desarrollado en el Montsec, en donde al pasar de un bloque a otro puede faltar totalmente el Cretáceo inferior e incluso parte del Jurásico.

El *Cenomanense superior-Turonense* desborda los límites del Cretáceo inferior (incluido el Cenomanense inferior y medio), depositándose sobre una amplia zona previamente peneplanizada (erosión de las zonas emergidas y colmatación de las cuencas), que implica un cese total de la inestabilidad que había caracterizado la época anterior. En la zona del pantano de Escales-Turbón, el Cenomanense superior sigue en continuidad al Cenomanense medio, fuera de esta zona viene sobre niveles más antiguos (Cretáceo inferior, Jurásico, Paleozoico inferior en el autóctono de Gavarnie). Ningún signo evidente de emersión para el Cenomanense superior aparece en el Montsec. La no existencia de estos sedimentos en las Sierras marginales no es razón suficiente para pensar que no se depositaron en esta zona (discrepancia con P. Souquet, 1967), su erosión ante-Santonense 2 es muy posible.

Después del período de tranquilidad del Turonense (facies pelágica y potencia reducida, constantes), se inicia la regresión del Coniaciense que marca el comienzo de un período que incluye al *Coniaciense-Santonense 1*, caracterizado por la reactivación de la subsidencia y la restricción del área de deposición y como consecuencia aparición de un ligero detritismo. En el borde norte de la cuenca la facies es pelágica a confinada con influencia pelágica, localizándose una zona de fuerte subsidencia (Cotiella-Baciero) con espesores de superficie de casi 6.000 metros para el Coniaciense-Santonense 1. El detritismo se manifiesta localmente en el Norte por aportes detríticos finos y ferruginosos, que hacia arriba (Santonense 1) queda reducido a calizas y calizas margosas finamente arenosas (calizas de Aguas Salenz). Al Sur de la línea Boixols-San Corneli se desarrolla un Coniaciense-Santonense 1 facies plataforma mucho más reducido (Calizas detrítico-ferruginosas y episodios arrecifales).

Con el *Santonense 2-Campanense* el papel de la subsidencia que hasta ahora había sido fundamentalmente de signo negativo (hundimientos ligados a una fase de *distensión*) cambia a signo positivo, es decir elevación de zonas, debido a esfuerzos de *compresión* (fase intra-Santonense), lo cual se traduce en un aumento extraordinario del detritismo (brecha de Campo, facies flysch, areniscas), acom-

pañado de notables discordancias. Los sedimentos que acompañan a estas subsidencias de signo positivo, originan ritmos sedimentarios de evolución horizontal extensiva como consecuencia de la llegada de gran cantidad de aportes que colmatan rápidamente la cuenca desbordándola. Es contraposición, la subsidencia negativa origina ritmos restrictivos (reducción del área de sedimentación) de facies fundamentalmente carbonatada (a veces evaporítica) y detritismo nulo o fino (fundamentalmente arcilloso).

Verticalmente la serie Santonense 2-Campanense evoluciona hacia una mayor tranquilidad (disminuyendo el detritismo), que de nuevo queda interrumpida por la fase fini-campanense, que inicia la etapa *Campanense terminal-Maestrichtense-Garumnense*, con nueva reactivación de la erosión y si bien desde el punto de vista de facies marina supone una retirada del mar maestrichtense hacia el Norte (con respecto al límite del Campanense marino en las sierras marginales), por el contrario bajo el aspecto secuencial este período (que incluye al Garumnense), constituye un claro ritmo extensivo (sobrepasa hacia el Sur el límite del Campanense), ligado a una fase de compresión que ha elevado la plataforma del Ebro (el período anterior Santonense 2-Campanense, parece estar ligado en parte a la elevación de áreas internas de la zona axial oriental pirenaica).

Hacia el final del Garumnense (posiblemente de edad landeniense) una fase de compresión Norte-Sur afecta la región de Coll de Nargó, originando un cabalgamiento (Canelles-Perles) fosilizado por los conglomerados garumnenses, que probablemente afecta a toda la estructura de Boixols. Este cabalgamiento podría estar en relación con la tectónica fini-cretácea, bien desarrollada en la zona Norte-Pirenaica (con plegamiento, esquistosidad y metamorfismo, Mattauer, Proust, 1967; Choukroune, 1970).

El *Eoceno inferior* se inicia con la transgresión ilderdense que se superpone con gran regularidad a la facies garumnense, excepto en la zona al Noroeste del Esera, que lo hace sobre la barra paleocena de facies marina-somera. Al Ilerdense inferior, caracterizado generalmente por calizas con Alveolinas, Flosculinas y Operto:bitolites Douvillei, le sigue una sedimentación fundamentalmente margosa (Ilerdense medio y superior), que se extiende por el borde norte de la cuenca de Trem-Graus (Esera, Isábena y región de Tremp) y *hacia el techo* tiene lugar la «mise en place» del manto del Cotiella por deslizamiento gravitatorio sobre un fondo submarino, si bien ello implica una previa elevación o abombamiento de la zona axial. Durante este proceso la sedimentación es continua y la fosilización del manto que se sigue perfectamente

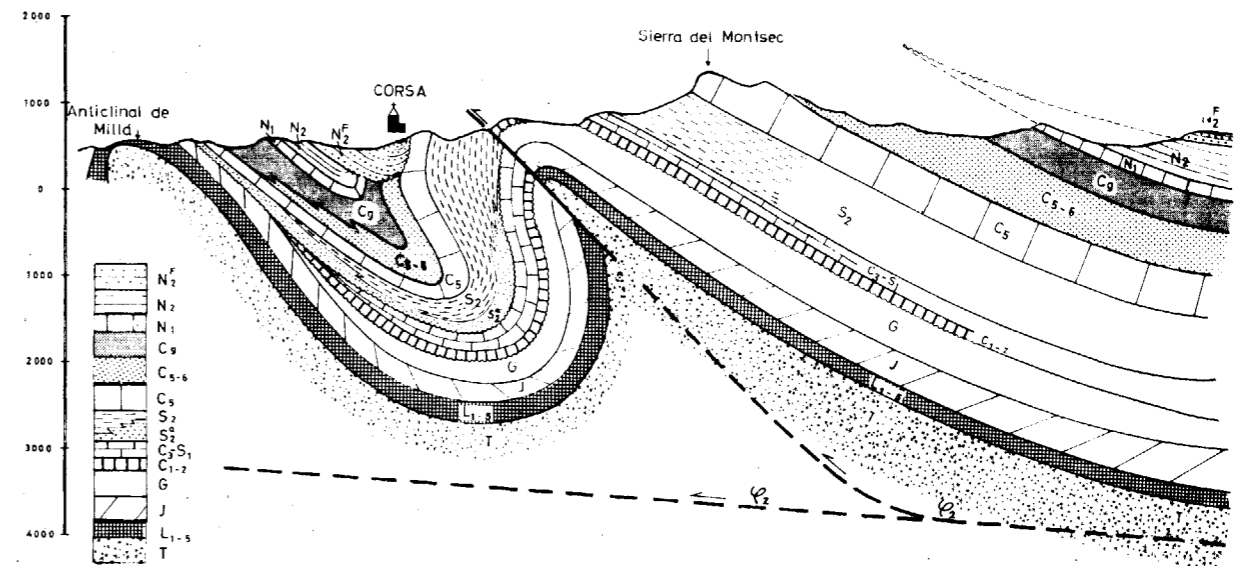


Fig. 25.—Esquema interpretativo entre el Montsec y Sierras marginales (hipótesis I, según A. GARRIDO, 1971) N₂, serie continental detrítica (Cuisiense ± Ilerdense medio-superior); N₁₋₂, serie marina (Ilerdense inferior a medio); C₉, Garumnense; C₅₋₆, Campaniense terminal-Maestrichtense; C₅, Campaniense; S₂, Santonense 2 (margas del Montsec); S₂, Santonense 2 (detrítico y ferruginoso); C_{3-S1}, Coniaciense-Santonense 1; C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense; G, Cretáceo inferior; J, Jurásico medio-superior; L₁₋₅, Lías; T, Triás; φ₂, fase 2 ("mise en place" del manto de Gavarnie).

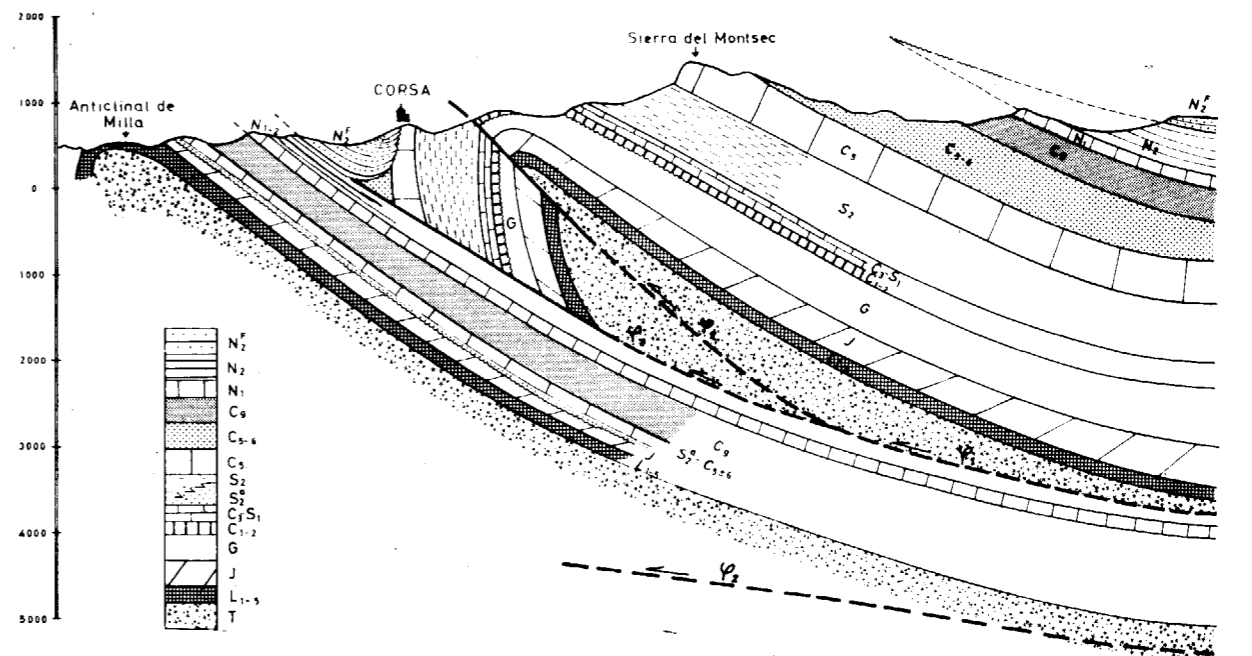


Fig. 26.—Esquema entre el Montsec y sierras marginales (hipótesis II, según A. GARRIDO, 1971) N₂, serie continental detrítica (Cuisiense ± Ilerdense medio-superior); N₁₋₂, serie marina (Ilerdense inferior a medio); C₉, Garumnense; C₅₋₆, Campaniense terminal-Maestrichtense; C₅, Campaniense; S₂, Santonense 2 (margas del Montsec); S₂, Santonense 2 (detrítico y ferruginoso); C_{3-S1}, Coniaciense-Santonense 1; C₁₋₂, Cenomanense superior-Turonense; G, Cretáceo inferior; J, Jurásico medio-superior; L₁₋₅, Lías; T, Triás; φ₁, fase 1 ("mise en place" del manto del Montsec); φ₂, fase 2 ("mise en place" del manto de Gavarnie).

desde la Ermita de San Elías hasta el meridiano de Campanúe, deja de ser observable hacia el Este por tender al paralelismo las dos series alóctona y autóctona (o fosilizante) a medida que nos retiramos del borde del manto.

En 1971 A. Garrido-Megías y M. Soler (inédito), observan brechas y discordancias en abanico que fosilizan el flanco sur del Montsec, y según la estratigrafía existen sobre Alveolinas y vertebrados, podría estimarse en un Cuisiense inferior. Esto hace presumir para estos primeros movimientos del Montsec su contemporaneidad con la «mise en place» del manto del Cotiella. Ante este hecho dos hipótesis son posibles:

1. El Montsec y las sierras marginales forman parte de una misma unidad (fig. 25).

2. El Montsec constituye el frente sur del manto del Cotiella, que se superpone anormalmente sobre las sierras marginales (fig. 26).

La primera hipótesis es la sustentada por Seguret, el cual considera a la unidad del Cotiella (y a la de Pedraforca) como cabalgamientos de tipo clásico con superposición anormal, y a la unidad central (cuenca de Trem-Graus + sierras marginales catalanas) como una unidad despegada al nivel del Triás sin superposición anormal. El paso de la unidad del Cotiella a la unidad central se hace, según Seguret, por medio de un contacto de dirección próxima Norte-Sur (es decir subparalela a la dirección de desplazamiento), que corta en bisel la serie sub-yacente, durante el Eoceno, justo

al nivel del Triás. Este contacto puede tener una inclinación variable y se comporta como una falla de desgarre (décrochement) dextro. Entre la unidad de Pedraforca y la unidad central existe el desgarre del Segre, de sentido senestro.

La segunda hipótesis, que es la que proponemos (fig. 26), se basa en los siguientes puntos:

a) La serie discordante que fosiliza el flanco sur del Montsec es de igual edad que la que fosiliza el manto del Cotiella en la región de Samper (Cuisiense inferior).

b) Desaparición en las Sierras marginales del Cretáceo inferior, Cenomanense superior, Turonense, Coniaciense y Santonense 1, presentes en la Sierra del Montsec.

c) Reducción brutal de la potencia del Santonense 2 al pasar a las Sierras marginales.

d) Notable diferencia de potencias y facies (en general) de la serie ante-Cuisiense (exceptuando Jurásico y Triásico) del Montsec y Sierras marginales.

e) Por el contrario la serie post-manto del Cotiella (Cuisiense-Luteciense) presenta facies continental bastante similar a ambos lados del Montsec (cuencas de Ager y Tremp respectivamente).

Todas estas razones son favorables a una mayor distancia entre la serie del Montsec y sierras marginales que la existente actualmente. Seguret resuelve este problema introduciendo un cabalgamiento en el Montsec de 4 a 8 kilómetros, pero

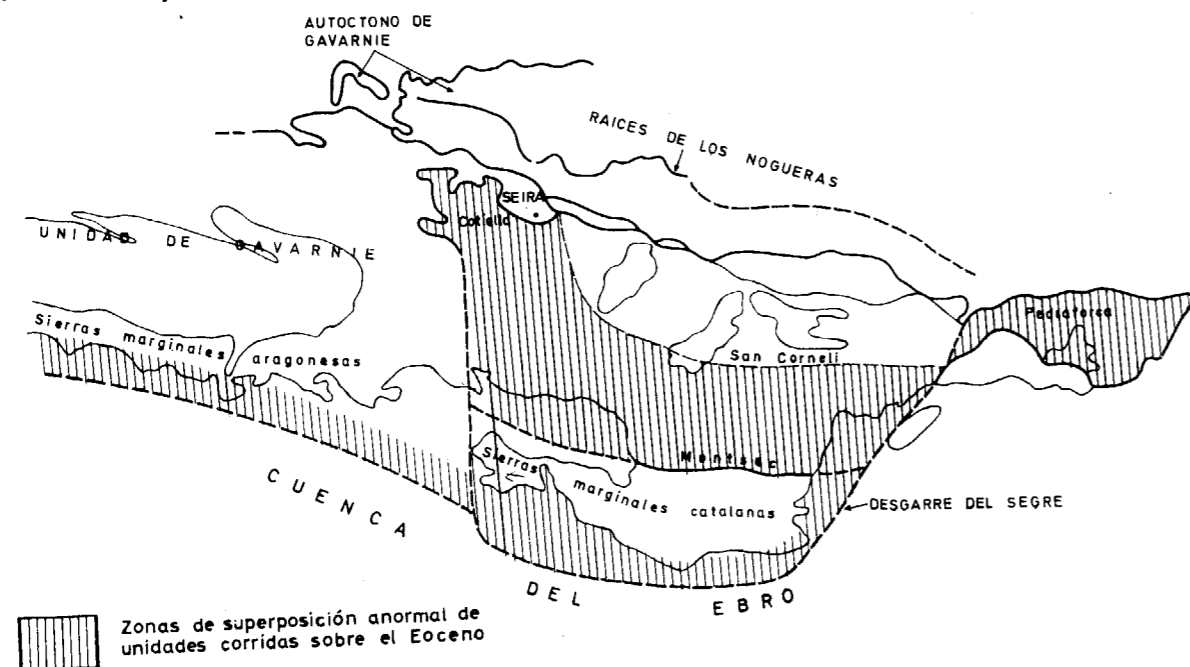


Fig. 27.—Esquema estructural de las unidades corridas al Sur (según M. Seguret, 1970) modificado según hipótesis de A. GARRIDO (1971).

esto no es posible ya que en Corsá (Noguera Ribagorzana) existe gran parte del flanco sur del Montsec verticalizado y como se deduce de un corte tectónico, el salto no sería con mucho superior a un kilómetro, en cuyo caso nos vemos obligados a hacer una construcción muy forzada (fig. 25).

En la figura 27 representamos el mismo esquema de Seguret (1970), pero introduciendo la segunda hipótesis según la cual el Cotiella-Montsec forman parte de una única unidad *totalmente independiente* de la unidad de Gavarnie, a la cual recubren anormalmente. En este caso el desplazamiento de la unidad central (Cuenca de Trem-Graus + sierras marginales catalanas), que Seguret estima en 50 kilómetros, quedaría reducido sólo a 30 kilómetros (restamos 20 km. de flecha del manto de Cotiella) a amortiguar en el frente del cabalgamiento frontal (sierras marginales). Dentro de esta hipótesis encajaría perfectamente la unidad de Pedraforca, pero de momento hay que esperar hasta una datación precisa de su «mise en place».

Después de la llegada del manto del Cotiella la zona axial continúa elevándose (Cuisiense-Luteciense 1), pero de manera más acentuada hacia su parte oriental (llegada de aportes de dirección NE-SW), que hace migrar la sedimentación marina de la serie eocena port-manto hacia el Oeste (series flysch de Ainsa y cuenca de Jaca), al mismo tiempo que hacia el Este los sedimentos presentan un carácter cada vez más continental.

Posteriormente en el *Eoceno medio* tiene lugar una fase tectónica intra-luteciense que origina una serie de pliegues norte-sur (Mediano, Boltaña, pequeños pliegues de la zona de Arro) y vergencia oeste, que son posteriores a la «mise en place» del manto del Cotiella (M. Soler y A. Garrido, 1970) y están fosilizados por series equivalentes de los conglomerados de Campanúe (A. Garrido, 1968). Esta fase parece estar en relación con la «mise en place» del manto de Monte Perdido, según hipótesis de trabajo de M. Soler (1971, en prensa). La falla N-S de Foradada de Toscar, muy probablemente es contemporánea de la «mise en place» del manto del Cotiella, ya que parece estar fosilizada por el Cuisiense o serie post-manto.

En el *Eoceno superior* tiene lugar la fase pirenaica o «mise en place» del manto de Gavarnie y su cobertura cretácea-eocena, el cual comprende una zona de raíz con Paleozoico que se superpone sobre el Cretáceo (zona de Gavarnie) y una zona frontal donde la serie cretácea está despegada al nivel del Triás. La «mise en place» del manto se corresponde con una intensa tectónica de compresión acompañada de metamorfismo (epizona en ciertos sectores) plegamiento con esquistosidad (borde norte de la cuenca de Jaca, zona de los Nogueras) y plegamiento sin esquistosidad en el

centro y frente del manto. Esta compresión acompañada de abombamiento permite en un momento determinado el deslizamiento por gravedad, con despegue a nivel del Triás (M. Seguret 1970).

En esta fase se incluyen las unidades de los Nogueras, constituidas por material paleozoico y permotriásico (acompañadas de esquistosidad) e igualmente corridas al sur (desplazamiento + 10 km.) y volcadas («têtes plongeantes» de Nogueras de Seguret).

El manto de Gavarnie abarca en su desplazamiento hacia el Sur de manera conjunta a la cuenca de Jaca y unidad central la suma de los desplazamientos mínimos del manto de Gavarnie (9 a 15 kilómetros) y unidades superiores (Monte Perdido, 15 a 20 km. y Cotiella a 20 km.), dan un orden de desplazamiento para la unidad central de 50 kilómetros y 9 a 15 kilómetros para la cuenca de Jaca. En todas estas unidades la cantidad de desplazamiento disminuye progresivamente hacia el Sur por plegamiento y escamamiento. Pero como la deformación en el interior de estas unidades despegadas es ligera, hay que admitir que el amortiguamiento frontal se verificara en su mayor parte en el frente de cabalgamiento (sierras marginales) por escamamiento y plegamiento. En la parte frontal la salida en bisel del plano de cabalgamiento daría lugar a una superposición anormal del frente del manto sobre la reducida serie ante-manto del borde norte de la cuenca del Ebro (fig. 23)

En el *Ludense-Oligoceno* (post-fase pirenaica) la erosión desmantela los relieves, originándose un fuerte espesor de molasas post-orogénicas que cubren extensivamente los paleorrelieves.

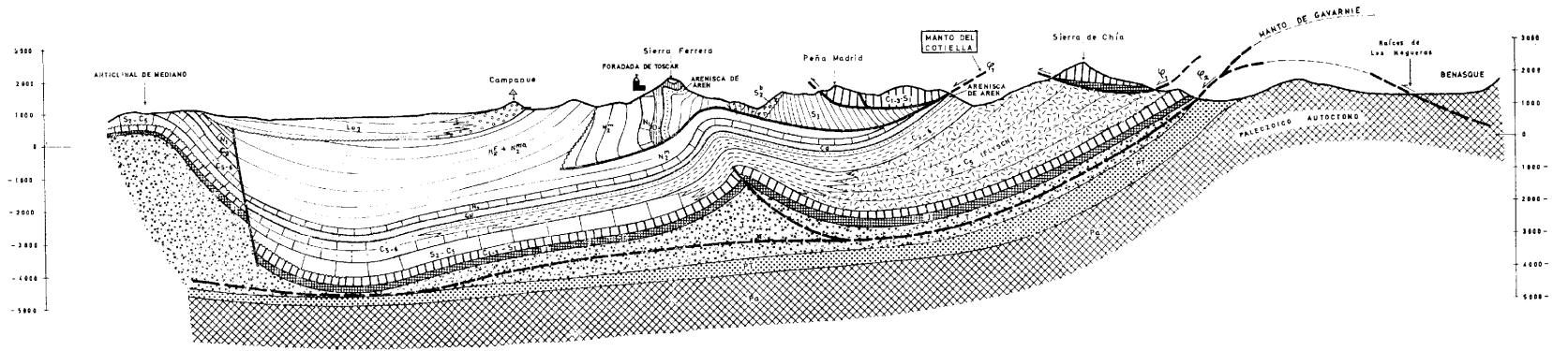
Posteriormente o en continuidad se inicia la surrección de los yesos de la «ride de gypse» por causas (muy posiblemente) diapíricas (ver hipótesis de la fig. 23) que da lugar a una zona suavemente plegada y localizada en las proximidades de la «ride de gypse».

En el *Aquitaniense* y posiblemente *Oligoceno superior* (ya que la discordancia entre el Mioceno y la formación de Peraltilla es en realidad una discordancia progresiva), las Sierras marginales experimentan una elevación sobre las que vienen en discordancia extensiva la serie miocena previo cambio en sus proximidades, a facies más groseras (conglomerados y brechas).

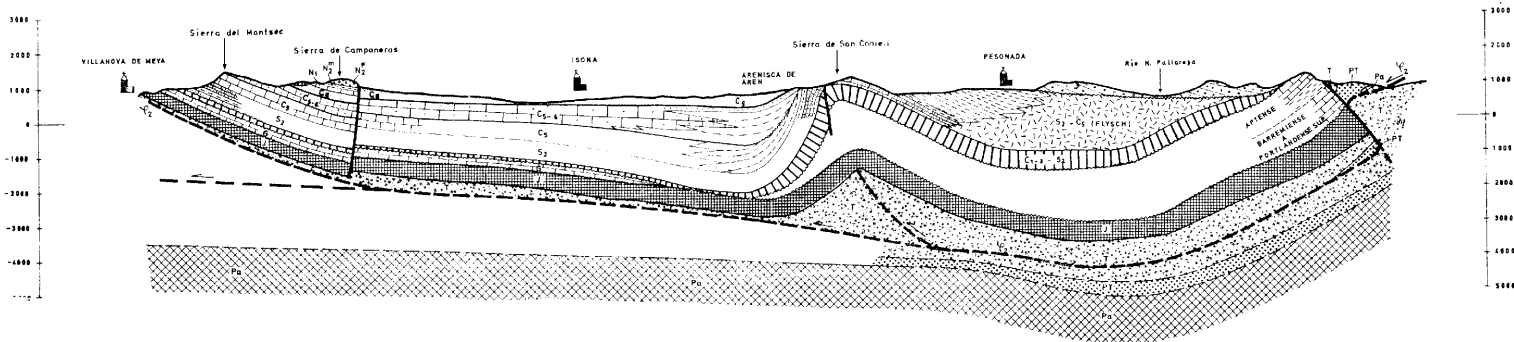
La presencia de diapiros que perforan esta serie (Naval, Estada, Estadilla, etc.) indican una edad miocena para estos fenómenos, al menos en su última etapa intrusiva. Finalmente movimientos de elevación post-miocenos de la zona axial y erosión posterior han modelado la morfología actual de la cadena pirenaica.

CORTES TECTONICOS DE LA CUENCA TREMP - GRAUS

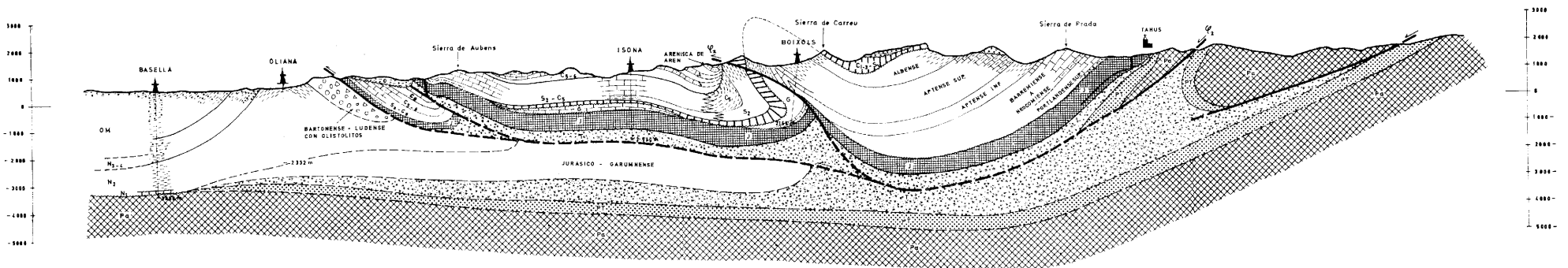
CORTE



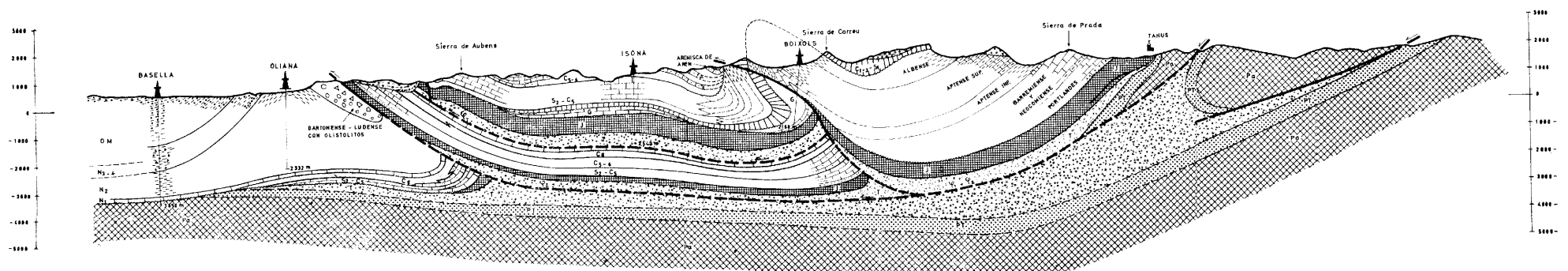
CORTE II



CORTE III
(Hipótesis A)



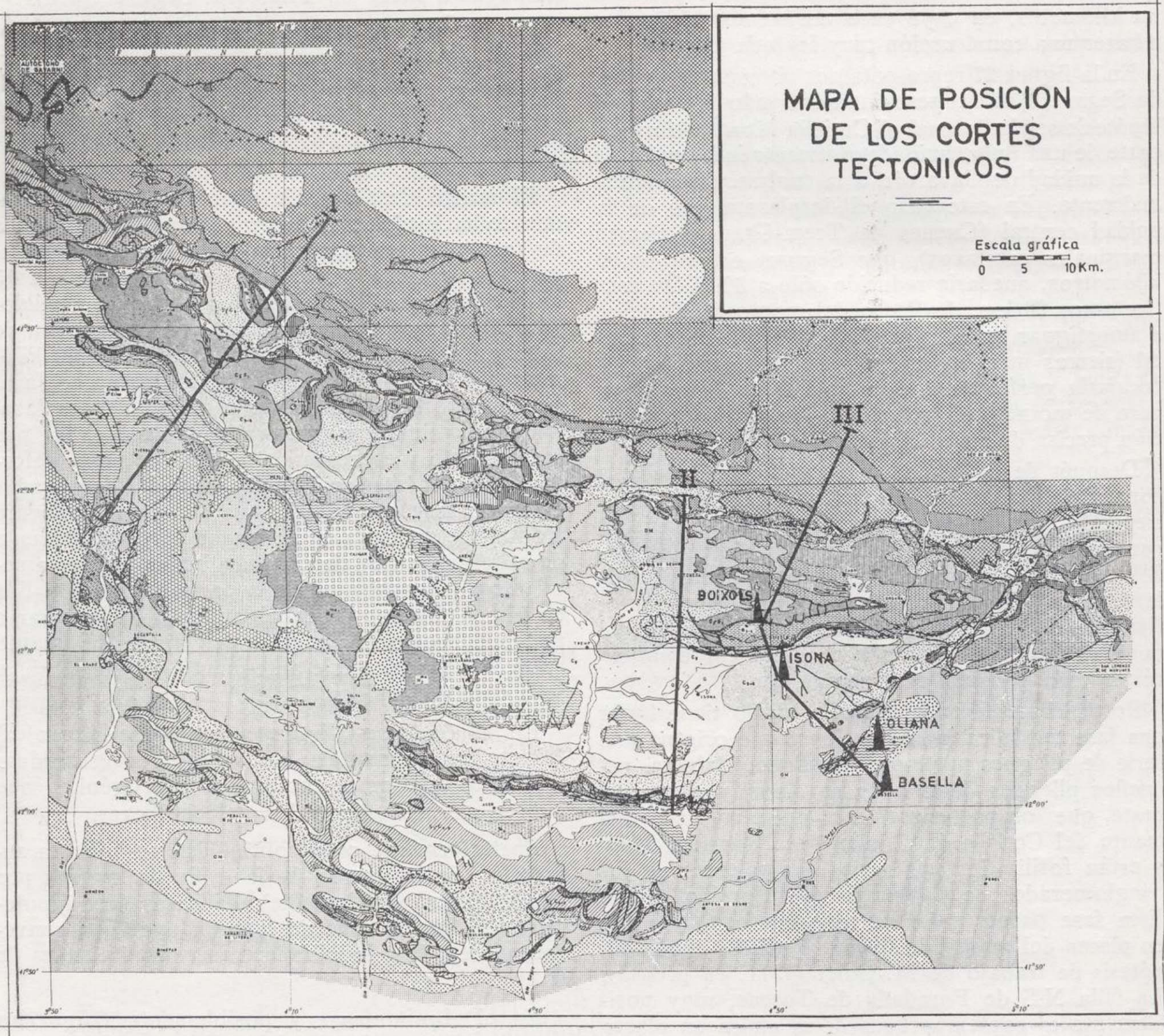
CORTE III
(Hipótesis B)



Leyenda

- SÍMBOLOS (VER MAPA GEOLOGICO)
- DISCORDANCIA
- FASE 1 "MISE EN PLACE" DEL MANTO DEL COTIELLA
- FASE 2 "FASE PIRENAICA" "MISE EN PLACE" DEL MANTO DE "ARNEP"
- ▲ SONDEO





BIBLIOGRAFÍA

- ABRARD, R. (1948): *Géologie de la France*, Payot, París.
- ALASTRUÉ, E., ALMELA, A. y RÍOS, J. M. (1957): *Explicación al mapa geológico de la provincia de Huesca*.
- ALMELA, A. y RÍOS, J. M. (1947): *Explicación al mapa geológico de la provincia de Lérida*. IGME.
- — y — — (1952): *Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales*. Actas 1.ª Cong. Inst. Est. Pir. 1950, 2. Sec. I, 327-350. Zaragoza.
- BASSOULET, J. P. (1962): *Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique des terrains ante-sénoïens de la sierra de Montsec*, Thèse 3^{ème} Cycle, Université de París.
- BIOT, J. (1962): *Etude micropaléontologique et stratigraphique de l'anticlinal de Mediano (prov. de Huesca)*, París, Thèse Doct 3^{ème} Cycle, 2 vol. 147 p., 5 fig.
- BOUROUILLE, J. DELOFFRE (1969): *Interprétation sédimentologique et paléogéographique des microfaciès jurassiennes du Sudouest aquitain*, «Bull Centre de Recherches», SNPA, PAU, vol. 3, núm. 2, p. 287-328.
- CRUSAFONT, M., VILLALTA, B., TRUYOLS J. (1954): *Caracterización del Eoceno continental de la cuenca de Tremp y edad de la orogénesis pirenaica*. «Acta II Cong. Inst. Etud. Pyren.», Luchon Pau, 2 sec. 1.
- — PAIRO, M. (1958): *Los mamíferos del Luteciense superior de Capella (Huesca)*. «Notas y Com.» IGME.
- — y — — GOLPE, J. M.ª (1966): *Los nuevos yacimientos de mamíferos del Eoceno español*. «Notas y Com.» IGME.
- — RIBA, O., VILLENA, J. (1966): *Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanenses en Santa Cilia (río Formiga, prov. de Huesca) y sus consecuencias geológicas*. «Notas y Com.» IGME, núm. 83, pp. 714.
- — DE RENZI, M. y CLAVELL, E. (1968): *Les grands traits d'une coupure crétacé-paléocène-éocène au Sud des Pyrénées (Isábena)*. «Extrait du Mémoire du B. R. G. M.», núm. 58. Colloque sur l'Eocène.
- — ROSELL, J., GOLPE, J. M. y DE RENZI, M. (1968): *Le Paléogène de la vallée d'Ager et ses rapports avec celui de la Conca de Tremp (Pyrénées de la province de Lérida, Espagne)*. «Extrait du Mémoire du B. R. G. M.», núm. 58, Colloque sur l'Eocène, 1968.
- — PONS, J. M. (1969): *Nuevos datos sobre el Aquitaniense del Norte de la Provincia de Huesca*. «Acta Geol. Hisp.», 4 (5): 124-125, Barcelona.
- CHOUKRONE, P., MARTÍNEZ, C., SEGURET, M. y MATTAUER, M. (1968): *Sur l'extension le style et l'âge de mise en place de la nappe de Gavarnie (Pyrénées Centrales)*. «C. R. Acad. Sc.», París 266, 1360-1363.
- DALLONI, M. (1910): *Etude Géologique des Pyrénées de l'Aragón*. «Ann. Fac. Sc.», Marseille 19, 444 p.
- — (1910): *Etude geologique des Pyrénées catalanes*. «Ann. Fasc. Soc.», de Marseille, T. XXVI, Fasc. III, 373 p., 65 fig. 15 pl.
- DELFAUD, J. (1969). *Essais sur la geologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé inférieur*. Thèse Bordeaux, 9 de Juin, 1969.
- DELMAS, M., GARRIDO, A., RÍOS, L. M. (1970): *Contribución al estudio del Jurásico de la cuenca de Graus-Tremp (prov. de Huesca-Lérida)*. Comunicación presentada en el I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de España (Vitoria. Octubre 1970).
- DE RENZI, M. (1967): *El problema del limite entre Secundario y Terciario en las proximidades de Serraduy, en el valle del Isábena (Huesca)*. «Acta Geol. Hisp.», 2, número 1, Barcelona.
- DUBAR, G. (1925): *Etude sur le Lias des Pyrénées françaises*. «Mem. Soc. Géol. Nord.», t. IX, I, 332, p. 51, figura 7 pl.
- EDEN, J. G. VAN (1970): *A reconnaissance of deltaic environment in the middle Eocene of the South-Central Pyrenees, Spain*. «Geologie en Mijnbouw». Vol. 49 (2), p145-157.
- ESTÉVEZ, A. (1968): *Tectónica de las unidades alóctonas del Castell de Bac Grillera (Pirineo oriental, España)*. «Acta Geológica Hispánica», t. III, núm. 5, p. 138-141.
- FONTBOTÉ, J. M. (1949): *Nuevos datos geológicos sobre la cuenca alta del Ter*. «Anales del Inst. de Est. Gerundenses», Gerona. T. IV, 57 p.
- — SOLÉ SABARIS, MASACHS, V., VIRGILI, C. (1956-1958): *Elementos estructurales de la zona axial en el alto Ribagorzana*. «II Congreso Ins. Est. Pyr.», t. II, Toulouse, 1956, «Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. LVI, núm. 2.
- GARRIDO, A. (1963): *Estudio geológico de la región Mediano-Campo-Laspuña*. «Informe núm. 101», ENPASA (Zaragoza).
- — (1966): *Estudio del Jurásico y Cretáceo de los Pirineos Centrales, entre los ríos Esera y Noguera Ribagorzana*. «Informe núm. 140», ENPASA (Zaragoza).
- — (1968): *Sobre la estratigrafía de los conglomerados de Campanué (Sta. Liestra) y formaciones superiores del Eoceno (extremo occidental de la cuenca Tremp-Graus, Pirineo Central, provincia de Huesca)*. «Acta geológica», t. III, núm. 2, pág. 39-43.
- — (1969): *Estudio de las sierras marginales del Pirineo, en el valle del Noguera Ribagorzana o zona de Arcen-Pont de Suert*. «Informe núm. 171», ENPASA (Zaragoza).
- — (1969): *Estudio Geológico de San Corneli (Pirineo Central)*. «Informe núm. 178», ENPASA (Zaragoza).
- — (1969): *Estudio Geológico de San Corneli (Pirineo Central)*. «Informe núm. 178», ENPASA (Zaragoza).
- — (1970): *Estudio geológico de la zona de los Nogueras (Pirineo Central)*. «Informe núm. 204», ENPASA (Zaragoza).
- GARRIDO, A. y RÍOS, L. M. (1970): *Estudio geológico de la parte oriental de la cuenca de Graus-Tremp*. «Informe ENPASA (Zaragoza).
- GIRAUDET, J. P. (1962): *Étude géologique de la région de Os de Balaguer (prov. de Huesca et de Lérida, Espagne)*. Fas. Sec. Bordeaux. Avril 1962.

- GREKOFF, N., GUERIN DESAJRDINS, E., LATRILLE, M., LYS, M., SIGAL, J. y SISKIND, B. (1961): *Présence de niveaux marins du Néocomien et probablement du Malm dans les pyrénées de Lérida*. «CR. AC. Sc.», t. 252, pp. 2262-2264.
- GUERIN-DESJARDINS B. et LATRILLE, M. (1961): *Etude géologique dans les Pyrénées espagnoles entre les rios Segre et Llobregat (prov. de Lérida et Barcelona)*. «Rev. Inst. Fr. Pétrole», XVI, núm. 9, pp. 922-940.
- GUITARD, G. (1970): *Les métamorphismes hercynien mésozonal et les gneiss ocellés du Massif du Canigou (P. O.)*. «Mémoires du B. R. G. M.», núm. 63.
- HAAF, E. ten (1966): *Le flysch Sud-Pyrénéen le long du rio Ara (Huesca)*. (Act. V Cong. Inst. Est. Pirenaicos», 1, Sec. I, 143-150, Jaca.
- HOORN, B. VAN (1969): *Submarine canyon and fan deposit in the Upper Cretaceous of the south-central Pyrenees, Spain* «Geol. Mijnb.», 48, pp. 67-72.
- (1970): *Sedimentology and Paleogeography of an Upper Cretaceous Turbidite Basin in the South-Central Pyrenees, Spain*. «Leidse Geologische Medelingen», vol. 45, pp. 73-154.
- HOTTEINGER, L. (1961): *Acerca de las Alveolinas paleocenas y eocenas*. «Notas y Com.», IGME, núm. 64, pp. 37-86.
- HUPE, P. (1954): *Tectonique de la bordure secondaire Sud-Pyrénéenne entre l'Esera et la Ribagorzana (Haut-Aragon)*. «Annales Hebert et Hang.», t. VIII, pp. 197-244, 15 fig., 2 pl.
- JACOB CH., FALLOT, P., ASPE, G. et CIRY, R. (1927): *Observations tectoniques sur le versant méridional des Pyrénées centrales et orientales*. «C. R. XIV Cong. Inst. Geol.», 2, 335-412. Madrid.
- LUNSEN, V., H. A. (1970): *Geology of the Ara-Cinca region Spanish Pyrenees, Province of Huesca*. «Geol. Ultralectina», 16 Utrecht.
- MAGNE, J., SENORIE-VIVIEN, R. M. (1961): *Le Lias du forage de Manbuisson (Commune de Carcans, Gironde) Colloque sur le Lias Français*. «Mém. B. R. G. M.», pp. 803-807.
- MANGIN, J. P. (1959-1960): *Le Nummulitique Sud-Pyrénéen à l'Ouest de l'Aragon*. «Pirineos núms. 51-58», 15-16, 681, pp. 113, figs.. 1 mapa. Zaragoza.
- MARTÍNEZ, C. (1968): *Etude structurale de la région de la Cinqueta. Substratum de la mappe de Gavarnie (Pyrénées centrales Espagne)*. Thèse 3ème Cycle Univer. Montpellier.
- MATTAUER, M. et PROUST (1965): *Sur la présence et la nature de deux importantes phases tectoniques dans les terrains secondaires des Pyrénées orientales*. «C. R. Som. S. G. F.», fasc. 5. p. 132-133.
- MEY, P. H. W. (1968): *Geology of the upper Ribagorzana and Tor valleys central Pyrenees, Spain*. «Leidse Geol. Med.», 41, p. 229-292.
- MISCH, P. (1934): *Geologie der mittlerem Sudpyreneen*. Abh. Gesselsch Wiss Göttingen Mat. Phys. Kl., t. III, H. Berlín (Trad. española por J. Gómez de Llarena Publications ext, sobre «Geol. Esp.», vol. IV, p. 1-181, Madrid, 1948).
- MUTTI, E. y ROSELL SANUY, J. (1968). *Presencia de laminación oblicua a gran escala en las turbiditas senonenses del flysch de los alrededores de Poble de Segur (prov. de Lérida)*. «Acta Geológica Hispánica», t. III, núm. 5, pág. 120-123, 1968.
- NAGTEGAAL, P. J. C. (1963): *Convolute lamination, metadepositional ruptures and slumping in an exposure near Poble de Segur* «Geol. Mijnb.», 42, p. 363-374.
- (1969): *Sedimentology, Paleoclimatology, and Diagenesis of post-Hercynian continental deposits in the south-central Pyrenees, Spain*. «Leidse Geol. Med.», 42, páginas 143-238.
- PAPON, J. P., SOUQUET, P. (1969): *Epirogenèse et sédimentation dans le Sénonien du masif du Turbon (versant sud Pyrénées centrales)*. «C. R. S. Soc. Géol. de France», fasc. 6, pp. 214-215.
- (1969): *Etude de la zone sub-pyrénéenne dans le masif du Turbon (prov. Huesca)*. Thèse Fac. Sc. de l'Université de Toulouse. Junio, 1969.
- PEYBERNES, B. (1968): *Précisions stratigraphiques sur le Jurassique terminal et le Crétacé inférieur aux abords de la vallée du Segre*. «C. R. Soc. Géol. de France», número 1, pp. 15-16.
- (1969): *Sur le Crétacé inférieur sud-Pyrénéen aux abords de la vallée de la Noguera-Pallaresa (prov. de Lérida. Pyrénées espagnoles)*. «C. R. S. Soc. Géol. de France». Fasc. 6, pp. 212-214 (16.6.69).
- y PAPON, J. P. (1968): *Etude stratigraphique des terrains ante-cenomaniens entre la Noguera Ribagorzana et l'Esera (Pyrénées aragonaises)*. «Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse», t. 104, núms. 3-4, pp. 333-349, 3 fig.
- REILLE, J. L. (1965): *Sur l'allure et l'âge de la discordance Pyrénéenne dans le bassin de Graus (province de Huesca, versant sud des Pyrénées)*. «C. R. Paris», t. 260 (31 Mai 1965), Groupe 9.
- REILLE, J. L. (1967): *Subdivisions stratigraphiques et phases de plissement dans le Paléogène continental sud-Pyrénéen (Région de Barbastró, province de Huesca)*, «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 265 (18 Septembre 1967), Serie D.
- RIBA, O. (1966): *Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana*. «Acta Geológica Hispánica Inst. Nacional de Geología», C. S. I. C.
- y LLAMAS, M. R. (1966): *Los terrenos yesíferos triásicos y terciarios de las proximidades de Estada (Huesca)*. «Bol. Serv. Geol. Obras Públ.»,
- RÍOS, L. M. (1964): *Estudio geológico de la zona Benabarre-Tolva*. «Informe ENPASA» (Zaragoza).
- (1969): *Estudio geológico de la Sierra del Montsec*. «Informe núm. 167, ENPASA» (Zaragoza).
- ROSELL, J., RIBA, O. (1966): *Nota sobre la disposición sedimentaria de los conglomerados de Poble de Segur (provincia de Lérida)*. (Acta del V Cong. Inst. Est. Pir.), Jaca-Pamplona.

- (1967): *Estudio geológico del sector del Prepirineo comprendido entre los rios Segres y Noguera-Ribagorzana*, «Revista Pirineos» núm. 7.578, pp. 9-225.
- ROGER, PH. (1965): *Etude stratigraphique et structurale de la zone des Nogueras entre l'Esera et l'Isábena (Huesca)*. «Acta de la Société Linnéenne de Bordeaux», t. 102, série B, núm. 5, 1965
- SEGURET, M. (1970): *Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centre du versant Sud des Pyrénées*. «Thèse Fac. Sc.», Montpellier.
- SELZER, G. (1934): *Geologie de südpyrenäischen Sierren in Oberaragonien*. «N. J. Min., Pal. Geol.», 71, 370-406. Berlín; Trad. por J. M. Ríos Pub. Ex. Sobre Geol. de España, 4, 185-232.
- SOLER, M. (1970): *Etude géologique du Haut Aragon occidental*. SNPA PAU.
- (1971): *Estudio geológico de la parte occidental de la cuenca de Graus-Tremp* (Informe interno de ENPASA).
- (1971): *Hipótesis sobre el origen del anticlinal de Boltaña*. «VI Cong. de la Unión Internacional de Estudios Pirenaicos» (en prensa).
- y GARRIDO, A. (1970): *La terminación occidental del manto de Cotiella*. «Pirineos», 98, 5 a 12. Jaca 1970.
- y PUIGDEFABREGAS, C. (1970). *Líneas generales de la geología del alto Aragón occidental*. «Pirineos», 96, 5-12, Jaca.
- SOUQUET, P. (1967): *Le Crétacé supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragón et Navarre*. Thèse Doctorat. Fac. Sc. Toulouse. Avril 1967.
- VERGEL, G. (1968): *Nota sobre las tres anomalías sedimentarias del Ipresense-Luteciense de: sierra de Berganúy, Peña Aspra y Merli*. Informe interno de ENPASA.
- VIDAL, L. M.: (1918): *Geología del Montsec*. Junta de Ciencias Naturales de Barcelona, Anuari II, part. la reproduc. en «Ibérica», pp. 152-155, Barcelona.
- VIRGILLI C: (1963): *Trias du NE de l'Espagne, Colloque du Trias de la France et des régions limitrophes*. «Mem. B.R. G. M.», p. 469-481.
- WENZ, S. (1968): *Note préliminaire sur la faune ichtyologique du Jurassique supérieur du Montsec*, B. S. G. F. (7) T. X., pp. 116-119.

Recibido el 7-VII-71.

Contexto geológico de los yacimientos de fluorita de Múzquiz, Estado de Coahuila, México

por H. MAGLIOLA MUNDET (*)

RESUMEN

Los yacimientos de fluorita conocidos en el Estado de Coahuila, México, al norte del paralelo de los 28°, y que tienen su acceso principalmente por la Ciudad Melchor Múzquiz, pertenecen a los distritos mineros de Pico Etéreo, La Encantada-Buenavista y El Tule, más varios otros menores. Actualmente y en conjunto son el origen de una producción de fluorita de grado ácido cuya magnitud está entre las mayores del país.

Estos depósitos yacen en formaciones sedimentarias marinas cretácicas, presentándose en gran extensión como mantos restringidos a un mismo nivel estratigráfico. En su base hay evidencias de una antigua superficie de erosión y disolución a consecuencia de una discordancia. Sobre esta superficie irregular la mineralización se asocia íntima y concordantemente con las arcillas ferruginosas de la Formación del Río. De los yacimientos discordantes la mayoría (Pico Etéreo) presenta relaciones espaciales con rocas ígneas.

RÉSUMÉ

Les gisements de fluorine situés au Mexique dans l'Etat de Coahuila, au Nord du 28^{ème} parallèle et dont l'accès principal est la Ciudad Melchor Múzquiz, font partie des districts miniers de Pico Etéreo, La Encantada-Buenavista et El Tule, et d'autres districts plus petits. Actuellement ces gisements sont à l'origine d'une production de spath chimique d'une importance telle, qu'elle les place parmi les plus importants du pays.

Ils sont contenus dans des formations sédimentaires marines datant du Crétacé et présentent une grande extension comme «mantos» restreints à un même niveau stratigraphique. A sa base on observe très nettement une ancienne surface d'érosion et de dissolution, conséquence d'une discordance. La minéralisation, sur cette surface irrégulière, se trouve en concordance et est intimement associée avec les argiles ferrugineuses de la Formation del Río. Quant aux gisements discordants, les principaux (Pico Etéreo) présentent des liaisons spatiales avec les roches ignées.

INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es presentar, en forma preliminar, una visión de las condiciones geológicas imperantes en un grupo numeroso y extendido de yacimientos de fluorita, localizados en varios distritos de la mitad septentrional del Estado de Coahuila, México. Al mismo tiempo se intenta sugerir direcciones de investigación en el sentido de mejorar la comprensión de tales concentraciones minerales, dentro de ese marco geológico re-

gional, para lo cual se apela a lo esencial de su descripción estratigráfica, estructural y petroológica.

La significación económica de esta región, por otra parte ópticamente situada para el aprovisionamiento de los Estados Unidos, la coloca como una de las más importantes del país. Su producción está entre las mayores que integran el casi medio millón de toneladas de espato flúor de grado ácido pronosticado para el año actual como procedente de México (25). Sin embargo, el hecho de obtenerse ella, salvo pocas excepciones, a partir de muchos trabajos mineros pequeños, hace difícil al examinarlos aisladamente apreciar la magnitud de conjunto de esta fuente de materia prima.

(*) Doctor en Ciencias Naturales. Maître de recherche. Ecole des Mines de Paris. Centre de Géologie Minière. 60 Bd. Saint Michel. Paris VI^e. Francia.

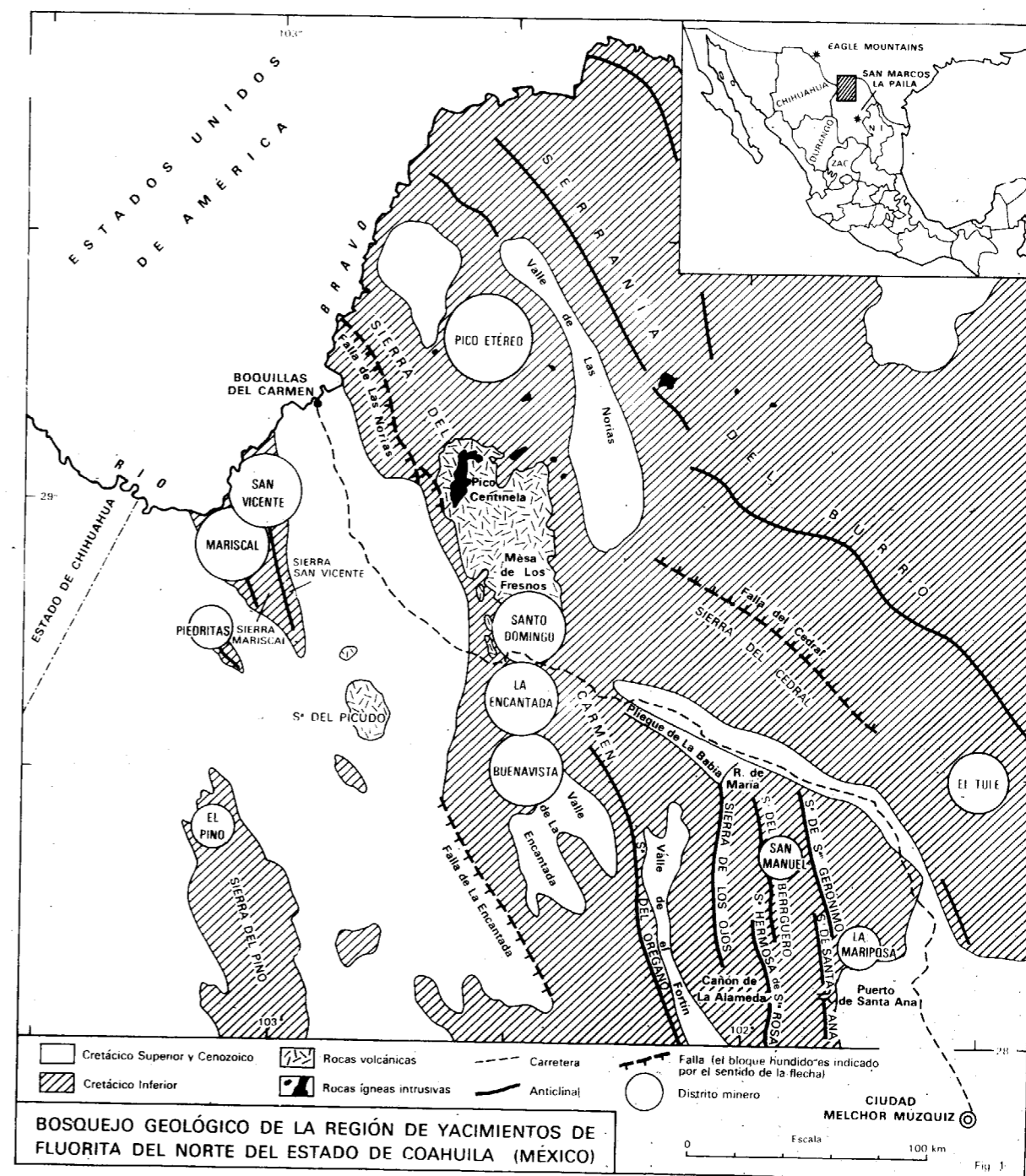


Fig. 1

SITUACIÓN

Este estudio se refiere a los yacimientos de fluorita conocidos en la región al norte de la Ciudad Melchor Múzquiz, comprendidos en los munici-

pios de Acuña, Ocampo, Múzquiz y Zaragoza del Estado de Coahuila, México.

La vía de acceso de mayor importancia es la carretera actualmente en trabajos de pavimentación, de C. M. Múzquiz a Boquillas del Carmen

en el límite internacional, y que entronca con la principal de Monclova - Sabinas - Nueva Rosita - Piedras Negras. También existe una línea férrea que sirve a estas localidades y establece una comunicación para el transporte de cargas con los Estados Unidos.

Los distritos mineros que agrupan la mayoría de los depósitos son: Pico Etéreo, La Encantada-Buenavista y El Tule. Otros menores, en parte inactivos son los de La Mariposa, San Manuel, San Vicente, Santo Domingo, etc.

En términos generales el área en cuestión se orienta como los ejes de las serranías principales de NW. a SE., desde la profunda entrada meridional que traza el Río Bravo en el Parque Nacional del Big Bend, Texas, hasta el paralelo de los 28°, es decir, por unos 200 kilómetros de largo. Transversalmente está enmarcada por la serranía del Burro al E. y las planicies desérticas colindantes al W. con el Estado de Chihuahua, por un espacio de más de 100 kilómetros de ancho.

FISIOGRAFÍA Y ESTRUCTURA

Esta área se caracteriza por el predominio en su porción oriental de una superficie montañosa con una elevación sobre el nivel del mar superior a los 1.000 metros, la cual forma parte de la sierra Madre Oriental de México. Está constituida por encadenamientos y valles sensiblemente alineados NW-SE.

La cadena más externa e importante pertenece a la serranía del Burro que comienza al norte en el Río Bravo y aloja en su parte central algunos cuerpos ígneos y también rocas filonianas.

Sigue al occidente la sierra del Carmen, más o menos paralela a la serranía anteriormente citada, y que se presenta como la continuación mexicana del grupo de montañas de Texas (Rocky Mountain). En esta cadena se desarrollan las rocas volcánicas que conforman típicas mesetas elevadas de coladas lávicas, como en su extensión centro-sur, la llamada Mesa de los Fresnos. También posee el punto culminante de la región, el Pico Centinela, de más de 2.200 metros de altura.

Entre estos dos cordones existen al norte varios domos, unos de los cuales constituye el cerro de Aguachile, en el llamado distrito de Pico Etéreo. Mucho más al sur se individualiza la sierra del Cedral.

La extremidad septentrional de la sierra del Carmen, en México, se presenta como un bloque levantado y limitado en su flanco suroeste por la denominada falla de Las Norias, cuyo frente escarpado tiene más de 600 metros de desnivel. En su parte basal se exponen los terrenos donde se conocen mineralizaciones plomíferas. Por otra par-

te, más hacia el W., sobre el Río Bravo, en Boquillas del Carmen existen algunas fuentes termales.

La parte sur de la sierra del Carmen, con una elevación menor, se transforma más bien en una altiplanicie de la que emergen algunos cerros eruptivos como los vecinos a la carretera principal de C. M. Múzquiz a Boquillas del Carmen (cerros Soledad y Estella) y en el sector de la loma de la Encantada el cerro Colorado. Desde el llamado Rincón de María, en la vecindad del Rancho de la Babia, al sur, hay un cambio en la orientación de los encadenamientos que, con otros nombres, prolongan las serranías en varios cordones meridionales. No obstante, enfrentando a Nacimiento y la C. M. Múzquiz, la sierra Hermosa de Santa Rosa vuelve a tener un eje NW-SE.

En la parte occidental del área, dentro del dominio de la extensa altiplanicie central mexicana, existen vastas superficies desérticas, de una altitud vecina a la cota de los 1.000 metros, donde se pierden las aguas de los cursos intermitentes que descienden de las elevaciones montañosas que emergen más o menos esporádicamente. Pero las sierras de San Vicente, del Pino y otras, principalmente constituidas por las calizas mesozoicas mantienen la misma dirección de las serranías orientales. Estos llanos que continúan en el Estado de Chihuahua, al W., son interrumpidos también por los cerros o serranías aisladas de rocas volcánicas.

El clima predominantemente árido condiciona los tipos de vegetación según las variaciones que imponen la altitud y en menor grado las propiedades del suelo presente. Algunas praderas con transiciones a bosques abiertos de pinos en los niveles superiores degeneran al descender en palmares y luego en asociaciones de plantas carnosas con mezquites, huizaches, ocotillos, etc. Finalmente en los niveles inferiores de las planicies del aluvión cenozoico, netamente desérticos, dominan la gobernadora (*Larrea* sp.), algunas cactáceas y otras xerófitas.

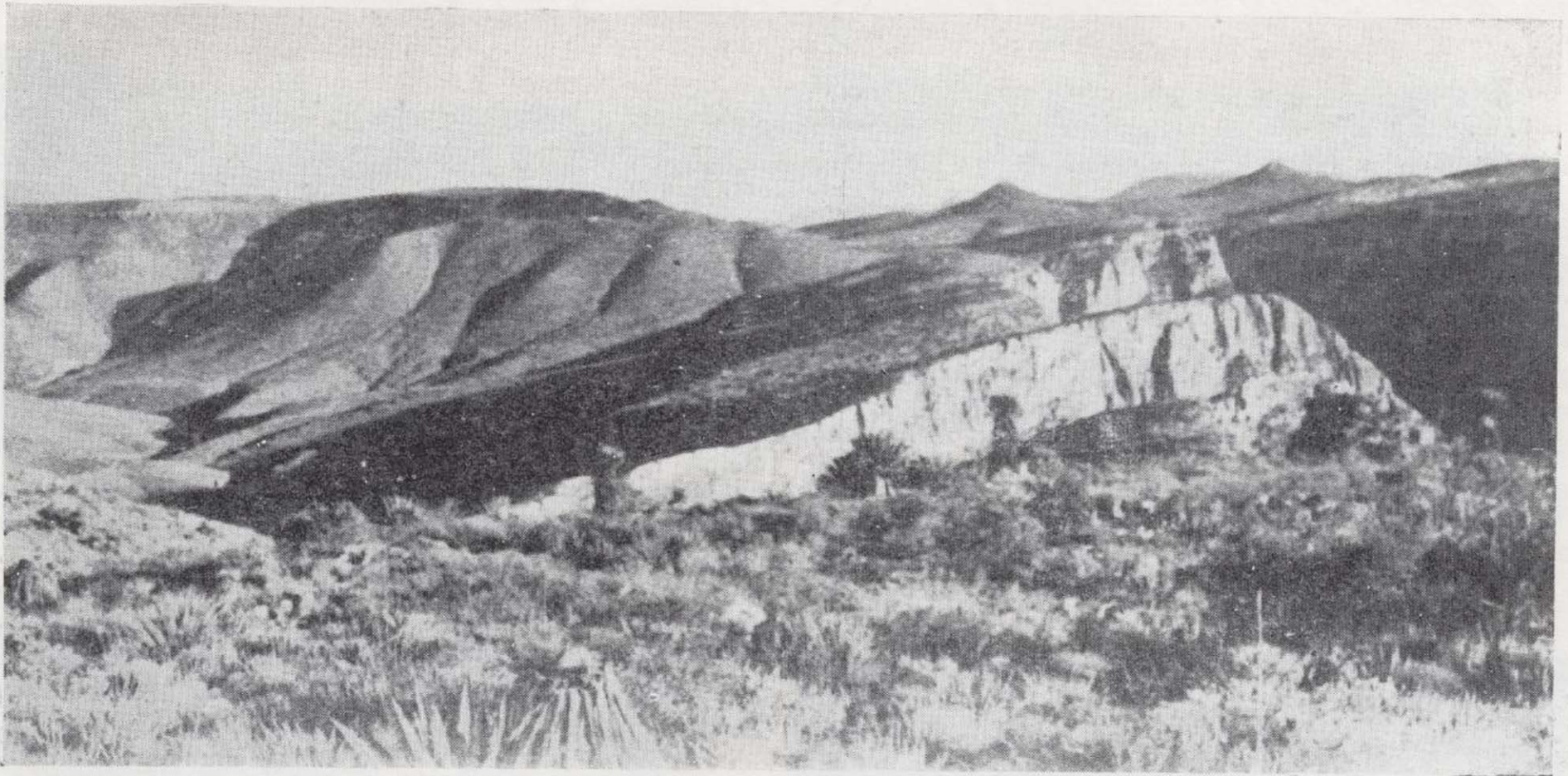
En resumen, morfológicamente la estructura de los terrenos sedimentarios mesozoicos plegados se refleja por las serranías de anticlinales (sierras de San Vicente, Mariscal, San Gerónimo, etcétera) y por mesetas como en La Encantada-Buenavista, donde flexuras-falla determinaron anchos escalonamientos elevados, profundamente disectados por los cañones. Además la gran mancha de rocas efusivas modernas, en el centro de la sierra del Carmen, así como los cerros islas dispersos al occidente, también en parte de materiales volcánicos, integran la imagen de las partes ásperas emergentes del relieve que contrastan con las amplias cuencas aplanadas de los depósitos recientes.



SIERRA DEL CARMEN. — Vista de las calizas cretácicas plegadas sobre las que yacen a la izquierda y al fondo lavas riolíticas. La superficie inclinada encima del farellón de un banco de caliza masiva corresponde con la discordancia que precedió a la sedimentación de la F. del Río. Hacia la derecha los cerrillos puntiagudos conservan parte del Cretácico Superior.



SIERRA DEL CARMEN. — Vista de su flanco occidental. En la dirección de la carretera hacia Boquillas del Carmen y en segundo plano una estribación de rocas volcánicas.



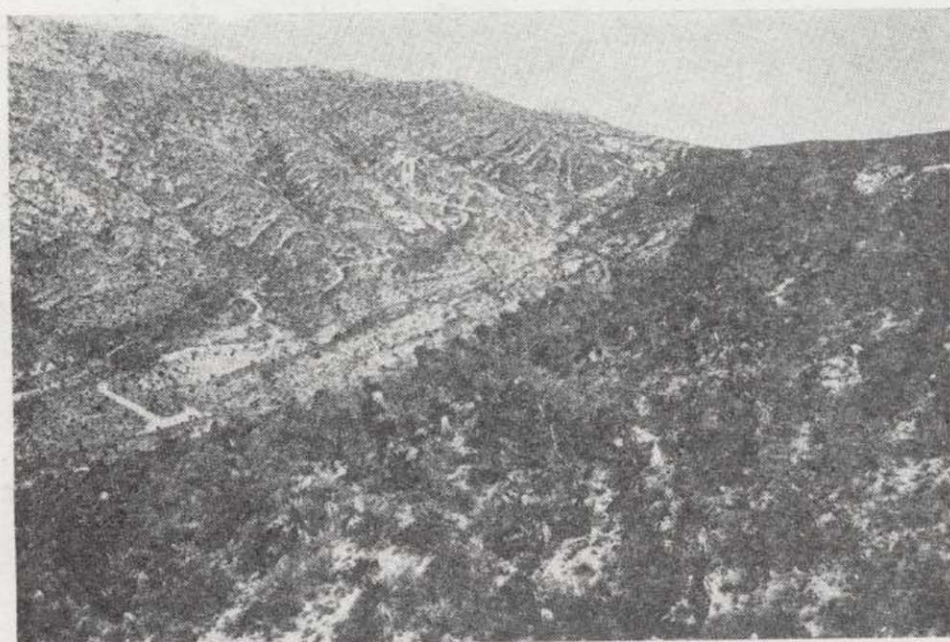
SIERRA DEL CARMEN. — Vista de las calizas cretácicas plegadas sobre las que yacen a la izquierda y al fondo lavas riolíticas. La superficie inclinada encima del farellón de un banco de caliza masiva corresponde con la discordancia que precedió a la sedimentación de la F. del Río. Hacia la derecha los cerrillos puntiagudos conservan parte del Cretácico Superior,



SIERRA DEL CARMEN. — Vista de su flanco occidental. En la dirección de la carretera hacia Boquillas del Carmen y en segundo plano una estribación de rocas volcánicas.



SIERRA DEL CARMEN.—Vista panorámica hacia el N desde la carretera de C. M. Múzquiz a Boquillas del Carmen. A la izquierda del centro y en la parte más elevada se conservan las coladas riolíticas de Mesa de los Fresnos; más abajo y cerca otras rocas volcánicas. Enmarcando el conjunto las calizas cretácicas.



SIERRA DEL CARMEN.—Vista hacia el sur de un fondo sinclinal de las calizas cretácicas. Siguiendo el camino a la izquierda los desmontes denuncian trabajos mineros en el manto de fluorita.



SIERRA DEL CARMEN.—Corte de la carretera mostrando las calizas del Cretácico Superior (F. Boquillas) afectadas por las rocas ígneas subyacentes.



SIERRA DEL CARMEN.—Cuello volcánico del C° de la Estrella.



SIERRA DEL CARMEN.—Complejo ígneo visto desde la carretera de C. M. Múzquiz a Boquilla del Carmen.



SIERRA DEL CARMEN. - Vista panorámica hacia el N desde la carretera de C. M. Múzquiz a Boquillas del Carmen. A la izquierda del centro y en la parte más elevada se conservan las coladas riolíticas de Mesa de los Fresnos; más abajo y cerca otras rocas volcánicas. Enmarcando el conjunto las calizas cretácicas.



SIERRA DEL CARMEN. - Vista hacia el sur de un fondo sinclinal de las calizas cretácicas. Siguiendo el camino a la izquierda los desmontes denuncian trabajos mineros en el manto de fluorita.



SIERRA DEL CARMEN. - Corte de la carretera mostrando las calizas del Cretácico Superior (F. Boquillas) afectadas por las rocas ígneas subyacentes.



SIERRA DEL CARMEN. - Cuello volcánico del C° de la Estrella.



SIERRA DEL CARMEN. - Complejo ígneo visto desde la carretera de C. M. Múzquiz a Boquilla del Carmen.

GEOLÓGIA REGIONAL

Según los datos de Smith (50) los terrenos sedimentarios del norte de México fueron primeramente atribuidos al Cretácico por R. T. Hill en 1893. Posteriormente Böse en 1913 reconoció las subdivisiones estratigráficas principales al igual que C. L. Baker y sus asociados. Los informes de las compañías petroleras desde la década del 20, en gran parte inéditos, se refieren al Cretácico de la región.

A partir de 1953, Petróleos Mexicanos se interesó en el área e hizo reconocimientos (W. E. Humphrey, T. Díaz y otros). El mismo Smith contribuyó, con su trabajo de 1966, a aclarar el origen de la plataforma epicontinental y sus facies sedimentarias, desarrolladas en el norte de México y sudoeste de Texas en el Cretácico inferior, y también a ampliar las conclusiones paleogeográficas acerca de la evolución de la llamada Península de Coahuila del Jurásico y Cretácico inferior. En este sentido Imlay (25), Kellum y otros (28), en trabajos publicados en 1937 y 1936, respectivamente, al investigar el extremo meridional de dicha península contribuyeron sustancialmente para la comprensión del Cretácico y subordinadamente al reconocimiento de la actividad ígnea. Posteriormente Cserna (11) en 1959 analizó las condiciones tectónicas de toda la sierra Madre Oriental en base a un estudio geológico localizado entre las ciudades de Torreón y Monterrey. Por otro lado, Robeck y asociados (43) presentaron al describir la región carbonífera de Sabinas, Estado de Coahuila, el contexto estratigráfico y estructural del área inmediatamente al sur de la considerada aquí.

El «Geologic Map of Northern Coahuila» del año 1961, compilado y editado por Smith sobre la base parcial de fotografías aéreas a escala 1:500.000 y otros documentos de fuentes y autores diversos cubre la mayor parte de los distritos mineros y sus zonas intermedias, con excepción del importante distrito de La Encantada-Buenavista.

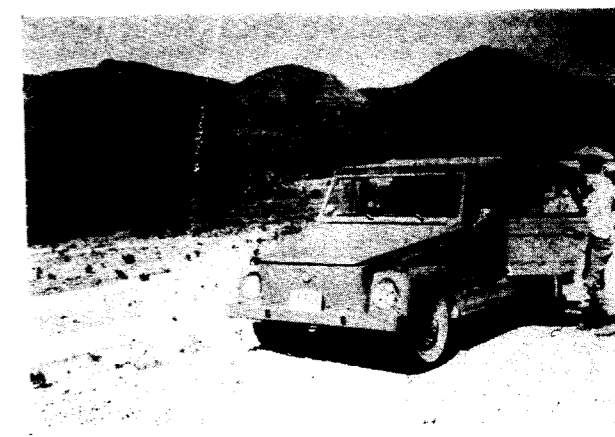
Desde el punto de vista petrológico hay referencias dispersas sobre la región (Schultze, 46; Daugherty, 12; Temple & Grogan, 52; McNulty y otros, 36; etc.), aunque parece ser Levinson (29) en 1962, el primero que supuso una relación de las mineralizaciones de fluorita y berilio con las rocas ígneas alcalinas semejantes a las de Texas.

ESTRATIGRAFÍA

Las rocas sedimentarias aflorantes en la región pertenecen a diversas unidades estratigráficas, que

han sido designadas siguiendo la nomenclatura fijada con anterioridad en el sur de los Estados Unidos. Sin embargo, los trabajos más recientes y las correlaciones con otras áreas mexicanas permiten aplicar algunas denominaciones más apropiadas actualmente.

La columna estratigráfica de las rocas expuestas, que varían en composición y edad según el detalle que brevemente las caracteriza a continuación, pertenecen principalmente al Cretácico inferior. F. W. Daugherty señala que en el área de Pico Etéreo, al norte del Estado de Coahuila, hay unos 1.000 metros de rocas cretácicas sobreyaciendo a un basamento de rocas premesozoicas. Por otra parte, al Sur, en las vecindades de la C. M. Múzquiz, el desarrollo del Cretácico superior alcanza a niveles estratigráficos más elevados que los septentrionales y en ellos se intercalan asimismo depósitos de carbón.



SIERRA DEL CARMEN. - Vista frontal de la ladera en la Victoria. A la derecha un cerro de rocas volcánicas

La sucesión de sedimentos cretácicos se presenta dividida en tres series (50). En orden ascendente son: Coahuila, Comanche y del Golfo. Las dos primeras del Cretácico inferior y la tercera del Cretácico superior.

Formación La Mula.

Representa a los sedimentos más antiguos de la serie de Coahuila aflorantes en la región. Constituyen la parte basal del extremo meridional de la sierra del Carmen al W. del Rancho de la Babia. También son visibles en la sierra del Cedral cerca del Rancho del Infante. Está compuesta por lutitas y calizas arcillosas de color rojizo debido al intemperismo. Su edad es atribuida al Barremiense.



SIERRA DEL CARMEN.— Vista frontal de la ladera en la Victoria. A la derecha un cerro de rocas volcánicas.

Formación Cupido.

De la anterior se pasa gradualmente a un predominio de calizas que conforman esta unidad del techo de la serie de Coahuila. Se atribuye al Aptiense, aunque podría haberse depositado desde fines del Barremiense. Es una caliza de color gris oscuro en estratos medios a gruesos, en parte dolomíticos. Está presente junto a la F. La Mula; forma escarpas en el cañón de La Alameda y también aflora en la falda occidental de la sierra de Carmen, al pie del Pico de Puerto Rico (*).

Formación La Peña.

Ha sido definida como la integrante más antigua de la serie Comanche. Tiene una amplia distribución lateral, aunque según los autores su extensión vertical es variable. Aflora en los mismos lugares que la F. Cupido y está formada por lutitas calcáreas negras e intercalaciones de calizas arcillosas. Se caracteriza por modelar taludes inclinados entre las calizas que las flanquean abajo y arriba. Su edad es del Aptiense y más precisamente final.

Formación de «caliza Aurora».

En rigor no se pretende designar en la región con esta denominación una unidad sedimentaria simple. Se lo emplea como término colectivo de diversas facies. Efectivamente, si bien en la parte más septentrional del estado de Coahuila aún son aplicables las subdivisiones de la serie Comanche válidas para Texas (Grupos Trinidad, Fredericksburg y Washita), más al sur cambian a variantes litológicas de edad equivalente. Como se ha dicho, Smith (50), describió, analizó e interpretó ampliamente estas diferencias del complejo sedimentario depositado en una zona de relaciones entre una cuenca oceánica y la plataforma continental y la intervención de los procesos biológicos conexos.

(*) En un estudio sobre las mineralizaciones metalíferas del NE. de México, Sánchez-Mejorada (45) sostiene que: «the most important lead-silver replacement deposits of the province are confined to a single formation», en este caso la F. Cupido. Más adelante precisa que los «mantos» casi uniformemente coinciden estratigráficamente con calizas dolomíticas que, en su opinión, proporcionaron un factor de control favorable para la concentración metálica. Queda abierto el interrogante, a falta de otras precisiones, si las pocas minas de plomo conocidas en la región también se alojan en esta formación como las de Reforma y San Rafael (Coahuila) y Minas Viejas, La Blanca y Refugio (Nuevo León), de acuerdo con lo establecido por el autor citado.

La «caliza Aurora» s. s., tal como se presenta en las localidades de su definición original (sierra de Cuchillo Parado, Chihuahua), consiste en calizas masivas en estratos medianos a gruesos, de colores grises hasta negruzcos, con restos orgánicos (rudistas y otros). En este sentido se la considera como una facie arrecifal del Albiense que constituye las principales serranías de los Estados de Chihuahua y Coahuila y tienen sus equivalentes en Texas con las formaciones Edwards y Georgetown.

Para Smith la facie típica «Aurora» está representada por calizas limo-arcillosas con globigerinas y «wackes» que puede o no estar presente en cualquiera de las formaciones definidas que sobreyacen a la F. La Peña y que además subyacen, discordancia por medio, a la F. del Río.

En la base de estos sedimentos se reconocen dos formaciones de extensión regional («Glen Rose» y «Telephone Canyon»), seguidas por otras diversas que fueron relacionadas en la Meseta Edwards de Texas por Lozo & Smith (50) como correspondientes a tres áreas geológicas, a saber: septentrional, central y meridional. El último de estos autores prolongó la subdivisión a la parte norte de Coahuila en las extensiones respectivas occidental, central y oriental. Así resulta el cuadro estratigráfico siguiente:

Area Occidental (Columna geológica del Big Ben Park según MAXWELL et al.)	Area Central (Columnas estratigráficas de la Meseta Edwards según LOZO & SMITH)	Area Oriental
FORMACION DEL RIO		
----- discordancia -----		
F. «Santa Elena»		F. «Salmon Peaks»
F. «Sue Peaks»	F. «Devils River»	F. «Mc Night»
F. «Del Carmen»		F. «West Nueces»
Formación	«Telephone Canyon»	
Formación	«Glen Rose»	
FORMACION LA PEÑA		

En la F. «Mc Night» del área oriental están presentes evaporitas formadas a consecuencia de la restricción en la renovación del agua que provocaron los arrecifes marginales.

Formación del Río.

Al final del Albiense la «caliza Aurora» de las formaciones «Santa Elena», «Devils River» y «Salmon Peaks» (para el laboreo de los depósitos de fluorita se las llama colectivamente como «calizas de piso»), emergieron o estuvieron al nivel del mar. En discordancia sobre depresiones y una superficie irregular con perforaciones de organismos y coloraciones de hierro alterado, y con numerosos canales y cavidades de disolución se depositaron arcillas terrígenas con nódulos de pirita y fósiles además de algunos lechos ondulados de arenas finas. Estos sedimentos, de extensa área de distribución en Texas y norte de Coahuila, atribuidos al Cenomaniense se encuentran estrechamente asociados en el espacio con los yacimientos de fluorita de la región. Son designados por los mineros mexicanos con el nombre de «lamajo».

Formación Buda.

Descansando sobre la F. del Río o directamente sobre las calizas subyacentes esta formación de calizas masivas, de aspecto porceláneo, con nódulos de pedernal, depositada en aguas profundas indica el fin de la sedimentación en la región, del Cretácico inferior representada por la llamada serie Comanche. Hacia el sur desaparece.

Formación Boquillas (Eagle Ford).

Probablemente separados por una discordancia erosiva (a veces faltan una o las dos formaciones anteriores), se presentan los estratos delgados, conocidos vulgarmente como «lajillas», de calizas con intercalaciones de areniscas y lutitas laminadas de colores oscuros. Se reconoce como la unidad equivalente de la F. Hendidura (denominación apropiada propuesta por Cserna (11), en lugar de «Indidura») y que también contiene lechos yesíferos.

En el terreno se hace difícil limitarla en su parte superior donde prevalecen depósitos de creta; por el contenido fosilífero (43), es posible la distinción de esta unidad de la base de la serie del Golfo. Se le superpone el Grupo Austin de la misma serie.

Historia geológica

A fines del Jurásico y principios del Cretácico tuvo lugar el desarrollo del Geosinclinal mexicano, que ocupó (43) áreas de debilidad entre ribetes sucesivamente formados en el Paleozoico. El

basamento constituido por materiales y orogenias premesozoicas alojó cuencas de sedimentación marina y actividad volcánica.

En esta región, la llamada Península de Coahuila representaba una masa continental del basamento, localizada al W. del Golfo de Sabinas. Los principales elementos geológicos reconocibles son:

1) Por efecto de un proceso erosivo se originaron sedimentos terrígenos clásticos finos que constituyen los miembros lutíticos del Cretácico inferior (F. La Mula).

2) Siguió una transgresión marina que depositó carbonato de calcio en aguas someras y litorales (F. Cupido).

3) A partir de este momento y hasta fines del Cretácico inferior se prolongaron los depósitos marinos, aunque:

a) Un levantamiento epirogénico de la región al norte de ésta aportó clásticos terrígenos (F. La Peña).

b) Hubo luego una rápida subsidencia, pero a consecuencia de fluctuaciones de la velocidad de hundimiento y de las barreras originadas por el crecimiento de organismos arrecifales y bancos de rudistas se originó un complejo sedimentario que incluye evaporitas (F. «Mc Night»), fangos calcáreos de aguas profundas («caliza Aurora»), edificios organógenos (F. «Devils River»).

4) Nuevamente un levantamiento tectónico mayor favoreció un período de erosión subaérea o a poca profundidad, del tope de las calizas precedentemente formadas. También provocó un aporte, probablemente del norte y oeste, de arcillas terrígenas (F. del Río). Estos materiales concluyeron con el ambiente de organismos edificadores de rocas y rellenaron las depresiones e irregularidades de su superficie.

5) Una rápida subsidencia traducida por el depósito de calizas de mar abierto (F. Buda), se produjo tanto en Texas como en Coahuila al norte del paralelo de los 28°.

6) Se estableció un régimen de sedimentación diferente a comienzos del Cretácico superior (F. Boquillas e Eagle Ford).

Estos sedimentos geosinclinales fueron plegados y atravesados por dislocaciones longitudinales a consecuencia de la orogenia laramida. Probablemente también se alojaron los filones capa como productos de un magmatismo inicial.

Los emplazamientos ígneos sinorogénicos desde principios del Terciario afectaron localmente a los pliegues de los sedimentos ya emergidos definitivamente. Un último período de potentes depósitos piroclásticos y flujos de lavas caracteri-

zó el fin del Terciario. La culminación del vulcanismo está representado por las coladas basálticas. Ya desde antes y hasta la actualidad, los valles intermontáneos han sido rellenados por detritus. El rejuvenecimiento del relieve actual pudo deberse a un último levantamiento, asimismo responsable de la reactivación tectónica (fallas y diaclasas evidenciadas por la vegetación especialmente donde aflora la «caliza Aurora»).

Actividad ígnea

En el norte de México y sur de los Estados Unidos han sido reconocidos varios períodos de actividad ígnea. Particularmente en la región de Coahuila están muy extendidos los productos volcánicos de fines del Terciario.

Kellum, Imlay & Kane (28), al investigar la evolución de la Península de Coahuila encontraron extrusivas pérmicas, post-pérmicas y jurásicas. También registraron la intrusión de cuerpos y diques de naturaleza variable desde fines del Cretácico que precedieron a las efusiones más recientes. Pero en todo caso, el hecho de que sean aquí penetrados los sedimentos del Cretácico superior, autoriza a agruparlas como rocas terciarias. Mucho más difícil es la datación relativa exacta.

Las rocas ígneas se presentan como coladas de lavas, cuellos o troncos, diques, filones capa y lacolitos. Además participan en la composición de miembros piroclásticos.

Distrito de Pico Etéreo.

Al norte de los 29° 15' se conocen varios domos asimétricos (12), atribuidos a intrusiones lacolíticas encuadradas por diques en forma de arco. Este tipo de estructura fue descrito anteriormente al W. (31) en El Solitario, Texas, donde también se involucran episodios extrausivos y el desarrollo de una «cauldron subsidence».

Desde el punto de vista petrológico son complejos intrusivos (La Cueva, Aguachile, etc.) de variedades preponderantemente sódicas que pertenecen a la prolongación meridional de la franja de rocas alcalinas extendidas frontalmente al oriente de las Montañas Rocosas (Lindgren, 30).

Los estudios realizados (12, 36), establecen específicamente para La Cueva que probablemente se sucedieron las intrusiones de monzonita cuarcífera, una serie continua que va de gabro a sienita sódica y microsienita sódica. Además que fenómenos eruptivos originaron una chimenea de aglomerados volcánicos. Se considera a las rocas intrusivas como derivadas de un mismo magma regional, aunque se interpreta que la proporción

elevada de riolitas respecto de las rocas máficas ha sido consecuencia de la dilución que sufrió el magma gabroide ascendente al asimilar los constituyentes de bajo punto de fusión pertenecientes al basamento.

Distritos de La Encantada-Buenavista y Santo Domingo.

En el sector de la sierra del Carmen comprendido entre los distritos citados al sur y norte respectivamente, siguiendo la carretera de C. M. Múzquiz a Boquillas del Carmen se observa que el núcleo montañoso está constituido por un cuello volcánico complejo, que atraviesa a las calizas cretácicas y también que hay superpuestos depósitos piroclásticos y coladas de lavas. En la figura 2 se puede apreciar que abarcan un área de aproximadamente un kilómetro y medio de lado, y que morfológicamente las rocas ígneas discordantes conforman un escalón siguiendo una línea más o menos NW-SE., que pasa por el cruce de las coordenadas N. 1.000 y E. 5.000. En efecto, relacionando la base de los retazos de afloramientos de la F. Boquillas, según su cota topográfica se evidencia un desnivel de unos 200 a 250 metros. El frente abrupto de la porción occidental está constituido principalmente al sur por un cuerpo riolítico de coloración amarillenta y superficie porosa o vacuolar, que además contiene pequeñas inclusiones efusivas riolíticas. Hacia el N., las mayores elevaciones del cerro de la Estrella y cerros de Soledad, las conforman también riolitas asociadas a tufas y brechas soldadas por vidrio, con trozos de calizas, así como lavas recientes derramadas encima de las diversas rocas.

En un punto al N., cerca del empalme del camino a La Encantada se pueden observar afloramientos de una roca ígnea verdosa con alteraciones concéntricas más o menos esferoidales, y fracturas limonitizadas, que contrasta con las anteriores. A pesar de no contar con una determinación microscópica de esta roca puede sospecharse, a juzgar por las descripciones de otras áreas volcánicas de la región que se trata de una variedad sienítica alcalina.

Una asociación petrológica similar se observó en el Pilote de La Encantada, que sobresale de la meseta homónima a unos seis kilómetros al sur del cerro de la Estrella. Según comprobaciones de Temple & Heinrich (53), que registraron la presencia del mineral *spurrita* en una zona de contacto metamórfico, junto a wollastonita, granate, brucita y otras especies de los mármoles impuros formados por el influjo del complejo intrusivo riolítico, están presentes conjuntamente afloramientos de una roca nefelínica.

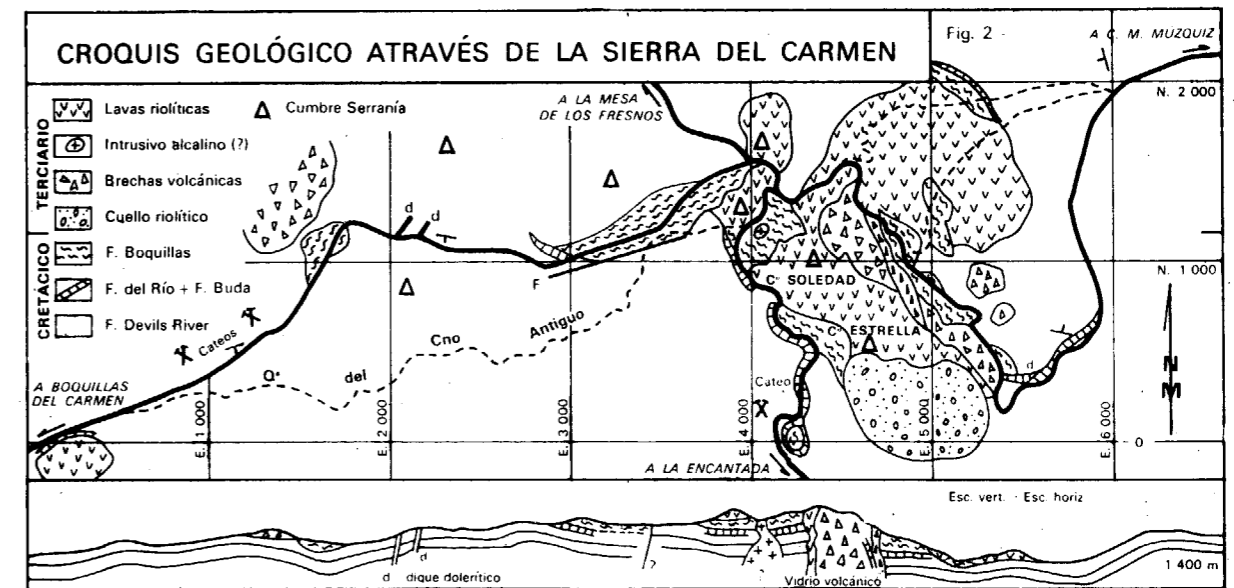


Fig. 2

Al parecer el desarrollo de esta aureola metamórfica ha sido consecuencia de que las rocas ígneas no alcanzaron la superficie y se solidificaron dentro de las calizas. En cambio, más al N., donde no se conocen fenómenos de este género, las riolitas penetraron y atravesaron a las rocas sedimentarias sin dejar rastros de fenómenos de contacto.

Se han podido localizar algunos pequeños diques doleríticos que atraviesan a la «caliza Aurora» y en un caso además a la F. Boquillas. Se trata de cuerpos de rocas de grano fino, teñidas superficialmente por limonita; en un lugar están próximas a un bolsón de calcita cristalizada transparente. No se pone en evidencia francamente que estas rocas filonianas se interstratifiquen en forma extensa en las formaciones sedimentarias verosimilmente ya plegadas.

Por su parte, los mantos de fluorita próximos alojados debajo de la F. Buda, son en todas sus características semejantes a los que se localizan a gran distancia del complejo ígneo. Además los diques conocidos en las minas de La Encantada-Buenavista se pueden considerar por sus relaciones como posteriores a la mineralización.

Distrito de Piedritas.

La ladera oriental de la serranía situada a unos cinco kilómetros al W. del poblado de Piedritas presenta una estratificación paralela constituida por

la F. Boquillas, que incluye interstratificado a un dique. La roca ígnea correspondiente, de gran regularidad en su espesor, es de naturaleza gábrica (Fontelles, com. verb.). Además transversalmente a los ejes de plegamiento, en posición vertical y aflorando hacia el techo de la F. Boquillas, yace un dique de dolerita (basalto olvínico), intensamente alterado. Tiene aproximadamente una potencia de una decena de metros y su dirección es NE-SW.

Al noreste de este distrito se conocen en la fosa de Boquillas (52) basaltos alcalinos.

Otros distritos.

No hay indicaciones que hayan sido registradas rocas ígneas en los distritos de El Tule, San Manuel, La Mariposa y El Pino. En este último, sin embargo, hay acumulaciones de materiales volcánicos extrusivos.

YACIMIENTOS

Todos los yacimientos de fluorita de esta región se encuentran confinados al intervalo estratigráfico, constituido por la parte final del Cretácico inferior y está integrado por calizas de diferentes facies y pureza, y por materiales arcillosos y margosos ferruginosos. Esta posición geológica aparentemente coincide con la de depósitos de Eagle



PIEDRITAS.—Vista hacia el este desde la cima de la serranía; el camino nace al pie de la mina «El Cuatro». Puede observarse la traza superficial de un dique dolerítico aproximadamente en el centro de la fotografía; él atraviesa la curva del camino con dirección al ángulo superior izquierdo (x)



PIEDRITAS.—Flanco del anticlinal que al pie de la serranía presenta un depósito de fluorita (Mina «El Cuatro»). Una fractura que baja del ángulo superior izquierdo de la fotografía apunta hacia el yacimiento.

Mountains, Trans Pecos, Texas (18), a 350 kilómetros al NW. y a 200 kilómetros al S., en las sierras de San Marcos y La Paila (55), también del Estado de Coahuila.

Morfológicamente se presentan como mantos concordantes, aunque su yacente a veces ofrece irregularidades que penetran en las calizas inferiores. El distrito de Pico Etéreo, donde los depósitos tienen también relaciones con rocas ígneas terciarias es el único conocido donde algunas grandes masas mineralizadas en forma de cuerpos cónicos invertidos o tabulares, son discordantes. En todos éstos, los trabajos mineros han demostrado hasta ahora su completa desaparición en profundidad, aproximadamente a un centenar de metros debajo del tope de las calizas.

El mineral predominante es la fluorita, por lo general acompañada de calcita y en menor proporción por cuarzo o calcedonia. En uno de los depósitos, el de Aguachile, se asocia un mineral de berilio, la bertrandita, en cambio en el distrito de El Tule hay una cantidad importante de celestina. Otras sustancias presentes en proporciones mucho menores son: óxidos de hierro, yeso, baritina, arcillas, materia orgánica, dolomita, etc.

La fluorita varía ampliamente en su color y textura. En unos casos está cristalizada en forma gruesa y masiva de alta ley, y en otros, bastante típicamente para los yacimientos mexicanos (distritos de Taxco, Guerrero; Zaragoza, San Luis Potosí; Pico Etéreo, Coahuila, etc.), tiene forma fina o microcristalina, de aspecto terroso y coloraciones grisáceas pardas hasta moradas o púrpuras. También son frecuentes los depósitos concresionados y bandeados amorfos diversos.

Desde el punto de vista industrial, el predominio de carbonatos de calcio como acompañantes de la fluorita en estos minerales los hace muy favorables para obtener concentrados de grado ácido. Eventualmente, los intercrecimientos texturales íntimos, la sílice contenida u otras impurezas (arcillas, materia orgánica, etc.), pueden dificultar su tratamiento.

DISTRITO	SITUACION APROX.		ROCAS SEDIMENTARIAS			OBSERVACIONES
	Lat. N	Long. W	«Caliza de piso»	F. de Río	F. Buda	
PICO ETEREO.....	29°15'	102°30'	F. Santa Elena, 165m (Ch)..	± 6m (McA)	23 m	Diver. ígneas Bertrandita
LA ENCANTADA-BUENAVISTA..	28°30'	102°30'	F. Devils River, 225m (T)..	0 - 4 1/2m	12-18	Diver. ígneas
EL TULE.....	28°30'	101°25'	F. Salmon Peak, 75m (T)...	0 - 3 m	50 m	Celestina
SAN VICENTE-MARISCAL..	29°00'	103°10'	F. Santa Elena.....	?	?	—

Datos de espesores de: Ch=Charleston; McA.=McAnulty et al; T=Temple.

Distrito de Pico Etéreo.

Tradicionalmente considerado como un distrito minero por la distribución de sus centros extractivos de fluorita y el nucleamiento de su producción. Sin embargo, visto en una apreciación geológica más estricta, los yacimientos y trabajos exploratorios conocidos en torno del Pico Etéreo abarcan una superficie de 250 kilómetros cuadra-

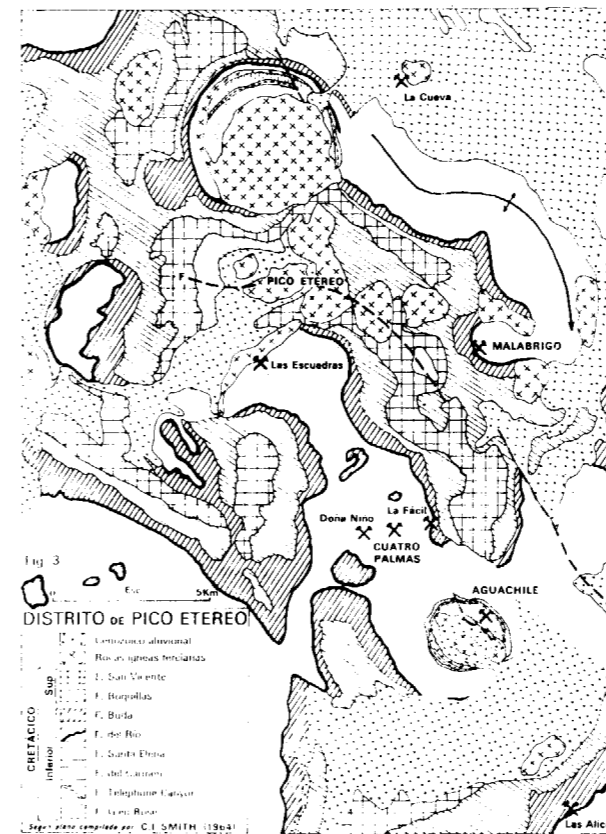


Fig. 3

al N., la mina de Malabrigo y las prospecciones de Las Escuadras y La Cueva, y al S., la de Las Alicias. Pero todas ellas como puede observarse en la figura 3, se sitúan en la vecindad del contacto de la F. del Río con las calizas subyacentes, o cuando aquélla ha sido erosionada, probablemente a pocos metros debajo.

Los depósitos que rodean al cerro de Aguachile conforman un «campo mineralizado» C₁, de unos 2 kilómetros de diámetro y otro, C₂, de 3 kilómetros más al norte los de Cuatro Palmas-La Fácil-Doña Niño, que se alinean según un eje de unos 3 kilómetros de longitud.

C₁.—Yacimiento de Aguachile.

La cartografía detallada local (36) y las fotografías aéreas de este domo con su parte central deprimida de 1½-2 kilómetros de diámetro, evidencian lo espectacular de una estructura geológica que en una casi semicircunferencia concéntrica a un tapón central microsintético y del lado interno de un dique anular de riolita, aloja a los varios cuerpos mineralizados de fluorita. Ha sido explicada como una bóveda de los terrenos sedimentarios cretácicos provocada por un empuje ígneo con el subsiguiente hundimiento desparejo y máximo de su techo en el borde norte, de unos 200 a 300 metros.

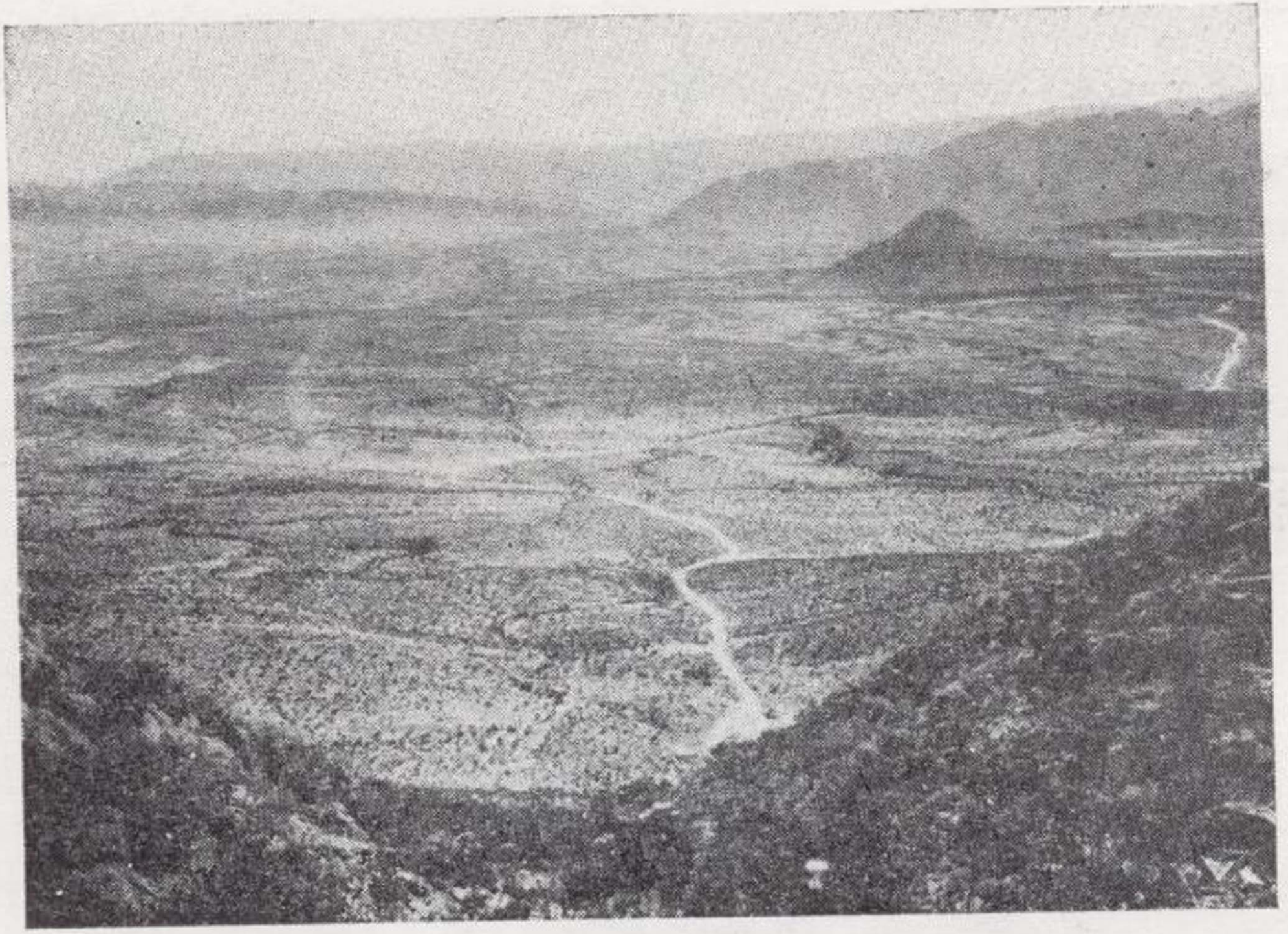
A la complejidad petrológica se unen relaciones tectónicas particulares de difícil interpretación, pero, sin embargo, resulta sorprendente comprobar la fidelidad con que la mineralización de fluorita se encuentra ligada a los niveles superiores de la F. Santa Elena que subyacen a la F. del Río, precisamente en la superficie de erosión antigua que precedió al depósito de esta última. Igualmente en otras áreas de Coahuila la F. del Río aflora escasamente, pues se estima que parcialmente erosionada con anterioridad a la sedimentación de las calizas de la F. Buda, ha persistido donde rellenaba algunas depresiones del relieve.

Precisando más las nociones apuntadas, cabe destacar que las mayores concentraciones en el cuadrante NE. del arco mineralizado de Aguachile coinciden con el borde más profundamente hundido del techo sedimentario central del domo, y donde prevalecen remanentes visibles de la F. del Río. Se juzga de interés especial este aspecto de las relaciones geológicas, sobre todo considerando que de manera invariable las referencias sobre este yacimiento han recalado genéticamente una procedencia hipotética de la mineralización a partir, directamente, del magma profundo que se manifiesta por las diversas rocas ígneas aflorantes.

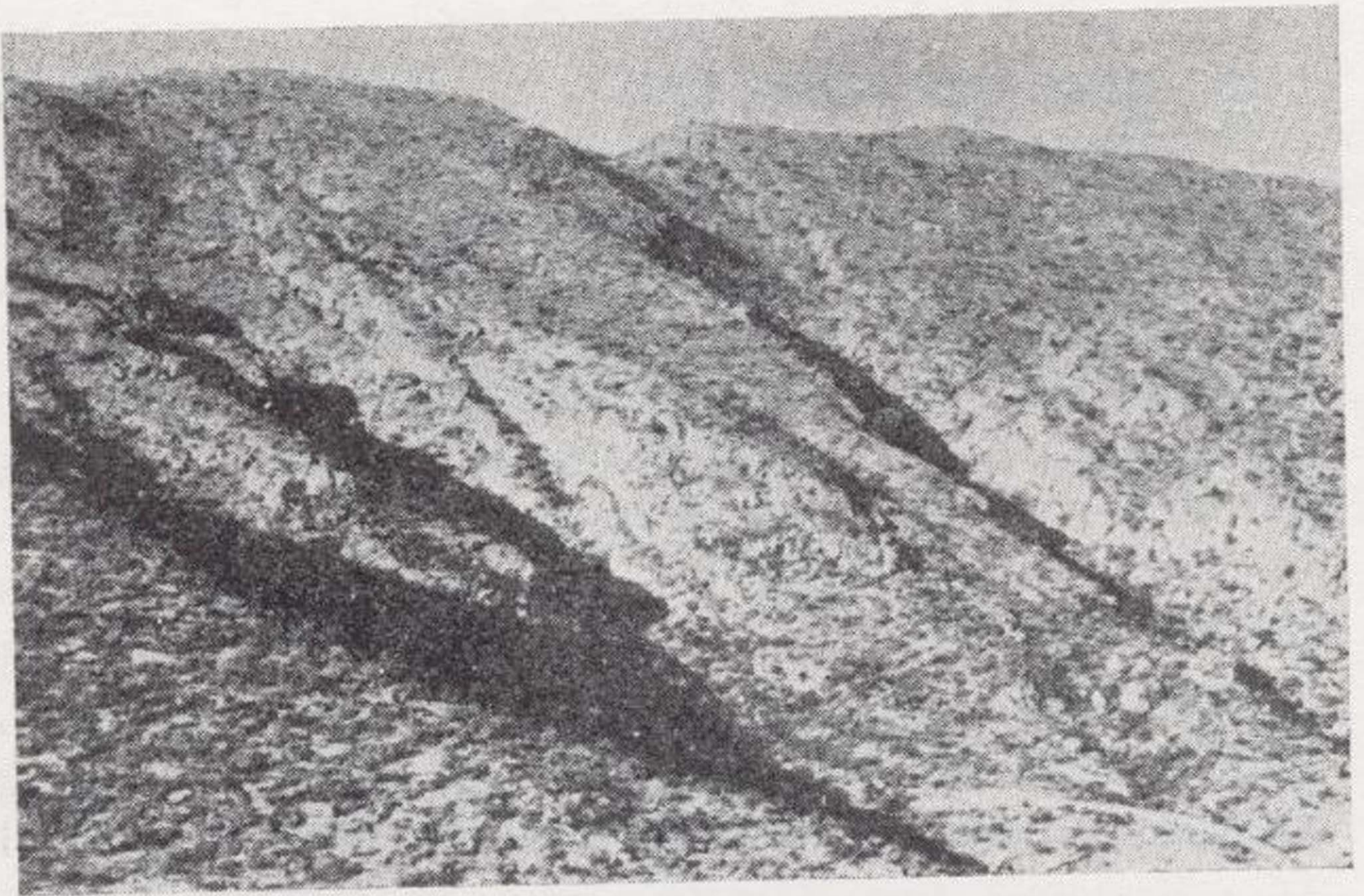
Estas especulaciones (33) extendidas a otros de-

dos, aunque potencialmente los indicios de mineralización podrían superar los 1.000 km. cuadrados, al punto de conectarlo al sur con el distrito de Santo Domingo (mineralizaciones de El Jardín, El Caballo, etc.).

En una superficie de 15 kilómetros cuadrados, tomando como centro de referencia al complejo ígneo de Aguachile, pueden integrarse, si bien sin considerar eliminado el artificio de la demarcación, a los yacimientos de Aguachile, Cuatro Palmas y La Fácil, como pertenecientes a un mismo distrito mineralizado (en el sentido definido por Michel et al., 37). Periféricamente a éste, se sitúan



PIEDRITAS.—Vista hacia el este desde la cima de la serranía; el camino nace al pie de la mina «El Cuatro». Puede observarse la traza superficial de un dique dolerítico aproximadamente en el centro de la fotografía; él atraviesa la curva del camino con dirección al ángulo superior izquierdo (x)



PIEDRITAS. —Flanco del anticlinal que al pie de la serranía presenta un depósito de fluorita (Mina «El Cuatro»). Una fractura que baja del ángulo superior izquierdo de la fotografía apunta hacia el yacimiento.

ósitos del distrito fijan una afiliación franca e inmediata de la mineralización fluorítica con las rocas alcalinas del vulcanismo del Terciario que, en la opinión de Levinson (29) tiene el refuerzo para Aguachile, por el contenido de berilio. En efecto, a la fluorita se le asocia el mineral bertrandita en proporción tal que el depósito tiene del orden de 0,3 por 100 de BeO. Pero como Spcr Mountain, Utah, donde hay una importante mineralización de bertrandita en tobas, con fluorita y otros minerales, parecería que los procesos de acumulación son más complejos que lo sugerido precedentemente para Aguachile.

En aquella (48) también con la participación de actividad volcánica se adscribe la concentración de berilio a unas riolitas portadoras de topacio.

Los múltiples cuerpos mineralizados, desconectados entre sí, más o menos verticales y confinados a una faja estrecha fracturada y deformada, que se sitúa en el flanco interno del dique anular de riolita, tiene formas más a menos tabulares, con espesores de hasta más de 50 metros (en término medio 15) y una profundización que supera los 100 metros hasta su total estrechamiento. La masa fluorítica contiene alrededor de un 35 por 100 de bloques de caliza y otro 5 por 100 de roca ígnea.

El mineral se presenta principalmente con una coloración rojiza, ya que contiene granos de hematita muy finos que lo pigmentan, y a veces con bandeamientos delgados. En algunos casos también es brechoso. El estudio microscópico (29) registró al mineral citado como perteneciente a una primera generación de fluorita. Posteriormente se produjeron otras, una de cristales gruesos y la final de escasa importancia que rellena pequeñas fracturas y poros. La bertrandita $[Be_4(OH)_2Si_2O_7]$, asociada exclusivamente a la fluorita de Aguachile y no a la de los otros depósitos de la región, es de color blanco y aspecto caolínico. Tende a rodear el espacio flúor de la segunda generación y rellenar espacios vacíos.

Están representados también aparte de los óxidos de hierro, adularia, caolinita, cuarzo (incluyendo calcedonia), sericita portadora de litio, y aragonita. La conclusión pertinente de tal asociación mineralógica es que a falta de especies de alta temperatura no hubo metamorfismo de contacto, y además, que los procesos de minerogénesis se desarrollaron probablemente en un ambiente vecino a la superficie.

C₂.—Yacimientos de Cuatro Palmas-La Fácil-Doña Niño.

El eje ENE-WSW, jalonado por los depósitos de La Fácil al E., Cuatro Palmas en el centro y las mineralizaciones de la propiedad Doña Niño en el extremo W., coincide con una línea de disloca-

ción que probablemente provocó el empazamiento de diques de riolita y el fallamiento en dos bloques con hundimiento del austral. En detalle afecta casi normalmente al eje mayor NW, del suave e irregular abovedamiento que evidencian los bancos de la F. Santa Elena.

El depósito de La Fácil se encuentra en la vecindad del contacto con el Cretácico superior, que se conservó sin ser erosionado en un fondo sinclinal. La sucesión sedimentaria es completa, ya que afloran las formaciones del Río y Buda, superponiéndose a la F. Santa Elena. Un dique de riolita con irregularidades, discontinuidades e inclusiones, de calizas y a veces de masas de fluorita, constituye una de las encajonantes del cuerpo principal del yacimiento. Este, de alta ley, con un rumbo de N. 35°E., un espesor de 15 metros y longitud de un centenar, penetra en los bancos superiores de caliza (F. Santa Elena).

También en Cuatro Palmas, en relación con las calizas últimamente citadas, y el dique, se encontró un cuerpo de fluorita muy importante, en forma de cono invertido de unos 90 metros de diámetro.

En ambos casos, la mayoría del mineral es de grano fino o microcristalino y generalmente de tonalidades purpúreas. Sus bandeamientos parecen reflejar discontinuidades sedimentarias de las rocas portadoras. Son muy características en la fluorita las estructuras fibrosas asociadas (55), con masas concrecionadas, botrioidales, mamelares, reniformes y coliformes. En partes llegan a conformar pequeñas concentraciones estalactíticas, que delatarían una formación indudable en espacios abiertos.

Distrito de La Encantada-Buenavista.

Este distrito minero ha sido definido (42), como abarcando un área de unos 30 kilómetros en el sentido N-S. y 15 en el E-W., aunque probablemente, precisando sus minas activas se limita a menos de 100 kilómetros cuadrados.

Corresponden los depósitos conocidos al dominio estricto de los llamados «mantos» de fluorita, concordantes con las rocas sedimentarias hospedantes, y que han producido en los últimos veinte años varios millones de toneladas de mineral.

Por sus diferentes alturas se separan los dos sectores cuyas denominaciones integran el nombre del distrito. Al norte, en el escalón inferior, la llamada Mesa de La Encantada llega a bordear a la gran mancha de rocas ígneas ya consideradas al hablar de la geología regional. Además es afectada en su parte central por fenómenos de metamorfismo de contacto que se han demostrado, a juzgar por los trabajos mineros prodigados en el Pilote de La Encantada, sin mayores consecuen-

cias en la concentración de la mineralización. Hacia el S., sobre el bloque más elevado de Buenavista, que conserva una coronación de mayor extensión de la F. Boquillas, se concentran las reservas y explotaciones actuales más importantes.

Las mineralizaciones de fluorita han sido caracterizadas precisamente en la forma siguiente (52), dentro de un intervalo vertical de no más de 10 metros de espesor: 1.º incluida dentro de la F. del Río en forma diseminada y con espesores variables entre 0,50 y 1,50 m.; 2.º de 0,50 a 1,00 m. de fluorita cristalizada masiva de alta ley y continuidad, y 3.º penetrando el techo original de la F. Devils River de 3 a 5 m., acompañada por los sedimentos de la F. del Río, que se infiltran y aumentan de potencia donde compensan las irregularidades y depresiones de las calizas de aquella. Cuando el mineral sustituye total o parcialmente a las rocas carbonatadas inmediatamente debajo del contacto, su calidad mejora.

Se insistió (52) en señalar que los cuerpos mineralizados del manto están localizados preferentemente en los lugares de encuentro de las fracturaciones y que siguen en sus mayores desarrollos algunas de las tendencias de orientación ENE., WNW. y NNW, y otras menos frecuentes. En consecuencia, se sugirió, como parece evidente por los trabajos mineros posteriores, que dichas fracturas han jugado un papel en la conformación del paleorrelieve que precedió a la sedimentación de la F. del Río.

Pero extendiéndose más en el terreno especulativo, los autores atribuyen a dichas grietas una intervención directa como conductos de los hipotéticos agentes mineralizadores hidrotermales terciarios, que ascendieron por ellas y fueron detenidos en este contacto. Este supuesto, de comprobación extremadamente delicada, no parece abonado hasta el presente por pruebas indiscutibles. Por el contrario, algunas cavidades en las calizas del subsuelo, donde se interrumpen los mantos, y también la existencia de lechos de arenas finas y limpias que los subyacen, apuntan más bien a hacer pensar en fenómenos de penetración desde arriba y en la intervención de las aguas subterráneas aún antes que los materiales sedimentarios hayan sido plegados y afectados por la actividad ígnea.

Igualmente a lo ya expresado acerca del carácter post-mineralización de algunos diques, se han registrado pequeños desplazamientos a lo largo de ciertos planos de fracturación que afectaron a los mantos de manera tajante. En ningún caso ha sido observable algún tipo de enriquecimiento mineral en su vecindad o contenido de mineralización discordante. Tampoco se conocen expresiones morfológicas kársticas recientes o subrecientes.

Distrito de El Tule

Hacia la extremidad meridional de la serranía del Burro y en el anticlinal respectivo, se localiza este distrito en una superficie de unos 20 a 30 km.²

El manto mineralizado ha sido preservado donde la F. Buda subyacente no fue al menos totalmente erosionada y configura actualmente afloramientos en forma de islas de contornos lobulados.

A la escala del distrito, las relaciones geológicas son relativamente simples, en cuanto a la superposición regular de los materiales sedimentarios y a la ausencia de rocas ígneas conocidas. Sin embargo, con el detalle inherente al desarrollo minero, la situación se complica por diversas razones. Además, las calizas subyacentes a las mineralizaciones conocidas están integradas por sedimentos que debido a cambios de facies (50) han obligado a definir otras formaciones equivalentes a las identificadas en los distritos mineros considerados antes, situados al norte y occidente de éste.

La F. Santa Elena (en Texas, F. Georgetown) corresponde a la F. Salmon Peaks, que sobreyace concordantemente en El Tule a la F. Mc Night. Esta última se caracteriza por incluir, tanto en Texas como en Coahuila, evaporitas y también en la serranía del Burro, en su parte media poseer considerables cantidades de arcillas terrígenas. Para Smith (op. cit.) la remoción de las evaporitas por las aguas subterráneas podría haber provocado brechas de colapso en los materiales superpuestos.

De la observación del desarrollo cartográfico de las distintas unidades estratigráficas en el sector se deduce que, si bien la F. Salmon Peaks aflora ampliamente al sur y oriente, al avanzar hacia el norte desaparece por adelgazamiento y deja paso a los terrenos sedimentarios más antiguos comenzando por la F. Mc Night. Sensiblemente, de conformidad a los datos disponibles no es posible definir cuál ha sido el espesor de la F. Salmon Peaks erosionado localmente y por lo tanto, cuál es la posición de su contacto basal respecto de los depósitos verosímilmente confinados al ámbito vecino a la discordancia que precedió a la F. del Río.

No obstante está claro que morfológicamente en las minas de San Miguel y San Jorge, las mayores potencias de los mantos se correlacionan con una depresión de las calizas de piso. Determinaciones estadísticas (52) son interpretadas en el sentido de que la mayor densidad de diaclasas registradas en estas rocas coincide con dicha cavidad.

La mineralización se presenta típicamente como: 1.º diseminaciones de fluorita dentro de la

F. del Río con espesores variables de 0,50 a 1,50 metros, y 2.º en el contacto de la F. del Río con las calizas subyacentes con potencias de hasta un metro de mineral, de estructura bandeada en lechos alternativamente blancos y oscuros (*), que en partes se vuelven discontinuos e irregulares. Generalmente cubriendo este último tipo de concentración mineral, incluyendo sus sectores más francamente masivos, sobreyace un manto de celestina (SrSO_4) cristalizada gruesamente, que por el momento por su contenido de flúor no ha revestido interés económico, a pesar de alcanzar espesores de hasta 2 metros (35). Se han anotado otras formas de la mineralización de fluorita donde se conservan bloques de calizas, en unos casos del piso y en otros aparentemente de la base de la F. Buda. Finalmente, existe una roca de grano fino con cavidades de forma y distribución irregular, designada por los mineros «chicharrón», que se superpone al manto de fluorita. Al microscopio Fontailles (com. verb.) observó que está constituida por varillas de cuarzo entrecruzadas. Es posible que sea el equivalente de los «boxworks» descritos en yacimientos de otras regiones (41).

Las complicaciones de la estructura interna de este yacimiento han sido atribuidas por Temple & Grogan en el trabajo ya referido, a un fenómeno de colapso provocado por la reducción de volumen que produjo el reemplazamiento de las calizas por la mineralización de fluorita (20). Este fenómeno, al igual que todo el mecanismo de formación de yacimiento es allí atribuido presuntamente a una serie de estadios sucesivos de mineralización hidrotermal ligada a la actividad ígnea. Sin embargo, otro punto de vista podría invocarse para este distrito, teniendo en cuenta que regionalmente hay evidencia de disolución y depósitos de minerales con la intervención de aguas escurridas en superficie, y también subterráneas.

(*) Desde hace muchos años se conocen en las cadenas béticas (España) las llamadas piedras «franciscana» e «indiana» de los mineros andaluces. Recientemente Jacquín (27) adoptó este último término para designar a una roca constituida esencialmente por fluorita blanca y negra, que equivaldría a los llamados «coontail» de los autores de habla inglesa. Aunque también caracterizada la piedra «franciscana» por su bandeo alternado, se la distingue de la anterior por ser de naturaleza dolomítica. Dicho autor, en sus observaciones microscópicas determinó que los niveles negros tienen, como los blancos, una estructura cristalina y que además encierran muchas impurezas (cuarzo, carbonatos y probablemente materias orgánicas en inclusiones que podrían ser de hidrocarburos). Las interpretaciones genéticas de las variedades pétreas citadas, lo mismo que sus relaciones con las mineralizaciones de fluorita, plomo y cinc, cuerpos de brechas, estilolitas, etc., son muy controvertidas (1, 7, 20, 49, etcétera).

Otros distritos

San Vicente y Mariscal

Este distrito minero se extiende en las sierras homónimas en el ángulo NW. del Estado de Coahuila, al sur de Boquillas del Carmen. Es mencionado por Gillson (19) y McAnulty (34). Este último indica que además comprende a la sierra del Alazán y el ángulo NE. del Estado de Chihuahua, totalizando unos 250 km.² En tal caso también alcanzaría Piedritas, que aquí se consigna como un distrito separado.

Los núcleos de las sierras mencionadas están constituidos por estructuras anticlinales de la F. Santa Elena, complicadas por fallas tanguenciales a sus ejes. En los flancos de las cadenas afloran las formaciones del Río, Buda y Boquillas. Se han explotado (19) mantos delgados pero de alta ley y también observado minerales conteniendo arcillas, a veces de formas mamíonares y botrioidales como rellenos de cavidades (21). Según McAnulty faltan los rocas ígneas en la vecindad inmediata de los yacimientos.

Piedritas

En el cordón serrano de estructura anticlinal al occidente de la localidad de Piedritas se han explotado mantos que afloran paralelamente a su culminación morfológica. Este está como las otras sierras fronterizas orientado de NW. a SE. El mineral se presenta cristalizado al igual que el carbonato de calcio que lo acompaña y yaciendo aparentemente en una superficie irregular sobre la F. Santa Elena.

Al pie del flanco oriental de la sierra ha sido explorada recientemente la mineralización de la mina «El Cuatro». Los sondeos han encontrado en la prolongación al NE. de la mina antigua, aguas abajo, un cuerpo con un contenido medio del 38 por 100 de CaF_2 y alrededor de 4 por 100 de materia orgánica (¿hidrocarburos?) y que coincide por su buzamiento con la estratificación pero que no se extiende lateralmente, al parecer, más que una cincuentena de metros. Encima, aunque siempre debajo del nivel de las aguas freáticas, y a despecho de un control estratigráfico riguroso, existen indicios de mineralización y algunos bancos de 5 ó 6 metros de espesor con 8 por 100 de CaF_2 , que pertenecen ya a la F. Boquillas. A propósito de la actividad ígnea se ha citado en el capítulo respectivo, un dique de dolerita, a un kilómetro de distancia que apunta en la dirección de esta mineralización. Dos o tres fracturas convergen por la ladera de la sierra desde el oeste al mismo punto.

La mineralización se presenta con el aspecto de lechos más o menos finos, terrosos y friables, con-

teniendo algunos núcleos o vertillas de fluorita blanquecina, cristalina y también material arcilloso y yeso. Algunos bloques de caliza gris (F. Buda) yacen dentro del depósito englobados periféricamente por un polvo blanquecino producido por una corrosión de la roca original.

Santo Domingo

En la sierra del Carmen, al norte de la carretera de C. M. Múzquiz a Boquillas del Carmen, y marginando por el SW, a la Mesa de los Fresnos en una extensión de más de 7 km. se presentan varios yacimientos de fluorita. Esta franja se extiende también hacia el sur 4 ó 5 km. en el frente occidental de la sierra citada y está jalonada por otros indicios mineralizados (La Zacatosa, Los Lamentos, Lico, Santa Rosalía, La Victoria, etc.).

Los mantos explotados en Santa Edwiges, La Esperanza y San Alonso producen mineral de alta ley. En la segunda de ellas se extrajo el relleno de un cuerpo que penetraba una veintena de metros (según informes orales), dentro de la caliza de piso (F. Devils River). Diversos sondeos han comprobado la presencia de la F. del Río con menos de un metro de espesor y sin mineralización, debajo de la F. Buda. En estos casos aquélla puede pasar casi inadvertida. Al contrario, donde está mineralizada y la erosión eliminó las calizas sobreyacentes o a las riolitas su presencia es conspicua.

La mina de San Alonso, con una potencia del manto medio hasta algo más de un metro, a veces subdividido en dos bancos mineralizados, registra unos dos metros de sedimentos de la F. del Río encima de aquéllos. Estructuralmente la concordancia con las calizas cretácicas es perfecta; el rumbo local es aproximadamente meridional y el buzamiento al E. de unos 25°.

Hacia el norte de este sector minero se encuentra la mina de Los Cojos, de donde se despachan minerales para su beneficio en los Estados Unidos. La fluorita se presenta de grano fino, con tonalidades purpúreas y a veces estructuras coloriformes.

El Pino

En la extremidad septentrional de la sierra del Pino se conocen mineralizaciones de fluorita que afloran en calizas probablemente cretácicas, de buzamientos tendidos.

En la propiedad minera El Embudo hay un filón de rumbo N. 70° E., aproximadamente vertical. La observación microscópica de sus muestras (Fontailles, com. verb.) determinó el carácter sili-

cificado de la caliza que acompaña a las vetas de fluorita. Una mineralización débil penetra lateralmente en un nivel estratigráfico. Localmente no son visibles rocas ígneas.

A 150 km. al NW., en la sierra Rica de Chihuahua, no lejos del Río Bravo, existen otras vetas de fluorita acompañadas por sílice y baritina, en calizas hospedantes supuestamente consideradas más modernas que las de los principales distritos de Coahuila. Lamentablemente no hay elementos de juicio para confirmar esta idea.

San Manuel y La Mariposa

Son los más próximos a la C. M. Múzquiz y donde al parecer se inició la producción de fluorita en 1947 (42).

Se sitúan en los flancos de los anticlinales de las sierras de San Gerónimo y Santa Ana, respectivamente. Las calizas subyacentes a los depósitos pertenecen a la F. Devils River (50) en San Manuel. En La Mariposa hay una intercalación de margas en la «caliza Aurora». Un poco al sur del Cañón de la Alameda y a menos de 10 km. en dirección SW del Rancho de La Mariposa, desaparece la F. Buda.

Una referencia de Gillson (19) indica que en Santa Anita, quizá en este sector, se recogieron cristales con inclusiones asfálticas, que opina sugieren una temperatura muy moderada para la formación de la fluorita. Es recomendable (54) el estudio de estas inclusiones.

ALGUNOS COMENTARIOS

Consideraciones geoquímicas

La distribución geoquímica del flúor siempre ha suscitado un interés especial por el hecho de ser el halógeno más abundante de las rocas. Además (32) se le atribuyen propiedades a sus compuestos como «mineralizadores», y es, asimismo, un elemento típico de las emanaciones volcánicas. La presencia del flúor en éstas se extiende (7) a las aguas fumarólicas ácidas, todavía a temperaturas bajas. Probablemente tales circunstancias han polarizado la atención acerca de su concentración en los últimos estadios de la actividad magmática y sobre un presunto aporte subcortical bastante directo.

Sin embargo, Peters (41) señaló la importancia que tienen las acumulaciones sedimentarias bioquímicas fosfatadas como portadoras de este elemento (*). Y también que el rasgo sobresaliente

(*) Según Burckhardt (6), las rocas fosfatadas afloran en la parte media de la región limítrofe entre los Estados de Za-

del comportamiento geoquímico del flúor es que puede liberarse con facilidad de una combinación mineral, pero que al mismo tiempo antes de ser dispersado tiende a ser fijado rápidamente.

Muchos años atrás, Lindgren (30) al enumerar los minerales que lo contienen, recaló su amplia distribución mineralógica y también la calificó de «persistente» para significar que está presente en rocas y yacimientos muy variados. Por otra parte destacó que la fluorita se forma a todas las temperaturas. En este mismo sentido uno de los expertos mundiales en fluorita, J. L. Gillson (19) manifestó al tratar lo que calificó de ejemplos enigmáticos de minerales industriales que, en casi todos los yacimientos comerciales de fluorita por él examinados las evidencias indican que: «fairly low temperature existed at the time of deposition».

En el documentado trabajo antes citado (41) se ha destacado que como consecuencia de la movilidad relativa del flúor es lógico pensar que probablemente las regiones de un contenido elevado en él han permanecido como tales a pesar de haber sufrido los más profundos cambios geológicos. Esto significa que las áreas ricas en yacimientos de fluorita lo son en función de las concentraciones que previamente pudieron existir por ciclos de diferenciación sedimentaria, ígnea o metamórfica, acaecidos en la misma corteza.

Rasgos geológicos significativos

Las relaciones geológicas siguientes persisten extensamente reconocidas por ahora regionalmente

la parte media de la región limítrofe entre los estados de Zacatecas, Coahuila y Durango, y se encuentran ligadas a intercalaciones de calizas fosforíticas del Jurásico superior, que van según los lugares desde la base del Portlandiense inferior hasta la zona media de Portlandiense superior. A veces los fosfatos se encuentran en capas margosas entre las calizas y también en la parte inferior del complejo margo-calcáreo superpuesto. Señala que los yacimientos de fosfatos de calcio se formaron durante un período caracterizado por la inestabilidad del fondo marino. Expresa en los análisis químicos los componentes principales siguientes:

	%	%
Sustancia orgánica	0,58	1,10
Residuo insoluble	32,09	22,69
Ca ₃ (PO ₄) ₂ -(P ₂ O ₅ equiv.)	36,53 = 16,76	41,18 = 18,87
CaCO ₃	19,66	26,45
CaF ₂	5,08	8,55

Rogers et al. (44) observaron en el distrito de Concepción de Oro, Zacatecas, que las fosforitas marinas constituyen un miembro de la F. La Capa (Jurásico superior), y que el principal mineral es la fluorapatita. También como Peters (41) vieron en algunos bancos venillas de fluorita.

te, unos 700 km. en dirección NW.-SE. Todos los depósitos yacen encima o penetrando a diversas formaciones pertenecientes a series calizas cretácicas plegadas en que están presentes edificios orgánogenos. Las mineralizaciones están en relación con una discordancia erosiva que tuvo aparentemente influencias localizadoras paleogeográficas (relieve, paleocanales, paleokarst) (8) (38).

La interrupción de la sedimentación fue seguida por un aporte de materiales terrígenos, y posiblemente de un régimen paleohidrológico, complicado por la inestabilidad regional hasta que un profundo hundimiento reestableció la sedimentación calcárea. Esta segunda interrupción y cambio en la sedimentación de hecho caracteriza otra discordancia.

Los yacimientos son mantos estrictamente fieles al intervalo dentro de la columna estratigráfica que va del tope de las calizas inferiores a la base de las superiores (F. Buda). Los cuerpos mineralizados discordantes profundizan como conos invertidos o masas tabulares debajo del mismo intervalo pero, al mismo tiempo tienen relaciones espaciales con rocas ígneas del Terciario.

Esta región constituye la extensión meridional de la faja de rocas alcalinas definida al este de la cordillera de los Estados Unidos (30). Lindgren propuso entonces una conexión genética de las mismas con los depósitos de fluorita. Peters (41) adhirió a esta teoría pero condicionando el modelo ígneo a factores tectónicos y sedimentarios. Merece una atención preferente esta argumentación que transfiere el modelo impuesto de distribución mineral de expresión terciaria a raíces que vienen desde el Precámbrico. Precisamente el principio de las herencias minerales sucesivas (14) propone el examen profundo de la cuestión a fin de establecer filiaciones válidas.

Sugerencias interpretativas

Parece inevitable para dar cuenta de la variedad de características con que se presenta la fluorita en la parte septentrional del Estado de Coahuila, apelar imaginativamente a procesos complejos y variados de formación, con episodios múltiples, ya exógenos, ya endógenos, que sin embargo se encuadran dentro de un marco geológico relativamente simple.

Sin pretender ser excluyente ni rígido, ni menos llegar al fondo de la cuestión se insinúa a continuación, tentativamente, un esquema hipotético que podría acomodarse a lo acontecido en la Naturaleza.

Sea a consecuencia de un aporte directo a las cuencas de sedimentación, o sea debido a la lixiviación y arrastre de los productos de alteración

sobre el zócalo vecino que ya contendría cantidades anormales de flúor, nebulosamente atribuibles a la actividad ígnea, a las rocas o yacimientos pre-existent, inclusive de fluorita o de fosfatos, etcétera, se produjo una afluencia de este elemento a un ambiente de rocas carbonatadas susceptibles de capturarlo (5). Con la intervención de una dinámica desconocida, los factores paleogeográficos, paleohidrológicos, sedimentológicos, etc., actuantes se combinaron favoreciendo la concentración mineral básica.

La acción de las aguas subterráneas y/o superficiales involucradas en dominios más restringidos antes del plegamiento y que pasaron a incorporarse a los sedimentos en trance de evolución diagenética fueron quizá un agente concentrador eventual al favorecer las disoluciones y recristalizaciones minerales.

Posteriormente, los efectos de un plutonismo principalmente tardiorogénico y el vulcanismo asociado, que incluye el emplazamiento de rocas filonianas y la actividad de aguas termales, provocaron nuevas movilizaciones a corto trecho, y concentraciones de fluorita de fisonomía diferente. Estos procesos difícilmente pueden deslindarse del que siguen produciendo las aguas subterráneas por sí solas o en mezclas con las termales y confinadas, y que a veces son portadoras de hidrocarburos.

CONSECUENCIAS PARA LA EXPLORACIÓN MINERA

La búsqueda de acumulaciones minerales en mantos o cuerpos relacionados espacialmente con determinadas formaciones sedimentarias y/o ciertos planos de discordancia difiere de la dirigida a encontrar depósitos en que elementos estructurales (fallas, fracturas, plegamientos, etc.) han jugado un papel localizador preponderante. Naturalmente estos factores pueden participar interrelacionados en grados variables, dada la complejidad y variedad de procesos que intervienen. Pero no es en vano recordar que, obviamente, se necesita, sobre todo, un reconocimiento adecuado de la estratigrafía, e incluso de las condiciones paleofisiográficas y paleohidrológicas, que caracterizan los ambientes sedimentarios involucrados y que se integran en la historia geológica respectiva.

En el norte de Coahuila ha existido y perdura un esfuerzo empeñoso por explorar tratando de encontrar las concentraciones de fluorita, particularmente en la proximidad espacial con rocas ígneas. Pero como todos los mineros prácticos lo saben, en la mayoría de los distritos no hay evidencias favorables sino cuando además coinciden entre las rocas sedimentarias de campo las «calizas de piso» (de diversas formaciones que incluyen la «caliza

Aurora»), el «lamajo» (F. del Río), la «caliza Buda» (F. Buda) y las «lajillas» (F. Boquillas y Eagle Ford). Esto representa un espesor estratigráfico del orden de los 50 metros y a lo sumo 150.

En consecuencia, parece lógico al encarar una prospección hacerlo analizando la sucesión sedimentaria para descartar en principio aquellas áreas donde las «calizas de piso» hayan sido total o casi totalmente erosionadas, y también donde los materiales piroclásticos o coladas de lavas tengan espesores que impidan posibles ventanas erosivas que permitan, a la vez, alcanzar a las sedimentarias cretácicas subyacentes y el eventual laboreo de los depósitos contenidos.

En segundo lugar, tomar en consideración los diques o cuerpos ígneos que puedan testimoniar una actividad volcánica que como en Aguachile haya podido provocar en el intervalo estratigráfico comentado concentraciones minerales.

Si éste puede ser el enfoque estratégico de una metodología de exploración regional, en detalle y a la escala del minero, también para usar su vocabulario, el problema radica en que a partir de indicios de mineralización o simplemente remanentes de la F. del Río se dé con un «canal» de fluorita. Por el momento en este aspecto, que no difiere fundamentalmente de la definición de reservas en la extensión de los mantos explotados, se emplean las perforaciones verticales desde la superficie.

Un progreso sensible podría lograrse si en esta tarea, de la misma manera que se ha hecho en otras regiones (15), para vencer las dificultades específicas de la prospección de yacimientos de fluorita, se establecen etapas en la investigación que incluyan métodos especiales geoquímicos y geofísicos. El llamado levantamiento fluorométrico, con la detección de aureolas secundarias de la distribución del flúor y la fluorita pueden constituirse en uno de los medios idóneos a este fin.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AMSTUTZ, G. C. & PARK, W. C. 1967. *Stylolites of diagenetic age and their role in the interpretation of the Southern Illinois fluorspar deposits*. «Miner. Depos.», V. 2, p. 44-53.
- (2) BEUS, A. A. 1966. *Geochemistry of beryllium and genetic types of beryllium deposit*. «Freeman & Co», 401 p.
- (3) BORODIN, L. S. 1956. *On the distribution of beryllium in the Khibina alkalic massif and the clark of beryllium in nepheline syenites*. «Dokl. Akad. Nauk. SSSR», t. 109, p. 811-812.
- (4) BOULADON, J. 1969. *Distribution des gisements de plomb-zinc et d'argent. Elements de géologie prévisionnelle*

- pour la recherche du plomb et du zinc dans le monde. Informe B. R. G. M. 69 SGL 112 GIT, 44 p.
- (5) BRECKE, E. A. 1964. *A possible source of solutions of the Illinois-Kentucky fluorspar district.* «Econ. Geol.», v. 59, p. 1293-1297.
- (6) BURCKHARDT, C. 1930. *Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain.* «Soc. Paléont. Suisse», Mém. 49-50, p. 280.
- (7) CADEK, J. & MALKOVSKY, M. 1963. *Contribution to the problem of transport of fluorine at low temperatures.* «Symp. Probl. Postmagmatic Ore Depos.», p. 407-412, Prague.
- (8) CALLAHAM, W. H. 1964. *Paleogeographic premises for prospecting for stratabound base metal mineral deposits in carbonate rocks.* «Preprint from Proceedings of CENTO Symp. on Min. Geol. and Base metals», p. 191-248, Ankara.
- (9) CHERMETTE, A. 1964-65. *Les ressources du Mexique en spath-fluor.* «Mines et Métallurgie», a. 1964, núms. 9-10-11; a. 1965, núms. 1-2.
- (10) COATS, R. R.; GOSS, W. D. & RADER, L. F. 1963. *Distribution of fluorine in unaltered silicic volcanic rocks of the Western conterminous United States.* «Econ. Geol.», v. 58, p. 941-951.
- (11) CSERNA, Z. 1956. *Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey.* «XX Cong. Inter.», México, 87 p.
- (12) DAUGHERTY, F. W. 1963. *Geology of Pico Etereo Area.* «Abstracts Geol. Soc. of America Sp. Pap.», 73, p. 136.
- (13) EARDLEY, A. 1951. *Structural geology of North America.* «Harpers Brothers Publ.», 624 p., New York.
- (14) EMBERGER, A. 1970. *Méthodologie de la recherche métallogénique: la classification morpho-lithologique des minéralisations plombo-zincifères du Maroc.* «Not. Serv. Geol. Maroc.», t. 30, núm. 225, p. 155-178, Rabat.
- (15) FEDORENKO, Ia. D. 1968. *Prospecting for fluorspar.* «Sov. Geol.», núm. 6, p. 100-109.
- (16) FORHAG, W. F.; GONZÁLEZ REINA, J. & PÉREZ SILÍCEO, R. 1946. *Los depósitos de fluorita del distrito minero de Taxco, Estado de Guerrero, México.* «Sec. Econ. Nac. Bol. Min. y Pet.», julio, págs. 3-8; agosto, págs. 3-7, México.
- (17) GARCÍA GUTIÉRREZ, C. & ROBECK, R. C. 1952. *Yacimientos de fluorita en la región noroccidental del Estado de Coahuila.* «Cons. Rec. Nat. no Ren.», Informe inédito.
- (18) GILLERMAN, E. 1953. *Geology and fluorspar deposits of the Eagle Mountains, Trans Pecos, Texas.* «U. S. Geol. Survey Bull.», 987, p. 98.
- (19) GILLSON, J. L. 1960. *Intriguing examples of geology applied to industrial minerals.* «Econ. Geol.», v. 55, p. 635-637.
- (20) GROGAN, R. M. 1949. *Structures due to volumetric strike in the bedding replacement fluorspar deposits of Southern Illinois.* «Econ. Geol.», v. 44, p. 607-616.
- (21) — — 1960. *Fluorspar and Cryolite.* In *Industrial Minerals and Rocks*, AIME, Gillson Ed. (Mudd Series), p. 363-382.
- (22) GROGAN, R. M. & BRADBURY, J. C. 1967. *Origin of the stratiform fluorite deposits of Southern Illinois.* «Econ. Geol. Monograph», 3, p. 40-51.
- (23) HEYL, A. V. 1967. *Some aspects of genesis of stratiform lead-zinc-fluorite deposits in the United States.* «Econ. Geol. Monograph», 3, p. 20-32.
- (24) — — 1968. *Minor epigenetic, diagenetic and syngenetic sulfide, fluorite and barite occurrences in the Central United States.* «Econ. Geol.», v. 63, p. 585-594.
- (25) IMLAY, R. W. 1938. *Studies of the Mexican geosyncline.* «Geol. Soc. of America Bull.», v. 49, p. 1651-1694.
- (26) INDUSTRIAL MINERALS. 1970. *World fluorspar industry. Part. 2: Latin America, Africa and the Far East.* julio, p. 21-28.
- (27) JACQUIN, J. P. 1970. *Contribution à l'étude géologique et minière de la Sierra de Gador (Almería, Espagne), Tome II: Géologie Minière*, p. 319 y siguientes, Nantes.
- (28) KELLUM, L. B.; IMLAY, R. W. & KANE, W. G. 1936. *Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part I.* «Geol. Soc. of America Bull.», v. 47, p. 969-1007.
- (29) LEVINSON, A. A. 1962. *Beryllium-fluorine mineralization at Aguachile Mountain, Coah., Mexico.* «American Mineral», v. 47, p. 67-74.
- (30) LINDGREN, W. 1933. *Differentiation and ore deposition, Cordilleran region of the United States. In Ore deposits of the Western States.* Lindgren Volume AIME, p. 152-180.
- (31) LONSDALE, J. T. 1940. *Igneous rocks of the Terlingua-Solitario region, Texas.* «Geol. Soc. of America Bull.», v. 51, p. 1539-1626.
- (32) MARTINI, M. & TONANI, F. 1968. *Le fluor dans les roches. In Origin and distribution of the elements.* L. H. Ahrens ed., Pergamon Press, p. 1113-1138.
- (33) MCANULTY, W. N. 1956. *Fluorspar deposits in Coahuila, Mexico.* «Abstract, Econ. Geol.», v. 51, p. 120.
- (34) — — 1956. *Fluorspar deposits in Coahuila, Mexico, with special reference to the Aguachile and Cuatro Palmas deposits in Northern Coahuila.* Informe mimeogr., 18 p.
- (35) — — 1970. *Evaluation of fluorspar deposits.* «Soc. of Min. Eng. of AIME», Preprint núm. 70-S-63, 9 p.
- (36) MCANULTY, W. N.; SEWELL, C. R.; ATKINSON, D. R. & RASBERRY, J. M. 1963. *Aguachile beryllium bearing fluorspar district, Coahuila, Mexico.* «Geol. Soc. of America Bull.», v. 74, p. 735-743.
- (37) MICHEL, H.; PELISSONNIER, H.; PERMINGEAT, F. & ROUTHIER, P. 1964. *Propositions concernant la définition des unités métallifères.* «XXII^e Con. Géol. Int. New Delhi, Com. Carte Geol. du Monde», p. 149-153.
- (38) MILLS, J. W. & EYRICH, H. T. 1966. *The role of unconformities in the localization of epigenetic mineral deposits in the United States and Canada.* «Econ. Geol.», v. 61, p. 1232-1257.

- (39) OJEDA, RIVERA, J. 1961. *Depósitos de fluorita con berilio, en Aguachile, Coah.* «Bol. Cons. Rec. Nat. no Renov.», núm. 61, p. 663-688.
- (40) PELISSONNIER, H. 1967. *Analyse paléohydrogéologique des gisements stratiformes de plomb, zinc, baryte, fluorite du type "Mississippi Valley".* «Econ. Geol. Monograph», 3, p. 234-252.
- (41) PETERS, W. C. 1958. *Geologic characteristic of fluorspar deposits in the Western United States.* «Econ. Geol.», v. 53, p. 663-688.
- (42) PRADO, J. J. 1954. *La fluorita.* «Inst. Nac. para la ind. de Rec. Nat. Bol. núm. 1 E», 87 p., México.
- (43) ROBECK, R. C.; PESQUERA, R. & ULLOA, S. 1956. *Geología y depósitos de carbón de la Región de Sabinas, Estado de Coahuila.* «XX Cong. Geol. Int. México», 109 p.
- (44) ROGERS, C. L.; CSERNA, Z. D.; TAVERA, E. & ULLOA, S. 1956. *General geology and phosphate deposits of the Conception del Oro District, Zacatecas, Mexico.* «U. S. Geol. Survey Bull.», 1037-A.
- (45) SÁNCHEZ MEJORADA, P. 1958. *Mineralized Cretaceous horizons in North-eastern Mexico.* AIME Trans. v. 211, p. 108-111.
- (46) SCHULZE, G. 1953. *Los yacimientos de fluorita de Buenavista y La Encantada, Estado de Coahuila.* «Ints. Nac. para la Inv. de Rec. Nat. Bol.», núm. 33, 18 p., México.
- (47) SELLARDS, E. H.; ADKINS, W. S. & PLUMMER, F. B. 1933. *The Geology of Texas. Vol. I Stratigraphy.* Univ. Texas, Bull. 3232.
- (48) SHAW, D. R. 1968. *Geology of the Spor Mountain Beryllium District, Utah. In Ore Deposits of the United States 1933-1967.* «Graton-Sales», volume AIME, p. 1148-1161.
- (49) SIERRA LÓPEZ, J.; ORTIZ RAMOS A. & BURKHALTER AÑEL, J. 1967. *Origen de algunas mineralizaciones de fluorita y galena de la Sierra de Gador, en relación con la singénesis y la epigénesis. Importancia para su investigación minera.* «Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España», núms. 97-98, p. 289-308.
- (50) SMITH, Ch. I. 1966. *Physical stratigraphy and facies analysis Lower Cretaceous formations, Northern Coahuila, México.* «Ph. D. Geol. Univ. of Michigan».
- (51) TEMPLE, A. K. 1961. *Memorandum covering Minera Rosala, S. A. de C. V.* Inédito.
- (52) TEMPLE, A. K. & GROGAN, R. M. 1963. *Manto fluorspar deposits, Northern Coahuila, Mexico.* «Econ. Geol.», v. 58, p. 1037-1053.
- (53) TEMPLE, A. K. & HEINRICH, E. Wm. 1960. *Spurrite from Northern Coahuila, México.* «Geol. Soc. of America Bull.», v. 71, núm. 12, p. 1960.
- (54) TOURAY, J. C. & YAJIMA J. 1967. *Hydrocarbures liquides inclus dans des fluorites tunisiennes.* «Miner. Depos.», v. 2, p. 286-290.
- (55) VAN ALSTINE, R. E. 1952. *Investigación de los principales distritos de fluorita de México.* «Cons. Rec. Nat. no Renov. Bol.», 62, 62 p., México.
- (56) WILLIAMSON, D. R. 1961. *Mexican fluorite deposits.* «Mineral Industries Bull.», v. 4, núm. 2, 15 p. Coloo. School Mines.

Recibido: 20-IX-71.

Características hidrogeológicas del sector del Jabalcón (Provincia de Granada)

por J. CRUZ-SANJULIAN (*) y L. GARCIA ROSSELL (*)

RESUMEN

Presentamos los primeros datos de un estudio hidrogeológico regional que sobre las aguas termales ligadas al contacto Bético-Subbético ha iniciado el Laboratorio de Hidrogeología de la Universidad de Granada.

En el sector del Jabalcón (próximo a Baza, provincia de Granada), se ponen de manifiesto tres tipos de acuíferos:

A) Termal (40° C) de facies clorurado-sulfatado sodo-cálcica, que surge en las dolomías basales de la serie mesozoica del Jabalcón.

B) Acuífero ligado a las dolomías Alpujárrides. Facies bicarbonatada calco-magnésica.

C) Acuífero artesiano localizado en niveles detríticos pliocenos.

Se apunta la posibilidad de una comunicación entre estos dos últimos.

Se aborda también el problema de la génesis de las aguas termales.

ABSTRACT

The principal data and results of a recent geological and hydrogeological surveying in the Jabalcon area are presented.

Two types of ground-water according to chemical analyses, are distinguished. Three different aquifers have been identified.

One of the aquifers belongs to the lowest part of the Jabalcon mesozoic series. Several hot water springs are related to it.

The other aquifers are related with the triassic dolomitic limestones and with the detrital recent deposits. Hydraulic communication exists between them.

The characteristics and classification of these three aquifers are discussed.

1. INTRODUCCIÓN

En la falda norte del Jabalcón existen manantiales cuya temperatura es superior a la normal. Manantiales de este tipo son numerosos en las Cordilleras Béticas, pero las circunstancias geológicas en que aparecen difieren notablemente entre sí. Su estudio hidrogeológico debe apoyarse

en una base geológica precisa, si se desean abordar las posibles relaciones genéticas y condicionamiento geológico de tales manantiales.

El estudio global de estas cuestión está siendo abordado por este Laboratorio de Hidrogeología, y ahora presentamos los primeros resultados obtenidos en la zona del Jabalcón.

Algunos de los datos utilizados nos fueron amablemente cedidos por el equipo del Proyecto del Guadalquivir (FAO - IGME), a quienes hacemos patente nuestro agradecimiento.

(*) Laboratorio de Hidrogeología. Departamento de Geotectónica. Universidad de Granada.

COLUMNAS LITOLÓGICAS DE LOS SONDEOS MECANICOS

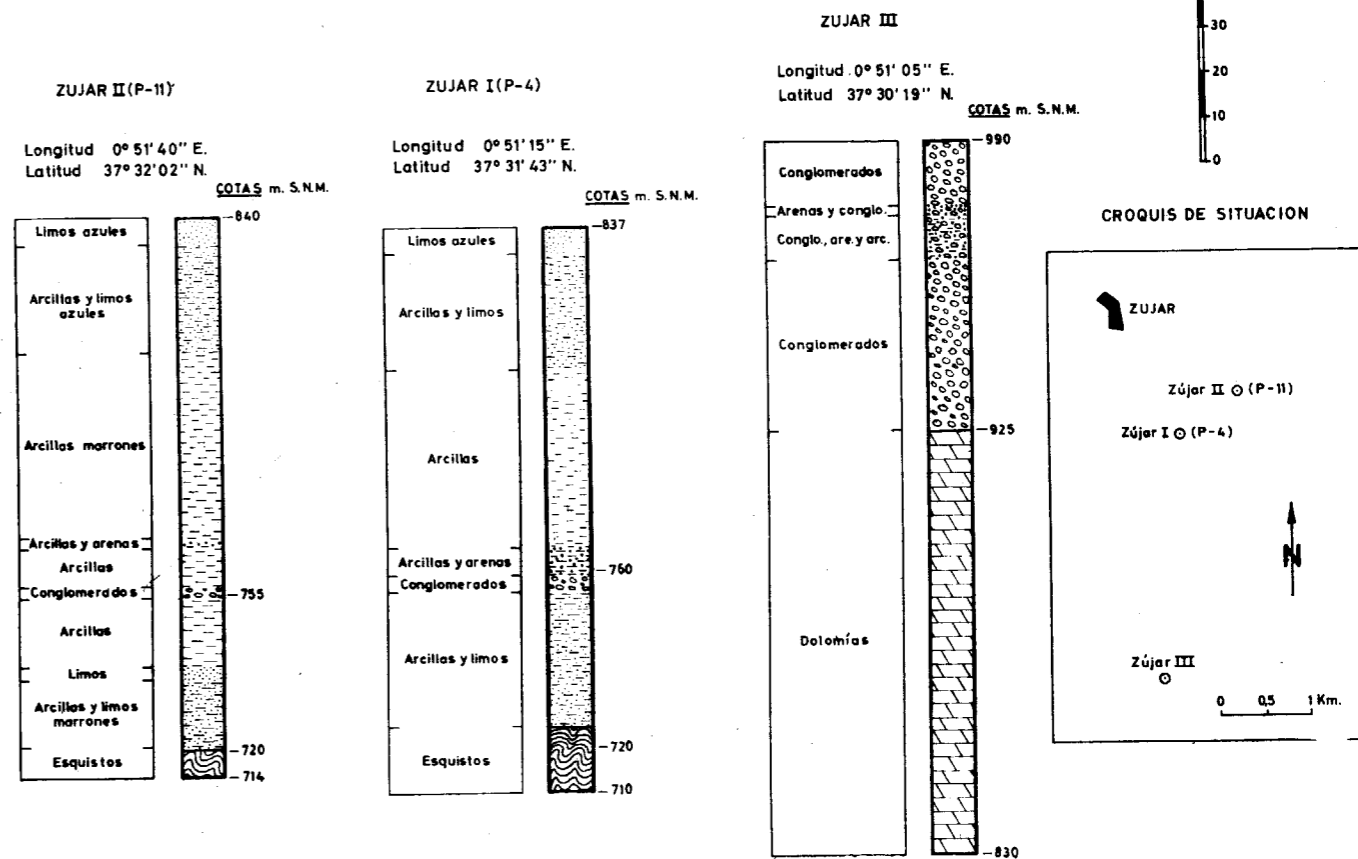


Fig. 1

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL SECTOR ESTUDIADO

2.1. SITUACIÓN

Se encuentran, en el sector estudiado, materiales pertenecientes a la zona Subbética, en Jabalcón, y a la zona Bética s. s., en Capallón, situado más al Sur, y constituido por dolomías del Complejo Alpujárride.

El contacto entre ambas zonas está enmascarado por materiales recientes (Terciario y Cuaternario) de la depresión postorogénica de Guadix-Baza.

Las relaciones tectónicas entre Bético y Subbético en este sector, se exponen en una nota recientemente publicada (Cruz-Sanjulián y García-Rossell, 1972), por lo que su estudio no se abordará en este trabajo, aunque se utilizarán las conclusiones allí obtenidas.

Desde el punto de vista hidrogeológico están representadas unidades de dos tipos: «acuíferos del Plioceno continental de la cuenca del Guadiana Menor», y «acuífero de los macizos calizos y dolomíticos». Los primeros se caracterizan por «una circulación en las formaciones detríticas, cuya potencia oscila entre 50 y 400 m. (a veces superior y de transmisividad elevada (entre 2×10^{-3} m.²/seg. y 10^{-1} m.²/seg.)). Los segundos presentan características específicas y particulares en cada macizo calizo. Ambos acuíferos actúan de cuenca reguladora del Guadiana Menor, cuyo caudal estabilizan; su caudal de base es del orden de 7 a 10 m.³/segundo (FAO-IGME, 1969).

2.2. ESTRATIGRAFÍA

A) *Materiales del Complejo Alpujarride*

Afloran al Sur del Jabalcón, a una distancia nunca inferior a 300 m.; no es visible, pues, el contacto entre ambos. Se trata de dolomías compactas, oscuras (localmente negras), fétidas, parcialmente recristalizadas y con alguna mineralización de hierro. Su potencia es superior aquí a 200 m., si bien en otros sectores próximos supera los 500 metros (sierra de las Estancias, De Vries y Zwaan, 1967).

Presentan una red de fisuras muy desarrolladas, e incluso niveles miloníticos.

B) *Materiales de la unidad del Jabalcón*

Para su estudio sistemático, los hemos agrupado en dos series, a las que denomina «del Norte» y «del Sur».

Serie del Norte

Afloran entre el escarpe situado al N. de la ermita de la Virgen y los Baños de Zújar. Comprende términos desde el Lías inferior hasta el Eoceno-Oligoceno:

Dolomías-Lías inferior (?) (L₁₁)

Sus afloramientos se encuentran en el extremo Norte del Jabalcón, sobre los Baños de Zújar. El contacto con el término inmediatamente superior (L₁₂) queda oculto bajo materiales Neógenos y Cuaternarios.

Son dolomías gris-oscuras, de potencia superior a 150 m. No se aprecia estratificación debido a su carácter masivo y a la densa red de diaclasas de que están afectadas.

Presentan carstificación irregularmente desarrollada.

Le asignamos edad Liásica inferior, por su posición bajo L₁₂ y por comparación con otras series similares: Cáuro, Sierra Elvira, Cortijo del Zegrí, etc. (García-Dueñas, 1967).

Calizas masivas. Lías inferior y medio (?) (L₁₂)

Constituyen la mayor parte de la superficie del Jabalcón. Son calizas masivas, cuyo color en fractura reciente varía desde el blanco al gris. Su potencia es del orden de 450 m. En lámina delgada

muestran una composición calizo-arcillosa, oolítica en algunos niveles (las calcimetrías efectuadas revelan más del 80 por 100 de carbonatos).

La microfauna comprende:

Restos de Gasterópodos inclasificables.

Nodosariidae.

Foraminíferos indiferenciados.

Ostrácodos.

Restos y radiolas de Equinodermos.

Algas.

En los niveles superiores aparecieron algunos escasos fragmentos de Ammonites, que pudieran representar (por analogía con los de las regiones circundantes) un Lías s. l. Ello concuerda con la facies general del Lías inferior en series semejantes de la zona Subbética (Fallot y Solé Sabarís, 1957; García-Dueñas, 1967; Durand-Delga y Foucault, 1968; Vera, 1969 b).

Hemos localizado un nivel de algas, que nos permitió discernir la estructura anticlinal del flanco WSW.

Calizas grises y calizas con nódulos de sílex. Lías medio superior (?) (Lms)

En aparente concordancia yacen unos 30 m. de calizas grises, arcillosas, de grano fino, fractura ligeramente concoide, que hacia el techo se enriquecen en nódulos de sílex negro.

Hemos encontrado la siguiente microfacies:

Biomícrita arcillosa con:

Crinoides.

Ostrácodos.

Nodosariidae.

Corales.

«Filamentos» (escasos).

Radiolarios.

Espículas de Espongiarios.

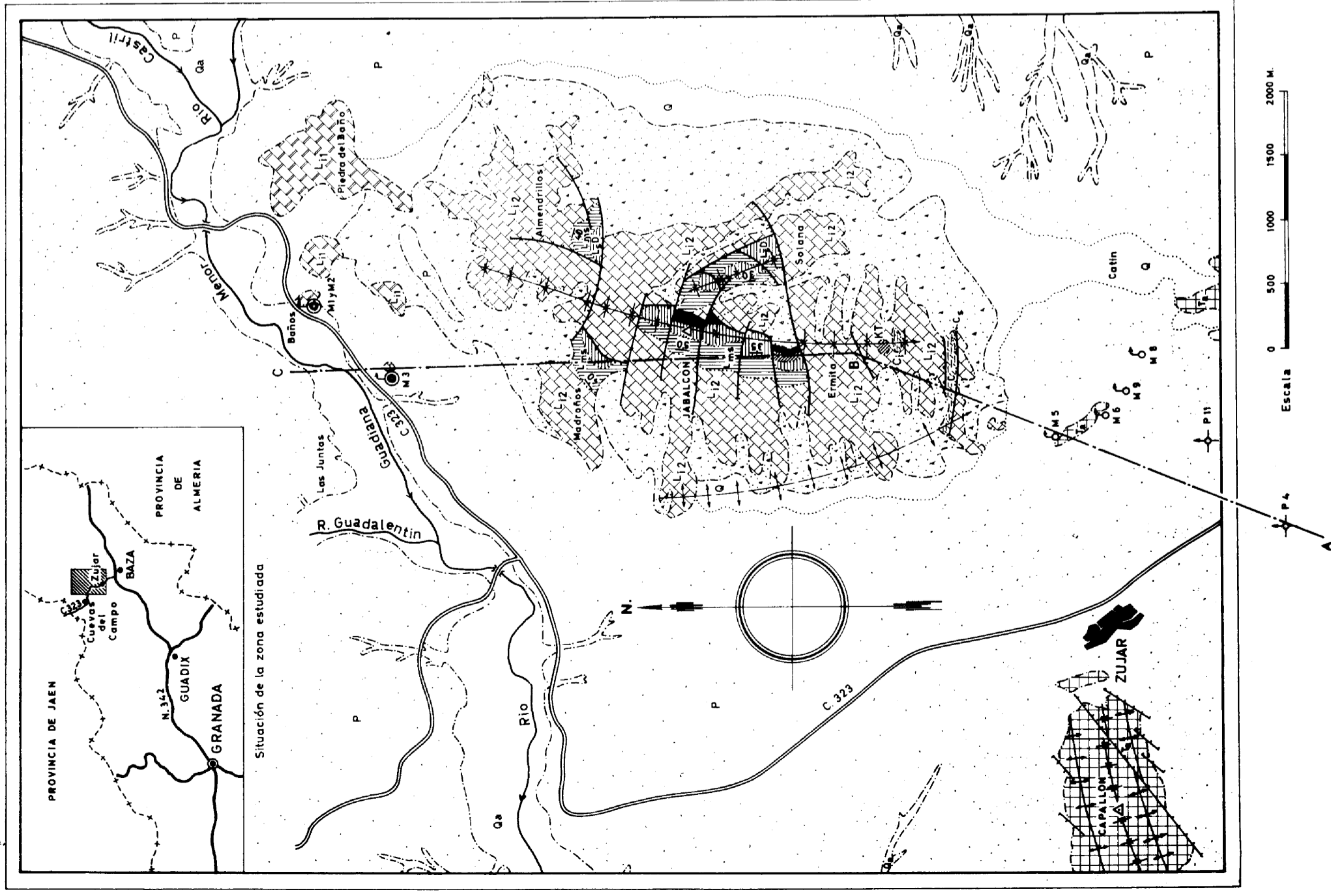
No puede por tanto, precisarse la edad de estos niveles aunque, dada su posición y teniendo en cuenta las afirmaciones de Durand Delga y Foucault (1968), se los puede considerar como Lías medio-superior.

*Calizas con bancos de sílex.**Lías superior-Dogger (Ls - D).*

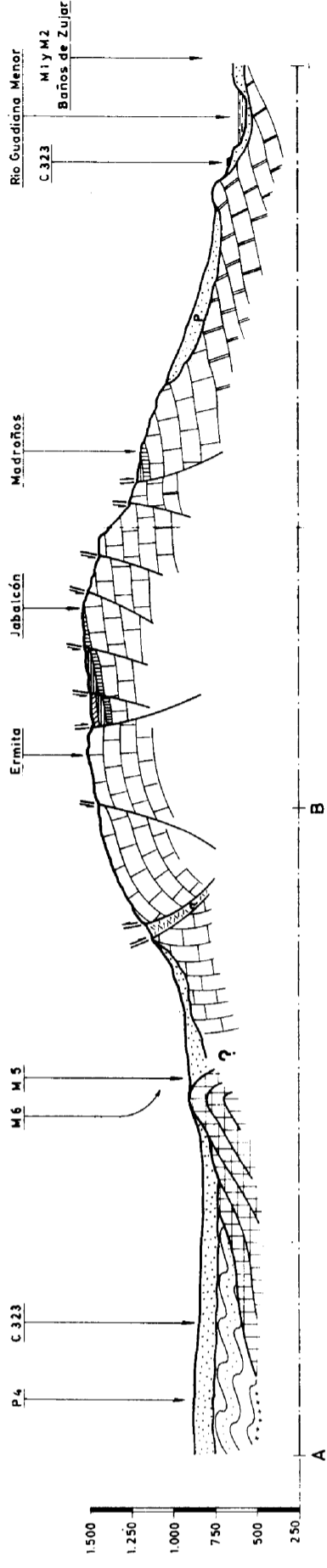
Concordantemente sobre el nivel anterior, existe un paquete de calizas esparíticas, con intraclasos, con bancos de sílex interestratificados, cuyas potencias oscilan entre 15 y 30 cm. (la potencia total del paquete se acerca a los 20 m.).

Las láminas delgadas (ZL - 1969 a 1973) revelan:

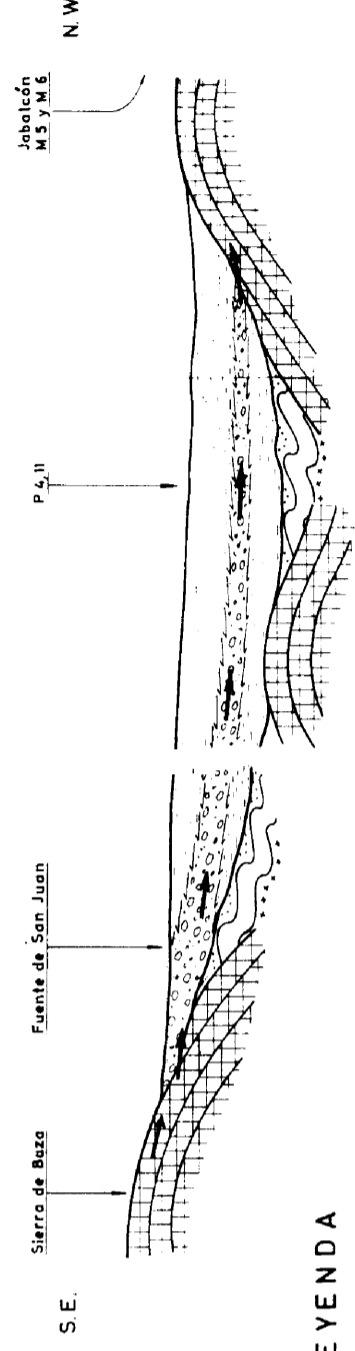
PLANO GEOLOGICO



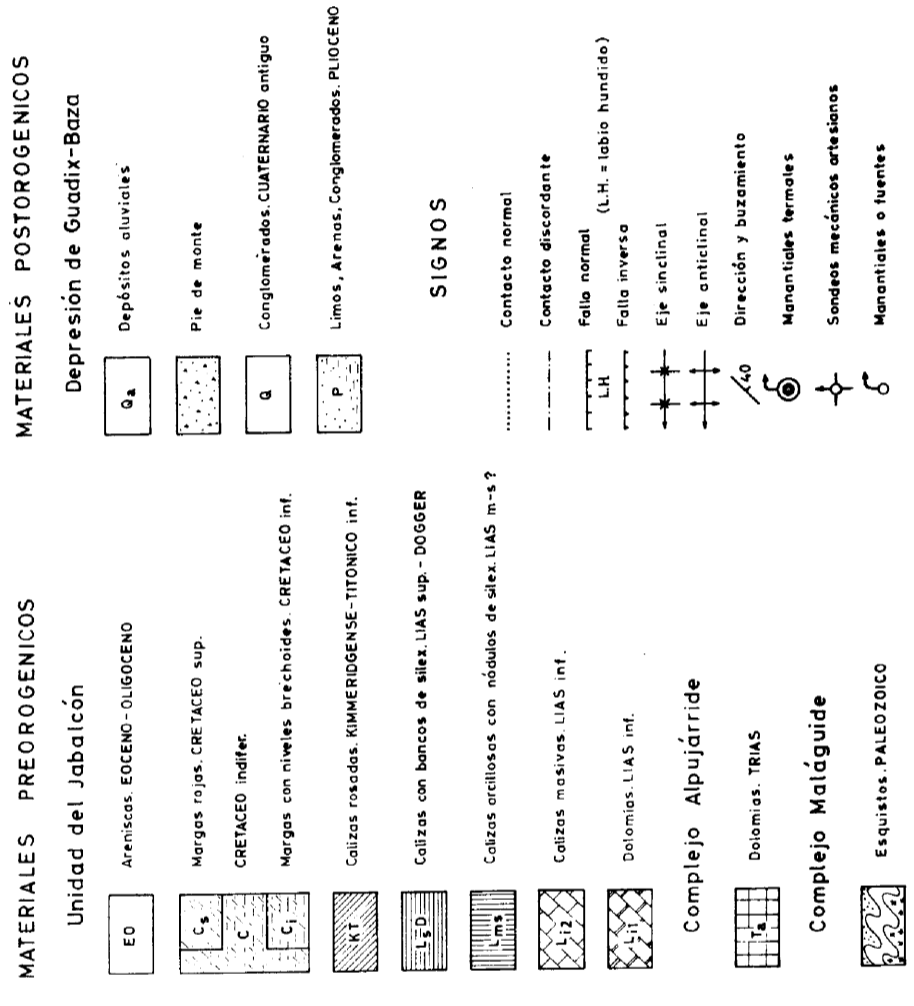
CORTE GEOLOGICO



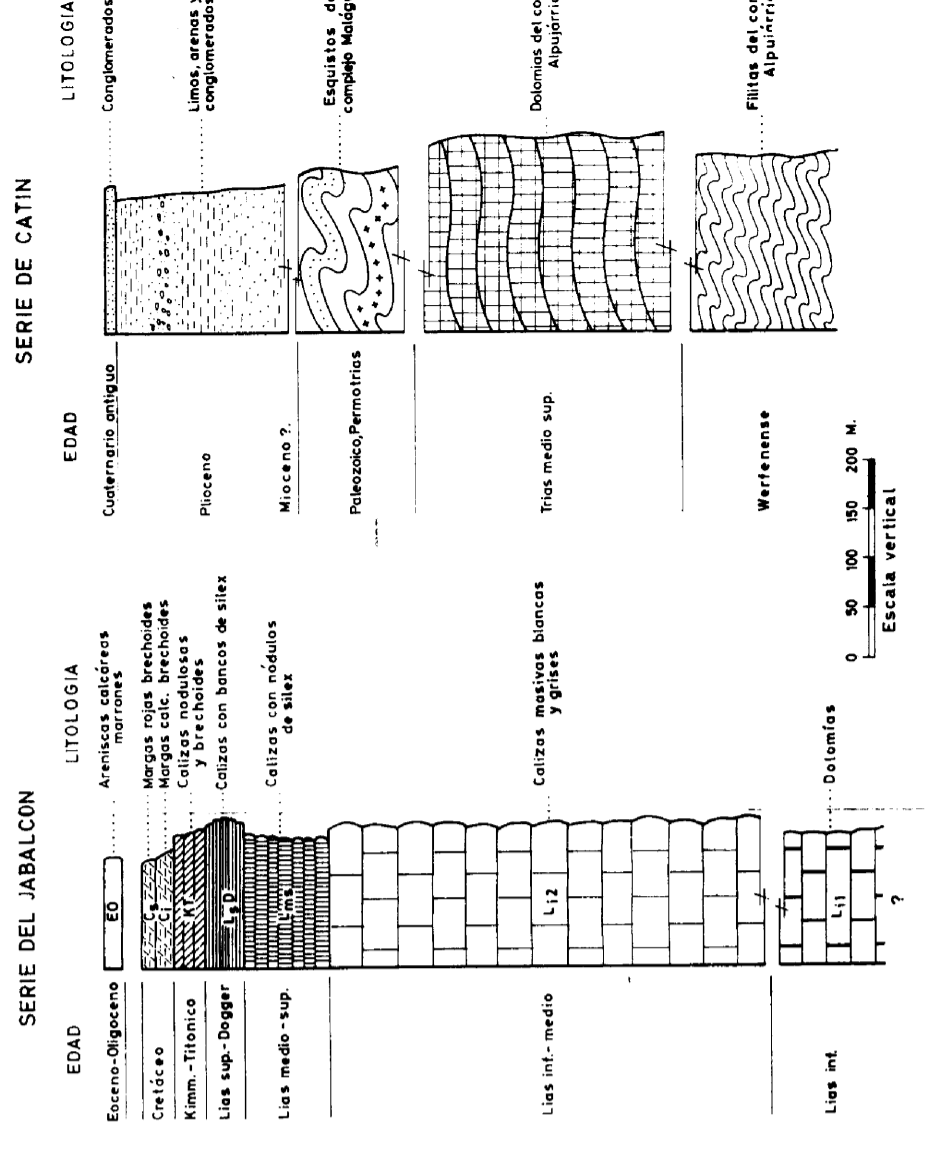
CORTE ESQUEMATICO MOSTRANDO LAS POSIBLES CAUSAS DEL ARTESIANISMO Y LAS RELACIONES ENTRE LOS ACUIFEROS DE LAS DOLOMIAS ALPUJARRIDES Y DE LOS CONGLOMERADOS TERCIARIOS



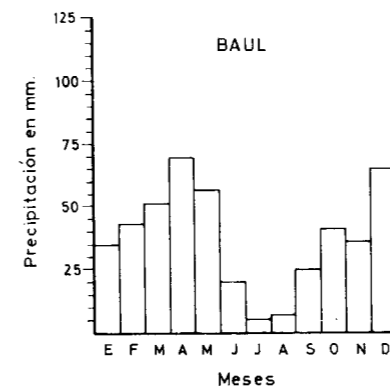
LEYENDA



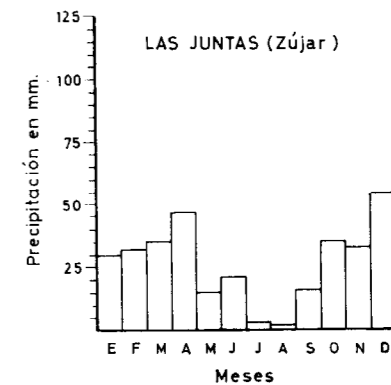
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS



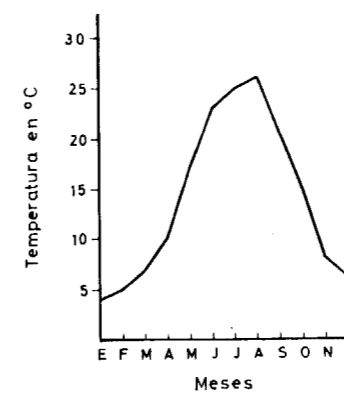
Precipitación media anual: 438 mm.



Precipitación media anual: 315 mm.



TEMPERATURAS MEDIAS



CLASIFICACION CLIMATICA

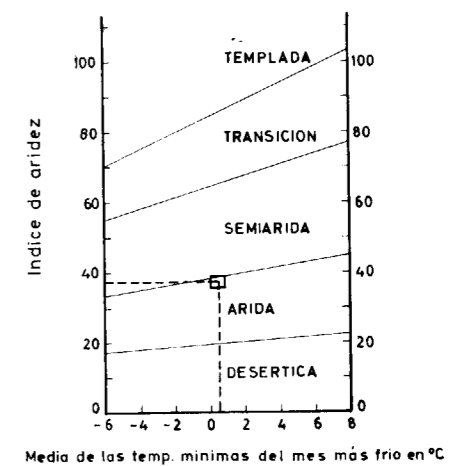


Fig. 2

- «Filamentos» (abundantísimos).
- Globochaete.
- Crinoides.
- Restos de Equinodermos.
- Foraminíferos indeterminados.

Esta microfacies se presenta frecuentemente en las cordilleras Béticas, en el Lías superior-Dogger (serie de Algarinejo, sierra de Chanzas, Hachuelo-Montefrío, Alomartes, Venta Quesada, etc., Vera, 1969 b).

Calizas nodulosas rosadas.
Kimmeridgeuse-Titónico (K-T).

En la cumbre del Jabalcón constituyen un paquete de sólo varios metros de potencia que re-

posa sobre las calizas Ls-D, en tanto que en la serie del Sur se sitúan aparentemente (las condiciones de observación son muy deficientes) sobre las calizas del Lías inferior Li₂, lo cual puede implicar carácter discordante (o al menos acordante) para estos materiales.

Color rojo o rosado, carácter noduloso o brechoide y microfacies de biomicrita arcillosa, algo recristalizada, con:

- Globochaete alpina.
- Nodosariidae (Lenticulina, etc.).
- Saccocomidae.
- Ostrácodos.
- Restos de Aptychus.
- Calpionellas.
- Fibroesphaeras.

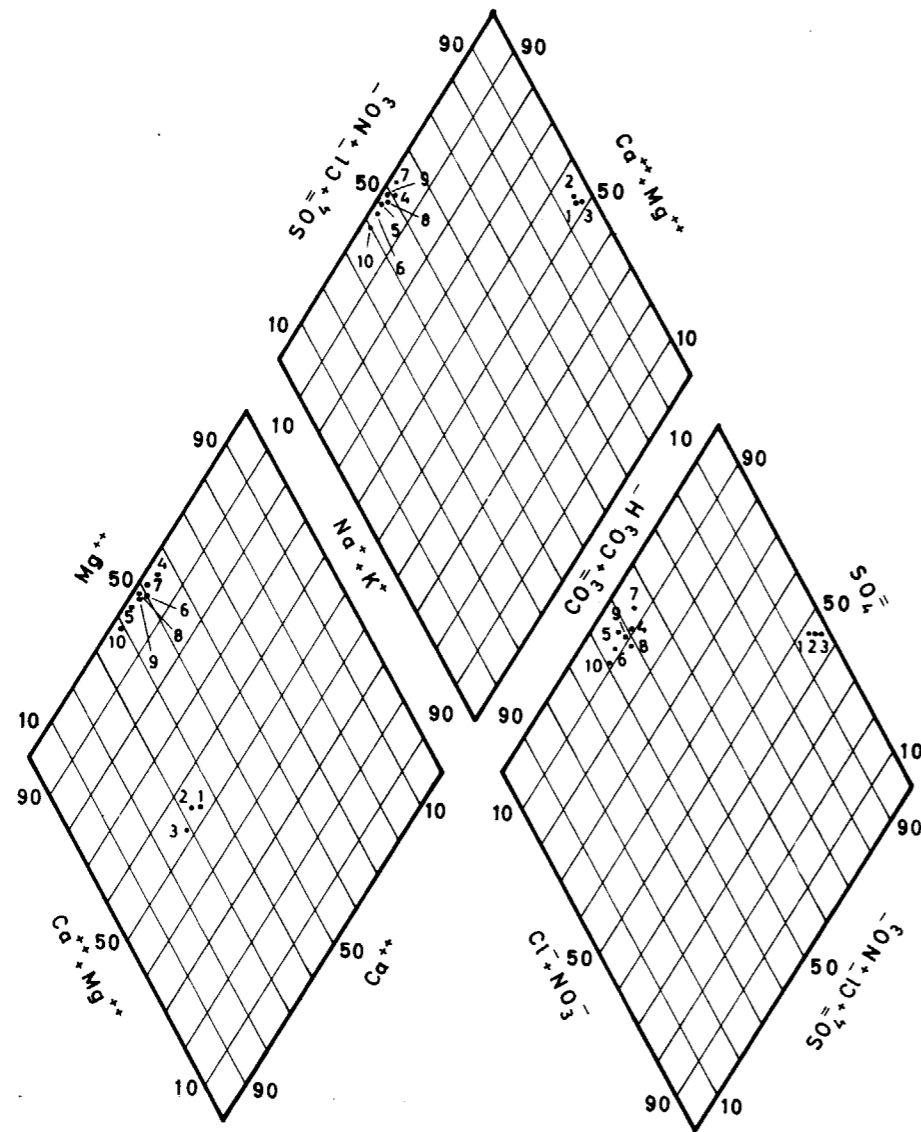


Fig. 3.—Facies Hidroquímicas. Diagrama de Piper.

Radiolarios.
Espículas de Espongiarios.

Areniscas marrones.
Eoceno-Oligoceno (?) (E.-O.)

Hay sólo tres afloramientos, difíciles de delimitar y situados sobre niveles diferentes de la serie Jurásica descrita.

Son areniscas marrones, grises y amarillentas, con elevado porcentaje de cuarzo. Su potencia total no puede precisarse en ningún punto, pero es desde luego superior a 4 m.

El estudio microscópico indica predominio de

granos de cuarzo redondeado, con recristalizaciones en los bordes, así como cantos de dolomías, de areniscas, micasquitos y fragmentos de micas (biotita). El cemento es carbonatado. También se observan restos orgánicos rodados (Nummulitidae y Briozoos).

Tales datos implican, por comparación con series flyschoides similares, edad Terciaria, que puede oscilar entre Eoceno y Aquitaniense.

Serie del Sur

Se ha establecido en el extremo meridional del Jabalcón. Está separada de la «serie del Norte»

por el relieve donde se levanta la ermita de la Virgen, constituido en su totalidad por calizas del Lías inferior (Li_2), y limitado al N. y al S. por dos fallas normales, de dirección E.-W., que le configuran como un horst.

En esta serie no afloran las dolomías basales Li_1 de la serie del Norte.

De abajo arriba distinguimos los siguientes términos:

Calizas masivas Lías inferior (?) (Li_1)

Constituyen casi la totalidad de éste último espigón meridional. Todas sus características coinciden con las descritas en este mismo nivel para la serie del Norte.

Sobre ellas, y según diversos tipos de contactos, aparece el resto de la serie que describimos a continuación.

Calizas nodulosas rosadas. *Kimmeridgense-Titónico inferior (K-T)*

Su único afloramiento está situado en la ladera que desciende desde la ermita de la Virgen hacia el Sur, y al que Fallot y Solé denominaban «cota 1.350».

Descansan directamente sobre las calizas del Lías inferior (Li_2), si bien no es fácil dilucidar la naturaleza de los contactos.

Nuestro estudio de lámina delgada revela una gran analogía con los mismos niveles de la «serie del Norte», excepto en que allí podían datarse con más precisión los niveles más altos del Titónico.

Margas con niveles brechoides. *Cretáceo inferior (Ci)*

Sólo son cartografiables (a la escala empleada: 1:25.000) dos afloramientos: uno, situado muy cerca y al Sur del Kimmeridgense señalado precedentemente y cuyos contactos con Li_2 son difíciles de precisar y de interpretar. El otro está situado en el extremo meridional del Jabalcón, limitado por dos fallas.

Son margas y margo-calizas frecuentemente silíceas, glauconíferas, color crema y muy fracturadas, con una laminación verosímilmente de origen mecánico.

Los niveles brechoides contienen fragmentos heterométricos (algunos de los cuales alcanzan el centenar de m.³) de diversos materiales: la mayoría de ellos corresponden a niveles de la «serie del

Norte», pero, en cambio, otros son desconocidos en ella.

En lámina delgada aparece una asociación típicamente Neocomiense:

Stomiosphaera.
Nanoconus.
Ostrácodos.
Radiolarios.

Margas rosadas con niveles brechoides. *Cretáceo superior (Cs)*

Aparecen en el mismo afloramiento que señalábamos en segundo lugar para el Cretáceo inferior.

Son margas y margo-calizas color rojo intenso. En lámina delgada muestran una facies de microbrecha, con cantos mesozoicos y cemento margo-arcilloso. El levigado permitió reconocer *Globotruncana*, lo que implica edad Cretáceo superior.

C) *Materiales postorogénicos*

En discordancia sobre los materiales ya descritos, existe una potente formación Neógena y Cuaternaria, horizontal o subhorizontal, que colmata la Depresión de Guadix-Baza, dentro de la cual Vera (1969 a) establece dos sectores: «Guadix» y «Baza-Huéscar». La zona del Jabalcón se encuentra en el extremo occidental de este último sector.

De la serie Neógena, sólo aflora el Plioceno, si bien sabemos de la existencia de un Mioceno margo-arcilloso subyacente, en el cual se han datado los niveles superiores como Tortonenses (Colom, 1951).

Limos, arenas y conglomerados. Plioceno

Sus afloramientos ocupan gran parte de la zona cartografiada. Son frecuentes los cambios de facies, algunos de ellos de gran importancia en el condicionamiento hidrogeológico, como indicaremos más adelante.

Su potencia en la zona del Jabalcón es de unos 200 m., pero hacia el ENE. aumenta rápidamente hasta llegar a superar probablemente los 1.000 metros en el centro de la cuenca (Vera, 1969 a).

Se les asigna edad Pliocena por estar sobre margas del Tortonense (Colom, 1951) y bajo niveles con Elephas meridionales Nesti (Fallot, Solé, Colom, y Birot, 1950).

El estudio granulométrico de estos materiales indica que se depositaron en un medio litoral (playa), lo cual coincide con las conclusiones obtenidas para los mismos en otros puntos de la Cuenca (Vera, 1969 a).

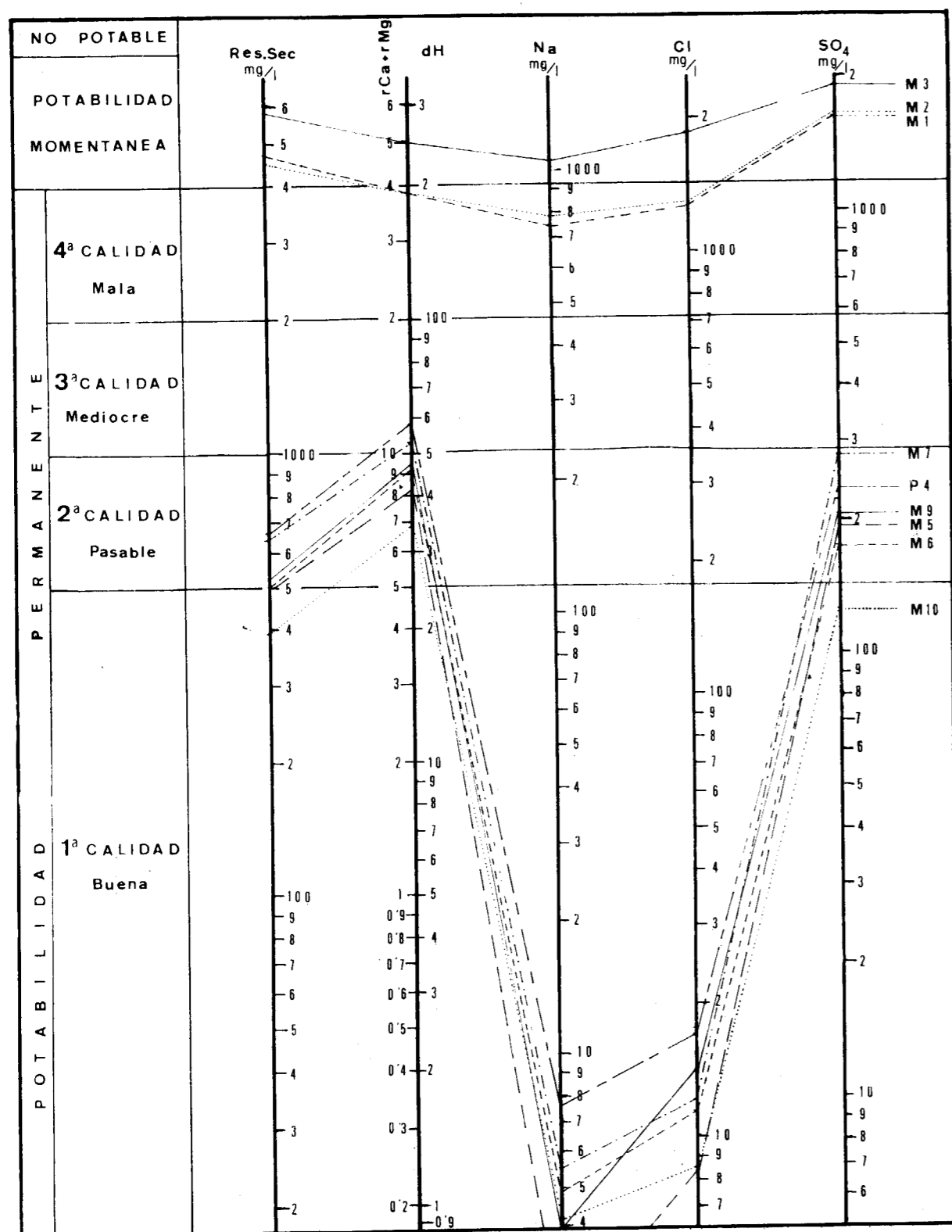


Fig. 4.—Diagrama de Schöeller.

En estos materiales están situados los sondeos P-4 y P-11.

Conglomerados, arenas, limos y arcillas.
Cuaternario (Q)

Atribuimos al Cuaternario los aluviones y terrazas, pie de monte y una formación conglomerática de cemento calcáreo y cantos calizo-dolomíticos cuyos afloramientos están a una cota de 900 m. S. N. M.

2.3. CONCLUSIONES ESTRATIGRÁFICAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO

Como resumen de lo indicado hasta ahora, conviene resaltar:

1.º No afloran en ningún punto del sector estudiado materiales maláguides, pero han sido localizados en los sondeos mecánicos Zújar I y Zújar II, lo cual implica que, al menos en algunas zonas, constituyen una barrera impermeable entre las dolomías Alpujarrides y el Mioceno o Plioceno que las recubre.

2.º Los únicos materiales triásicos que afloran son los de tipo alpino (dolomías Alpujarrides). No aparecen en ningún punto el Permotriás de la cobertera del Complejo Maláguide ni el Triás de facies germano-andaluza. No obstante, la existencia de este último (margas, arcillas, areniscas, yesos, etc.) es muy probable bajo la serie Jurásica del Jabalcón. Su papel hidrogeológico puede ser decisivo por un doble motivo: su impermeabilidad y su notable contenido salino (sulfatos, cloruros y carbonatos, principalmente).

3.º El Terciario y Cuaternario están formados por materiales predominantemente detríticos. Los cambios de facies son frecuentes e implican cambios de permeabilidad ciertamente importantes.

2.4. TECTÓNICA

En la nota antes reseñada (Cruz-Sanjulián y García-Rosell, 1972) se hace un análisis y discusión de los problemas tectónicos de la zona. En resumen, las dos cuestiones más importantes son:

1.ª Estructura del Jabalcón y de los Alpujarrides.

2.ª Relaciones tectónicas y paleogeográficas entre ambos.

Respecto a la primera, se ha puesto de manifiesto una estructura anticlinal en la falda W. del Jabalcón, acompañada por fallas inversas de ver-

gencia Sur. La dirección de dicho anticlinal es NNW-SSE, transversa por tanto a la dirección más frecuente en las Cordilleras Béticas. En la cumbre del Jabalcón existe un sinclinal de dirección N.-S., que ya había sido puesto de manifiesto en trabajos anteriores (Fallot y Solé, 1957; Durand-Delga y Foucault, 1968). Varios sistemas de fracturas, sobre todo el de dirección E.-W., condicionan una disposición en bloques.

La estructura del principal afloramiento Alpujarride, el Capallón, corresponde a dos anticlinales y un sinclinal de dirección ENE.-WSW., cuyos ejes se hunden al Este de Zújar, bajo el Terciario (y presumiblemente bajo los materiales Maláguides). El resto de los afloramientos, de reducidas dimensiones, no se relacionan claramente con dichas estructuras. Es muy probable la existencia de una fractura de dirección N40-50W entre ambos afloramientos Alpujarrides, lo cual podría condicionar, por otra parte, la terminación suroccidental del Jabalcón. Este sistema de fracturas es frecuente en la región (véase Hoja núm. 6-10 (Baza) a escala 1:200.000 del PNIM). Tienen una importante componente horizontal en régimen dextroso, y a ellas se asocian los pliegues transversos a la dirección «bética» (ENE.-WSW) como los ya señalados en el Jabalcón.

Respecto a las relaciones entre Jabalcón y «Bético s. s.», son varias las posibilidades que se ofrecen a la luz de los datos y conocimientos actuales.

En el corte que presentamos se expone la posibilidad que nosotros creemos más verosímil: que el Jabalcón forma parte del Subbético Interno, cuya proximidad a las formaciones Béticas s. s. puede estar facilitada por retrocambalgamiento. Esta cuestión ya ha sido ampliamente discutida en otra ocasión (Cruz-Sanjulián y García-Rosell, 1972).

Sea cual fuere la relación entre estos dominios, un hecho parece evidente: la falta de continuidad entre ambos. Ello implica, muy probablemente, que la comunicación hidráulica subterránea sea muy restringida o incluso inexistente.

3. HIDROGEOLOGÍA

3.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El número de estaciones pluviométricas o termopluviométricas es muy reducido, por lo que sólo incluimos los histogramas pluviométricos y de temperatura de las estaciones de Las Juntas (Zújar) y de Baúl (próxima ésta a la zona estudiada). Pretendemos con ello presentar los principales rasgos climáticos de la región, ya que no es

nuestro objetivo por el momento establecer un balance de la cuenca, sino el estudio cualitativo de los acuíferos existentes y de las posibles relaciones entre ellos.

El Índice de Aridez de Emberger (37) revela unas condiciones intermedias entre aridez y semiaridez.

La presencia de *Elephas meridionalis* Nesti en materiales recientes de la Depresión, sugiere unas condiciones climáticas similares a lo largo de un considerable lapso de tiempo, al menos de manera esporádica.

3.2. PUNTOS DE AGUA EXISTENTES

Se han estudiado 11 puntos de agua, de los cuales nueve se encuentran dentro del área cartografiada, y dos fuera de ella. Estos son: P-4 (sondeo Zújar I), que está a unos 4 km. al Sur del pueblo, y M-10 (Fuente de San Juan), cercana a Baza.

Las características físicas y químicas de cada punto se expone en el siguiente cuadro resumen.

CUADRO RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE AGUA EXISTENTES

Sigla	Nombre	Tipo de surgencia	Cota m. S. N. M.	Caudal l/seg.	Temp. C°	Material acuífero	Clasificación química
M-1	Baños de Zújar	Manantial	618		40	Dolomías Liásicas (Li ₁)	C4-S3
M-2	Terma Romana	»	616	180	38	» » »	C4-S3
M-3	Fuente Amarga	»	656	1	37	» » »	C4-S4
M-5	Las Tres Fuentes	»	840	15	16	Dolomías Alpujárrides (Ta)	C2-S1
M-6	Fuente Alcanacia	»	850	13	16	» » »	C2-S1
M-7	Fuente Alfaguara	»	840	8	15	» » »	C3-S1
M-8	Fuente de la Heredad	»	897	5	16	» » »	C2-S1
M-9	Fuente Grande	»	870	50	16	» » »	C2-S1
M-10	Fuente de San Juan	»	920	80	14	Conglomerados Pliocenos	C2-S1
P-4	Zújar I	Sondeo mecánico	837	6	14	» » »	C3-S1
P-11	Zújar II	Sondeo mecánico	840				

3.3. INTERPRETACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El diagrama de Piper (ampliado para incluir todas las posibles proporciones de Mg/Ca y de SO₄/Cl) define dos facies hidroquímicas:

- A) Clorurado-sulfatada sodo-cálcica.
- B) Bicarbonatadas calco-magnésicas.

A la primera pertenecen los puntos M1, M2, y M3, cuya temperatura de surgencia oscila entre 37 y 40° C. Son los manantiales termales de los baños de Zújar, cuyo residuo seco es superior a 4.500 mg/l.

A la facies bicarbonatada pertenecen el resto de los puntos de agua. Sus temperaturas de surgencia son «normales» (alrededor de 15° C).

También el diagrama de Schöeller muestra dos facies hidroquímicas:

- A) Manantiales termales que corresponden a aguas no potables o de potabilidad momentánea.

B) Los restantes, que corresponden a aguas potables de buena calidad.

Finalmente, la clasificación del «Agriculture Handbook» (U. S. Dept. of Agriculture), que usa como parámetros la conductividad eléctrica y la

3.4. ACUÍFEROS EXISTENTES

El estudio hidroquímico individualiza dos grupos netamente distintos: por un lado los manan-

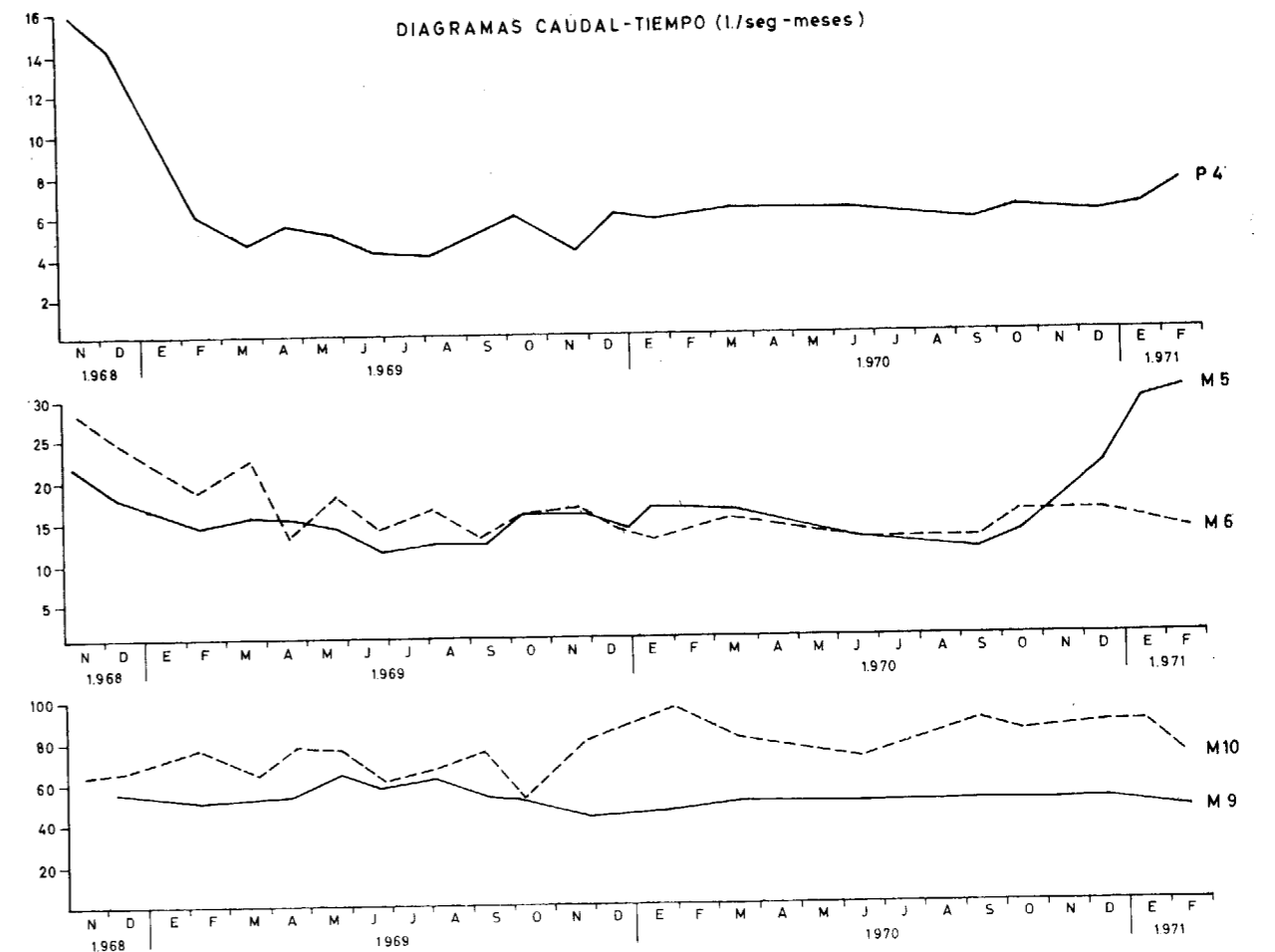


Fig. 5

actividad del ión sodio (S. A. R.) pone de manifiesto una mayor variedad de caracteres, aunque los grupos que resultan pueden resumirse en:

A) Aguas de alta salinidad y relación de absorción de sodio muy alta (tipo C4-S3). Corresponde a los manantiales termominerales (M1, M2 y M3).

B) Aguas con salinidad baja y media y relación de absorción de sodio muy baja (tipos C2-S1 y C3-S1) en donde se engloban los restantes.

tales termominerales (M1, M2 y M3) con alto contenido salino y temperatura de surgencia elevada. Por otro, el resto de los puntos de agua, que no presentan estas características.

Ahora bien, dentro de este grupo las surgencias M5, M6, M7, M8 y M9 se asocian a dolomías del Complejo Alpujárride, mientras que P4, M10 y P11 están ligados a niveles conglomerático-arenosos del Plioceno.

Parecen existir, pues, tres tipos de materiales

acuíferos: conglomerados Pliocenos, dolomías Alpujárrides y dolomías Liásicas, cuyas características son:

1.º *Acuífero asociado a materiales Pliocenos*

Hay en la zona dos sondeos artesianos, P4 y P11 (éste sellado en la actualidad), que muestran como material acuífero un nivel de conglomerados y arenas del Plioceno. La potencia de este nivel es pequeña (3 m. aproximadamente), y se encuentra a unos 80 m. de profundidad (760 m. S. N. M.), limitado superior e inferiormente por materiales lutíticos. Los valores de transmisividad en algunos sectores llega a ser para estos materiales de 10^{-1} m.²/s. (FAO-IGME, 1969).

El carácter artesiano del acuífero en estos puntos se debe muy probablemente a que los conglomerados pasan lateralmente a arcillas y limos hacia el centro de la cuenca, y por otra parte la zona de alimentación está a cota muy superior (1.000 metros S. N. M.). Se trata, pues, de un acuífero en carga debido a un cambio lateral de facies oblicuo a la estratificación.

Varias observaciones fuera de la zona estudiada confirmaron plenamente esta suposición. El cambio de facies mencionado se sitúa a una cota mayor cuando más al Sur. En la fuente de San Juan, en Baza, surgencia que responde también a este tipo de contacto, se encuentra a 900 m. S. N. M. aproximadamente, mientras en P4 y P11 está a 760 m.

La reducida potencia que presentan en esta zona los conglomerados podría explicar el escaso caudal que suministran.

2.º *Acuífero asociado a las dolomías Alpujárrides*

Representado por los manantiales M5, M6, M7, M8 y M9, cuyas surgencias se sitúan cerca del contacto entre estos materiales y niveles de lutitas impermeables del Plioceno.

Sus caudales oscilan entre 58 l/seg. en M9 (Fuente Grande) y 5 l/seg. en M8 (Fuente de la Heredad) y su facies química es muy similar a la del acuífero precedente.

Dadas las condiciones geológicas (ver cortes) pensamos en la posibilidad de que exista una comunicación hidráulica entre ambos, al menos en algunos puntos.

Resulta sorprendente que en Capallón no existan manantiales a pesar de que las dolomías quedan aquí a cota más baja (760 m. S. N. M.) que en M5 M6, etc. En nuestra opinión, existe una im-

portante fractura de dirección NW.-SE. entre ambos afloramientos, que impide la comunicación hidráulica entre ellos. La existencia de tal fractura se apoya, además, en otros argumentos geológicos, ya expuestos (2.4).

3.º *Acuífero termal*

Aparece ligado a las dolomías basales de la Unidad del Jabalcón. Hemos estudiado los tres manantiales más importante: M1 y M2, que corresponden respectivamente al manantial principal y a la terma romana de las baños de Zújar, y M3 (fuente Amarga), situada 750 m. al SW. de los anteriores. Hay, además, en las proximidades, indicios de otras pequeñas surgencias termales de caudales insignificantes.

Las temperaturas oscilan entre 37 y 40° C.

M1 y M2 aportan, en conjunto, un caudal de 180 l/seg. Aunque no existe un control sistemático ni de los caudales ni de la composición química, «parece» que ambos se mantienen constantes.

La composición química de las muestras de estos manantiales ya ha sido tratada. Sólo añadiremos aquí que presentan cierta acción terapéutica.

4. CONCLUSIONES: RELACIONES ENTRE LOS DIVERSOS ACUÍFEROS

Es evidente que el número de observaciones y el período de tiempo a que éstas se refieren, son todavía insuficientes para llegar a una interpretación precisa de la génesis y relaciones entre los diversos acuíferos. Por tanto, proponemos las siguientes hipótesis:

Resalta, en primer lugar, la identidad entre las facies hidroquímicas de los acuíferos ligados a las dolomías Alpujárrides y al Plioceno, sobre todo en lo que concierne a la alta proporción de sulfatos. Estos sulfatos son, probablemente, aportados por el Plioceno, donde son frecuentes depósitos de evaporitas. No debe excluirse la posibilidad de que parte de los sulfatos sean aportados por los yesos de los niveles Werfenenses de la serie Alpujárride. Sin embargo, en todos los manantiales de las dolomías Alpujárrides situados más al Sur, la cantidad de sulfatos es insignificante,

Puede admitirse, en principio, por tanto, la interacción entre ambos acuíferos, que se traduce no solamente en la homogeneización de su composición química, sino también en la regulación de sus caudales, que se mantienen casi constantes, á

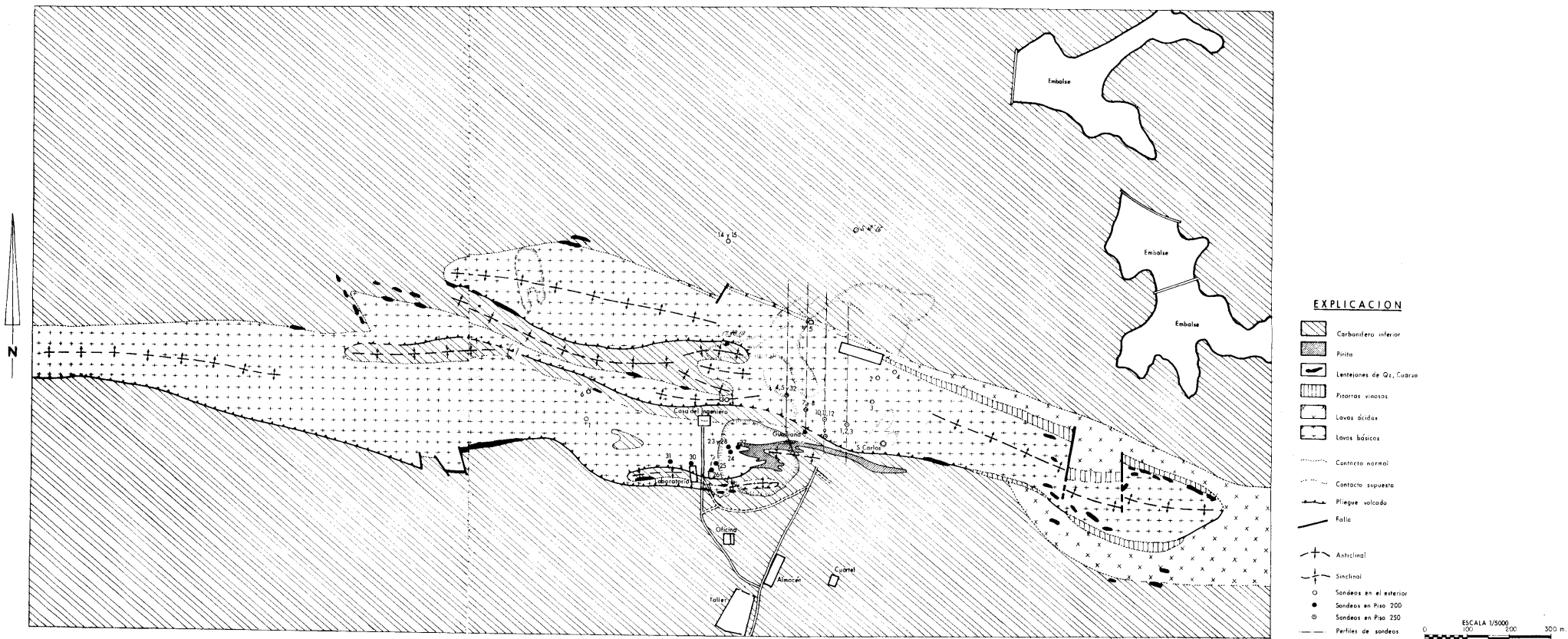


Fig. 2.

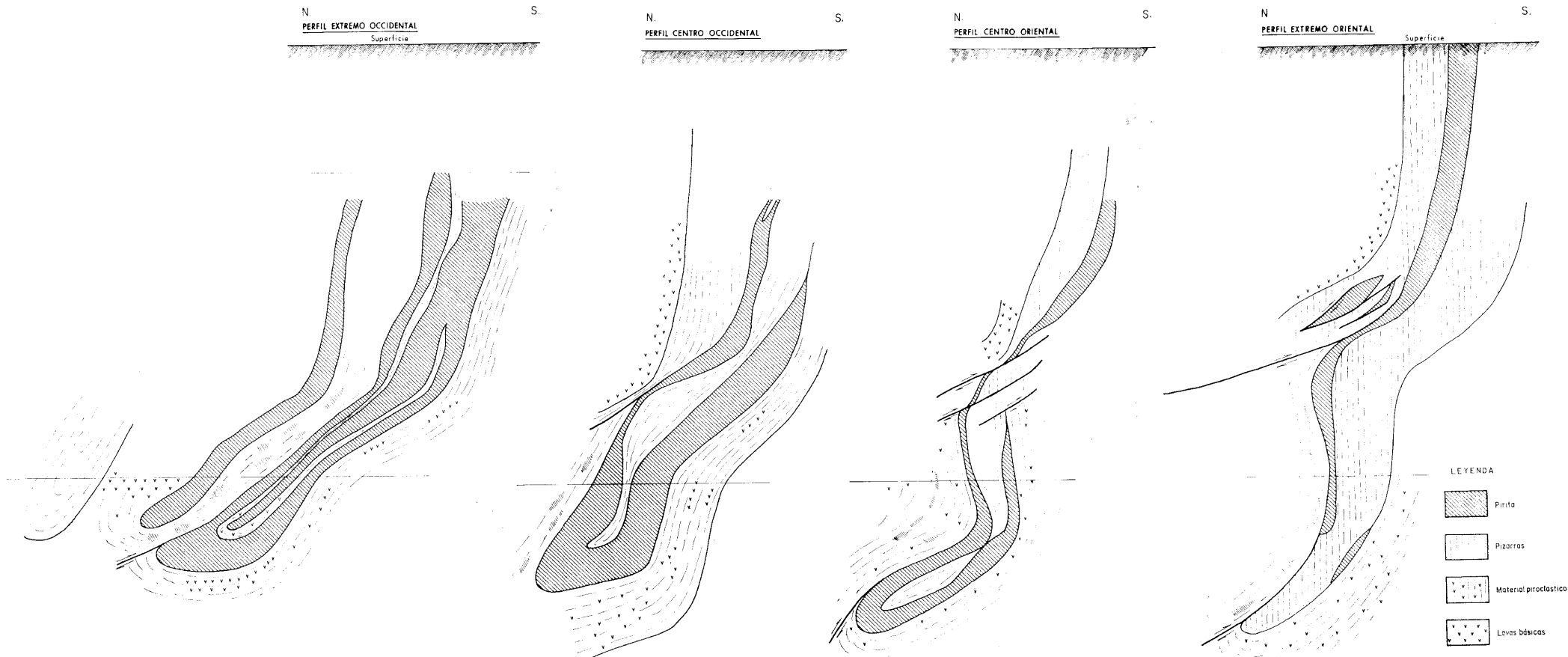


Fig. 4.

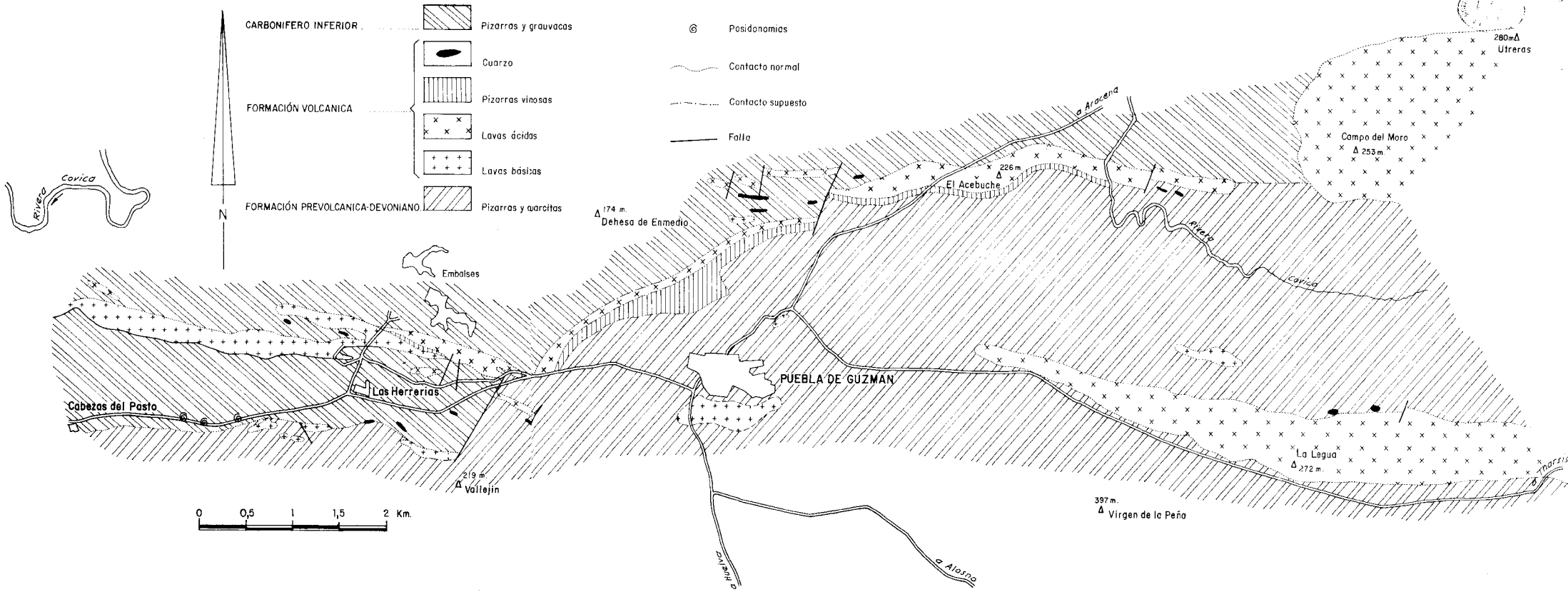


Fig. 2.

pesar de las fuertes oscilaciones pluviométricas de la comarca.

Es de esperar que el futuro control de caudales y de composición química, así como la realización de ensayos hidráulicos puedan aportar nuevos datos para la resolución de este problema, cuya importancia trasciende los límites de la zona estudiada, ya que, en extensas regiones del Sudeste, las dolomías Alpujárrides están en contacto con materiales terciarios, detríticos y permeables, y aún no se conocen con exactitud las relaciones entre sus respectivos acuíferos.

Respecto al acuífero termal de los baños de Zújar se plantean dos problemas: su origen y el factor que regula las surgencias.

La facies hidroquímica de estas aguas (clorurado-sulfatada sodo-cálcica) suele corresponder a aguas de recorrido subterráneo profundo y surgencia rápida (Urbain, 1967).

El límite de saturación de las soluciones acuosas de sulfato cálcico es del orden de los 2 ó 3 g/l. Sin embargo, un aporte de cloruro sódico, a partir de un depósito de sal gema, por ejemplo, eleva la solubilidad hasta alcanzar los 5 ó 6 g/l. Este es precisamente el contenido de los manantiales M1, M2 y M3.

En cuanto a la temperatura, suponiendo un grado geotérmico normal en la región, se requieren cerca de 800 m. de profundidad para adquirir los 40° C. Este valor supera la potencia supuesta en este punto para los sedimentos Terciarios de la Depresión. Es, por tanto, muy probable que estas aguas entren también en contacto con materiales Triásicos, los cuales contienen cloruros y sulfatos en elevada proporción.

En cuanto al factor que condiciona las surgencias es difícil de precisar. Se observa que éstas se sitúan en los puntos de menor cota de la zona, en las inmediaciones del cauce del Guadiana Menor. Sin duda se debe a que los puntos más bajos de un accidente con significado termal (generalmente una fractura) son los que ofrecen a las aguas ascendentes la carga hidrostática más débil que tienen que vencer para llegar a la superficie (Moret, 1946).

Es posible, entonces, que la surgencia se realice a lo largo de zonas de fractura importantes, de forma rápida y sin sufrir enfriamiento considerable.

El estudio tectónico del Jabalcón evidencia la existencia de dicha fractura (Cruz Sanjulián y García-Rosell, 1972).

Estos problemas se abordarán ampliamente cuando los datos regionales sean suficientemente numerosos en el espacio y en el tiempo. Debemos

señalar ya una de las principales cuestiones que las surgencias termales plantean: ¿Son manifestaciones puntuales de un acuífero profundo de carácter regional o, por el contrario, corresponden a reducidas infiltraciones que alcanzaron gran profundidad gracias a vías de penetración adecuadas, pero inconexas entre sí?

Granada, abril de 1971.

BIBLIOGRAFÍA

- CATALÁN LAFUENTE, J. (1969). *Química del agua*. Edit. Bume, Madrid, 355 págs., 63 figs., 111 tab.
- COLOM, G. (1951). *Estudios sobre las microfauas de algunas cuencas marinas internas Mio-Pliocenas de la Cordillera Subbética*. «Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 51, páginas 157-192.
- CRUZ-SANJULIÁN, J. (1970). *Estudio geológico e hidrogeológico del sector del Jabalcón (Cordilleras Béticas)*. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Geomorfología y Geotectónica. Universidad de Granada (Memoria inédita).
- CRUZ-SANJULIÁN, J., y GARCÍA-ROSSELL, I. (1972). *Nota sobre la estratigrafía, estructura y posición tectónica del Jabalcón y sectores adyacentes (Cordilleras béticas. Provincia de Granada)*. «Cuadernos de Geología», Publicaciones de la Universidad de Granada, núm. 262.
- DURAND DELGA, M., et FOUCAULT, A. (1967). *La Dorsale bétique, nouvel élément paléogéographique et structural des Cordillères bétiques, au bord sud de la Sierra Arana (prov. de Grenade, Espagne)*. «Bull. Soc. Géol. France», ser. 7, t. IX, núm. 5, págs. 723-728, 4 figs.
- (1968). *Un élément de la Dorsale bétique: le Jabalcón (prov. de Grenade, Espagne)*. «Bull. Soc. Géol. de France», ser. 7, t. X, núm. 1, págs. 65-74, 6 figs. 2 láms.
- FALLOT, P. (1948). *Les Cordillères Bétiques*. «Estudios geológicos», t. IV, núm. 8, págs. 83-172, 12 figs., 3 láms.
- FALLOT, P., y SOLÉ SABARÍS, L. (1957). *Observaciones geológicas sobre el Jabalcón (prov. de Granada)*. «Mem. Com. Inst. Geol. de la Diputación de Barcelona», t. XVI, páginas 7-18, 7 figs.
- FALLOT, P.; SOLÉ, L.; COLOM, G., y BIROT, P. (1950). *Sur le Néogène des bassins du Guadiana Menor et de Baza*. «C. R. Ac. Sc. Paris», t. 230, págs. 1717-1720.
- (1950). *Sur l'âge des couches de Baza et de la formation de Guadix*. «C. R. Ac. Sc. Paris», t. 231, págs. 504-507.
- F. A. O.-I. G. M. E. (1969). *Etude hydrogéologique du bassin du Guadalquivir (Rapport intermédiaire)*. ROMA, 10 cap., 148 págs., 9 tab., 29 fig., 1 fuera de texto.
- GARCÍA-DUEÑAS, V. (1967). *Unidades Paleogeográficas en el sector central de la zona Subbética*. «Not. Com. Inst. Geol. Min. de España», núms. 101-102, págs. 73-100, 2 figs. 1 lám.

- JANSEM, M. H. (1980). *De geologie van de Sierra de Baza en van de aangrenzende gebieden der Sierra Nevada en Sierra de Filabres (Zuid Spanje)*. «Proefschrift», Amsterdam. 99 págs.
- MORET, L. (1946). *Les sources thermominérales*. Ed. Masson et Cie., Paris, 7 caps. 146 págs., 48 figs.
- SCHÖELLER, H. (1982). *Les eaux souterrains*. Ed. Masson et Cie., Edit. Paris. 9 caps., 611 págs. 187 figs.
- URBAIN, P. (1967). *Geochimie et Hydrogeologie des enveloppes aqueuses et des eaux thermominérales*. Librairie Scient. et Techn., Paris, 9 caps. 115 págs. 21 figs.
- VERA, J. A. (1969 a). *Características estratigráficas de la Serie de Baza (Depresión de Guadix-Baza, Cordilleras Béticas)*. «Acta Geol. Hisp.», t. IV, núm. 1, págs. 14-17, 3 figs.
- (1969 b) *Estudio geológico de la zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes*. «Mem. Inst. Geol. Min. de España», t. LXXII, 191 págs. 27 figs., 17 láms., 1 fuera de texto.
- (1970). *Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza*. «Bol. Geol. Min.», t. LXXXI.
- VRIES, V. C. P. DE, y ZWAAN, K. B. (1967). *Alpujarride succession in the central part of the Sierra de Las Estancias, prov. de Almería, S. E. Spain*. «Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch», Serie B, t. 40, págs. 443-453.

Recibido: 8-VI-1971.

Estructura de la masa de pirita de la mina de Herrerías, Puebla de Guzmán (Huelva)

por T. FEBREL MOLINERO (*)

RESUMEN

Se describe en este trabajo la estructura de la mina «Herrerías», Puebla de Guzman (Huelva), junto con las alteraciones que ha sufrido debidas a la acción de una ulterior tectónica herciniana.

SUMMARY

The structure of the Herrerías mine, «Puebla de Guzman» (Huelva with its alterations due to a later hercinian tectonic, are described in this work.

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos de pirita de la provincia metalogénica del Suroeste de la Península Ibérica, que en nuestro país se extienden por las provincias de Sevilla y Huelva, constituyen el ejemplo más típico de sulfuros exhalativos que en el mundo existe, pero son pocas las minas, por no decir ninguna, que hasta el momento han sido estudiadas minuciosamente desde el punto de vista petrográfico, metalogénico y estructural o tectónico.

Esta última investigación es fundamental en la búsqueda de metalizaciones ocultas, ya que siendo regla general que las metalizaciones no se presentan aisladas, existe la posibilidad, en toda zona de minas, de hallar masas ocultas. Ello exige tener, habida cuenta del carácter concordante o congruente de las masas de pirita y de que los dos horizontes metalogénicos por excelencia son el muro y el techo de la Formación Volcánica, cuya extrusión tuvo lugar en un fondo geosinclinal, entre Fameniense (Devoniano Superior) y Viseano (Carbonífero Inferior), un perfecto conocimiento de la tectónica y estructura locales de la zona minera.

Las metalizaciones de pirita se han venido representando por esquemas como los aquí expuestos (fig. 1). Hacen suponer que existe una super-

posición, en distintos horizontes de la serie estratigráfica, de lentejas o cuerpos tabulares de pirita, que unas veces se encuentra a techo de lavas (caso de la izquierda), y otros (caso de la derecha) a muro de lavas, que indistintamente pueden ser ácidas o básicas.

Tras dos años de cartografía geológica en esta provincia metalogénica y de efectuar el estudio estructural detallado de la mina de «Herrerías», soy bastante escéptico en lo que se refiere a la superposición de masas o lentejas de pirita en distintos horizontes, aunque no la excluya por completo, y estoy convencido de que la supuesta superposición no es más que la repetición de un mismo horizonte (el muro de la Formación Volcánica en unos casos y el techo en otros) por pliegues volcados o fallados, generalmente muy comprimidos, que forman una serie de estructuras anticlinales y sinclinales de muy reducidas dimensiones, que se repiten a Norte y Sur de las explotaciones (el plegamiento fundamental tiene dirección Este-Oeste o Este Sureste-Oeste Noroeste) y que constituyen una zona prometedora en la búsqueda de metalizaciones ocultas, problema de excepcional importancia para casi todas las Compañías Mineras de la región que no se hallan precisamente sobradas de reservas.

Creemos que sucede localmente lo que se reconoce regionalmente, al observar la distribución de las minas de pirita en tres grandes fajas Este-Oes-

(*) Dr. Ingeniero de Minas.

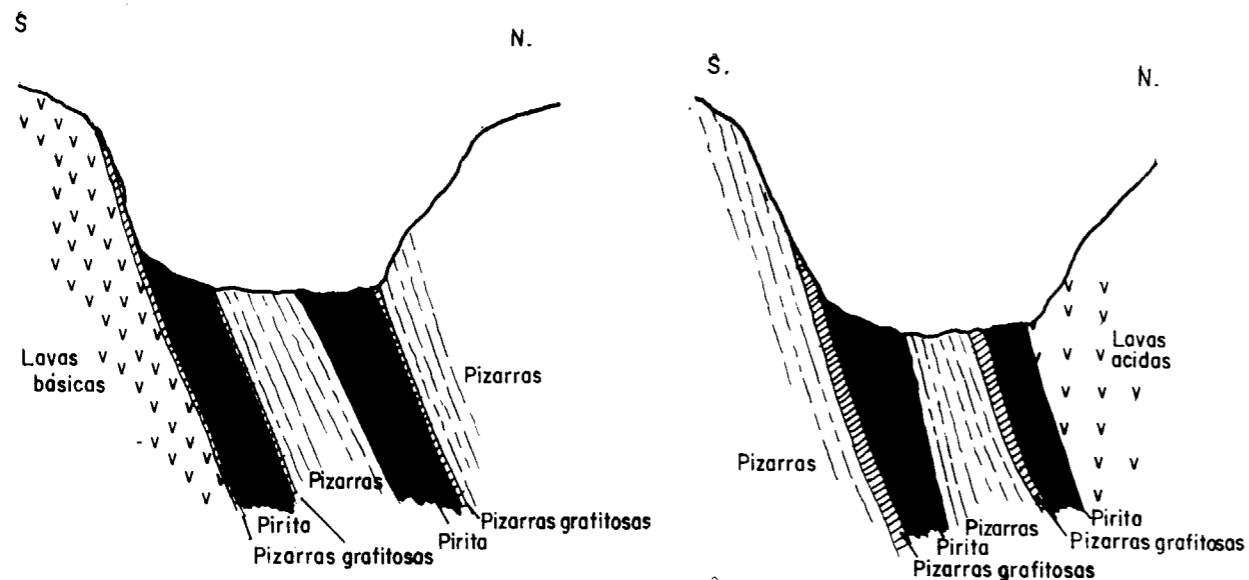


Fig. 1

te, que no son más que la repetición del mismo horizonte minero y estratigráfico por un plegamiento Este-Oeste con vergencia al Sur.

Exponemos a continuación los resultados obtenidos en el estudio estructural de la mina de «Herrerías» por cuanto de aplicación pueda encontrarse para la investigación de otras zonas prometedoras de la misma provincia.

Si se tiene la certeza de que las lentejas o cuerpos tabulares que podamos cortar al avanzar en el sentido del buzamiento pertenecen al mismo horizonte estratigráfico, es indudable que el reconocimiento por medio de sondeos de ese único horizonte es más simple que el de varios horizontes no bien determinados, caso de suponer que las metalizaciones pudieran estar superpuestas en esos horizontes de la serie estratigráfica.

Hablamos de reconocimiento por medio de sondeos, porque la prospección geoquímica no puede ser aplicada, debido a contaminaciones en zonas de explotaciones, y la prospección geofísica, al menos en lo que a «Herrerías» se refiere, ha servido de muy poco (han sido aplicados métodos gravimétrico, eléctrico y de polarización inducida).

EMPLAZAMIENTO DE LA MINA DE HERRERÍAS

La mina de Herrerías está enclavada en la faja o banda metalífera más meridional, y es una de las minas más occidentales de esta franja; más a Poniente se encuentran Cabezas de Pasto y Panoias (esta última en Portugal) y más a Levante las de Aznalcóllar, Buitrón, Sotiel, Torerera, Thar-

sis y Lagunazo, todas en la misma banda meridional.

La masa de pirita está localizada en Herrerías a techo de lavas. Esto constituye una excepción en las minas próximas de esta faja, ya que en Sotiel, Torerera, Tharsis y Lagunazo, minas situadas en la Hoja de Calañas, que hemos cartografiado, la pirita está a muro de lavas.

GEOLOGÍA Y TECTÓNICA DE LA MINA DE HERRERÍAS

Lo primero que efectuamos al ser encargados de la investigación de la mina de Herrerías, fue pasar de la cartografía geológica regional a escala 1:50.000 (fig 2, tomada de Geología de las Concesiones de Minas de Herrerías, trabajo efectuado por la Cátedra de Depósitos Minerales de la E. T. S. de Minas de Madrid) a una cartografía detallada a escala 1:5.000, con un plano especialmente preparado de la zona de las Concesiones (figura 3, tomada de Febrel, T. «Estudio Geológico Estructural de la mina de Herrerías, Puebla de Guzmán (Huelva) (1969).

La cartografía geológica a esta escala y los datos proporcionados por sondeos de reconocimiento probaron que la investigación minera no precisaba que se cartografiaran otros horizontes que los que aparecen en el plano geológico que presentamos.

Esto no quiere decir que la serie lávica no contenga horizontes piroclásticos e intercalaciones sedimentarias arcillosas, pero estos horizontes son muy poco regulares y acuña en espacio de dece-

nas de metros. Existen planos de las Concesiones de Herrerías que queriendo ser más detallados pecan, a nuestro juicio, de artificiosos, ya que al pretender relacionar rocas análogas, que sin embargo están situadas a distinto nivel estratigráfico, suponen la existencia de fallas que son completamente imaginarias.

Son horizontes más regulares las intercalaciones de grauvacas en las pizarras del Viseano y podrían haber sido cartografiados, al menos algunos niveles. No lo hemos efectuado porque no tienen interés minero, al ser estratigráficamente superiores al horizonte metalogénico.

La diferenciación que en el plano aparece tan neta, entre lavas y pizarras está mucho más atenuada en el terreno, sobre todo en los primeros y últimos episodios lávicos que muestran una pizarrosidad tan manifiesta como la de las pizarras, y como tales han sido consideradas en la clasificación de los testigos de sondeos de reconocimiento efectuados en época anterior al estudio por nosotros realizado en la mina.

Todas las formaciones tienen impresa una neta pizarrosidad S_2 que ha borrado, en la mayoría de los casos, a la estratificación S_1 . Una pizarrosidad transversal subvertical S_3 Norte Noreste-Sur Suroeste (la región presenta plegamiento cruzado o *cross folding*), se manifiesta en varios afloramientos (ver Febrel T, «Estratigrafía, Tectónica y Petrografía en la zona de Calañas (Huelva)», Instituto Nacional de Industria, Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, 1965).

Por todo lo anterior, la investigación geológica-tectónica, a escala del afloramiento, en las labores de los distintos niveles de la mina y el estudio de los testigos obtenidos en sondeos de reconocimiento, han constituido la clave que ha permitido establecer la estructura de la mina que presentamos en los cuatro perfiles verticales Norte-Sur (figura 4), que vienen marcados en el plano geológico 1:5.000 (fig. 3) (por razones fáciles de comprender, hemos omitido la escala en estos perfiles).

La pirita que se explota constituye el frente de emersión o quilla de un sinclinal Este-Oeste (figura 5), de eje inclinado (pincha hacia el Este) en la forma que indica la figura 6.

En el frente o charnela de la estructura sinclinal la potencia está prácticamente duplicada y esa zona presenta, por su anchura, unas condiciones de explotación que no muestran las ramas de la estructura. A decir verdad, sólo la rama Norte se explota y continúa metalizada centenares de metros hacia el Este; en la rama Sur la metalización acuña mucho más a Poniente.

El mineral de esa rama Norte, conocida en la explotación con el nombre de Masa 1, siempre se consideró, por su peculiar composición química, una metalización diferente a la del resto de la

mina, cuando lo cierto es que forma parte del mismo horizonte que esta última y que esas diferencias de composición o de estructura que en ella se observan son un reflejo de diferencias primarias (distinto valor de los factores rH y Eh en las diversas zonas de la primitiva cubeta sedimentaria) o secundarias, impresas en la época metamórfica (los sulfuros presentan una movilidad condicionada por acciones tectónicas que es decreciente en el sentido de calcopirita-blenda-pirita).

El estudio de la mina a escala del afloramiento también nos ha permitido reconocer los principales planos de discontinuidad o fallas que en ella se

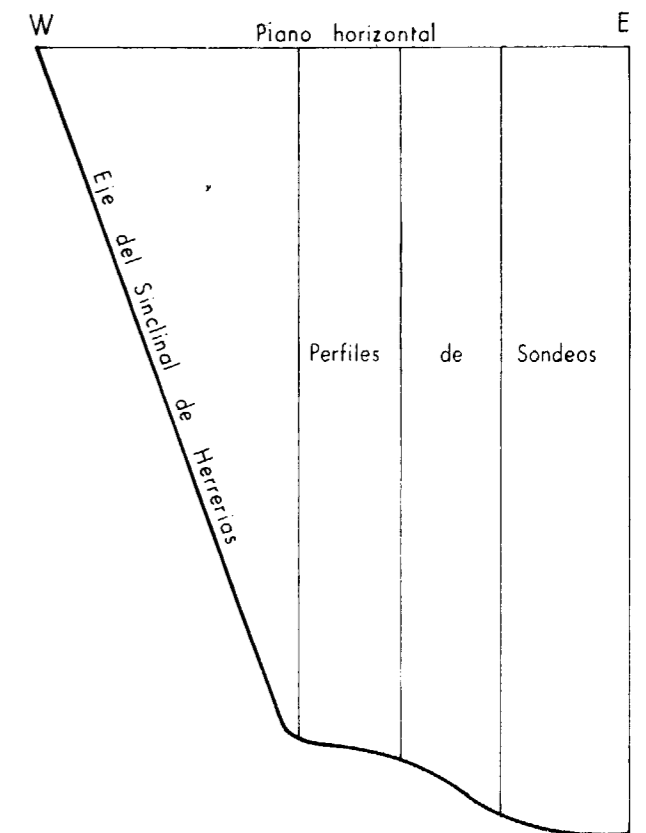


Fig. 5

encuentran. El haber efectuado ese estudio en los distintos pisos o plantas de la explotación minera hace que podamos representar a esas fallas en secciones o planos verticales y horizontales y conocer, por tanto, la naturaleza y magnitud del desplazamiento en el plano de falla.

Esas fallas, aún suponiendo que no sean las fallas que normalmente cartografiamos en los trabajos de superficie a escala 1:25.000 ó 1:50.000, como sucede en la mayoría de los casos, y de hecho en este caso particular, sino fallas mineras

con desplazamientos de decenas de metros o incluso inferiores, deben ser representadas en los trabajos de cartografía minera con toda precisión, ya que su conocimiento nos permite saber si existen bloques de mineral que por la falla hayan sido desplazados y quizá no explotados, por no haber sido buscados o encontrados al otro lado del plano de la falla.

No hemos estudiado los pisos superiores (los menos profundos), que corresponden a labores antiguas. El plano minero del piso más superficial (figura 7) pone de manifiesto la presencia de una falla Noreste-Suroeste, que muestra un desplazamiento aparente horizontal de unos 30 metros y en la que el bloque occidental se ha desplazado hacia el Suroeste respecto del oriental.

Los dos planos mineros siguientes (fig. 7) que siguen al primero en profundidad, muestran una interrupción de los trabajos mineros, sin duda debida a la acción de la misma falla, cuyo dominio de influencia se va desplazando a Poniente a medida que descendemos. Esto nos indica que esa falla Noreste-Suroeste debe buzarse al Noroeste.

Todos los pisos inferiores, hasta el nivel de la actual explotación (la parte más profunda del criadero ha sido investigada exclusivamente mediante sondeos), han sido estudiados por nosotros con todo detalle.

En el cuarto piso de esta representación (fig. 7), donde sólo hemos llevado, para simplificarla, el contorno del depósito mineral y la medida de unos cuantos planos de pizarrosidad, la inflexión de la masa mineral y el desvío de los planos de pizarrosidad respecto del rumbo regional Este-Oeste, nos delatan la existencia de la falla, o mejor, de la zona de falla. Incluso hemos tomado la medida de un liso de falla que buza 54° al Noroeste y que explica, de este modo, el desplazamiento hacia Poniente de la zona de falla en profundidad. El bloque occidental aparece, como siempre, desplazado hacia el Sur respecto del oriental.

En el bloque siguiente vuelven a observarse estas mismas características, incluso el reducido buzamiento hacia el Noroeste de la zona de fractura (tan sólo de 25° y 28° en dos lisos medidos). La pizarrosidad toma en las inmediaciones de la zona de fractura la orientación de esta última.

El piso siguiente es el más fracturado de la explotación, ya que la zona de falla ha llegado en su desplazamiento a Poniente en profundidad a afectar al frente o quilla de la estructura sinclinal que constituye la base de la explotación minera. El mismo plano minero permite reconocer la atormentada forma de este frente donde la pirita presenta toda clase de orientaciones y donde existen más lisos de falla que en los restantes pisos.

Dos clases de lisos de falla hemos observado:

a) Los consabidos lisos Noreste-Suroeste con buzamientos al Noroeste más bien reducidos. Estos lisos presentan con frecuencia estrías horizontales o subhorizontales, de acuerdo con el carácter de fallas-rumbo-deslizantes que poseen.

b) Lisos Este-Oeste, de dirección regional, con reducido ángulo de buzamiento hacia el Norte (30° - 50°), con estrías en el sentido del buzamiento o de la máxima pendiente. Son fallas inversas, a juzgar por la inflexión de los estratos junto al plano de falla, como indica el dibujo adjunto (fig. 8) tomado del liso de falla más septentrional de este piso. Como puede observarse, estos lisos limitan o casi limitan a la explotación minera de esta planta por el Norte.

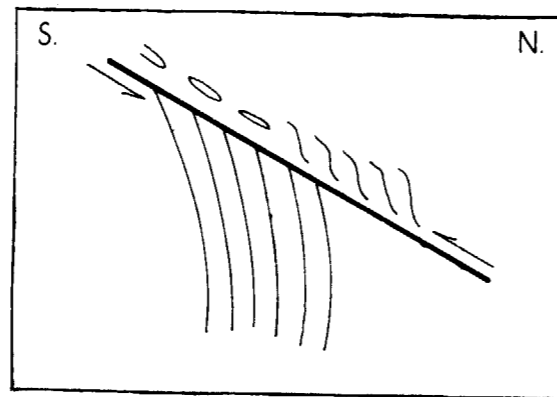


Fig. 8

Las fallas rumbo deslizantes van perdiendo intensidad en profundidad y ya en la cuarta planta se observa cómo no interrumpen a la metalización, tan sólo la desvían en el sentido del movimiento.

El piso siguiente, el más profundo de los estudiados por nosotros, es completamente regular. No se observa la influencia de las fallas rumbo-deslizantes que se han resuelto, al llegar a este piso, en fallas inversas Este-Oeste, que si en el piso anterior constituían el extremo septentrional de la explotación al llegar a este piso no le afectan al estar desplazadas hacia el Norte, ya que buzan en este mismo sentido.

Estas fallas no interrumpen a la metalización; la pirita se acopla al plano de falla, disminuyendo su ángulo de buzamiento al aproximarse al mismo. Al disminuir su intensidad, la pirita recobra el buzamiento regional (fig. 5).

En la figura 9, donde aparecen superpuestos los distintos pisos de la mina, se reconoce perfectamente la disminución en el buzamiento, experi-

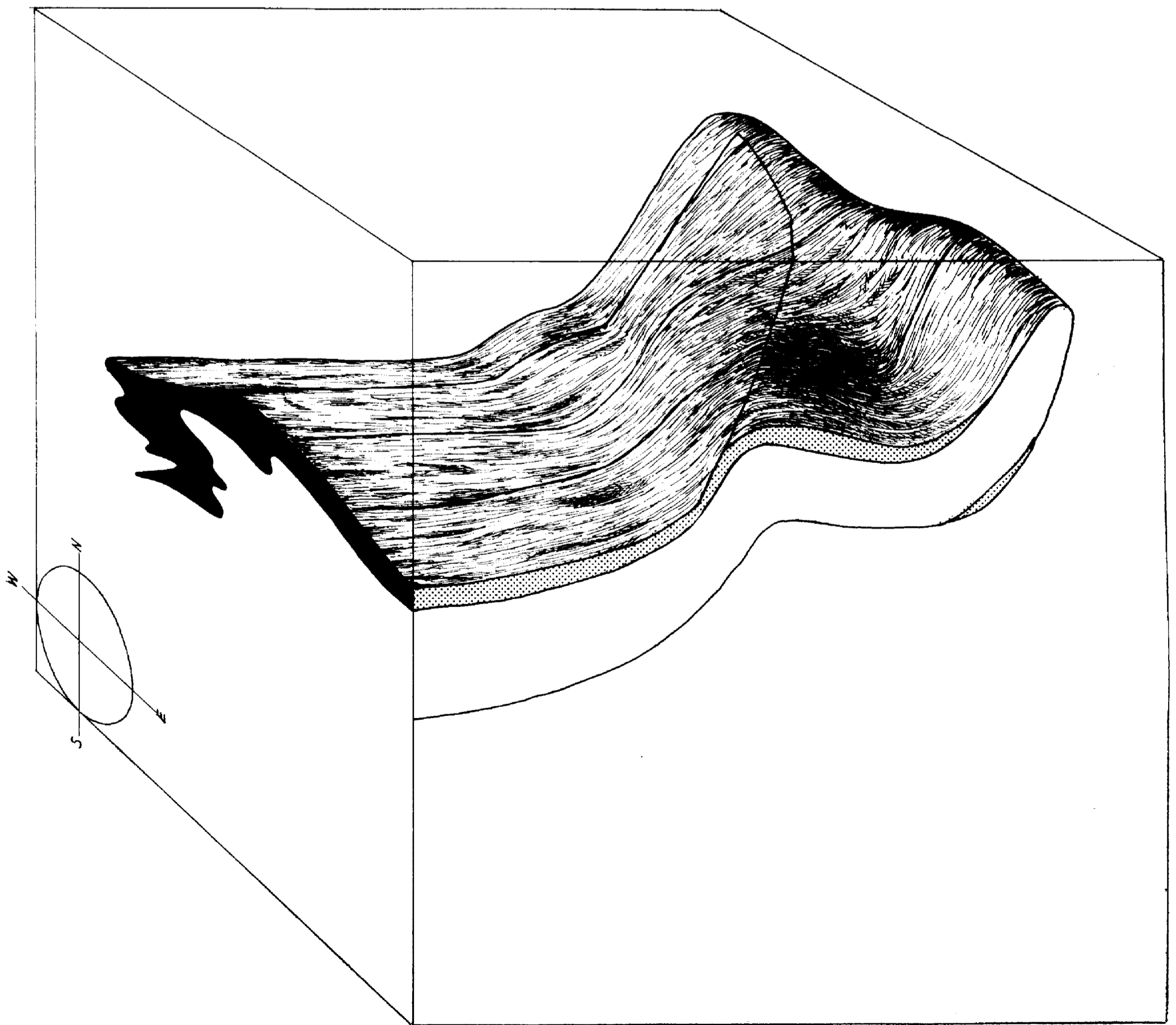
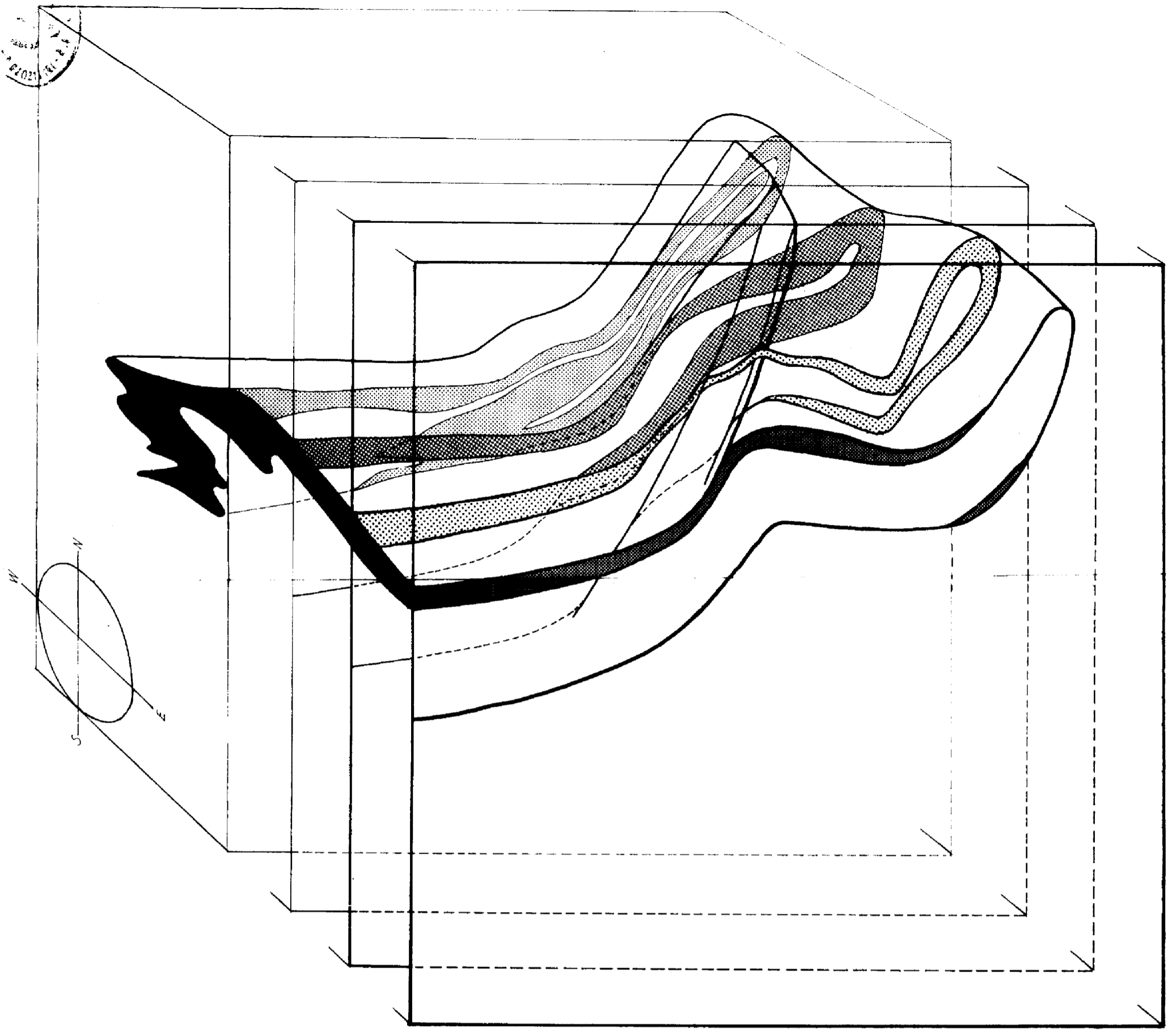
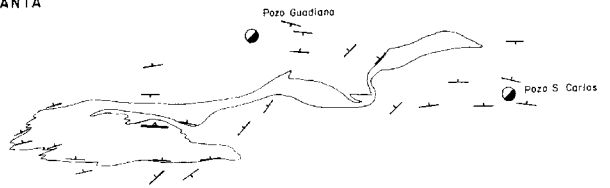


Fig. 6.

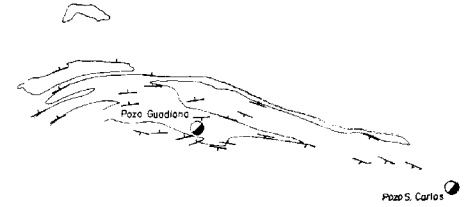
1ª PLANTA



4ª PLANTA



7ª PLANTA



2ª PLANTA



5ª PLANTA



LEYENDA

- Falso con estrías según el buzamiento
- Falso con estrías horizontales
- Falso con buzamiento
- Pizarrosidad

3ª PLANTA



6ª PLANTA

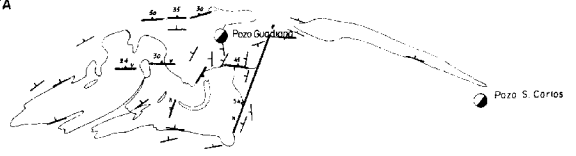


Fig. 7.

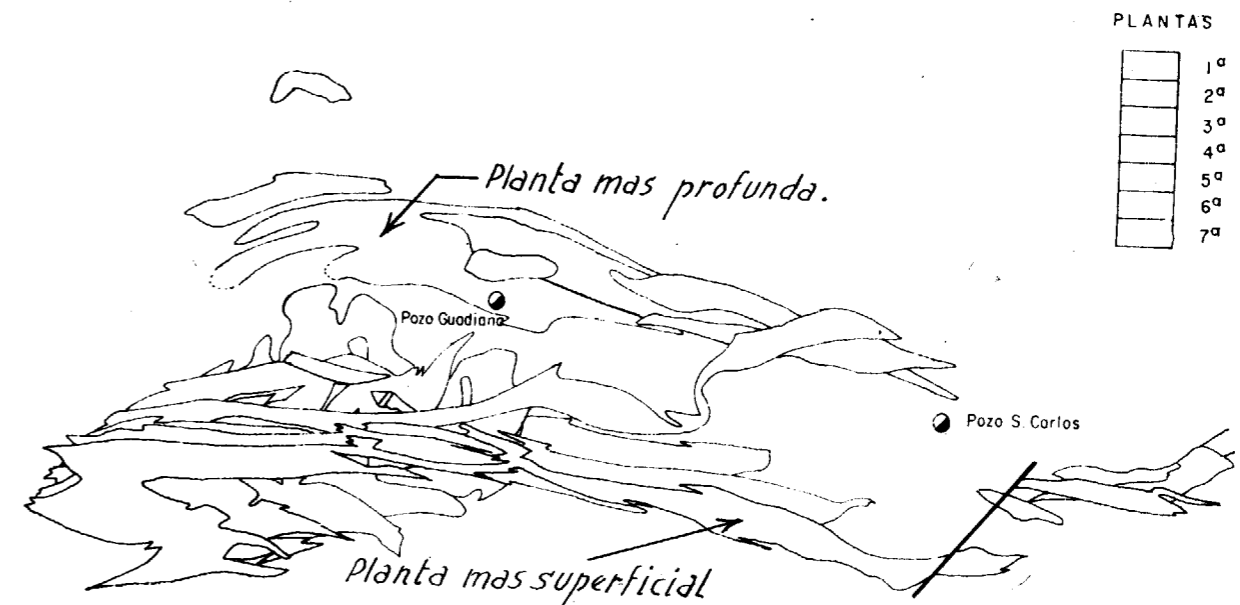


Fig. 9

entada por la acción de esas fallas inversas, por a zona más profunda del criadero.

Los dos perfiles verticales más occidentales corresponden a la zona de la mina (último piso referido) en que no se observan más fallas que as Este-Oeste, de reducido ángulo de buzamiento hacia el Norte. El carácter de fallas inversas tiene bien marcado en estos perfiles, donde se observa cómo la pirita se acopla al plano de falla, que no llega a romper la continuidad de la masa de pirita, a la que lamina.

Los dos perfiles más orientales cortan a la zona de fractura donde no se observan más fallas que las rumbo-deslizantes (perfil extremo oriental) y donde ésta última sufre la deflexión que la transforma en falla inversa (perfil centro-oriental). No se puede observar en estos perfiles verticales la componente horizontal del movimiento que determina un desplazamiento hacia el Sur del bloque occidental (fig. 7); se observa, por el contrario, la componente vertical, debida en parte al buzamiento regional y en parte a la acción de las fallas inversas referidas, que determina un desplazamiento hacia el Sur del techo de masa de pirita.

El desplazamiento de la masa de pirita en el plano de falla Noreste-Suroeste, en la zona de máximo desplazamiento horizontal, viene indicado por el segmento *ab*, en dirección y en magnitud. A 23 metros de ascenso en el plano de falla corresponden 35 metros de desplazamiento hacia

el Suroeste del bloque occidental de la falla (figura 10)

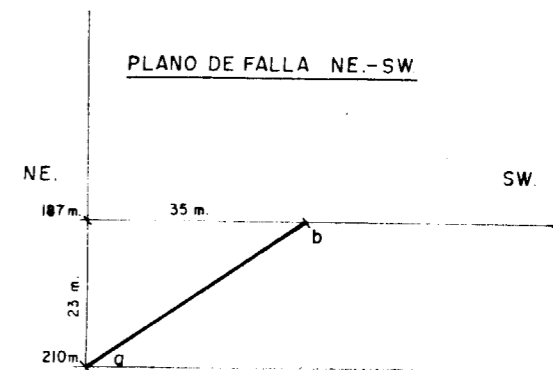


Fig. 10

En los perfiles Norte-Sur las fallas Este-Oeste vienen representadas con su verdadero buzamiento, tomado en los lisos de falla de las labores mineras. Las fallas rumbo-deslizantes Noreste-Suroeste muestran en esos perfiles un buzamiento aparente inferior al real, tomado en el afloramiento, obtenido al medir, en proyección estereográfica, la inclinación de la arista de intersección del plano de falla, medido en la labor minera, con un plano vertical Norte-Sur.

Todas estas fallas son, desde luego, fallas post-

mineralización, ya que cortan y desplazan a la masa de pirita.

Resumiendo, podemos decir que en la mina hemos reconocido una zona de fractura constituida por una serie de fallas Noreste-Suroeste, que buzan al Noroeste, que muestran estrias subhorizontales y con un reducido desplazamiento de sentido sinistrorsum en el plano (la integración de estos desplazamientos puede alcanzar los 30 metros). Han debido ser originadas por esfuerzos

esfuerzos Norte-Sur de la misma dirección que los responsables del plegamiento.

La figura 11 representa el efecto del desplazamiento del bloque de techo sobre el de muro paralelamente a la arista de intersección de los planos de análoga orientación a los planos de falla de la mina. El desplazamiento origina estrias subhorizontales en uno (falla rumbo deslizante) y en el sentido de la máxima pendiente en el otro (falla inversa).

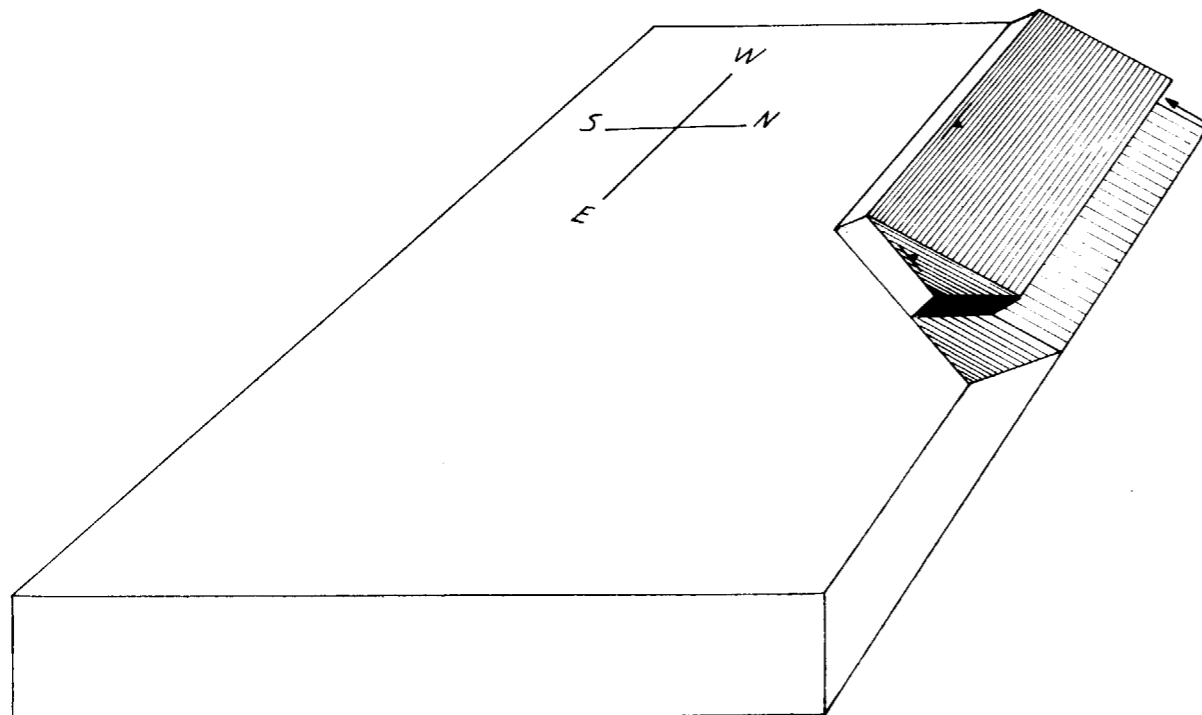


Fig. 11

Norte-Sur, de la misma dirección que los que determinaron el plegamiento de la región. Pueden ser definidas como fallas rumbo-deslizantes, aunque en la mayor parte de los casos los lisos de falla muestran un buzamiento inferior al de las fallas rumbo-deslizantes, que son subverticales.

No se reconoce el sistema de fallas rumbo-deslizantes complementario con el anterior.

Las fallas que acabamos de considerar cambian de dirección y de naturaleza en los pisos inferiores de la mina; toman rumbo Este-Oeste, presentan estrias en dirección de su máxima pendiente y buzan hacia el Norte un ángulo más reducido que el de las fallas rumbo-deslizantes. Constituyen una serie de fallas inversas originadas por

Pirita y blenda apenas si han sido movilizadas por la tectónica; por el contrario, la calcopirita se moviliza con más facilidad y se presenta en las zonas más fracturadas.

Por eso la variación de los contenidos de Zn, Cu y Pb observada en una serie de muestras tomadas en cuatro perfiles Norte-Sur, del muro al techo del cuerpo metalizado (dos perfiles correspondientes al piso 200 y otros dos al piso 250), que han sido analizados con Perkin Elmer (figura 12), indica que Zn y Pb están fundamentalmente concentrados a muro y techo del criadero, lo que es reflejo de especiales condiciones habidas en el área sedimentaria (valores adecuados de pH y rH que originaron la precipitación de SZn y

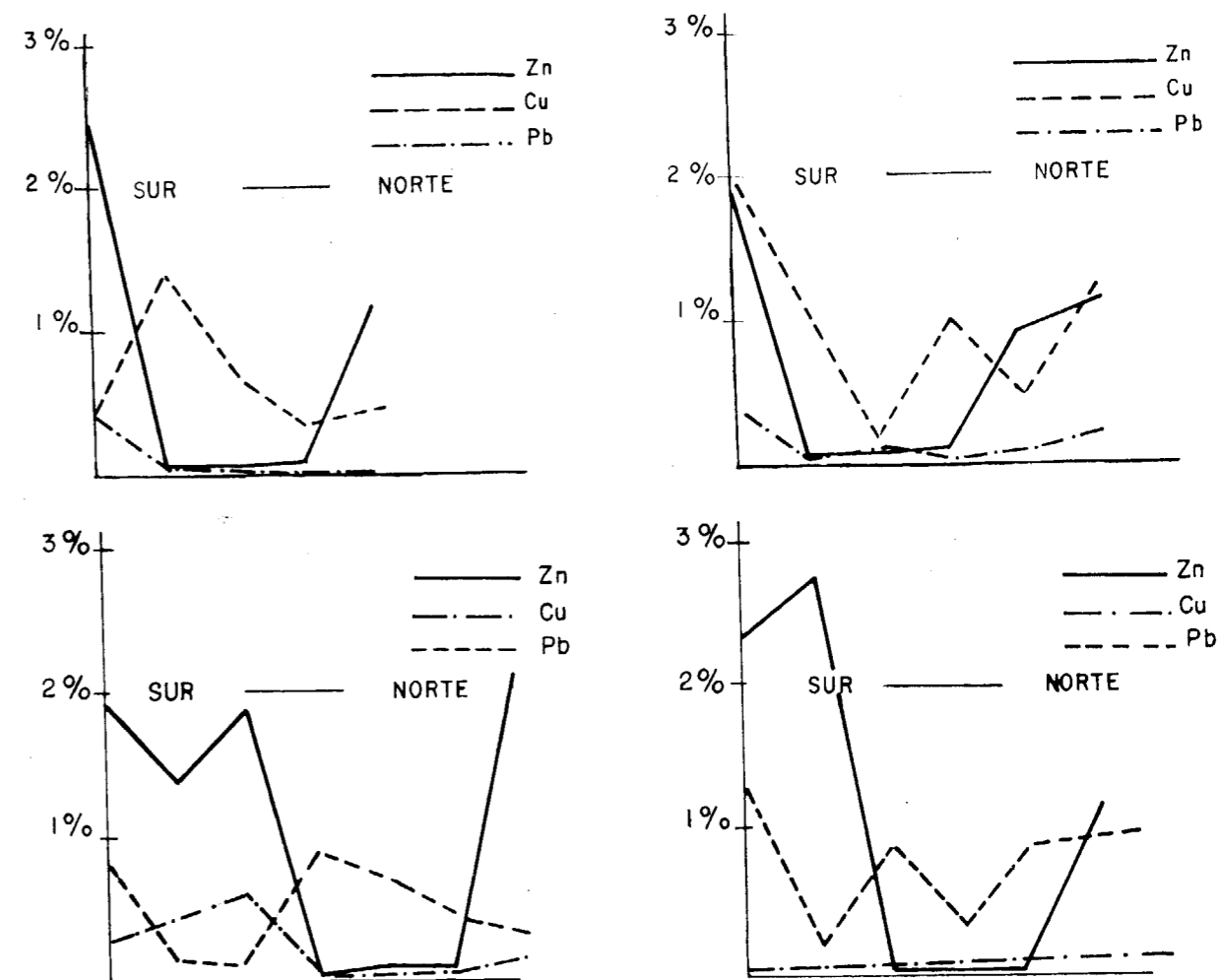


Fig. 12

SPb); la calcopirita presenta, por el contrario, una distribución completamente irregular de muro a techo en los distintos perfiles, lo que supone que la distribución preferente que este sulfuro pudo tener en la primitiva cubeta, de acuerdo con la variación del pH y del rH en el sentido del gradiente o inclinación de la misma, ha sido profundamente modificada por la tectónica posterior.

Una vez establecida la estructura de la masa de pirita y que lo que se suponía eran dos masas no son sino una única repetida por plegamiento, cuya posición estratigráfica es perfectamente conocida (el techo de la Formación Volcánica) la investigación se facilita extraordinariamente.

Las estrechas estructuras sinclinales que afloran al Norte de la mina y el sinclinal que lo hace al Sur de la «Corta Guadiana» son regiones prometedoras que merecen una meticulosa investigación. De acuerdo con este punto de vista han comenzado a investigarse las estructuras más próximas a la Corta Guadiana y los primeros resultados positivos se han logrado en la investigación del sinclinal situado al Sur de la expresada Corta, donde el sondeo 28 efectuado en el interior de la mina ha cortado una metalización piritosa.

Recibido: 9-VI-71.

INFORMACION

Personal

CONCESION DE LA CRUZ DEL MERITO CIVIL AL SECRETARIO GENERAL DEL IGME, DON LUIS BADILLO DIEZ

El pasado día 12 de enero tuvo lugar en la sede del Instituto Geológico y Minero de España la imposición de la Cruz del Mérito Civil al Secretario General del dicho Organismo, don Luis Badillo Díez. Tan alta recompensa le había sido concedida recientemente por el Gobierno a propuesta del Director General de Minas, señor Dupuy de Lôme.

El acto de la imposición —celebrado en la mañana de dicho día 12— estuvo presidido por el Director del IGME, señor Izaguirre Rimmel; por los ex directores del Instituto, señores Aranguren y Gómez Angulo, y por otras altas personalidades del Ministerio de Industria, entre las que se encontraba el Subdirector General de Ordenación

e Investigación Minera y Aguas Subterráneas, señor Llansó.

En dicho acto —al que concurrió todo el personal del Instituto—, el Director del IGME pronunció un elocuente discurso, haciendo un elogioso resumen del brillante historial de los veintiún años de servicio ininterrumpido del señor Badillo y de los cuales más de doce corresponden al puesto que actualmente desempeña de Secretario General. Tras el mencionado acto de la imposición de tan alta condecoración, se le hizo entrega de un artístico pergamino en el que figuraban las firmas de todo el personal del Instituto.

A todo ello correspondió el señor Badillo con emocionadas palabras de agradecimiento, recibiendo a continuación la felicitación personal de todos los allí presentes. Finalmente, en el Hotel Eurobuilding le fue ofrecido un almuerzo.

Noticias

GEOLOGIA

PIRITIZACIONES EN LOS FOSILES

La observación mediante rayos X blandos (de 25 a 40 kv) de pizarras pertenecientes a los estratos devonianos, medio e inferior, obtenidas en Bundenbach y Wissenback (República Federal Alemana) ha permitido detectar en aquéllas la presencia de las partes blandas «piritizadas» de diversos fósiles, tales como los tentáculos de cefalópodos, y el tracto intestinal y las estructuras oculares de trilobites (especies «Phacops» y «Asteropige») en un excelente estado de conservación.

MINERIA

DEPOSITO MARINO DE NODULOS DE MANGANESO

Un investigador de la Universidad de Hawai ha descubierto en el canal Kauai, a una distancia de unos 8 a 12 kilómetros de la costa de las islas Hawai, un depósito marino

de nódulos de manganeso situado a una profundidad de unos 1.500 a 2.450 metros. Se calcula que la extensión del depósito es de 390 km² y el espesor del mismo supera en algunos puntos los 25 cm. Dada la escasez de minerales de manganeso en la superficie terrestre, el hallazgo de este depósito de fácil acceso constituirá una valiosa aportación para la economía de las islas.

NUEVO YACIMIENTO DE NIQUEL EN RHODESIA

En Shangani, a 90 km. al nordeste de la ciudad de Bulawayo, ha sido descubierto un importante yacimiento de níquel. Ya han comenzado las obras pertinentes para poder iniciar en 1973 las operaciones experimentales de extracción. Todavía no se conocen detalles sobre las reservas de mineral, pero la producción anual se estima en 720.000 toneladas, con un valor aproximado de 10 millones de dólares. En las instalaciones para la mina y la fundición se invertirán, al menos, 20 millones de dólares rhodesianos.

RECURSOS NATURALES DE ARGELIA

Se ha elaborado en Argelia un plan de cuatro años para el descubrimiento y explotación de sus recursos naturales. Objetivos de la investigación serán la localización de yacimientos de minerales de importancia económica, de depósitos de petróleo y gas natural, de menas de minerales radiactivos y de bolsas de aguas subterráneas. La exploración del subsuelo argelino se hará de modo sistemático y comprenderá toda la superficie del país. Además de la prospección aérea, se llevará a cabo un estudio geofísico completo en el que participarán unos 3.800 ingenieros, científicos, técnicos y obreros, cubriendo una superficie total de 2.177.000 km².

INDONESIA EXPLOTA UNA MINA DE COBRE

En 1956 unos exploradores holandeses lucharon durante cincuenta y siete días para llegar hasta la base del Ertsberg («montaña de mineral», en holandés) situado en lo que solía ser la Nueva Guinea holandesa. Iban acompañados por los geólogos petroleros holandeses A. J. Colijn y J. J. Dozy, quienes se llevaron unas muestras de mineral a su regreso a Holanda e hicieron el oportuno informe.

En 1958 la East Borneo Co., una firma holandesa, tuvo conocimiento del informe y consiguió permiso del Gobierno para explorar el hallazgo. También se interesó a la Freeport Sulphur.

Por ese tiempo Indonesia y Holanda se disputaron la posesión de la isla, paralizando las operaciones. En 1962 las Naciones Unidas decidieron que la mitad oriental de la isla pertenecía a Indonesia, que le dio el nombre de Irián Occidental.

La Freeport procedió a realizar amplios estudios geológicos, técnicos y financieros relacionados con la explotación del Ertsberg. Quedó estipulado que el yacimiento era muy rico. En 1970 recibió permiso del Gobierno indonesio para iniciar los trabajos.

La montaña Ertsberg, desde su cima hasta un nivel de 400 metros, contiene unos 33 millones de toneladas de mineral de cobre, con un valor estimado en mil millones de dólares. Toda la producción ha sido adquirida por compañías japonesas y alemanas, aun antes de haber sido extraído el primer mineral.

El año 1970 fueron iniciados los trabajos para crear un vasto e intrincado sistema para extraer, beneficiar y transportar el mineral desde el pico de la montaña hasta el puerto. Cuando la explotación comience en 1973, se necesitarán de ocho a diez años para minar la montaña hasta su base, y quizás seis años más para cavar el cono bajo la superficie.

Se calcula que cada tonelada de mineral contiene 0,025 onzas de oro y 0,265 onzas de plata. Anualmente serán extraídas unas 2.500.000 toneladas de mineral y 250.000 toneladas de concentrados con un contenido del 26 por 100 en cobre.

ACUERDO PARA MEJORAR LOS PRECIOS DEL MINERAL DE HIERRO

Trece países productores de hierro han iniciado en Lima negociaciones para la formación de un organismo que les permita obtener mejores precios y discutir bases más convenientes para el desarrollo del comercio de este mineral con los países desarrollados. Han asistido a la reunión los representantes de Argelia, Brasil, Chile, Filipinas, Gabón, India, Malasia, Liberia, Mauritania, Perú, Sierra Leona, Túnez y Venezuela.

ENERGIA

LA ENERGIA NUCLEAR, TEMA DE UNA DE LAS PUBLICACIONES DE LA FERIA DE BARCELONA SOBRE LAS PASADAS JORNADAS TECNICAS

Bajo la temática de la energía nuclear en España, una de las Jornadas Técnicas celebradas en la pasada edición de la Feria de Barcelona, acaba de aparecer recientemente, editado por el certamen, una interesante publicación que recoge las distintas ponencias pronunciadas por personalidades de esta especialidad, a propósito del interés de las empresas hidroeléctricas en la energía nuclear, su implantación, inversiones, previsiones, etc. El volumen recoge el temario total de las conferencias, coloquios y debates mantenidos en la Feria, referentes a estas Jornadas, sirviendo su lectura para una rápida y documentada puesta al día en los temas relativos a la energía nuclear, actividad que asimismo constituye un Sector de la Feria de Barcelona en el que se han presentado ya, en la pasada edición, importantes firmas.

En la publicación se hace constar los organismos que colaboraron en las Jornadas, como fueron el Ministerio de Industria, la Dirección General de Energía y Combustible, la Junta de Energía Nuclear y el Forum Atómico Español.

RECUPERACION DE LOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

Consecuencia del acuerdo firmado en octubre último por tres organizaciones europeas —la «British Nuclear Fuel Limited», de Gran Bretaña; el «Commissariat français à l'énergie atomique, de Francia, y la «KEWA» («Kernbrennstoff Wiederaufarbeitungs-Gesellschaft»), de la República Federal Alemana—, que la crearon en Francfort del consorcio europeo «United Reprocessors GmbH», con un capital social inicial de 60.000 DM, aportados a partes iguales por las tres entidades. La misión de la nueva firma es la comercialización de los servicios de recuperación de combustibles nucleares de las dos instalaciones existentes en los países en los que aquellas entidades radican: la instalación británica

de Windscale y la francesa de La Hague. Para 1980, el nuevo consorcio proyecta contar con una nueva instalación de recuperación en suelo alemán, cuando las dos primeras estén saturadas de trabajo.

CENTRALES NUCLEOELECTRICAS SOBRE PLATAFORMAS MARINAS

El «Public Service and Gas Co.», de Nueva Jersey, en unión de las empresas «Westinghouse» y «General Electric», estudia actualmente la posibilidad de montar centrales eléctricas nucleares sobre plataformas flotantes ancladas en el mar, dada la escasez de lugares apropiados para la instalación de tales centrales en tierra y la facilidad que proporcionaría su emplazamiento marino para obtener el agua de refrigeración sin crear problemas de contaminación.

NUEVA CENTRAL NUCLEOELECTRICA

La empresa química alemana «Badische Anilin- und Soda-fabrik» (BASF) proyecta invertir en los dos próximos años 12.000 millones de pesetas con destino a la construcción de una central nuclear que cubrirá las necesidades energéticas de las instalaciones que la citada empresa tiene en Ludwigshafen.

APLICACIONES NUCLEARES

De acuerdo con las previsiones del VI Plan de Desarrollo francés, este país construirá, durante el transcurso de aquél (1971-1975), cinco plantas de energía nuclear (una por año), que utilizarán uranio enriquecido al objeto de reducir la dependencia francesa de los actuales proveedores extranjeros de combustibles fósiles y de cubrir las crecientes necesidades energéticas del país.

Asimismo (al igual que EE. UU. y la Unión Soviética), tratará de desarrollar el empleo de los materiales nucleares explosivos para aplicaciones de interés industrial tales como la creación de grandes cavidades subterráneas que servirán para el almacenamiento de considerables reservas de petróleo bruto o de gas natural.

HIDROCARBUROS

ACUERDO PETROLIFERO FRANCO-ARGELINO

El acuerdo petrolífero entre la empresa paraestatal francesa Elf Erap y el Gobierno argelino ha sido suscrito definitivamente en Argel. Conforme a los términos establecidos en las negociaciones que concluyeron el 28 de septiembre pasado, el acuerdo pone fin a las discrepancias surgidas entre el Gobierno argelino y la compañía petrolífera francesa tras las nacionalizaciones decretadas por el presidente

Bumedian en el primer trimestre del pasado año 1971. Al propio tiempo, viene a solucionar definitivamente las tensiones registradas entre París y Argel a causa de la situación de las compañías francesas cuyas instalaciones en Argelia fueron nacionalizadas.

GAS NATURAL EN EL MAR NEGRO

La Unión Soviética realiza actualmente los preparativos para la iniciación de perforaciones en el Mar Negro en busca de gas natural. Las prospecciones se llevarán a cabo a 150 km. de la costa de Odesa, en una zona en la que la profundidad de las aguas es de unos 30 m.

EMBARQUE DE GAS DE LIBIA PARA ESPAÑA

La planta licuadora de gas en Mersa Brega, que es la mayor del mundo y representa una inversión de 350 millones de dólares, ha realizado hace pocos meses su primer embarque de gas natural licuado con destino a España. El embarque se había demorado por más de un año debido a problemas de producción y una disputa sobre impuestos. La planta no ha alcanzado todavía su capacidad plena de producción, de 10 millones de metros cúbicos por día. La mayor parte del gas se destina a Italia.

HIDROLOGIA

DESALACION POR CONGELACION

La primera planta de desalinización por congelación a escala comercial será construida en Ipswich (Gran Bretaña) e iniciará su funcionamiento a finales de 1973. Empleará butano líquido evaporado para congelar el agua de la salmuera, mediante un procedimiento desarrollado conjuntamente por la «United Kingdom Energy Authority» (UKAEA) y la firma «Simon Engineering Ltd.», de Stockport. El coste de desarrollo y construcción de la planta se elevará a 331,2 millones de pesetas, habiéndose estimado su rendimiento en 4,54 millones de litros de agua potable diarios.

PROPIEDADES CARCINOGENETICAS DEL AGUA CON TRITIO

Según estudios realizados en la Universidad de Chicago por el profesor D. J. Mewissen, parecen haber demostrado la posibilidad de que el agua con tritio, eliminada por las centrales de energía nuclear, presente propiedades carcinogénicas. Según el Dr. Mewissen, en los ratones a los que se inyecta al nacer 0,3 microcurios de timidina marcada con el citado isótopo, la incidencia tumoral es estadísticamente superior a la de los animales testigos.

SE INSTALARÁ EN FLORIDA UNA GRAN PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

Una comunidad residencial en Florida, Estados Unidos, utilizará el agua suministrada por el mayor sistema del mundo para purificación por ósmosis inversa. Para fines de este año, el sistema proveerá 1.300.000 litros de agua potable por día. El agua purificada procede de pozos artesianos y es demasiado salada para consumo humano. El fabricante de la unidad, Gulf Environmental Systems Co., indica que en el sistema de Florida se emplearán cuatro módulos espirales ROGA de ósmosis inversa, de 10 cm. de diámetro, que reducirán los sólidos disueltos en el agua de 8.000 ppm a menos de 500 ppm.

OSMOSIS INVERSA PARA DESALAR AGUA

Una empresa siderúrgica alemana construye instalaciones de desalación del agua salobre con arreglo al principio de la ósmosis inversa. Se somete la solución salina a una presión tal, que el líquido soporte pasa por una membrana, mientras que las sustancias disueltas no lo hacen. Se ha desarrollado una membrana semipermeable de acetato de celulosa, la cual a una presión de 100 atmósferas, permite el pase por ella del agua de una solución salina, pero no la sal. Una aproximación a la desalación del agua del mar—que es la finalidad última que se persigue con estas investigaciones—no se ha conseguido, hasta dotar a la membrana de una capa protectora porosa, que está en condiciones de resolver el problema de la elevada velocidad de flujo de la solución. Este movimiento constante de la solución es indispensable; de no ser así, las sustancias disueltas, o sea, las moléculas de sal no tardan en obstruir los poros de la membrana.

PURIFICACION ELECTROQUIMICA DE AGUAS RESIDUALES

Se ha desarrollado un proceso electroquímico para la purificación de las aguas residuales industriales consistente en hacer pasar la corriente eléctrica por los tanques de sedimentación para acelerar el proceso de coagulación de la materia residual en suspensión, proceso para el que se agrega a los tanques determinados coagulantes. Con la corriente eléctrica, la deposición de la materia en suspensión se realiza en una hora, frente a los procesos convencionales que requerían muchas horas o incluso varias semanas según el agua a tratar. El nuevo proceso tiene la ventaja de que sólo se precisa un tanque para aplicarlo, ya que el agua de éste se puede renovar continuamente. El ahorro de tiempo y espacio supone una economía de costes en las instalaciones de purificación de un 50 por 100 respecto a los métodos usuales.

El consumo de energía eléctrica también es inferior, al no requerirse emplear potentes bombas para transvasar las aguas de unos tanques a otros.

MINERALURGIA

CONSUMO Y PRODUCCION DE ACERO EN LOS ONCE PRIMEROS MESES DE 1971

En los once primeros meses de 1971, el consumo de acero se estima en 6.800.000 toneladas, con un descenso del 13,1 por 100 con respecto al mismo período de 1970, e inferior a la producción de acero, que da una cifra estimada de 7.030.000 toneladas.

La producción más directamente relacionada con el mercado, la de laminados en caliente, arroja una disminución del 2,3 por 100, en enero-noviembre, respecto a igual período del año anterior.

LA INDUSTRIA SIDERURGICA EN EE. UU.

La industria siderúrgica estadounidense, que ocupa el primer lugar mundial entre los productores del sector, obtuvo el pasado año 570 millones de toneladas de acero, cantidad que representa un aumento del 3 por 100 sobre la de 1969 y equivale al 21,8 por 100 de la producción mundial. A continuación de EE. UU. vienen: la URSS (20,1 por 100), los países de la Comunidad Económica Europea (19 por 100) y Japón (16,2 por 100).

PLANTA DE ACIDO SULFURICO EN MEXICO

Se ha llegado a un arreglo entre inversionistas americanos y británicos, capitalistas mexicanos privados y una agencia del Gobierno para la construcción de una nueva planta de ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico en Matamoros, Estado de Tamaulipas, valuada en unos 40 millones de dólares.

Estará ubicada frente a la ciudad de Brownsville, Texas, y su producción se destinará mayormente a ser exportada, como parte de la campaña del Gobierno mexicano para reducir el déficit de la balanza comercial, que el año pasado alcanzó unos 865 millones de dólares.

La construcción requerirá tres años, previéndose la producción de 70.000 toneladas de ácido fluorhídrico por año para exportación mayormente a Estados Unidos.

La Química Fluor también producirá 360.000 toneladas anuales de ácido sulfúrico para exportación. En la construcción trabajarán cerca de 1.200 obreros, y cuando el proyecto quede terminado dará ocupación a 200 empleados especializados.

CONSTRUCCION DE UNA ACERERIA EN BRASIL

La DEMAG A. G. de Duisburgo, por conducto de su subsidiaria española Sidernaal Equipos Industriales S. A., participará en la construcción de una acerería en escala pequeña en el Estado brasileño de Amazonas. La Sidernaal obtuvo el pedido, con la compañía financiera madrileña Cofei, y que tiene un valor de 12,5 millones de marcos alemanes. La Demag proporcionará los servicios completos de ingeniería por cuenta de Sidernaal.

La pequeña fábrica de hierro y acero tendrá una producción anual de 70.000 a 80.000 toneladas de productos terminados y será la primera en el Estado de Amazonas, que está poco desarrollado.

Para la fabricación de hierro y acero, la planta contará con grandes recursos inexplorados de mineral y carbón vegetal, a una distancia de 250 km. El material será traído por chalanas en el río Amazonas.

PROCESO MEXICANO DE ALUMINA

Un proceso para obtener alúmina, así como fertilizantes a partir de la alunita, ha sido desarrollado por la firma Guanos y Fertilizantes de México, S. A. Es técnica de interés especialmente para los países que disponen de yacimientos de alunita, pero no de bauxita.

Una planta piloto en Guanajuato ha estado experimentando con el proceso, y se ha proyectado erigir en Salamanca una planta comercial valuada en 800.000 dólares. Se cree que el consumo de mineral de alunita será de 30.000 toneladas anuales.

Los yacimientos mexicanos de alunita, que es un sulfato básico de aluminio y potasio, contienen 15 por 100 de alúmina y cerca del 4,3 por 100 de sulfato potásico. En este proceso, se emplea una base débil para recuperar el potasio y otros sulfatos para uso como fertilizantes. El sobrante se trata con ácidos, hasta recuperar, por calcinación, una sal básica de alúmina mezclada con hidratos de alúmina. Según se informa, el proceso es competitivo con el de Bayer para obtener alúmina a base de bauxita.

La alúmina calcinada se aprovechará para producir sales de aluminio, ya que éstas tienen más valor comercial que la alúmina de calidad metalúrgica. La producción anual de la planta de Salamanca será de unas 3.900 toneladas métricas de alúmina, 5.000 toneladas de sulfato amónico y 2.260 de sulfato potásico.

EMPLEO DE MENOS CIANURO PARA LA EXTRACCION DE ORO

La South African Philips de Johannesburgo ha desarrollado un dispositivo electrónico que mide y controla continuamente la cantidad de cianuro usado en la extracción de

oro. El proceso se usó por primera vez en la mina «Kinross». El dispositivo de electrodo iónico, según se informa, reduce el uso de cianuro. Las minas de oro sudafricanas gastan más de 5 millones de dólares por año para la compra de cianuro.

LA MAYOR FUNDICION DE ALUMINIO ARGENTINA

En Puerto Madryn, Chubut, deberá entrar en funciones para 1975 un gran complejo de fundición de aluminio primario, capaz de producir 80.000 toneladas métricas por año. Un año después, cuando alcance su capacidad total de 140.000 a 150.000 toneladas métricas, será la mayor fundición de aluminio en América Latina. El proyecto es una empresa conjunta de FATE, una fábrica argentina de neumáticos, y de tres firmas italianas —Montedison, Impianti e Impresit—. Las casas italianas suministrarán la tecnología y financiarán 120 millones de dólares sobre el costo total de 140 millones del proyecto. La Alcoa de Australia hará las entregas iniciales de alúmina.

NUEVA ACERERIA EN COREA DEL SUR

La Union Steel Manufacturing Co., que estará situada en Pohang, aumentará en un millón de toneladas la capacidad de producción de acero crudo en Corea Meridional. En octubre de 1971 entraron en funciones los trenes laminadores en caliente de planchas y flejes. Los hornos para fabricación de acero serán puestos en marcha para julio de 1973. La acerería integrada producirá unas 800.000 toneladas anuales de productos terminados de acero y 1.032.000 toneladas de acero crudo.

PRODUCCION SIMULTANEA DE ACIDO NITRICO DILUIDO Y CONCENTRADO EN LOS HORNOS

La Kemanord AB de Estocolmo, Suecia, tendrá la primera planta del mundo que producirá simultáneamente ácido nítrico débil (54 por 100) y concentrado (95 por 100) en una sola corriente. La planta será diseñada y construida por la Bamag Verfahrenstechnik GmbH de Butzbach, Alemania Occidental, que ha desarrollado el proceso combinado «Hoko». La planta, valuada en 1,9 millones de dólares, podrá producir ácido de cualquier concentración deseada.

PRECALENTAMIENTO DEL CARBON

La firma «Allied Chemical» ha puesto a punto un método de precalentamiento del carbón a 260° C, para su carga a esta temperatura en los hornos de carbón. Mediante este proceso, según se informa, puede reducirse la contaminación producida por los gases y el humo en los hornos hasta

en un 70 por 100, aumenta la producción de carbón en un 50 por 100 y se pueden utilizar carbones de calidad inferior y, por consiguiente, de inferior coste para la obtención de coque metalúrgico. Se ha formado un consorcio entre las empresas norteamericanas «Allied Chemical» y «Salem Corp.» y la firma «Gibbons Dudley, Ltd.», de Gran Bretaña, denominado «Coaltek Associates», para la explotación industrial del nuevo proceso.

INVESTIGACION

INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MARINOS

La firma alemana «Wirtschaftsvereinigung Industrielle Meerestechnik» ha llevado a cabo un estudio sobre las actividades de la República Federal en el campo de la investigación de los recursos marinos. En dicho estudio se señala que otros países con un producto nacional bruto inferior invierten, con este mismo fin, cantidades mayores que la República Federal; tal es el caso, por ejemplo, de Canadá, que gasta en ello siete veces más, o de Francia y Japón, que invierten aproximadamente el doble. Se señala, por tanto, que si la República Federal Alemana desea mantenerse en el grupo de cabeza de las naciones que realizan estudios en este sector deberá invertir en los próximos cinco años como mínimo 600 millones DM (12.000 millones pesetas). También se aconseja la creación de un organismo central, al estilo del centro francés CNEXO («Centre National pour l'Exploitation des Océans»), para la coordinación de las investigaciones que se llevan a cabo en los sectores estatal, científico e industrial sobre el aprovechamiento de los recursos marinos.

REUNIONES CIENTIFICAS

RECOMENDACIONES PRINCIPALES DE LA XV ASAMBLEA DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE GEOMAGNETISMO Y AERONOMIA (MOSCU, 1971)

1.ª Confirma la importancia grande de las observaciones en tierra a lo largo de los meridianos 105 a 115° y 140 a 150° E desde la zona polar al ecuador; se reconoce la necesidad de observaciones con satélites relacionadas con el proyecto y se aprueba el lanzamiento del satélite geoestacionario ATS-F, que se colocará cerca del meridiano geomagnético 100° 5' E.

2.ª Aprueban la idea de la Comisión Internacional sobre física Sol-Tierra (IUCSTR) de que se continúe por lo menos durante un ciclo solar el programa intensivo de observaciones de la actividad solar y geofísica (se llamará MON-SEE) y se encarga al ejecutivo de la Asociación que asegure

la participación activa de la misma en dicho programa.

3.ª Se acepta con gratitud la propuesta del IZMIRAN (Rusia) de organizar y dirigir un Centro Analítico de Variación Secular cuyas funciones sean: recoger datos, publicar mapas de la variación secular y tablas de valores anuales de los Observatorios, hacer análisis armónicos esféricos de la variación secular.

4.ª En los estudios de la influencia de la Luna en los fenómenos geofísicos se hará hincapié en los estudios a escala mundial y en la interpretación teórica de los fenómenos.

5.ª Establecer relaciones entre el Comité Geofísico Ruso y el Australiano para que se puedan llevar a cabo el programa geofísico entre los puntos conjugados Petropavlovka y Topolovka y Cambera y Hovard.

6.ª Aceptar el programa «Geophysical Test ground in Antarctica» cuya finalidad es la siguiente: a) determinar el sitio y el número mínimo de estaciones que son necesarias para el análisis de la distribución espacial y temporal de las variaciones magnéticas en latitudes altas; b) investigar el efecto de las variaciones geomagnéticas en el estado de la ionosfera baja; c) continuar el trabajo de asociar las variaciones geomagnéticas en el casquete polar con las variaciones de los parámetros del viento solar y la estructura sectorial del campo magnético interplanetario.

7.ª Ver con satisfacción las observaciones hechas en Arequipa —cerca del chorro eléctrico ecuatorial— y se recomienda que se continúen.

8.ª Establecer observatorios magnéticos en aquellas regiones, especialmente del hemisferio sur, en que escasean y pedir insistentemente que los existentes comuniquen sus datos a los Centros Mundiales y publiquen rápidamente sus anuarios.

9.ª Extender la técnica del estudio de la circulación global de la atmósfera por medio del «torbellino» de los meteoritos, y unificar las técnicas de observación y la interpretación de los datos, y procurar hacer un calendario para intervalos de meteoritos.

10.ª Procurar recoger muestras para el Arqueomagnetismo en Australia, Oriente Medio y Africa.

11.ª Destacar la importancia del estudio de las capas conductoras en la profundidad media de 20 a 100 km., especialmente por el interés que pueden tener para la fusión parcial del manto superior.

12.ª Colaboración de los científicos euroasiáticos para hacer un perfil largo profundo magnetotélurico y magnético en la dirección Este-Oeste.

13.ª Aportar datos paleomagnéticos y radiométricos para: a) determinar con más seguridad y usando rocas de todos los países el tiempo de las inversiones del campo magnético; b) obtener más información sobre la estructura fina de los sucesos de los polos y sobre los cambios de la polaridad.

14.ª Para el conocimiento del campo de la variación secular, las observaciones en las estaciones de repetición ordinarias se hagan por lo menos cada 10 años y más frecuentemente en los sitios especiales, y la instalación de nuevas estaciones donde haga falta.

III CURSO DE GEOLOGIA APLICADA A LAS OBRAS PUBLICAS

Destinado a Licenciados en Ciencias Geológicas e Ingenieros Superiores, ha organizado el Servicio Geológico de Obras Públicas, la Dirección General de Obras Hidráulicas y la Cátedra de Geodinámica Interna de la Universidad Complutense, un curso cuya duración será del 31 de enero al 24 de abril de 1972, con un desarrollo cuyos horarios serán de lunes y martes, de 18,00 a 21,30 en el Centro de Prácticas del Servicio Geológico de Obras Públicas, Fructuosa 3, Madrid.

En dicho curso se impartirán enseñanzas sobre los siguientes temas: I. Ciencias y técnicas base. II. Presas. III. Túneles. IV. Canales. V. Carreteras. VI. Estructuras especiales. VII. Temas varios.

1972 INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE

La «1972 International Clay Conference», se celebrará en Madrid, desde el 25 al 30 de junio de 1972. La Conferencia está organizada por la Sociedad Española de Arcillas (S. E. A.), bajo los auspicios de la «Asociación Internationale pour l'Etude des Argiles» (A. I. P. E. A.).

El principal objetivo de esta Conferencia es promover la cooperación internacional en el estudio de arcillas, mediante sesiones científicas, publicaciones y excursiones de campo.

Las sesiones científicas tendrán lugar en el Palacio de Congresos y Exposiciones del Ministerio de Información y Turismo.

Se proyectan las siguientes secciones:

- 1) Cristalquímica de los minerales de la arcilla (incluidas estructuras).
- 2) Génesis y síntesis de los minerales de la arcilla.
- 3) Propiedades coloidales de las arcillas (incluido cambio iónico).
- 4) Química de superficie de las arcillas (incluyendo propiedades catalíticas).
- 5) Fenómenos del volumen de absorción (incluidos compuestos orgánicos).
- 6) Propiedades técnicas y aplicaciones de las arcillas y minerales de la arcilla.
- 7) Trabajos generales.
- 8) Sympasium de Caolines.

I CONGRESO NACIONAL DE CORROSION Y PROTECCION

Organizado por la Revista «Corrosión y Protección», en fecha aún no determinada, se celebrará en Madrid, en el Palacio Nacional de Congresos y Exposiciones el I Congreso Nacional de Corrosión y Protección, bajo el programa científico y técnico siguiente:

a) Corrosión:

Corrosión electroquímica. Corrosión de tuberías. Corrosión en la construcción. Corrosión en calderas y equipos diversos. Corrosión en máquinas refrigeradoras por agua de mar. Corrosión en buques. Corrosión en estructuras off-shore. Corrosión en tanques. Corrosión en refinerías de petróleo. Corrosión por corrientes vagabundas. Corrosión atmosférica. Corrosión por aguas dulces y saladas y de metales enterrados. Corrosión por bacterias. Ensayos de corrosión y medida de la velocidad de corrosión. Corrosión a temperaturas elevadas. Corrosión bajo tensiones y otros fenómenos de corrosión, bajo la influencia de factores mecánicos. Mecanismos de corrosión.

b) Protección:

Protección catódica y anódica. Protección por pinturas. Protección por metalización. Protección por galvanización. Protección por inhibidores. Protección por revestimientos diversos. Aceros inoxidables. Aceros de baja aleación. Aleaciones especiales. Anodización. Galvanotecnia. Metales no féreos.

La inscripción deberá realizarse en la Secretaría General del Congreso (Comandante Zorita, 48, 2.º A) antes del 30 de abril de 1972.

CONTAMINACION

EFFECTOS DEL BIOXIDO DE CARBONO Y DEL POLVO ATMOSFERICO EN EL REGIMEN TERMICO DE LA TIERRA

En el «Goddard Space Flight Center» de la NASA, los científicos S. I. Rasool y S. H. Schneider han estudiado los efectos del aumento del bióxido de carbono y del polvo atmosférico sobre el régimen de temperaturas reinante en la superficie de la Tierra.

Si se multiplicase por un factor 8 la cantidad del CO₂ existente en la atmósfera, cambio que se considera muy improbable durante los próximos milenios, se produciría una elevación térmica inferior a 2º K. Por el contrario, si se cuadruplicase la concentración de polvo en equilibrio actualmente existente en el conjunto de la atmósfera terrestre (ascenso no descartable en un plazo de 100 años), disminuiría la temperatura media anual de la superficie de nuestro planeta en un valor de 3,5º K, lo que sería capaz de desencadenar una nueva época glacial si tal reducción de temperatura se mantuviera durante varios años.

EL MEDIO AMBIENTE HUMANO

Una comisión formada por representantes de 27 países, que interviene en los trabajos preparatorios de la «Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano», cuya celebración tendrá lugar en junio del próximo

año, ha fijado los siguientes temas de discusión: «Planificación y control de los habitats humanos con vistas a conservar la calidad del ambiente», «Control de los recursos naturales en relación con el ambiente», «Identificación de las contaminaciones y su control», «Aspectos educativos, sociales y culturales de los problemas ambientales», «Relaciones entre desarrollo y ambiente» e «Implicaciones de las medidas recomendadas respecto a las nuevas organizaciones o instituciones internacionales creadas para la conservación del medio ambiente humano».

CON EL CAMBIO DE COMBUSTIBLE SE REDUCE LA CONTAMINACION

Al cambiar los combustibles usados para sus calderas de carbón con contenido alto de azufre a gas y fuel oil, la Jones & Laughlin ha logrado resolver un problema de contaminación del aire en sus acerías de Pittsburgh. Esta compañía está instalando nuevos tipos de quemadores que consumen gas de hornos altos y de hornos de cok. Cuando escasea el gas, los quemadores consumen fuel oil.

EL III PLAN DE DESARROLLO EN LA DEFENSA CONTRA LA CONTAMINACION DEL AIRE Y DEL AGUA Y CONTRA EL RUIDO AMBIENTAL

Los principales proyectos sobre estas cuestiones son los siguientes:

- a) Proyecto de desulfuración de los gases de fuel-oil.
- b) Control del ruido ambiental.
- c) Depuración de gases residuales que contienen anhídrido sulfuroso.
- d) Lucha contra la contaminación de las aguas.

RED AUTOMATICA DE CONTROL AMBIENTAL EN SUIZA

En Suiza existe una gran preocupación por la contaminación ambiental, como demuestra el hecho de que las cuatro mayores compañías farmacéuticas de ese país han decidido la adquisición conjunta de una red automática, con ordenador incorporado, para detectar y controlar la contaminación atmosférica en la zona de Frickal, cerca del Rin, donde se está procediendo a la construcción de nuevas plantas para la elaboración de productos farmacéuticos.

El nuevo sistema, que comenzará a funcionar a mediados del año en curso, estará compuesto por 10 monitores en instalación fija, y uno móvil.

HOLANDA ESTUDIA LA CONTAMINACION AMBIENTAL

El Gobierno holandés y la Compañía Philips han firmado un contrato que comprende el suministro e instalación de una red nacional para la medida de la contaminación atmosférica. En el momento de finalizarse las negociaciones, se ha informado que es muy posible que se establezca una red multinacional para el control de la contaminación, conectando entre sí las redes de Alemania, Bélgica y Holanda.

La red holandesa estará constituida por unos 250 monitores situados en lugares estratégicos y trabajando de forma totalmente automática. Los datos serán enviados desde cada monitor a un centro regional, a través de líneas subterráneas. En cada centro regional, la información pasa a través de un convertidor y es remitida al Centro Nacional de Medida, en Bilthoven, donde se procesa.

La red estará concebida, en principio, para la detección y medida del anhídrido sulfuroso, ya que este elemento está presente tanto en las zonas industriales como en las rurales. El sistema puede adaptarse fácilmente para la detección de otros elementos contaminantes, tales como el monóxido de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y ozono.

Se espera que la instalación de la red nacional holandesa finalice a mediados de 1973.

Por otra parte, se está procediendo, por parte de Philips, al diseño y construcción de un sistema experimental para la determinación del grado de contaminación de las aguas del río Mosa, entre Eijsden y Nijmegen, en Holanda. El sistema se basa en la conexión de transductores automáticos a las estaciones monitoras ya existentes.

ECONOMIA

EL TERCER PLAN DE DESARROLLO EN LA INDUSTRIA

Los principales proyectos para el sector industrial son los siguientes:

- a) Siderurgia. Planta integral Sagunto seis millones de toneladas.
- b) Petróleo. Explotación yacimientos plataforma continental mediterránea.
- c) Refinerías. Tarragona siete millones de toneladas crudos y complejo petroquímico conexas.
- d) Lignitos. Explotación Puentes de García Rodríguez y central térmica conexas.
- e) Uranio. Explotación de este mineral y enriquecimiento combustibles nucleares.
- f) Centrales nucleares. Almarza y Lemoniz. 1.800 MGW cada una.
- g) Piratas. Planta en el Sudeste.
- h) Minerales de hierro. Planta de peletización del Norte.

- i) Nueva planta de aluminio.
- j) Astilleros. Nuevo en Cádiz grandes buques.
- k) Diques. Un dique en Cádiz grandes buques.
- l) Censo industrial.

EXPORTACIONES ESPAÑOLAS DURANTE 1970 (PRINCIPALES PRODUCTOS EN MILES DE DOLARES)

	§	%
Pirita de hierro sin tostar	18.674	6,6
Hullas	3.377	1,2
Mercurio	5.983	2,1
Aceites de petróleo	3.264	1,2
Productos químicos orgánicos	5.411	1,9
Manufacturas de piedra, yeso, cemento, etcétera	2.179	0,8
Fundición, hierro y acero	12.328	4,4
Cobre	5.955	2,2

IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DURANTE 1970 (PRINCIPALES PRODUCTOS EN MILES DE DOLARES)

	§	%
Combustibles minerales y aceites minerales	6.776	1,2
Productos químicos inorgánicos	9.040	1,6
Productos químicos orgánicos	39.686	6,6
Abonos	4.187	0,7
Productos diversos de las industrias químicas	11.062	1,9
Vidrio y manufacturas de vidrio	4.463	0,7
Fundición, hierro y acero	60.333	10,1
Cobre	6.549	1,1

OBJETIVOS METALURGICOS PARA EL III PLAN DE DESARROLLO

Los objetivos de producción que se han señalado para la metalurgia a lo largo del próximo cuatrienio serán los siguientes:

Plomo: En 1972, la producción deberá alcanzar las 114.400 toneladas, y en 1975 se deberá llegar a 138.000 toneladas. El tanto por ciento de incremento es del 21, las inversiones a realizar en este sector se elevan a 875 millones de pesetas. La producción minera Pb contenido deberá ser de 76.300 toneladas en 1972 y 100.000 en 1975.

Cinc: Para el próximo año el objetivo es producir 94.000 toneladas y en 1975 alcanzar las 140.000, con un incremento del 49 por 100. Se proyecta realizar unas inversiones del orden de 810 millones de pesetas. La producción minera en Zn contenido deberá ser de 96.500 toneladas en 1972 y 149.500 en 1975.

Cobre: El objetivo es producir 130.000 t en 1972 y 163.700 en 1975, siendo el incremento del 26 por 100 y las inversiones previstas del orden de los 3.000 millones de pesetas (concretamente, en cobre fundición se piensan invertir 1.196 millones de pesetas, y en cobre refinado 1.940 millones de pesetas). La producción de minerales en Cu contenido pasará de 24.500 toneladas a 37.140, al comparar los años 1972 y 1975.

Estaño: Se proyecta que la producción en 1972 sea de 6.200 toneladas, que pasarían a ser 7.000 en el año 1975. Por lo que respecta a la producción minera, el objetivo es producir 1.260 toneladas en 1972 y 3.310 en 1975, en ambos casos en Sn contenido.

Mercurio: En 1972 la producción prevista sería de 55.750 frascos, y en 1975, de 64.000 frascos, con un aumento del 14,8 por 100.

Aluminio: La producción prevista para 1972 es de 147.500 toneladas y para 1975 de 204.000 toneladas. Destaca en este sector las inversiones que están previstas realizar y que se elevan a 5.775 millones de pesetas.

Para colaborar al desarrollo y reestructuración industrial durante el próximo cuatrienio, el programa de inversiones públicas contempla la puesta en práctica de cinco proyectos prioritarios del Programa de Investigación Minera, y que son:

- Programa de investigación de minerales de manganeso.
- Programa de investigación de minerales de plomo-cinc, plata, oro y piritas.
- Investigación de minerales de estaño, titanio y wolframio.
- Programa de investigación de minerales de mercurio.
- Investigaciones de minerales de flúor, aluminio, níquel y bismuto.

EQUIPOS DE LABORATORIO

OSCILOSCOPIO DE MEMORIA DE 50 MHz Y DOBLE TRAZA

Presenta Philips un nuevo osciloscopio de memoria en el que se combinan una extraordinaria sensibilidad y banda pasante, junto con un nuevo sistema de memoria que elimina todos los problemas inherentes a este tipo de aparatos. El nuevo osciloscopio PM 3251 presenta una banda pasante total de 50 MHz a la sensibilidad de 2 mV/cm., y una banda reducida de 5 MHz a 200 μ V/cm. de sensibilidad. Estas características son únicas dentro del mercado, y ensanchan considerablemente el campo de aplicaciones del instrumento.

La duplicidad de bandas permite, por ejemplo, utilizar este aparato como un osciloscopio de baja frecuencia y alta sensibilidad en aplicaciones tales como las encontradas en numerosas investigaciones físicas y médicas, donde de otro modo sería necesario el empleo de equipos o aparatos especiales. Cuando la banda pasante es más importante que la sensibilidad, como sucede en el desarrollo de circuitos para

computadoras, el PM 3251 puede utilizarse como un osciloscopio de 50 MHz a 2 mV/cm., simplemente conmutando un botón.

Sin embargo, la característica más importante es la utilización de un nuevo tubo de memoria, desarrollado por la casa Philips, que virtualmente elimina todos los problemas derivados de la paulatina destrucción de la malla de almacenamiento de las señales. Su vida operacional es muy superior a la de los tubos de memoria convencionales, realizada según el principio de biestabilidad, y comparable a la de los tubos de rayos catódicos usuales.

Otra de las características notables de este instrumento la constituye la posibilidad de disponer de un control variable de persistencia y del tiempo de memoria. La persistencia puede regularse entre 0,3 seg. y más de 15 minutos. El tiempo de memoria es regulable entre 2 horas y 15 minutos y, al objeto de proteger la pantalla, el aparato ha sido diseñado de modo que el brillo de la traza almacenada sea mínimo cuando el tiempo de memoria es máximo.

El instrumento puede operar, por tanto, en tres modos distintos: normal, persistencia variable y memoria. En el primer modo, el instrumento trabaja como un osciloscopio de doble traza normal. En el segundo, la forma de onda se aplica a la red de almacenamiento y directamente a la pantalla, viniendo determinado el tiempo de persistencia por la posición del mando de control. Como osciloscopio de memoria permite visualizar transitorios, señales repetitivas que varían muy lentamente, ciclos superpuestos de una misma señal, impulsos de tiempo de subida muy rápido, etc.

Además de estas posibilidades, y utilizando como un aparato de uso general, presenta características tan importantes como la de permitir la visualización de señales diferenciales (A-B) y B. Esto es particularmente útil para mediciones en circuitos de memoria que empleen cintas o discos, donde la señal está a menudo enmascarada por grandes señales de ruido.

PROGRESOS EN LOS MICROSCOPIOS DE CAMPO IONICO

Los nuevos perfeccionamientos en el microscopio de campo iónico permiten analizar la naturaleza química de los elementos. Esto ha sido posible por acoplamiento al microscopio de un espectrógrafo de masas. Aunque todavía faltan por resolver algunas dificultades experimentales para que el análisis pueda realizarse de forma rutinaria, en las primeras pruebas realizadas se ha podido diferenciar, por ejemplo, los isótopos del hierro Fe 54 y Fe 56. El microscopio de campo iónico fue diseñado en 1936 por el profesor E. Müller, de la Universidad Federal de Pensilvania (EE. UU.), existiendo actualmente cuatro microscopios de este tipo en el mundo: el del profesor Müller en la Universidad de Pensilvania, dos en los laboratorios de la «U. S. Steel Corporation» y uno en el Departamento de Metalurgia de la Universidad de Oxford.

NUEVOS FRECUENCÍMETROS DIGITALES PARA 225 Y 500 MHz EN LECTURA DIRECTA

Dentro de sus programas de desarrollo de Instrumentos Electrónicos de Medida, la casa Philips presenta dos nuevos equipos destinados a la medida de frecuencias, dentro del área de las telecomunicaciones.

El modelo PM 6640 es un contador de 9 dígitos con un margen de frecuencias de 30 Hz a 225 MHz, 20 mV eficaces de sensibilidad e impedancia de entrada conmutable entre 1 Mohm//15 pF ó 50 ohm. El aparato ha sido diseñado con circuitos integrados T. T. L., e incorpora como novedades, dentro de este tipo de instrumentos, la introducción de un circuito supresor de ruidos junto con un control automático de ganancia. Esta característica es particularmente importante, puesto que elimina virtualmente las mediciones debidas a la presencia de un cierto nivel de ruido dentro de la señal, y se incrementa la sensibilidad y el margen dinámico del aparato.

Otras características importantes del frecuencímetro las constituyen su alta estabilidad ($\pm 3.10^{-9}/24$ horas), baja deriva ($\pm 5.10^{-10}/^{\circ}C$), posibilidad de control remoto, salida BCD, etc. También cabe destacar sus unidades modulares divisorias de frecuencias para 800 MHz y 12,4 GHz, preamplificador 1 mV, etc.

El frecuencímetro de 9 dígitos modelo PM 6645 ha sido desarrollado para utilización en el campo de las comunicaciones militares, redes de comunicaciones móviles, Telemetría, etc. Cubre el margen de frecuencias de 30 a 500 MHz, con una sensibilidad de 5 mV eficaces y presenta también la dualidad de impedancias de entrada, seleccionable entre 1 Mohm//15 pF y 50 ohm.

Olvidado prácticamente el sistema de conversión de frecuencias por heterodinación, el sistema de pre-scaling o división de frecuencias presenta la desventaja de que los tiempos de medida se multiplican por el factor de división. Resulta entonces que, al requerirse elevadas resoluciones en la medida de las altas frecuencias, el tiempo de medición se hace excesivamente largo.

Por esta razón se ha desarrollado este nuevo modelo, que permite realizar mediciones a 500 MHz, con una resolución de 1 Hz, en tiempos de medida inferior a 1 s.

NUEVA SONDA ACTIVA DE BAJA CAPACIDAD DE ENTRADA

Una nueva sonda activa, diseñada con transistores a efecto de campo, que combina la baja capacidad de entrada con una anchura de banda extraordinariamente amplia, ha sido presentada por la casa Philips como última adición a su programa de sondas especiales para osciloscopios.

El uso del transistor a efecto de campo (FET) ha permitido eliminar la necesidad de introducir el atenuador adicional de las ondas convencionales como único medio de

reducir la capacidad de entrada. Así, mientras que las sondas pasivas usuales introducen, conectadas directamente, una capacidad parásita de 20-30 pF, la nueva sonda activa PM 9858 de Philips mantiene una capacidad de entrada de 3,5 pF sobre un margen de frecuencias que se extiende hasta 220 MHz.

Otra característica de esta unidad constituye la posibilidad de seleccionar el acoplamiento en c. c./c. a. al punto de medida sin más que pulsar un botón. Ello permite eliminar también la más convencional y clásica punta de prueba capacitiva para acoplamiento en a. c., la cual eleva por otra parte la capacidad de entrada.

La sonda presenta una impedancia de entrada de 1 Mohm//3,5 pF en acoplo directo 1:1, pudiendo conectarse atenuadores relación 10:1 (10 Mohm//2,5 pF) o atenuadores relación 100:1 (100 Mohm//1,5 pF). Por otra parte, el margen dinámico de ± 1 V para acoplo directo es el doble de cualquier otra sonda activa existente en el mercado y, lo que es más importante, independientemente del nivel c. c. que pueda existir superpuesto a la señal.

Finalmente, se apunta el hecho de que la citada sonda se puede utilizar con cualquier tipo de osciloscopio existente en el mercado, hasta 200 MHz, para lo cual Philips ha puesto a punto una fuente de alimentación auxiliar de precio reducido.

NUEVO DIFRACTOMETRO MONOCRISTAL CONTROLADO POR ORDENADOR

Un nuevo difractor de cuatro círculos, denominado PW 1100, ha sido recientemente presentado por la compañía Philips. El PW 1100 está especialmente concebido para el estudio de monocristales, incorporando una serie de ventajas importantes con relación a los difractómetros controlados por ordenador existentes, tanto en equipo material como instruccional.

Desde el punto de vista mecánico, la característica sobresaliente del PW 1100 es la rigidez. Un sistema de suspensión para uno de los círculos, patentado, mejora en un cien por cien la estabilidad mecánica, permitiendo el empleo de un cristal plano para monocromatizar la radiación.

El nuevo sistema incluye un ordenador totalmente integrado, a fin de efectuar automáticamente la determinación de la orientación cristalina mediante el procedimiento de búsqueda de picos.

El equipo instruccional (software) incluye una serie de programas de rutina confeccionados por cristalógrafos en los laboratorios Philips. Programas especiales para orientación automática, parámetros de la red cristalina, comprobaciones, etc., son también suministrados con el difractor.

Uno de los avances más espectaculares que se han incorporado al PW 1100 ha sido el desarrollo de un lenguaje hombre-máquina basado en un estudio exhaustivo del tipo de comunicación requerido, así como en un planteamiento real de los papeles complementarios que desempeñan el

operador y el ordenador. De esta forma, después de una exploración general, el equipo se detiene y presenta su «hipótesis» y acto seguido el operador, aportando su experiencia e intuición, comienza su diálogo con el ordenador hasta conseguir la total resolución del problema.

Otras características importantes del equipo son: alta estabilidad de la tensión y corriente del tubo de rayos X (0,3 por mil); obturador, para evitar daños en el cristal al analizar por la acción de la radiación, controlado por el ordenador; elección entre filtro equilibrado o unidad monocromadora con posibilidad de seleccionar varios cristales; lectura directa de índices cristalográficos, posición angular de los cuatro círculos, intensidad integrada, número de reflexiones, etc.

La mitad de la capacidad de la memoria está dedicada a almacenar programas para trabajos cristalográficos rutinarios, es decir, programas matemáticos básicos, control del motor, orientación, cambio del filtro, exploración, escala, intervalo de tiempo, medida de reflexiones principales, etcétera. Las restantes posiciones de memoria están dedicadas a almacenar los programas opcionales.

NUEVO GENERADOR DE BANDA ANCHA

Entre las últimas novedades presentadas, dentro de los aparatos electrónicos de medida, cabe destacar la introducción de un nuevo y económico generador de banda ancha. La innovación en este tipo de aparatos, generadores de señales básicas sinusoidal y cuadrada, estriba en la particularidad de ofrecer posibilidades adicionales para generación de señales moduladas en amplitud.

El aparato, de la casa Philips, opera dentro de la gama de frecuencias comprendida entre 10 Hz y 12 MHz, permitiendo de este modo disponer, en un solo instrumento, de todas las facilidades de los generadores de B. F. y R. F. de tipo clásico. A esta característica se añade aún la posibilidad de generar ondas rectangulares, cuyo interés en el estudio y diseño de circuitos es incuestionable; la dualidad de impedancias de salida, son 50 y 600 ohmios; aparato de medida incorporado; sincronismo externo, etc.

Estas especificaciones cubren la totalidad de las necesidades de los laboratorios de electrónica, en sus dos vertientes de enseñanza e investigación, y representan un paso importante en el avance de aparatos electrónicos de medida.

REGULADORES ELECTRONICOS «WITRONIC II»

Con el nombre de «Witronic II», Philips ha presentado recientemente, con ocasión de la Interkama 1971 celebrada en Düsseldorf, un nuevo modelo de regulador que puede considerarse como la segunda generación de los modelos «Witronic» a los que sustituye.

Entre las diferentes versiones disponibles del «Witronic II», existen reguladores de dos y tres posiciones con

control PD, PI o PID con salida por relés para mando de servomotores o con salida continua para mando de unidades de tiristores o actuadores nemáticos.

Los reguladores de la gama «Witronic II» aceptan señal procedente de termopar, termómetro de resistencia, transmisor de resistencia y en general cualquier tipo de señal eléctrica en forma de mA o mV, llevando incorporada una fuente de alimentación para transmisores a dos hilos.

Poseen un diseño simple y de línea moderna. En el frontal del aparato se encuentran incorporadas las lámparas de señalización, el botón de ajuste de punto de consigna, que es autobloqueable, la escala que representa el margen de medida, y un indicador de desviación asociado a ésta y que permite conocer en cada instante la situación real del proceso.

Girando un tornillo situado también en la parte frontal del aparato, puede extraerse éste fuera del panel, lo que no impide que siga funcionando sin interrupción y hace accesibles los ajustes de las constantes de control.

Las versiones con salida continua poseen modo de control PID, pero pueden conmutarse a modos P, PI o PD. La banda proporcional y los tiempos de integración (reset) y derivación (rate) pueden variarse en un mismo aparato. Las dos últimas constantes se ajustan simultáneamente manteniendo siempre sus valores en la relación 1-5, lo que simplifica al máximo el ajuste del regulador.

Junto con los «Witronic II» han sido desarrolladas unas estaciones de carga manual de reducidas dimensiones y que constituyen el adecuado complemento del regulador.

Debido a su gran versatilidad y bajo coste, el lanzamiento de la serie «Witronic II» ha sido realmente espectacular, hasta el punto de que sólo unas pocas semanas después de su aparición, se ha recibido un pedido, cuyo importe rebasa los 800.000 marcos, para el montaje de toda la instrumentación de una acería a base de este tipo de aparatos. En la nueva planta, que será erigida próximamente en Brasil, 110 reguladores «Witronic II», entre otros muchos instrumentos también suministrados por Philips, se ocuparán del control de los procesos de producción.

VARIOS

PRESENCIA DE PABELLONES EXTRANJEROS EN LA 40 FERIA DE BARCELONA

Los servicios de contratación de la Feria de Barcelona, que anuncia la celebración de su próxima edición para tener lugar entre el 3 y el 13 de junio de 1972, han recibido ya la confirmación oficial de cerca de una veintena de países en el certamen, con pabellón oficial. Incluye la relación a Alemania, que lo hace a través del Ministerio de Economía de la RFA; Austria, que se presenta por la Cámara Federal de Economía; Colombia, por el Fomento de Exportaciones; Côte d'Ivoire, por el Organisme du Centre Ivoirien de Commerce Extérieur a través de la C. E. E.; Ecuador

y Guatemala, a través de sus Organismos de Comercio Exterior; Hungría, presentada por HUNGEXPO y la Oficina de Comercio Exterior; Irak, a través de su Embajada en Madrid; India, por su Embajada en Madrid; Japón, por el organismo JETRO (Japan External Trade Organization); Méjico, por el Instituto Mejicano de Comercio Exterior; Pakistán, por su Embajada en Madrid; Polonia, a través de la Cámara Polaca de Comercio Exterior; Rumania, por la Cámara de Comercio de la República Socialista Rumana de Bucarest; Suiza, con la Oficina Nacional Suiza de Turismo; y Bélgica, según confirmación realizada por el consulado en Barcelona.

En el curso de los meses que siguen, se espera que otros varios países, hasta la cifra del medio centenar, efectúen las correspondientes confirmaciones de reserva de espacio y participación con pabellón oficial, como lo han venido haciendo en anteriores ediciones.

NUEVO MATERIAL CERAMICO

La empresa «Corning Glass» ha anunciado la puesta a punto de un nuevo material cerámico, capaz de soportar temperaturas del orden de 750° C. Por su especial estructura puede procesarse con el utillaje clásico utilizado para la conformación de metales. Las propiedades mecánicas y dieléctricas de este material posibilitarán además su empleo en un vasto campo de aplicaciones en las industrias eléctricas, electrónica y aeroespacial.

CAOLIN MODIFICADO PARA USO CON PLASTICOS

Mediante un proceso designado «OX», el caolín es modificado para que pueda producir pigmentos fácilmente dispersados en materiales orgánicos. El proceso puede ser aplicado para la pigmentación de plásticos tan comunes como polipropileno, polietileno y poliestireno. En las pruebas realizadas con este caolín especial el polipropileno pigmentado pudo ser tejido con equipo convencional. Extruido, produjo una fibra blanca, opaca y que se tiñe fácilmente.

LOS SOVIETICOS FUNDEN LOS LINGOTES MAS GRANDES

En la Unión Soviética se están fundiendo lingotes de 60 toneladas por procedimientos de electro-escorificación (electro slag). Se halla en construcción un horno capaz de manejar lingotes de 200 toneladas. Para producir un lingote de 150 toneladas en semejante horno, es necesario fundir 6 ó 7 electrodos de un metro de diámetro. Los metalúrgicos soviéticos reivindican que el horno tiene capacidad para fundir electrodos de diferentes tamaños, composiciones y regímenes de fusión, produciendo no obstante lingotes uniformes.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

PRODUCTOS	1970	1971	1971	1971
	Diciembre	Marzo	Junio	Noviembre
ALUMINIO				
Nueva York (centavos por libra).....	29,—	29,—	29,—	29,—
Londres (libras por Tm.).....	261,80	261,80	261,80	261,80
CINC				
Nueva York (centavos por libra).....	15,85	15,85	16,85	17,85
Londres (libras por Tm.).....	58-63	58-63	53-58	58-65
COBRE				
Nueva York (centavos por libra).....	46,50	49-50	—	47,60
Londres (libras por Tm.).....	423,—	447,—	467-472	417-425
ESTAÑO				
Nueva York (centavos por libra).....	158-162	158-160	165,50	169,—
MERCURIO				
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg.).....	355,—	345,—	293,—	270,—
Londres (libras por frasco de 3,45 kg.).....	147-150	139-143	103-107	94-97
PLOMO				
Nueva York (centavos por libra).....	15,—	14,80	15,—	14,50
Londres (libras por Tm.).....	151,—	145,—	154,—	129,—
VOLFRAMIO				
Londres (libras por Tm.).....	29-30	26,50-27,50	22-24	20-22

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
13	782	15-I-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Lugo.
13	783	15-I-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Sevilla.
13	783	15-I-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Soria.
13	783	15-I-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Valencia.
14	850	17-I-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Zamora.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
16	991	19-I-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Barcelona.
16	991	19-I-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de León.
16	991	19-I-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lérida.
20	1290	24-I-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Gerona.
21	1383	25-I-72	Ind.	Resol. suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Cuenca.
21	1383	25-I-72	Ind.	Resol. suspendiendo derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Cuenca.
24	1614	28-I-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación que se citan; Delegación Provincial de Teruel.
25	1702	29-I-72	Ind.	Yacimientos minerales. — Orden por la que se subdividen en bloques de área reducida los denominados A, B, y D, pertenecientes a la zona reservada existente en las provincias de Málaga y Cádiz.
26	1757	31-I-72	Ind.	Resol. cancelando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Prov. de Madrid.
28	1922	2-II-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones mineras que se citan, Delegación Provincial de Granada.
28	1922	2-II-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones mineras que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
28	1923	2-II-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de León.
28	1923	2-II-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de León.
28	1923	2-II-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
28	1924	2-II-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Teruel.
28	1924	2-II-72	Ind.	Resol. otorgando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Valencia.
28	1921	2-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Alicante.
28	1923	2-II-72	Ind.	Resol. cancelando el permiso de investigación que se cita, de la Delegación Provincial de Salamanca.
30	2066	4-II-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Córdoba.
30	2067	4-II-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
30	2068	4-II-72	Ind.	Resol. otorgando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
31	2158	5-II-72	Ind.	Resol. haciendo pública la rehabilitación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Almería.
31	2158	5-II-72	Ind.	Resol. suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Badajoz.
33	2288	8-II-72	Ind.	Resol. suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el perímetro que se indica, de la provincia de Oviedo.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
34	2355	9-II-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Castellón.
34	2355	9-II-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Gerona.
34	2357	9-II-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Salamanca.
34	2357	9-II-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Santa Cruz de Tenerife.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de La Coruña.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Málaga.
35	2452	10-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Zamora.
36	2516	11-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Cáceres.
36	2517	11-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
36	2517	11-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
36	2517	11-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
36	2517	11-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
38	2668	14-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de La Coruña.
38	2668	14-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
38	2668	14-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Palencia.
38	2668	14-II-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de La Coruña.
39	2730	15-II-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Las Palmas.
41	2895	17-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
41	2895	17-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan Delegación Provincial de Navarra.
41	2895	17-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan Delegación Provincial de Salamanca.
42	2978	18-II-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Huelva.
44	3113	21-II-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Salamanca.
44	3114	21-II-72	Ind.	Corrección de erratas de la Resolución de la Dirección General de Minas suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
45	3179	22-II-72	Ind.	y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Cuenca.
45	3179	22-II-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Huelva.
45	3180	22-II-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
45	3180	22-II-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Málaga.
45	3179	22-II-72	Ind.	Resol. otorgando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Sevilla.
45	3179	22-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Granada.
45	3179	22-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Granada.
45	3179	22-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Guipúzcoa.
45	3180	22-II-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
46	3200	23-II-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Badajoz.
46	3270	23-II-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
46	3270	23-II-72	Ind.	Resol. otorgando las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de León.
46	3200	23-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Albacete.
46	3200	23-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Almería.
46	3200	23-II-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
HIDROCARBUROS				
39	2729	15-II-72	Ind.	Decreto otorgando tercera prórroga excepcional de permisos de investigación de hidrocarburos líquidos y gaseosos, solicitada por el Instituto Nacional de Industria.
VARIOS				
307	20915	24-XII-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas por la que se concede a «José Banús, S. A.» autorización para aprovechar aguas subterráneas del río Verde en término municipal de Marbella (Málaga) para una urbanización.
308	20963	25-XII-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas por la que se concede al Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Ronda autorización para aprovechar aguas subterráneas del río Manilva en término municipal de Manilva (Málaga) con destino a abastecimiento.
308	20964	25-XII-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas por la que se concede a «Explotaciones Agrícolas y Forestales Brugarol, S. A.», autorización para aprovechar aguas subterráneas del torrente de Bell Lich en Palamós (Gerona).
14	844	17-I-72	Gob.	Aguas minero-medicinales. — Aprobación por la que se aprueba perímetro de protección del manantial de aguas minero-medicinales «Aguas y Balneario de Alzola» (Guipúzcoa).
16	988	19-I-72	O. P.	Resol. concediendo al Ayuntamiento de Cardona ampliación aprovechamiento aguas subterráneas del río Cardoner.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
16	987	19-I-72	O. P.	Autorización concedida a la «Comunidad de Aguas Hoya de la Leña» para ejecutar labores alumbramiento aguas subterráneas en monte de propios del Ayuntamiento de Guía de Isora (Santa Cruz de Tenerife).
28	1905	2-II-72	O. P.	Resol. concediendo a «Soler y Paláu, S. A.», un aprovechamiento de aguas subálveas del río Freser, en término municipal de Ripoll (Gerona).
28	1906	2-II-72	O. P.	Resol. rectificando la de 14 de julio de 1971, por la que se hizo pública la ampliación de una concesión de aguas subálveas del río Llobregat a favor del Ayuntamiento de Tarrasa, en término municipal de Abrera (Barcelona) para su abastecimiento.
28	1922	2-II-72	Ind.	Resol. declarando minero-medicinales las aguas del manantial que se cita, provincia de Granada.
30	2068	4-II-72	Ind.	Resol. haciendo pública la declaración de minero-medicinal de las aguas de los manantiales que se citan, de la Delegación Provincia de Pontevedra.
32	2219	7-II-72	O. P.	Resol. concediendo a D. Antonio Font Gratacos un aprovechamiento de aguas subálveas del río Fresser, en término de Ribas de Fresser (Gerona), para usos industriales.
38	2668	14-II-72	Ind.	Resol. declarando minero-medicinales las aguas del manantial que se cita, Delegación Provincial de Málaga.
41	2894	17-II-72	Ind.	Resol. declarando minero-medicinal las aguas de los manantiales que se citan, Delegación Provincial de Granada.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Estudio de una captura kárstica-marina en la isla de Cabrera (Balears)*. Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 4, págs. 89-91.

La génesis de la «Cova de les Roses» se ha producido por la acción combinada de la erosión kárstica, debida a las pérdidas laterales de un torrente que desciende del Puig de Picamosques, y de la abrasión marina. Todas las aguas que discurren por el torrente desembocan directamente al Mediterráneo a través de la caverna, de tal manera que la porción del talweg comprendida entre la cueva y la desembocadura del torrente ha quedado muerta. La cavidad ha dado lugar a una captura kárstico-marina.—L. DE A.

MARIANO JOSÉ AGUILAR TOMÁS: *Correlaciones por «ciclos de aportes» en el Albense de la cuenca cantábrica*. Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 4, págs. 92-96.

Las potentes series detrítico-terrágenas que componen predominantemente los depósitos albenses de la cuenca cantábrica, con gran variabilidad lateral de litofacias y escasos fósiles, se dividen en cuatro unidades sedimentarias

menores, caracterizadas en función de los intervalos de variación del tamaño máximo de grano y del contenido en feldspatos de arenas y areniscas, reconocibles en la evolución vertical de la serie Albense en toda la cuenca, y cuyos límites significan líneas cronoestratigráficas. Tales unidades menores denominadas por los autores «ciclos de aportes» (A, B, C y D de base a techo en el Albense) suponen un instrumento valiosísimo de correlación regional de depósitos detríticos terrígenos en que las correlaciones litológicas o paleontológicas no pueden ser establecidas o lo son parcialmente.—L.

Bibliografía geológica española (1968). «Acta Geológica Hispánica», año V, núm. 5, noviembre-diciembre de 1970.

Con esta nueva aportación, aparecida en el tercer trimestre de 1971, de la que es autora la bibliotecaria Asunción Oro Altisent, se publica la referencia bibliográfica de los trabajos sobre geología española del año 1968. Es una continuación de las publicadas anteriormente, que comprenden los años 1964-65-66-67.

Aportación minuciosa a la que, además del índice geográfico y de materias, tiene el onomástico. Consideramos es de gran interés para los geólogos españoles.—L. DE A.

PIERRE BULTYNQK y ERIK SOERS: *Le Silurien supérieur et le Devonien inférieur de la Sierra de Guadarrama (Espagne Centrale)*. Primera parte: Stratigraphie et Tectonique. Boletín del Instituto de Ciencias Naturales de Bélgica, vol. 47, 22 págs., 2 láms.

El Paleozoico (Ordovícico-Silúrico-Devónico inferior) del extremo Este de la Sierra de Guadarrama está subdividido en cinco unidades litoestratigráficas: esquistos de Pradena, cuarcitas de Cuento, esquistos de Cañamares, areniscas de Alcolea, esquistos y calizas de Cercadillo. Las dos últimas se describen con detalle.

La edad de las formaciones de Cañamares, Alcolea y Cercadillo está basada sobre el estudio de Braquiópodos y Conodontes (Ludlowiense superior-Emsiense inferior).

La edad Gedinnense inferior-Siegeniense medio del «Conodonten-Bereich IX» (O. H. Walliser, 1962) es muy probable, por comparación con los «Chistes et Calcaires a Athyris undata» del Macizo Armoricano.

Los esquistos y caliza de Cercadillo constituyen un pliegue sinclinal, donde el flanco oriental está tumbado.—L. DE A.

M. L. LÓPEZ VERGARA: *Manual de fotogeología*. Publicaciones Científicas, Junta Energía Nuclear, 286 págs. y 183 fotogramas preparados para su visión estereoscópica en cuaderno aparte. Madrid, 1971.

El Servicio de Publicaciones de la J. E. N. ha editado recientemente el «Manual de Fotogeología», de M. L. López Vergara, que viene a paliar en gran manera la escasez de textos y fuentes en lengua castellana que existe en el campo de la fotointerpretación. Los dedicados al atractivo quehacer de descifrar e interpretar el mensaje e información que toda fotografía aérea soporta, y los estudiantes, que se inician en tal disciplina, dispondrán desde ahora de una valiosa obra de consulta y estudio.

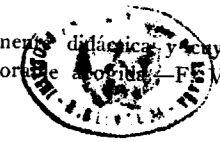
La autora comienza desarrollando los distintos tipos de fotografías aéreas y técnicas fotográficas, así como los principios en los que se basa la visión estereoscópica y sus propiedades. El estudio de la geometría de las fotografías aéreas sirve de base a la determinación de los principales tipos de medidas fotogramétricas utilizadas en estudios fotogeológicos, de ingeniería civil, etc.

M. L. López Vergara continúa con el estudio de los criterios utilizados en la fotointerpretación cualitativa de fotografías aéreas para la determinación y limitación de conjuntos y unidades litológicas, dentro del análisis geomorfológico, estructural y de fracturación de los mismos, para terminar con el análisis detallado de cada tipo de roca.

Un gran número de pares estereoscópicos, de excelente y muy cuidada impresión completan este «Manual de Fotogeología».

Se trata de una obra amplia, detallada, con numerosos cuadros sinópticos, esquemas y figuras de extremada cla-

ridad, que consideramos sumamente didáctica y cuya aparición tendrá, sin duda, una favorable acogida.—F. V. G.



MINERIA

Plan Nacional de la Minería, tomo I. *Introducción general*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 90 págs.

Destaca en la introducción, la iniciación del estudio de este Plan en 1.º de enero de 1969, con la difusión necesaria para que todos los estamentos, más o menos relacionados con las actividades, pudiesen establecer las sugerencias y comentarios pertinentes.

El plan está integrado por cuatro capítulos: Programa Nacional de Investigación Minera, Programa Nacional de Exploración Minera, Actualización de la Legislación Minera, Política Social Minera. La labor realizada, sostienen, es un primer paso, de una síntesis y coordinación de la problemática muy compleja, que en el principio de la década de los 70 afecta a la minería.

Consta de seis anejos titulados: 1.º Anteproyecto de bases para el Programa Nacional de Investigación Minera. 2.º Proyecto para elaborar el Programa Nacional de Investigación Minera. 3.º División del Plan Nacional de la Minería. 4.º Situación de los trabajos en el PNIM el 30 de mayo de 1970. 5.º El Plan Nacional de Investigación Minera como aportación al VI Congreso Internacional de la Minería. 6.º Monografía sobre el Plan Nacional de la Minería.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera, tomo II. *Introducción, síntesis y conclusiones*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 150 páginas con varias láminas.

Comienza el tomo recordando la recomendación de las Naciones Unidas (1970): «Debe existir un programa a plazo largo de investigación geológica y minera, aplicado sistemáticamente por el Gobierno».

Después de una introducción, se estudia la economía y los mercados. La síntesis a escala 1:200.000 de los conocimientos geológicos. Se analiza la investigación minera en permisos de investigación, concesiones de explotación y reservas del Estado. La informática, geología y mapa de indicios. Los mapas metalogenéticos. Los nueve programas sectoriales.

Establece las correspondientes conclusiones y un resumen de presupuesto del PNIM por valor de 6.158,9 millones de pesetas, de los cuales corresponden 5.343,9 al Instituto Geológico y Minero y 815,0 a la Junta de Energía Nuclear.

En el tomo comentado se presentan reducciones de la siguiente cartografía: Mapa Metalogenético de España a escala 1:200.000. Mapa Metalogenético de España de fluoruro cálcico, a escala 1:500.000. Mapa Metalogenético de España de plomo y cinc a escala 1:500.000. Se incluye el

Mapa de síntesis de los Sistemas Acuíferos de España, a escala 1:1.606.000.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación minera, tomo III. *Estudio de economía y mercado*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 270 páginas.

Se presenta en este tomo el examen del aspecto económico del sector minero en su conjunto y de cada una de las sustancias minerales que lo componen, incluyendo en ellas el no despreciable capítulo de las aguas subterráneas.

La elaboración está basada en el conocimiento de las disponibilidades actuales; sobre todas y cada una de las sustancias aprovechables; tanto en el sector de minerales como en el de rocas industriales; sobre las disponibilidades y localización de las aguas subterráneas, y sobre los conocimientos y planes geológicos establecidos para facilitar la localización y obtención de dichas sustancias.

Consta el tomo de los capítulos siguientes: 1.º Resumen del estudio económico y mercado de sustancias minerales. 2.º Estudio técnico-económico sobre rocas industriales. 3.º Estudio técnico-económico sobre aguas subterráneas. 4.º Estudio técnico-económico del proyecto MAGNA.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera, tomo VI. *Mapa de indicios. Aplicación de la informática a la geología y a la minería*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 116 págs.

Se trata de recopilar el inmenso volumen de datos geológicos de nuestro país y tratarlos de una manera eficaz para lograr los resultados más adecuados.

Consta el tomo de los capítulos siguientes: 1.º Archivo de datos con ordenador. 2.º Fuentes de información. 3.º Tipos de archivos y datos comunes. 4.º Archivo de datos metalogenéticos en el PNIM. 5.º Archivo de datos bibliográficos en el PNIM. 6.º Archivo en proyecto en el IGME. 7.º Programas de aplicación. 8.º Anejo.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera, tomo VIII. *Programa sectorial para la confección del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 142 págs. con varias láminas.

El programa planeado corresponde, en el momento de proyectarlo, a 1.129 hojas, hoy algo inferior por la nueva distribución de las dos provincias Canarias, con un período de ejecución de cuatro cuatrienios y un presupuesto de más de 1.940 millones de pesetas, o sea, más de millón y medio por hoja a escala 1:50.000.

La obra está dividida en los capítulos siguientes: 1.º Ela-

boración del programa de trabajo. 2.º Desarrollo del programa. 3.º Medios para la realización del MAGNA.

En este programa se han previsto todas las circunstancias que, a juicio del grupo de trabajo, han de intervenir en la preparación del mapa, así como en la edición del mismo.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera, tomo X. *Mapa Hidrogeológico Nacional y programa previo de investigación de aguas subterráneas*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 144 páginas y un mapa.

El programa previo de investigación de aguas subterráneas representa, durante el cuatrienio, una inversión de 1.820 millones de pesetas. Su exposición se recopila en los cuatro capítulos siguientes: 1.º Metodología hidrogeológica, donde se consideran los mapas hidrogeológicos, del tratamiento de los datos y de la cuantificación de la escorrentía subterránea de los sistemas acuíferos. 2.º Se refiere al balance hídrico global del país, considerando 10 cuencas peninsulares y la isla de Menorca. 3.º Trata de los sistemas acuíferos españoles y sus programas de investigación, dividido en las diez cuencas peninsulares, y otro subcapítulo para la España insular. 4.º Tiene por tema la planificación general, con dos divisiones: una la importancia de los embalses subterráneos en la gestión de los recursos de aguas del país; otra la planificación de la investigación, ordenación espacial y temporal de las inversiones.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera, tomo XI. *Programas sectoriales: Investigación de hidrocarburos e investigación de fondos marinos*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 120 páginas.

Por el título, se aprecian en este tomo dos investigaciones independientes, la primera referente a los hidrocarburos; en ella se presenta el estado actual de la prospección de los hidrocarburos en España, el esfuerzo a realizar en los años venideros, así como los medios legales, administrativos y financieros a poner en contribución para lograr este esfuerzo. Dividen la exposición en tres partes. La primera destinada a la historia de la investigación de los hidrocarburos en la Península y en las provincias africanas, donde destacan una declinación de las actividades investigadoras durante los últimos años. La segunda destinada a razonar el esfuerzo técnico y financiero que debe hacerse en España para lograr una actividad investigadora adecuada a sus posibilidades. La tercera es una sugerencia sobre las medidas a tomar por los poderes públicos para alcanzar el mencionado nivel de investigación.

Completa esta parte un anejo que trata de los sistemas de incentivos existentes en otros países y de la convenien-

cia por parte de España de intensificar sus exploraciones en el extranjero.

La segunda investigación, correspondiente a la geología submarina considerada como parte de una ciencia más amplia denominada oceanografía, se proyecta invertir 294 millones de pesetas durante el cuatrienio.

Los cinco capítulos tratan los temas siguientes: 1.º Fines y métodos de la geología submarina. 2.º Evolución y desarrollo de los estudios oceanográficos. 3.º Importancia de las investigaciones de geología submarina. 4.º Desarrollo a escala mundial de la geología submarina. 5.º La geología submarina en España.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Investigación Minera, tomo XIII. *Programa sectorial del hierro*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 224 págs.

Fundan este programa en el desconocimiento actual de los verdaderos recursos de la nación en cuanto a minerales de hierro y en el incremento incesante de su demanda por parte de las siderúrgicas nacionales, con ley alta y granulometría adecuada.

Dividen el territorio nacional en ocho zonas: 1. Vizcaya, Santander. 2. Noroeste (Wagner-Vivaldi). 3. Noroeste. 4. Suroeste. 5. Málaga. 6. Granada-Almería. 7. Centro-Levante. 8. Varios.

De cada zona consideran los aspectos siguientes: Introducción, marco geológico, áreas de interés, investigación existente, reservas y recursos, producción, relación entre la producción y la siderurgia, planes de expansión, infraestructura, comercialización, programa y presupuestos.

Los trabajos a realizar por zonas importan en millones de pesetas: 1, 60; 2, 86; 3, 20; 4, 59; 7, 156; 8, 42.

El mercado español, creciente de minerales de hierro, justifica esta inversión para investigar a fondo la existencia posible de criaderos nuevos.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XVI. *Introducción, síntesis y conclusiones*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 198 páginas.

En esta serie de publicaciones se pone de manifiesto las condiciones en que en la actualidad se desarrolla la explotación de recursos minerales, relacionando los sistemas de explotación con las posibilidades de los yacimientos y proponiendo medidas a nivel sectorial para subsanar las deficiencias que en dicha correlación se observan. Se plantea, al lado de la vertiente estrictamente técnica, la económica que la condiciona.

Los grupos en que se encuadra el programa son: Minería de combustibles sólidos. Minería del hierro. Minería de piritas y minerales complejos y cobrizos. Minería del plomo y del cinc. Minería de minerales metálicos varios. Minería

de minerales radiactivos. Minería de minerales no metálicos. Rocas industriales. Aprovechamiento integral de minerales piríticos. Conversión de explotaciones a cielo abierto. Preparación de minerales.

Todos estos grupos se han considerado desde los siete aspectos siguientes.

1.º Estructura del sector, descrita a través del número de empresas, las dimensiones de éstas con sus valores extremos y el óptimo deseable, así como el grado de concentración que la producción registra.

2.º Necesidades de modernización, reconversión o ampliación de las explotaciones, junto con la inversión requerida para financiarlas.

3.º Objetivos de producción, su escalonamiento a lo largo de la presente década y la posibilidad de llevarlos a la práctica.

4.º Disponibilidades financieras del sector, sus necesidades de financiación adicional y la participación que en ella sería deseable que tuviera el crédito oficial.

5.º Análisis de la composición del capital por compañías, la participación del capital extranjero y los niveles de amortización y capitalización de las empresas.

6.º Comercialización externa, posibilidad o conveniencia de exportación y las eventuales medidas que habrían de adoptarse con vistas al fomento de la exportación.

7.º Comercialización interna, los niveles de precios y la evolución futura previsible, tanto de las condiciones del mercado interior como del sistema de precios.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XVII. *Minería de combustibles sólidos*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 220 páginas.

En este tomo se recogen las vicisitudes del desarrollo de la explotación de los combustibles sólidos de España, así como su probable proyección en el porvenir.

Parten los ponentes del principio de que cuando no se tienen recursos abundantes hay que administrar los que se poseen y disponer de medios y medidas para disfrutarlos con la economía máxima.

El estudio va dirigido hacia un mejor aprovechamiento de las reservas de combustibles, con el propósito de conseguir una autarquía precisa. Se han considerado las cuencas carboníferas de lignito, hullas y antracitas, con el orden de exposición siguiente: situación geográfica, descripción de las cuencas, reservas, estudio de las explotaciones, objetivos y problemas de cada uno de los sectores, agrupaciones, reestructuraciones y concentración, proyección de la demanda y producción, inversiones precisas y protección estatal a los distintos sectores de producción de combustibles sólidos, problemas laborales y hábitat minero.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XVIII. *Minería del hierro*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 168 págs.

El grupo de trabajo considera el objetivo fundamental del Plan de obtener un inventario de todas y cada una de las explotaciones mineras del país, así como una descripción de sus instalaciones, labores, programas, etc., y un análisis de su problemática presente y futura, para llegar a una definición de objetivos a cumplir en lo que a la mejor explotación de las diferentes sustancias minerales del país puede referirse.

En la primera parte, se hace un examen general del sector, estudiado para cada zona en detalle en la segunda parte, siendo aquéllas: Norte, Noroeste, Sur, Suroeste y Centro-Levante, completada con otras no productivas en el Centro, Cataluña y Baleares, Aragón.

El tercer capítulo está dedicado a soluciones, objetivos, conclusiones, recomendaciones.

Finaliza con un anexo referente al análisis orientador de la política industrial de los recursos de mineral de hierro del suroeste de España.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XX. *Minería del plomo y cinc*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 230 págs.

La obra está dividida en seis capítulos. El primero da una breve historia de la minería y metalurgia del plomo y cinc. En el segundo se describe la situación actual de este sector, con la clasificación, localización y enumeración de los yacimientos y sus reservas.

A la monografía de las principales empresas explotadoras destina el capítulo tercero, ordenadas con el criterio siguiente: filones de plomo, filones de plomo-cinc, filones de plomo y cinc con espato fluor, masas o mantos, minerales complejos, escombreras.

En el cuarto capítulo, sobre incidencias en la comercialización del plomo y cinc, se proporciona una visión de las vicisitudes sufridas por la minería de estos metales en su comercialización, analizando las causas que la han producido.

Capítulo de singular interés es el quinto, referente a los objetivos a cubrir por prever la producción y consumo futuros como base de la proposición de los medios que equilibren y si es posible den signo positivo a nuestra balanza comercial.

Se exponen en el capítulo sexto los problemas del sector y los medios que será necesario adecuar para su resolución.

Las reservas en toneladas de plomo metal son: probables 846.000, posibles 1.181.000 y estimadas 2.680.000. Las de cinc metal son: probables 1.159.000, posibles 1.207.000 y estimadas 4.500.000.

Las inversiones previstas en este sector son de 7.007 millones de pesetas.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XXI. *Minería de minerales metálicos varios*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 300 páginas.

Los elementos cuya minería se incluye en este tomo son: 1, antimonio; 2, arsénico; 3, bismuto; 4, circonio; 5, cobalto; 6, cobre; 7, cromo; 8, estaño; 9, litio; 10, manganeso; 11, mercurio; 12, molibdeno; 13, níquel; 14, oro; 15, plata; 16, niobio y tántalo; 17, titanio; 18, volframio.

Para los diferentes elementos se estudian las sustancias minerales, descripción de sus criaderos más importantes, la geología regional y la génesis de aquéllos, objetivos de distinto orden a cumplir, conclusiones, síntesis, recomendaciones y sugerencias.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XXII. *Minería de minerales radiactivos*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 116 páginas.

El grupo de trabajo se concretó exclusivamente al uranio,, por considerar que el torio actualmente no tiene valor significativo nuclear.

A la geología y metalogenia de los yacimientos está consagrado el capítulo primero.

En el segundo se enumeran las labores de investigación realizadas y se describen los métodos de explotación empleados.

La enumeración de los objetivos a cubrir en el sector es el tema del tercero, donde se trata concretamente de la demanda interior de uranio en el futuro, en conexión con el Programa Eléctrico Nacional.

El último capítulo concreta los problemas del sector, con el fin de lograr un impulso en la prospección, investigación y beneficio de los minerales de uranio en el país, a la vista de las necesidades de un mercado interior, capaz de abastecerse, en cuanto sea posible, con materias primas de origen nacional. Los gastos previstos durante el cuatrienio en millones de pesetas son: personal, 499; mantenimiento, 209; inversiones, 107; total, 815.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XXV. *Aprovechamiento integral de minerales piríticos y complejos*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 64 págs.

En este estudio y en su primera parte, se establecen unas conclusiones, que son: Iniciar el aprovechamiento de las cenizas. Ampliar las investigaciones de desarrollo. Creación de una empresa para el aprovechamiento de las cenizas.

Calculan que la demanda interior de piritas en miles de toneladas en 1975 y 1980 serán de 2.215 y 2.683, y la exterior 1.255 y 1.410 respectivamente, lo cual representa para

cada año solamente el 70 y 65 por 100 de la capacidad de producción; por ello es necesario ir a una defensa de la minería nacional de piritas. Dado el porcentaje elevado de reservas metálicas estimadas en nuestros minerales piríticos, su beneficio representa una revalorización grande de la materia prima, con un elevado incremento del valor añadido, así como una considerable incidencia positiva en la balanza comercial. Todo ello consecuencia de una correlación entre el sector minero y los sectores químico, metalúrgico y siderúrgico.

En el capítulo de los métodos posibles para el aprovechamiento de los minerales piríticos españoles, consideran por separados: Las piritas. Las cenizas de piritas. Los minerales complejos.

Las inversiones estimadas para el programa son de 5.100 millones de pesetas del capital privado y de 2.300 del estatal.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XXVI. *Conversión de explotaciones a cielo abierto*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 170 págs.

Los fines perseguidos en esta ponencia son: Convertir en explotaciones a cielo abierto aquellas que lo aconsejen para bajar su precio de costo, mejorando la rentabilidad. Determinar la posibilidad de mejorar y modernizar las explotaciones. Implantar nuevas explotaciones, actualmente inactivas, que lo permitan las técnicas modernas.

El estudio está concentrado sobre cinco grupos de explotaciones, que son: Las llevadas actualmente a cielo abierto, con buena técnica que no necesitan modernización. Las explotadas bien desde un punto de vista parcial, pero de conversión conveniente para que sean más competitivas. Las inactivas con posible explotación a cielo abierto. Las actualmente con técnicas subterráneas y que total o parcialmente pueden transformarse a cielo abierto, mejorando sus condiciones de seguridad y rentabilidad. Las subterráneas que por diversas razones pueden mejorarse.

Completan la publicación los cuatro anejos siguientes: La minería a cielo abierto. Confección de proyectos de reconversión. Viabilidad de explotar a cielo abierto, zona de Aller. Proyecto minero Corta de Santa Bárbara.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Explotación Minera, tomo XXVII. *Preparación de minerales*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 186 págs.

Después del estudio de la situación en el país de los talleres de preparación de minerales, proponen las medidas para la mejora de esta importante rama de la minería.

El estudio está dividido en los grupos siguientes: Combustibles sólidos. Minerales de hierro. Piritas, minerales complejos y cobrizos. Minerales de plomo y de cinc. Mine-

rales varios. Minerales radiactivos. Minerales no metálicos. Rocas industriales.

Describen las posibilidades de los laboratorios nacionales, que son: CENIM, Empresa Nacional Adaro, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. Instituto del Carbón. Instituto Geológico y Minero. Junta de Energía Nuclear.

Establecen las recomendaciones siguientes: Inventario de las instalaciones. Modernización y reforma de las mismas. Concentración de instalaciones. Formación de personal especializado. Actualizar la legislación con mayor vigor técnico. Verificación oficial de las instalaciones.

Completa la publicación 15 grupos de fichas para el mejor desarrollo de este programa.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Legislación Minera, tomo XXVIII. *Propuesta de anteproyecto de Ley de Minas y Reglamento de Policía Minera y Metalúrgica*. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 96 páginas.

El Proyecto de Ley de Minas consta de XII Títulos más las disposiciones transitorias y las finales, figurando en la quinta y última de éstas la adaptación por Decreto del Estatuto de las aguas mineromedicinales de 1928, derogado actualmente en sus partes esenciales, por disposiciones de rango análogo.

El Proyecto de Reglamento de Policía Minera y Metalúrgica consta de VII Títulos.

Completa la publicación la lista oficial de explosivos industriales, cebos y artificios.—L. DE A.

Plan Nacional de la Minería. Programa Nacional de Política Social Minera, tomo XXIX. Dirección General de Minas. Madrid, 1971, 292 págs.

En este tomo se compendia todo el programa, formado por los capítulos siguientes: Formación y promoción. Influencia del medio en la vida social del minero. Seguridad social. Retribuciones. Relaciones internas. Prevención de accidentes en la industria minera. Absentismo. Conclusiones.

Completan la obra 13 anejos sobre informaciones sociales de interés.—L. DE A.

HIDROLOGIA

MICHELLE ARCHIMBAUD-POTHEMAT: *Contribution a l'étude des transferts des eaux de nappes profondes a l'aide de quelques elements traces*. Rapport CEA-R-4130, pág. 149, 1971.

Es indiscutible la importancia que en la situación actual tiene el establecimiento del balance hidrológico, así como la valoración de los recursos acuíferos y, por tanto, la nece-

sidad de intensificar los estudios encaminados a la datación de las aguas, a la identificación de los horizontes realmente acuíferos, y para su perfeccionamiento acudir al inventario geoquímico.

Cada agua presenta una composición y una estructura físico-química que es el reflejo de su origen, de su edad, de los terrenos que haya atravesado, en los cuales ha encontrado los medios de asimilarlos.

La presencia de ciertos cuerpos o elementos hacen posible una mejor comprensión de los movimientos y de los enlaces entre algunos acuíferos, y si, en efecto, pueden haber comunicaciones entre: capas de niveles diferentes, lagos, estanques y capas subterráneas.

Con el fin de realizar lo mejor este trabajo, ha puesto a punto la valoración de una serie de elementos contenido en cantidades del orden de pizcas en las aguas.

Analizan muestras de 60 sondeos de la cuenca de Aquitania, de las cuales 51 pertenecen al Eoceno, nueve al Cretácico, cinco al Oligoceno y cinco al Mioceno.

Los elementos que han valorado en las aguas son 12: los halógenos fluor, cloro, bromo y yodo; los alcalinos y alcalinotérreos: sodio, potasio, calcio, magnesio, y los Oligo-elementos: uranio, thorio, cerio y boro.

Comienza la Memoria indicando los métodos químicos particulares que han sido empleados para la valoración de fluor, cloro, bromo, yodo, uranio, thorio, boro y cerio. Los alcalinos y alcalino-térreos fueron valorados por espectroscopia de absorción atómica, el cloro por potenciometría con nitrato de plata.

En la segunda parte se indican los resultados obtenidos por los diferentes sondeos, así como el estudio y establecimiento de consecuencias matemáticas y geológicas.—L. DE A.

FRANCISCO JAVIER MARTÍNEZ GIL: *Estudio hidrológico del Bajo Ampurdán (Gerona, España). Contribución a la metodología de los estudios hidrológicos regionales.* Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 4, páginas 109-114.

Expone el autor la metodología de los estudios hidrológico-hidrogeológico regionales a través de un ejemplo concreto, en el que ha considerado las aguas superficiales y subterráneas como partes integrantes de una misma unidad y planteado los problemas de obtención de los recursos hidráulicos totales de la región dentro de un amplio contexto hidrológico, natural y de demanda (la cuenca del río Ter de 3.000 km² y su zona de influencia), del que forma parte.—L. DE A.

GEOFISICA

Boletín de sismos próximos del año 1970. Instituto Geográfico y Catastral, 94 págs., Madrid 1971.

Este Boletín anual recopila los sismos próximos ocurridos durante el año 1970, y corresponden a la zona 35° N. a 44° N. y de 10° W. a 5° E.

Da la situación de las 11 estaciones sísmicas que aportaron los datos reseñados, así como su caracterización geológica y material utilizado.

Los sismos los relaciona cronológicamente con un total de 690; de ellos fueron localizados 61, con la clasificación siguiente: uno superficial, 60 normales y ninguno intermedio ni profundo.

Completa la publicación un croquis de epicentros localizados y otro de isosistas del sismo del 5 de enero de 1970.—L. DE A.

PALEONTOLOGIA

MONTSERRAT DOMINGO DE MIRÓ: *Los foraminíferos planctónicos vivos y sedimentados del margen continental de Venezuela* (resumen): Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), número 4, pág. 102-108.

Mediante el estudio de los foraminíferos planctónicos vivos y de las conchas incorporadas a los sedimentos subyacentes se relacionan las especies vivas con su ambiente actual y se comparan con los foraminíferos de los sedimentos superficiales, analizando hasta qué punto los foraminíferos sedimentados serán indicadores en el futuro de las actuales condiciones ambientales.

El trabajo consta de cuatro partes. En la primera expone las condiciones ambientales, morfología submarina y oceanografía de la margen continental de Venezuela. En la segunda analiza las poblaciones de foraminíferos vivos y sedimentados colectados en una expedición oceanográfica que cubrió el área comprendida entre la desembocadura del río Orinoco y el Golfo de Venezuela. La comparación del cuadro más o menos estático de los foraminíferos de los sedimentos con la instantánea de algo dinámico—foraminíferos del plancton y condiciones ambientales— plantea la necesidad de conocer las variaciones estacionales. Estas se analizan en la tercera parte, donde discute los valores obtenidos en tres puntos ecológicamente distintos del margen continental de Venezuela, en los que se realizaron observaciones cada dos meses durante dos años, tanto oceanográficas como de los foraminíferos. En la cuarta parte define el valor de los foraminíferos sedimentados como documentos históricos, es decir, como indicadores del ambiente.—L. DE A.

GUILLERMO COLOM: *Micropaleontología de las series eocénicas de Santa Coloma de Queralt (Tarragona).* Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Tercera época, núm. 754, vol. XLI, núm. 4, págs. 71-136, 18 láms., 1971.

El trabajo que reseñamos comprende un estudio de los foraminíferos del Eoceno superior de Santa Coloma de Queralt (Tarragona), hecho a través de las secuencias margosas de la mencionada localidad. Da un corte con la distribución vertical de especies. En total se han obtenido 52; siete de ellas resultan nuevas. La edad es Priabonense. Los

Señala las novedades más importantes de los mamíferos fósiles de cada época y las novedades españolas.—L. DE A.

CRISTALOGRAFIA

F. PLANA-LLEVAT, J. M. AMIGÓ y A. TRAVERÍA-CROS: *Influencia de la temperatura en la reacción al estado sólido de cloroapatito.* Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 4, págs. 115-118.

Estudian los autores la reacción entre el cloruro cálcico y el fosfato tricálcico hidratado para formar cloroapatito. Con técnica de difracción de rayos X y de espectros de infrarrojo siguen el mecanismo cinético de la reacción. L. DE A.

CARTOGRAFIA

J. F. M. MEKEL y H. E. C. VAN DER MEER MOHR: *Explicación del Mapa fotogeológico de la región de Montalbán.* Serie B, núm. 59, marzo 1971, Delft., pág. 20, un mapa a escala 1:100.000 y una hoja con siete cortes.

La región cartografiada está situada en la provincia de Teruel, es a escala 1:100.000 y cubre una superficie de 3.500 kilómetros cuadrados. Comprende las hojas topográficas a escala 1:50.000: Blesa (467), Segura de los Baños (492), Oliete (498), Argente (617), Montalbán (618) y Villarluego (543). El mapa es un conjunto de la cartografía realizada por los estudiantes del Instituto Internacional del Servicio Aéreo y Ciencias de la Tierra de Delft, durante los años 1966 a 1970, trabajos efectuados como prácticas del Curso de Fotogeología, en las cuales es preceptivo realizar este mes de trabajos de campo.

El mapa es preliminar de otros más detallados que tienen en preparación a escala 1:50.000, correspondiente a las hojas antes indicadas.

La zona está constituida por rocas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. El plagamiento mayor tuvo lugar durante el Cretácico superior y el Terciario inferior.

Las principales direcciones estructurales son ONO-ESE y N-S.—L. DE A.

Nummulites contortus-striatus caracterizan a los niveles inferiores; *N. fabiani* a los superiores.

Todo el conjunto corresponde a una zona muy litoral, no habiéndose encontrado más que dos especies planctónicas en escasa cantidad y de poco valor estratigráfico.

En estas series margosas los pequeños foraminíferos son abundantes, principalmente Textularidos y formas afines. Es interesante el hallazgo de una especie apañada del género Tawitawia, cuyas formas más próximas viven actualmente en el Pacífico tropical. Los Cibicides, Discorbis, etc., resultan igualmente frecuentes, siendo todos ellos formas de aguas poco profundas en biotopos de algas sobre las cuales vivieron. En los lechos más inferiores es de señalar la abundancia de *Baculogypsinoides tetraedra* (Gumb.). Los Miliólidos son también preponderantes, pero su mal estado de conservación ha impedido, de momento, su estudio. Lo mismo puede decirse de los Ostrácodos, los cuales aparecen en abundancia grande en determinados niveles.—L. DE A.

MIGUEL CRUSAFONT PAIRÓ: *Estado actual de los estudios paleomastológicos en España.* Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Tercera época, núm. 755, vol. XLI, núm. 5, págs. 137-150, 1971.

Se da cuenta de los mamíferos fósiles españoles estudiados desde el Wealdense hasta el Cuaternario más reciente. Concorre la circunstancia de que España, dentro del marco de los mamíferos fósiles, es uno de los países más cotizados, dada la gran cantidad de materiales descubiertos a través de los años.

Agrupar los mamíferos clasificados por épocas: Mioceno, Oligoceno, Eoceno, Plioceno, Cuaternario y deja para último lugar el Cretácico. Hace mención de que todas las investigaciones realizadas parecen indicar que nuestro país, junto con Portugal, ha de ser una de las zonas más importantes de Europa, y aún del mundo, en hallazgos de esta naturaleza, sobre todo por tratarse de formas más bien inferiores dentro del Cretáceo.

Inserta en el trabajo una lista de los tipos de mamíferos españoles en número de más de 150, de los cuales están representados más de 120 en el Instituto de Paleontología de Sabadell.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

IBERICA DE SONDEOS, S. A.

SONDEOS PARA:

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

INVESTIGACION MINERA

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES

López de Hoyos, 13, 3.º dcha.

Teléfono 261 08 07

M A D R I D - 6