

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

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.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

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.º
 Tel.: 2 26 33 37

LISBOA
 Av. Liberdade, 220
 Tel.: 56 21 81

APARATOS ANTIDISELACRANTE PARA...
 EXPLOSIONES

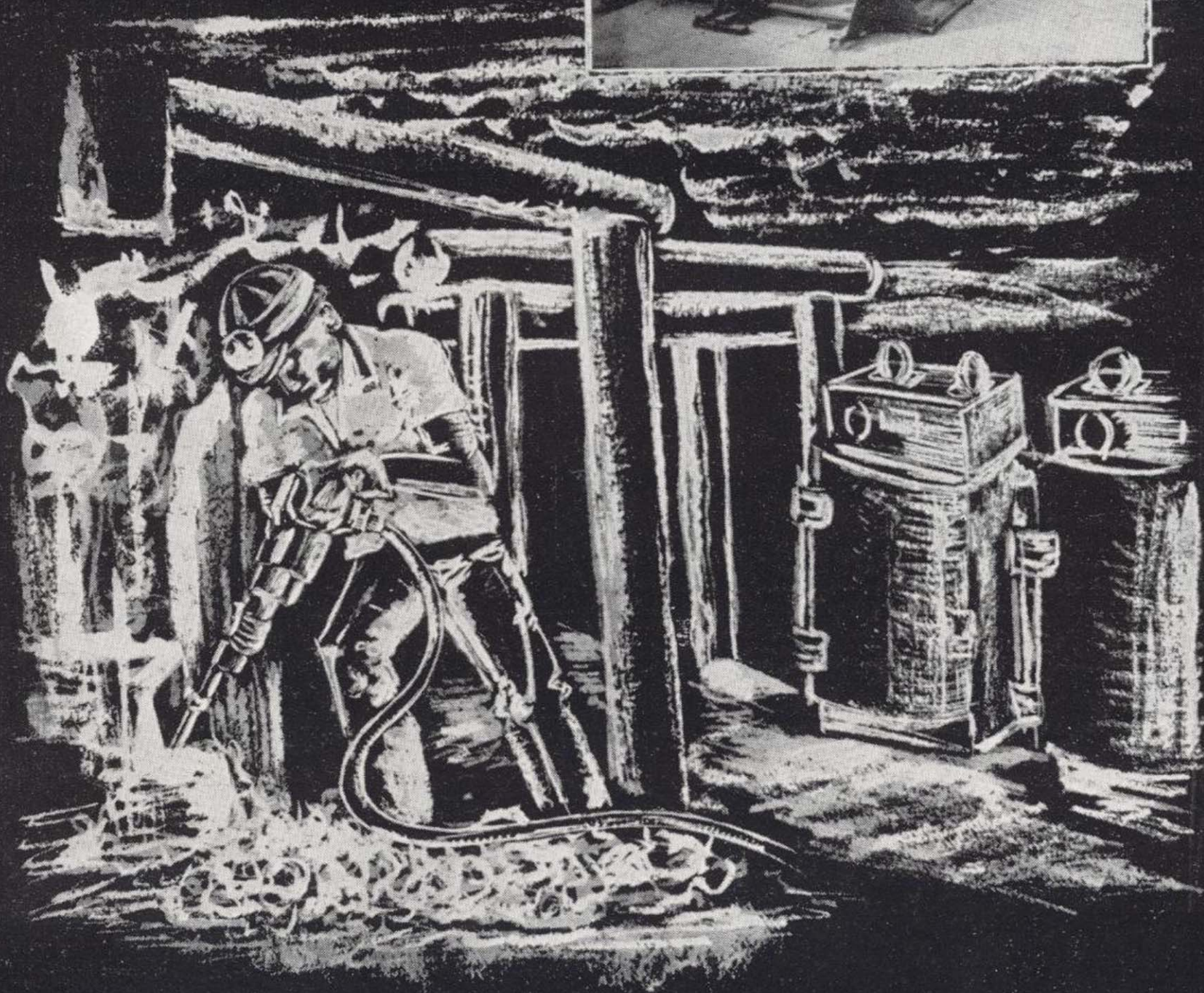
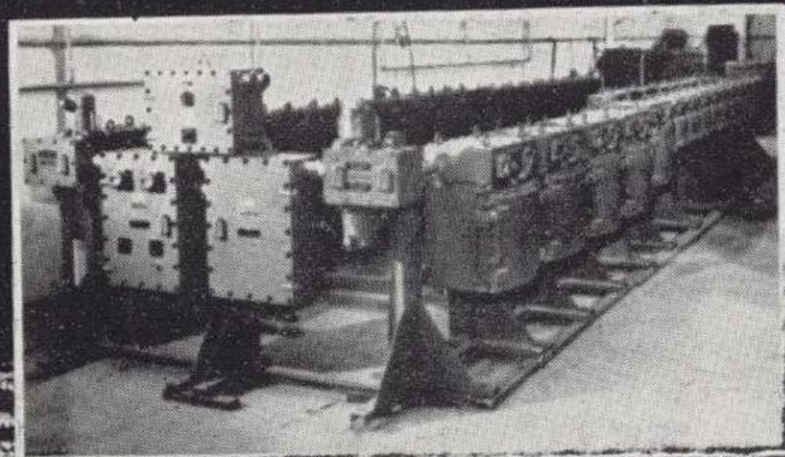


APARATOS DIVERSOS DE
 SEGURIDAD
 SEÑALIZACION
 ALUMBRADO
 DISTRIBUCION Y MANDO
 MATERIAL DE CONEXION
 PARA MEDIA TENSION
 TRANSFORMADORES
 CONTACTORES
 CONTACTORES



ISODEL SPRECHER, S. A.
 Madrid Mendez Alvaro, 62 Apartado 7.087

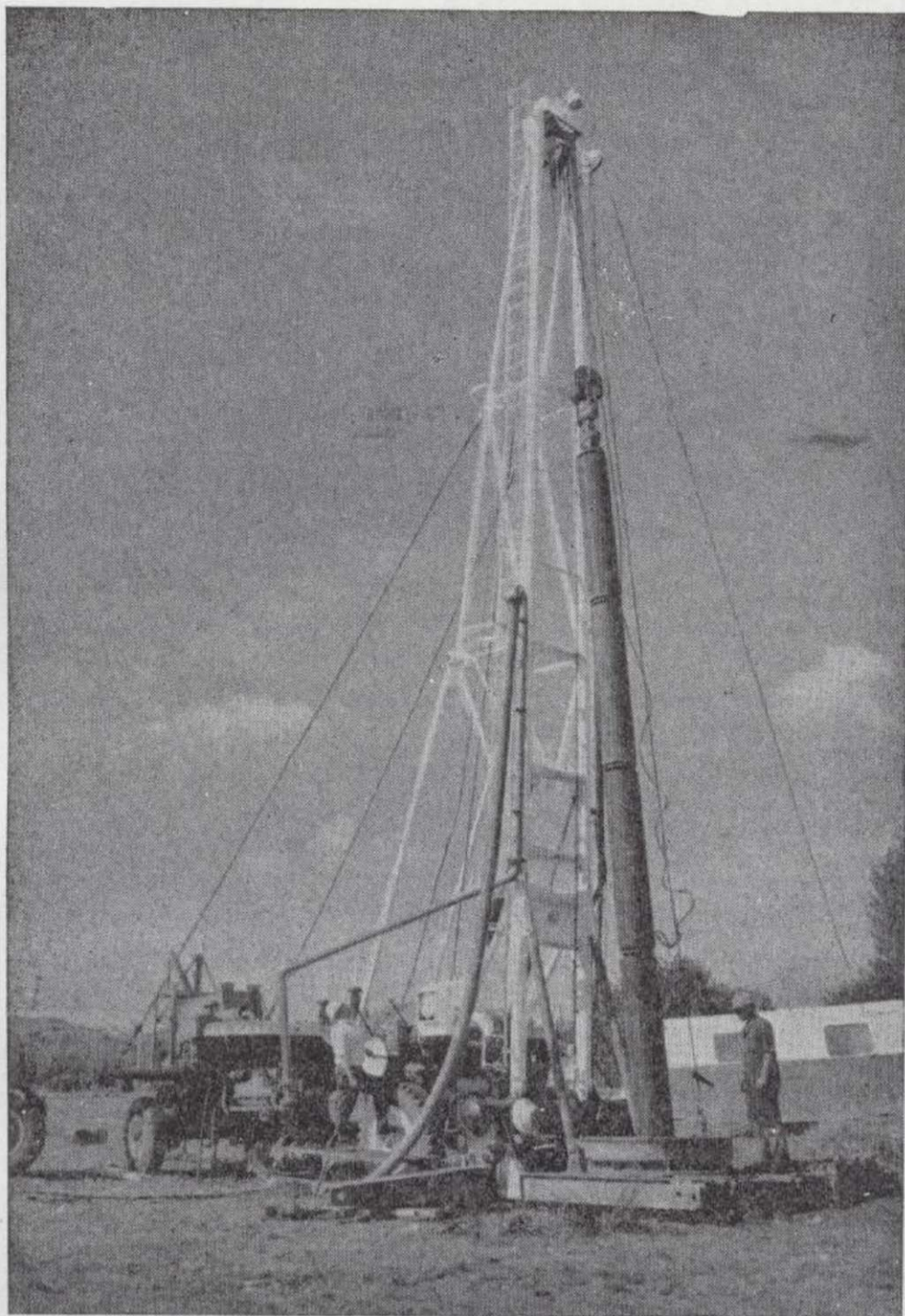
APARAMENTA ANTIDEFAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS



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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

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.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

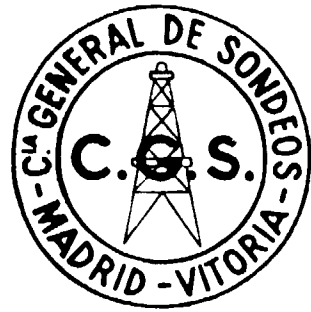
M A D R I D - 1 6

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.



COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

ESTUDIA:

Geología en general
Estratigrafía
Petrografía
Hidrogeología
Canteras, etc.

INTERPRETA:

Diagrafías eléctricas y radiactivas
Ensayos de bombeo en pozos de agua
Estudios geofísicos

REALIZA:

Sondeos para investigación petrolífera hasta 6.000 m. de profundidad
Sondeos para alumbramiento de aguas subterráneas hasta 750 mm. de diámetro
Sondeos mineros de reconocimiento en general
Sondeos de eliminación de productos residuales en la industria
Sondeos para obras civiles

★ ★ ★

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S. A.
C. G. S.

Portal de Castilla, 66. Vitoria
Teléfono 22 36 04

Padre Xifre, 5. Madrid - 2
Teléfono 415 60 54



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 y accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Smith», triconos de aire para grandes voladuras.
- Útiles 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 ALCOGER, 5, 3.º-C
MADRID-16. Tel. 250 34 04



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

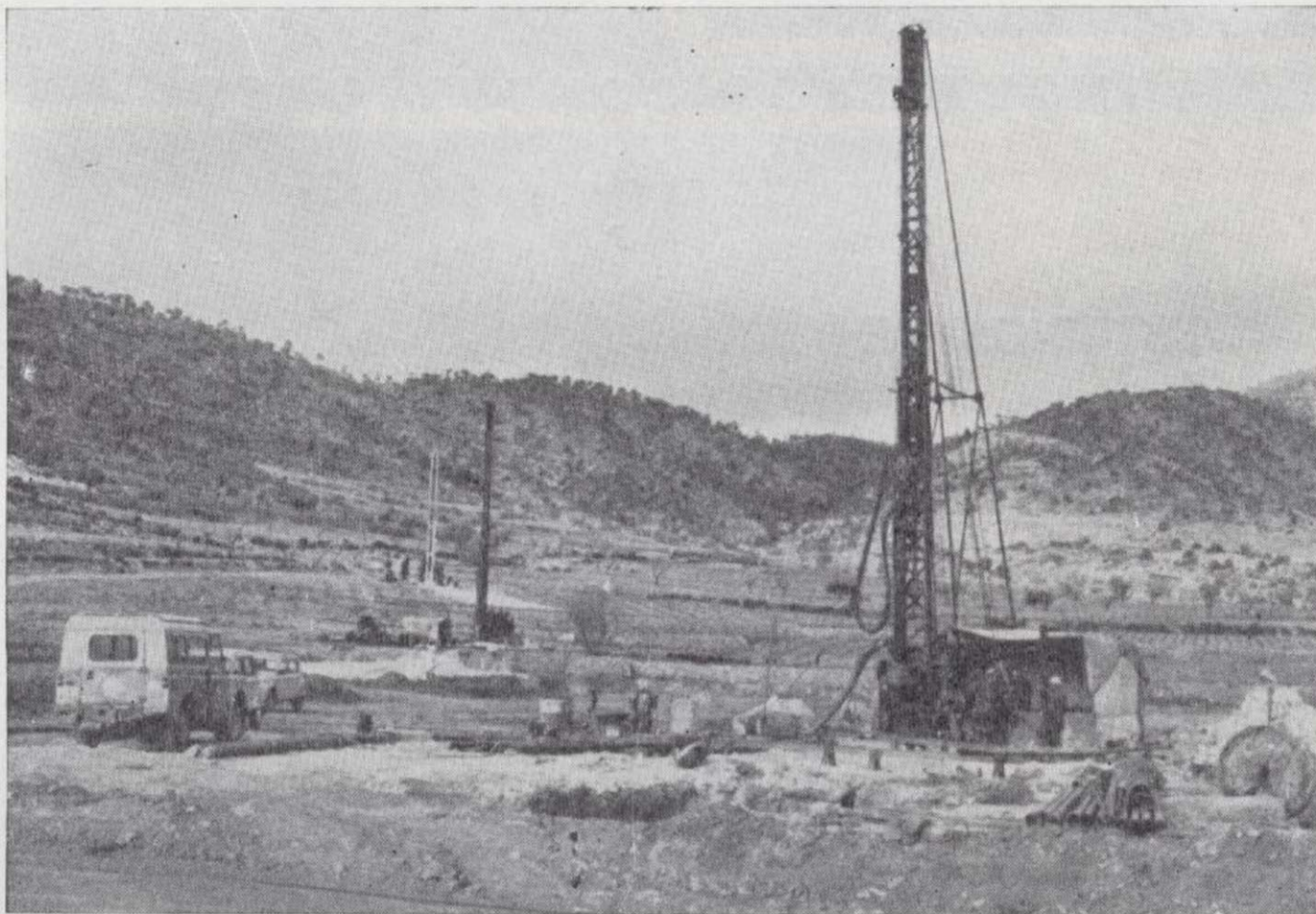
Proyectos de
investigación de
**GEOLOGIA
MINERA
HIDROGEOLOGIA
INGENIERIA
de desarrollo
minero**

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

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 m.

★ ★ ★

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

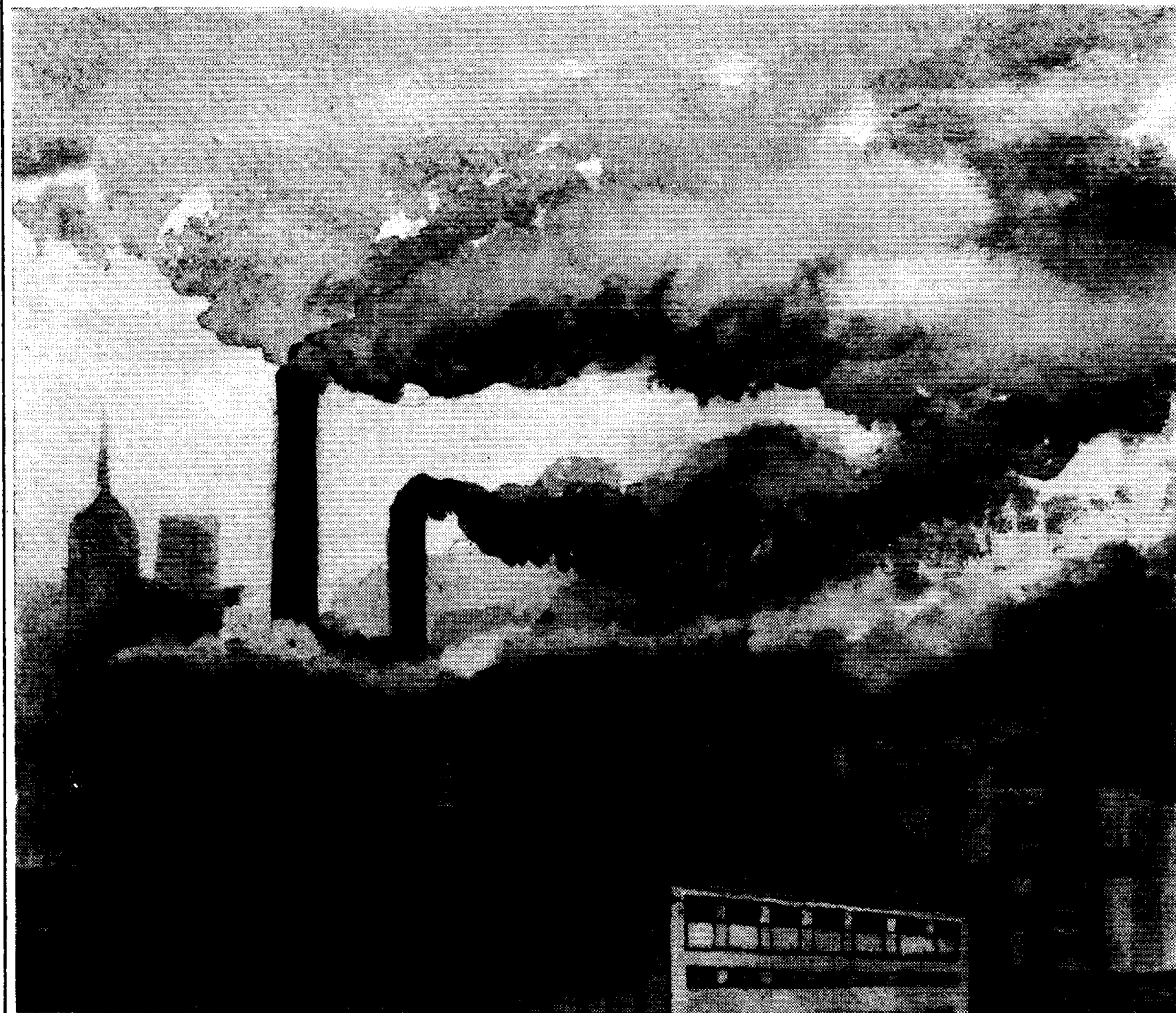
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 130 - Teléfono 359

VILLENA (Alicante)

¡CONTAMINACION!



EVITE LA CONTAMINACION DEL AMBIENTE AUMENTANDO LA RENTABILIDAD DE SU EMPRESA

Todo residuo de polvo puede ser recuperado para una enorme diversidad de usos. De esta forma, al tiempo que evita la contaminación del ambiente, aumenta la producción de su industria, disminuyendo de forma ostensible el costo de ésta.

por un ambiente más limpio

GATX-FULLER

SANCHO EL SABIO, 28 ● SAN SEBASTIAN
Tel. 41 84 42 ● Telex 36210

FULLER fabrica la gama más amplia y completa de «EQUIPOS de CAPTACION DE POLVO» con el nuevo filtro «PLENUM PULSE». **FULLER** ha conseguido el 60 % del Mercado de Captación de Polvo de los EE. UU., donde las exigencias son las más severas del Mundo.
Fabrica desde equipos para talleres pequeños «UNIFILTROS», hasta el filtro más grande en el mundo para BETHLEHEM STEEL

antes **CONSTANTIN**
ESPAÑOLA S.A.

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



RECURSOS NATURALES, S. A.

RENASA

GENERAL GODED, 19 - TELEFONO 419 69 34 - 38 - MADRID - 4

INGENIEROS CONSULTORES

MINERIA - AGUAS SUBTERRANEAS - CANTERAS -
EDAFOLOGIA

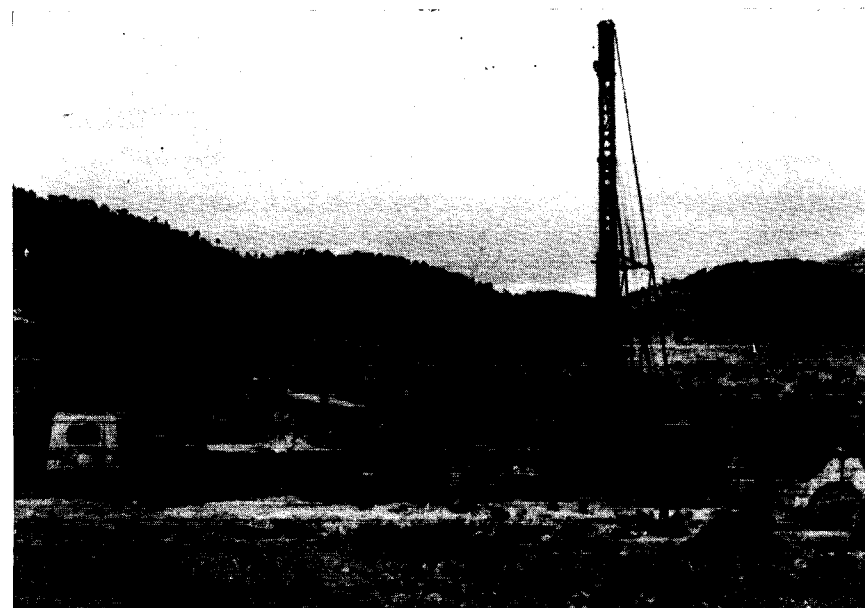
ESTUDIOS Y PROYECTOS - VALORACIONES - ASESORIA
TECNICA - GEOLOGIA ECONOMICA - GEOFISICA

TESTIFICACION Y MEDIDA DE INCLINACION
Y RUMBO DE SONDEOS

GEOQUIMICA - ANALISIS DE AGUAS - TOMA DE
MUESTRAS - AFOROS

CONSULTAS SIN COMPROMISO

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 m.**

★ ★ ★

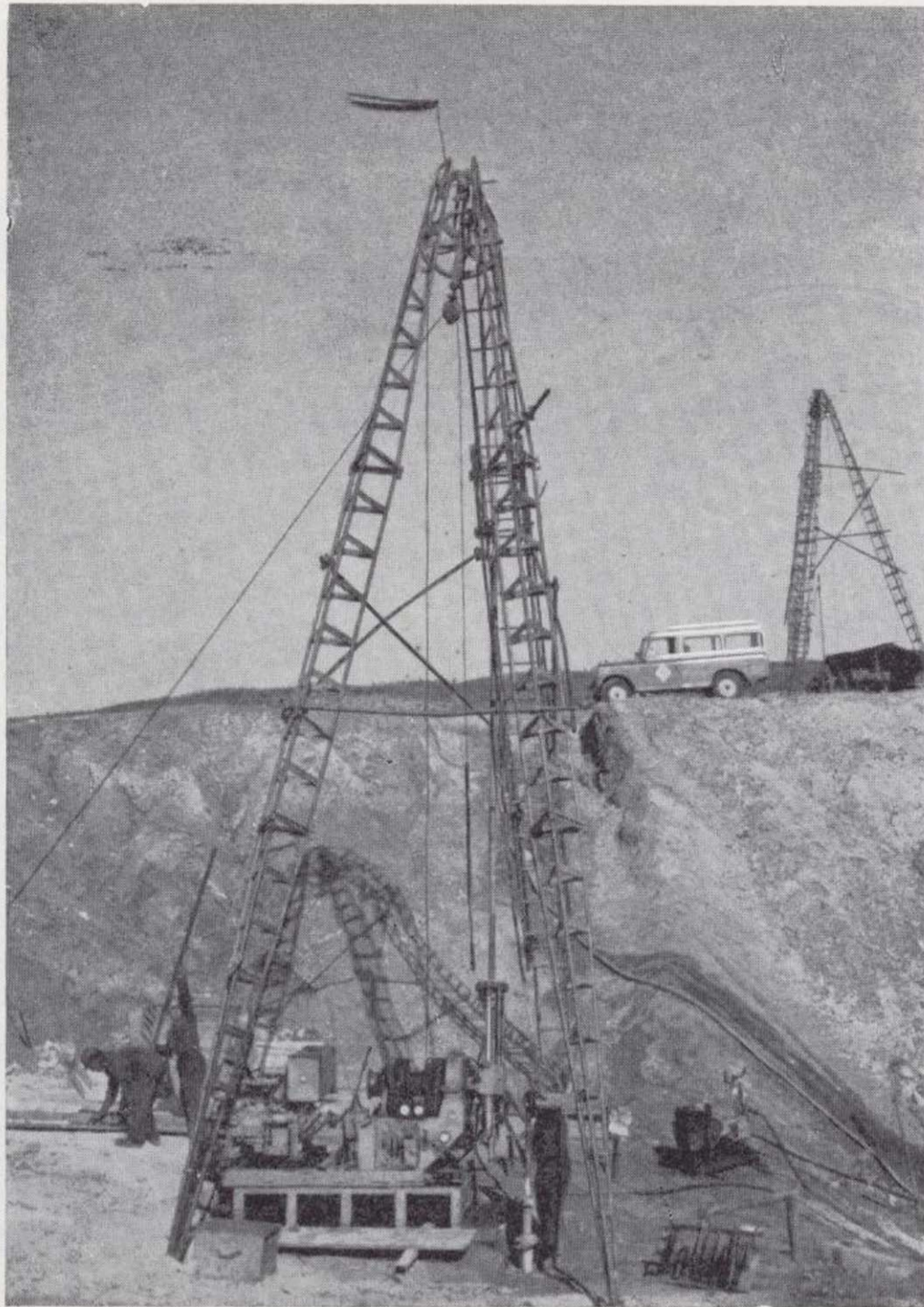
Consúltenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria

★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

**Avda. José Antonio, 21 - Apartado 130 - Teléfono 359
VILLENA (Alicante)**

**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

¡CONTAMINACION!



EVITE LA CONTAMINACION DEL AMBIENTE AUMENTANDO LA RENTABILIDAD DE SU EMPRESA

Todo residuo de polvo puede ser recuperado para una enorme diversidad de usos. De esta forma, al tiempo que evita la contaminación del ambiente, aumenta la producción de su Industria, disminuyendo de forma ostensible el costo de ésta.

por un ambiente más limpio

FULLER fabrica la gama más amplia y completa de «EQUIPOS de CAPTACION DE POLVO» con el nuevo filtro «PLENUM PULSE». **FULLER** ha conseguido el 60 % del Mercado de Captación de Polvo de los EE. UU., donde las exigencias son las más severas del Mundo.

Fabrica desde equipos para talleres pequeños «UNIFILTROS», hasta el filtro más grande en el mundo para BETHLEHEM STEEL

GATX-FULLER

SANCHO EL SABIO, 28 ● SAN SEBASTIAN
Tel. 41 84 42 ● Telex 36210

antes

CONSTANTIN
ESPAÑOLA S.A.

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA - METALOGENIA
- PROYECTOS MINEROS
- CONTROL DE COSTOS.

General Mola, 210, 1.º D — Teléfonos 2 50 18 03 - 45 — MADRID-2

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

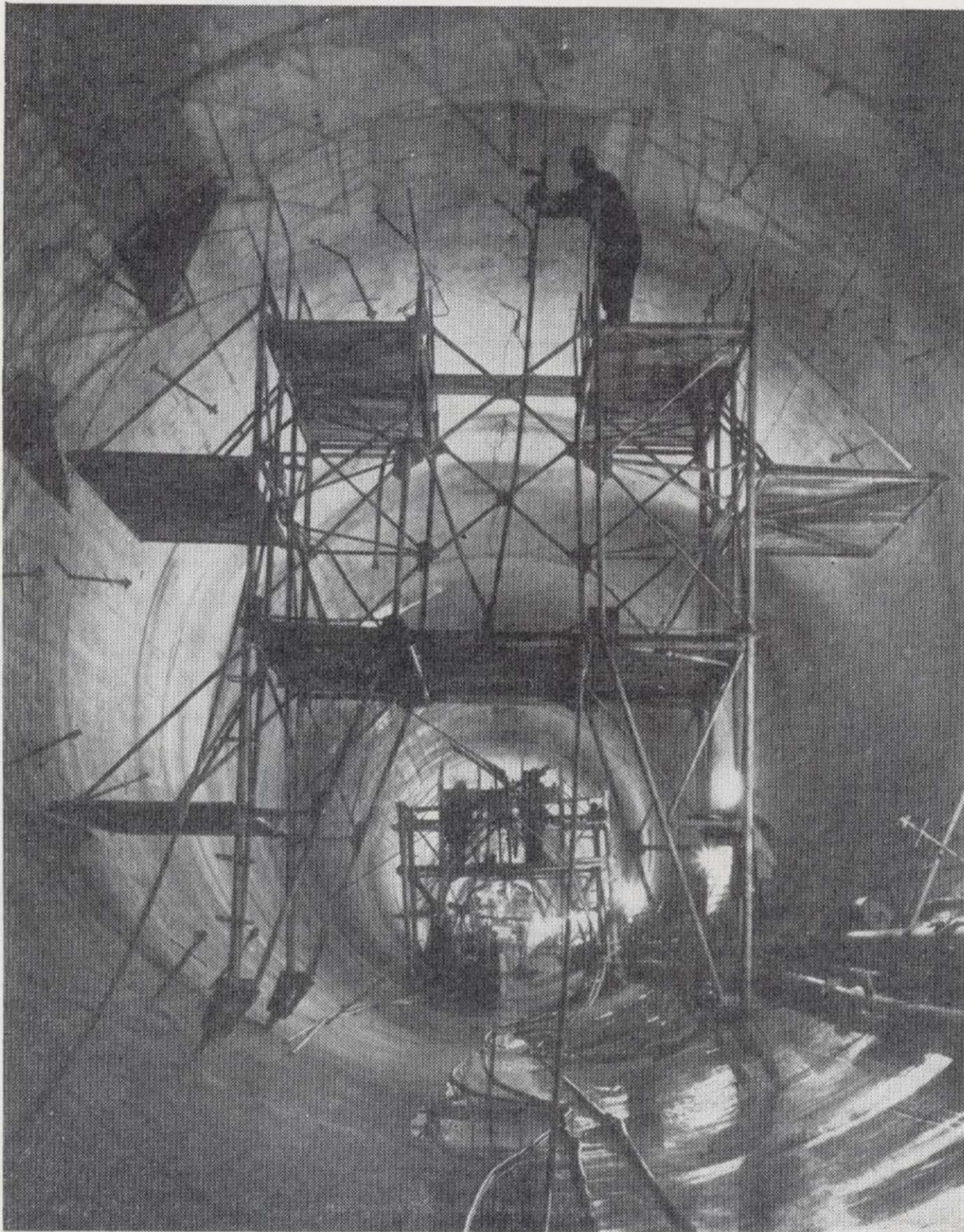
Representaciones:

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

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

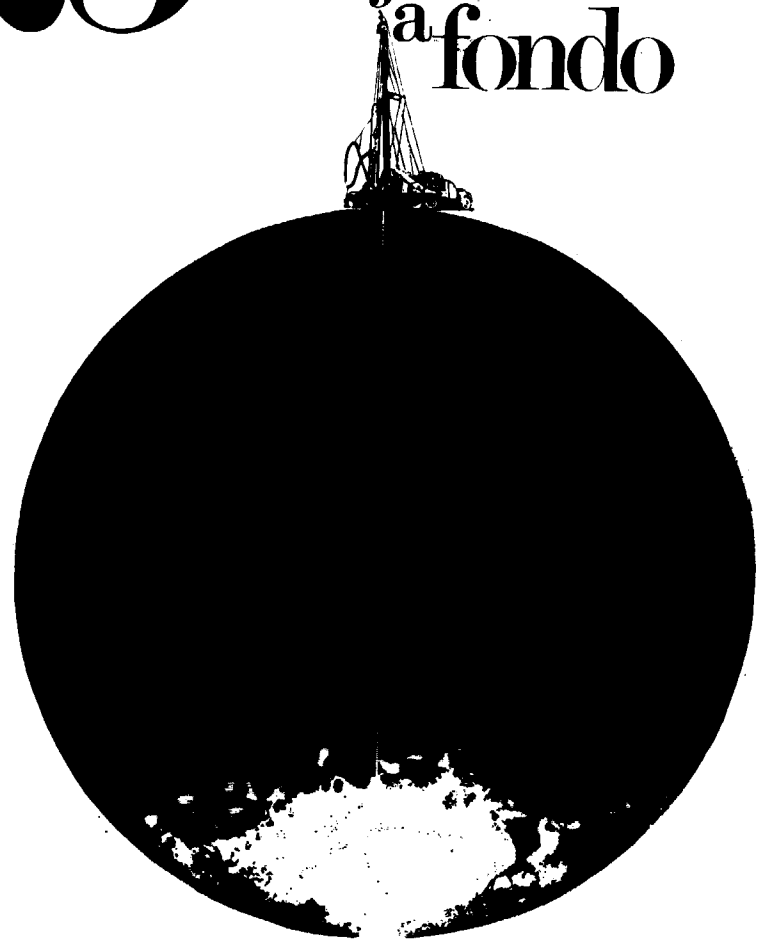
VALENCIA - 9

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

25 AÑOS
trabajando
a fondo



Un limpio y firme historial en trabajos de perforaciones para alumbramiento de aguas subterráneas, cuyos resultados son:

- más de 300.000 metros perforados.
- cientos de miles de metros cúbicos de agua alumbrados.
- millones de pesetas de riqueza creada.

Con espíritu de superación, eficacia y consiguiente mejora de precios, nuestros equipos móviles y autónomos están a su servicio en todas las regiones.

Solicite información sin compromiso a:



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

Tomo LXXXIII

Fascículo V

Septiembre-octubre 1972

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	J. RAMÍREZ DEL POZO y F. MELÉNDEZ HEVIA: Nuevos datos sobre el Cretácico superior-Eoceno de la Serranía de Cuenca	1
	J. ABRIL HURTADO: Estudio Geológico del Borde Axial irenaico entre Rocabruna y el Riutort (Gerona)	15
Minería	X J. PÉREZ-SÁEZ, I. BLAZQUEZ y A. PÉREZ-GONZÁLEZ: Características y aplicaciones de los Perspectógrafos en Geología y Minería	55
Aguas subterráneas	J. PCRRAS MARTÍN: Formulario-Resumen sobre hidráulica de pozos	75
Información	Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XVII Campamento para Prácticas de Geología "Bielsa 1971"	
	Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa. Notas bibliográficas	99

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

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

**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

Micropliegue de tipo similar volcado y fallado. Mina de San Telmo (Huelva). Tamaño original 3×2 cm.

(Foto Joaquín Armengot)

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevos datos sobre el Cretácico superior-Eoceno de la Serranía de Cuenca

por J. RAMIREZ DEL POZO (*) Y F. MELENDEZ HEVIA (**)

RESUMEN

El Cretácico superior de la Serranía de Cuenca, está discordante sobre el Jurásico y Cretácico inferior, incluyéndose en él el Albense ("Capas de Utrillas") y el Eoceno ("Facies Garumnense"), que forman parte del mismo ciclo sedimentario. Se puede dividir en seis unidades litológicas de marcado carácter dolomítico, en las que pese a la gran escasez de restos fósiles, se pueden reconocer el Albense, Cenomanense, Turonense, Senonense y Maestrichtiense-Eoceno. Corresponde en conjunto a un gran ciclo marino, que comienza y termina con facies continentales.

RESUME

Le Cretacé supérieur de la Serranía de Cuenca, est discordant sur le Jurassique et le Cretacé inférieur, en s'incluant sur lui, l'Albien ("Couches d'Utrillas") et l'Eocène ("Facies Garumnien"), qui font partie du même cycle sédimentaire. On peut le diviser en 6 unités litologiques d'un très marqué caractère dolomitique, dans lesquelles, malgré la manque des fossils, on peut reconnaître l'Albien, le Cenomanien, le Turonien, le Senonien et le Maestrichtien-Eocène. Tout l'ensemble, correspond à un grand cycle marin qui commence et finit avec faciès continentaux.

1. SITUACIÓN

El Cretácico Superior, aflora ampliamente en la Serranía de Cuenca, especialmente entre Priego y Cuenca, donde forma una banda continua que proporciona numerosos cortes, a favor de los barrancos que la cortan. Para este estudio, se ha elegido la carretera que une Las Majadas y Villalba de la Sierra, donde existe un corte completo desde el Albense al Eoceno (Fig. 1-4). Se ha correlacionado también con otros cortes de la Serranía, más incompletos y con diversos yacimientos de fósiles.

(*) Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A. - Vitoria.

(**) Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias, Madrid.

El levantamiento de las columnas de campo, y las determinaciones de macrofósiles, han sido realizadas por F. Meléndez, y el estudio de las microfacies y los microfósiles, por J. Ramírez del Pozo. Las determinaciones de los Equínidos, han sido realizadas por la señorita María Paz Villalba, a quien agradecemos los datos que nos ha proporcionado.

2. ANTECEDENTES

El Cretácico superior de la Serranía de Cuenca ha sido estudiado por numerosos autores, ya desde el siglo pasado, quienes clasificaron sus fósiles, y determinaron sus pisos. Son de destacar, Cortázar (1875), Mallada (1892-1904), Sáenz García (1932),

Richter y Teichmüller (1933), Ríos, Garrido y Almela (1944), Kindelán (1946), Säftel (1959), Riba y Ríos (1960-62), y finalmente, en los últimos años, Viillard (1968, 1969) y Viillard y Grambast (1968).

Entre los trabajos que se ocupan de la estratigrafía del Cretácico superior de otras regiones próximas a la Serranía de Cuenca, mencionaremos los de Riba (1959, Sierra de Albarracín); Felgueroso y Coma (1963), Sánchez Soria y Pignatelli (1967) y Meléndez Hevia (1969), todos ellos dedicados a

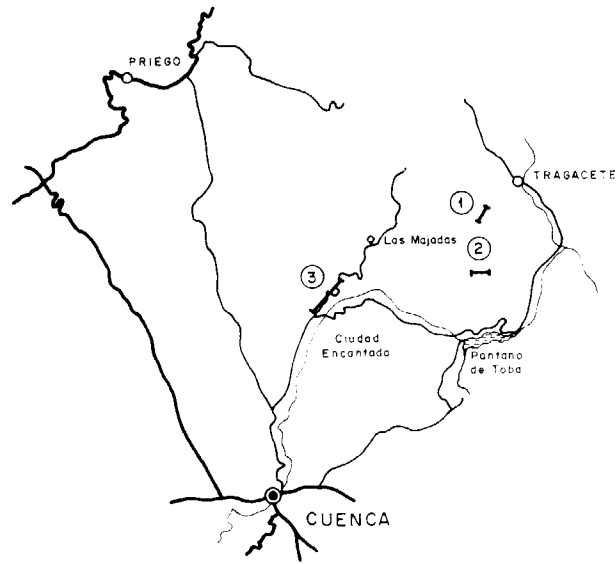


Figura 1

Situación de las columnas estratigráficas del Cretácico superior.

la parte Norte de la Sierra de Altomira; Fontboté y Riba (1956, Zona Sur de la Sierra de Altomira), y Martínez Peña (1956, mesa Manchega).

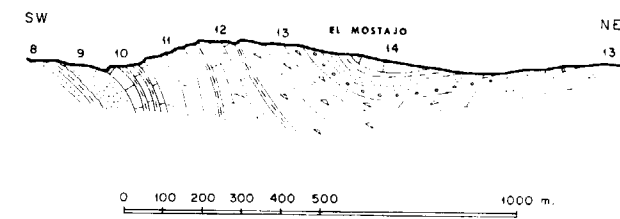


Figura 2

Corte geológico del sinclinal de "El Mostajo" (explicación de las figuras 2 a 4): 3, Sinemuriense-Pliensbachiense inferior; 4, "caliza lumaquélica" del Pliensbachiense superior; 5, Toarciense; 6, Dogger; 8, Cretácico inferior de facies "Weald"; 9, "capas de Utrillas"; 10, Cenomanense; 11, "Dolomías de la Ciudad Encantada" del Turonense inferior; 12, Turonense superior; 13, "carniolas del Cretácico superior" del Senonense; 14, "Facies Garumnense".

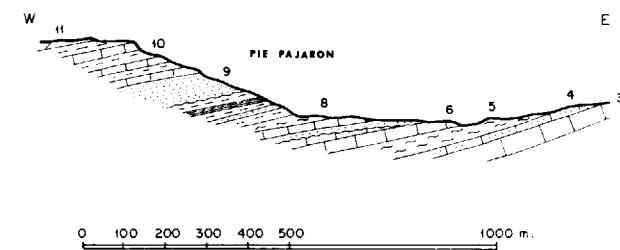
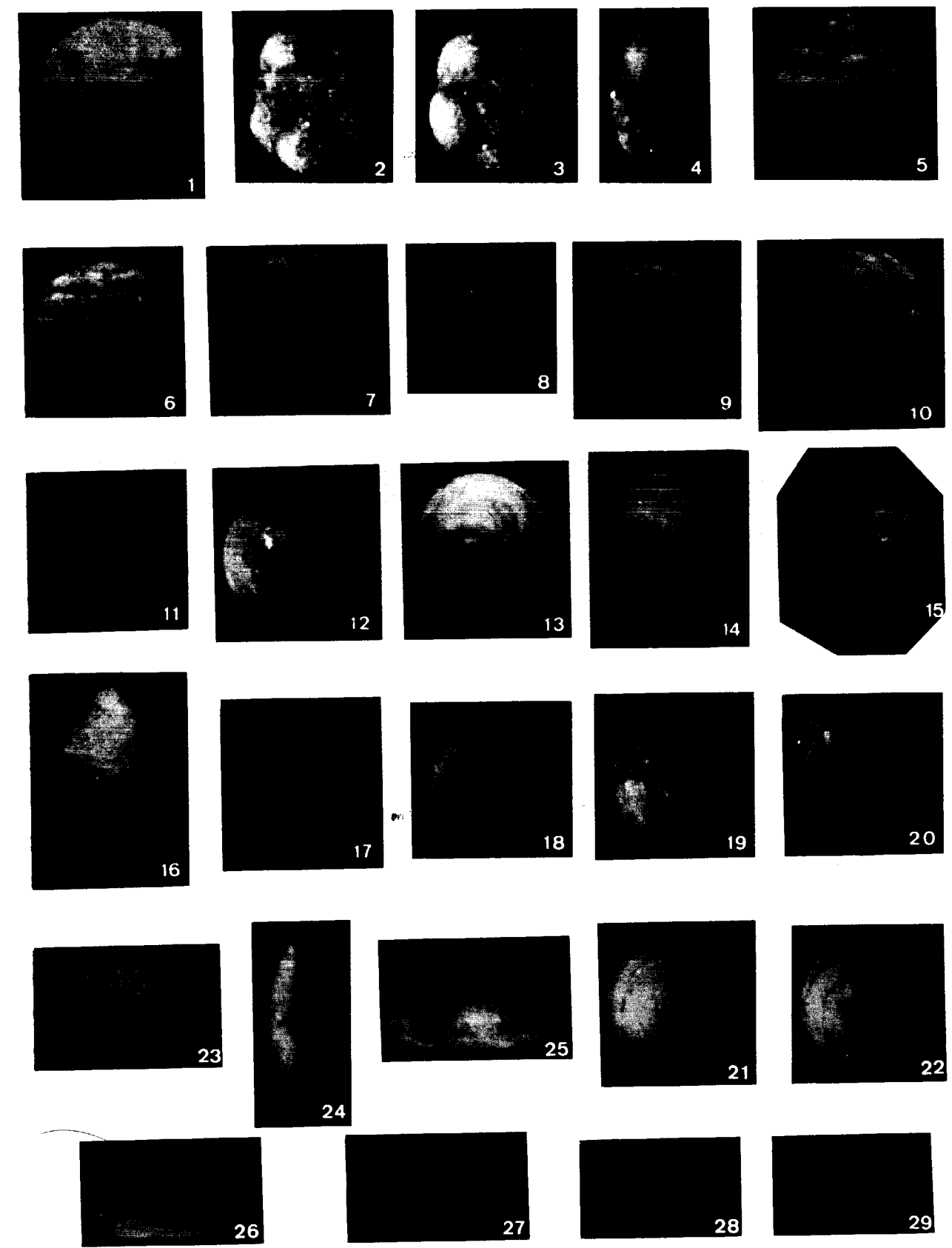


Figura 3

Corte geológico por "Pie Pajarón".



LAMINA I.

1.—*Daxia cenomana* (CUVILL. y SZAK).

Pie Pajarón (x 45).
Cenomanense.

2-4.—*Hedbergella paradubia* (SIGAL).

Las Majadas-Villalba (x 55).
"Dolomías brechoideas" (parte basal, Turonense).

5-13.—*Saportanella maslovi* GRAMB.

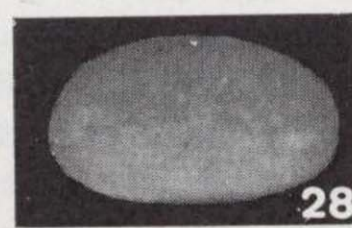
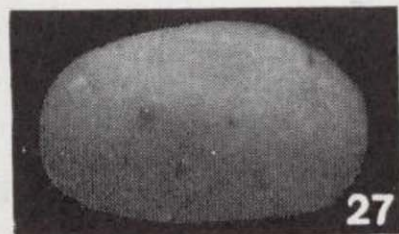
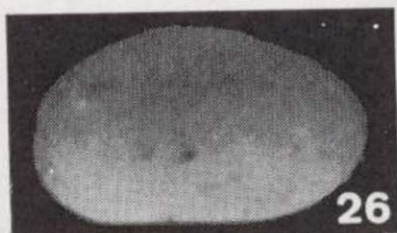
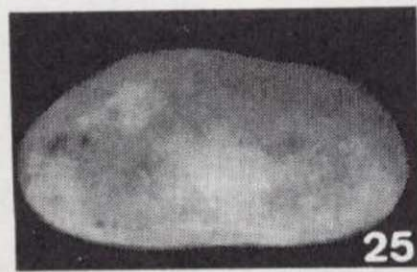
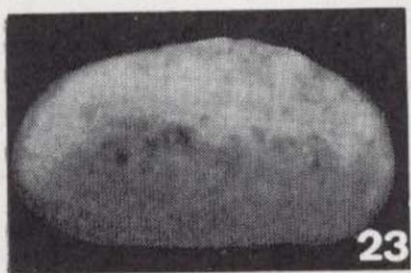
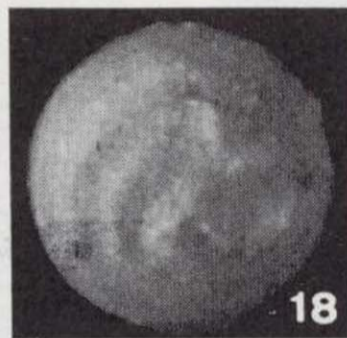
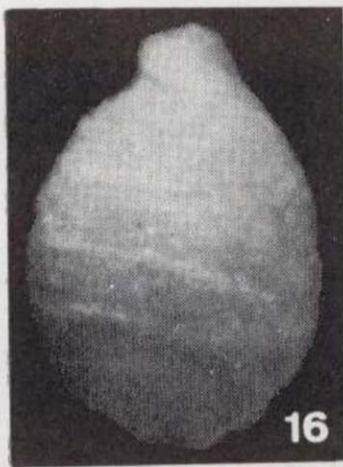
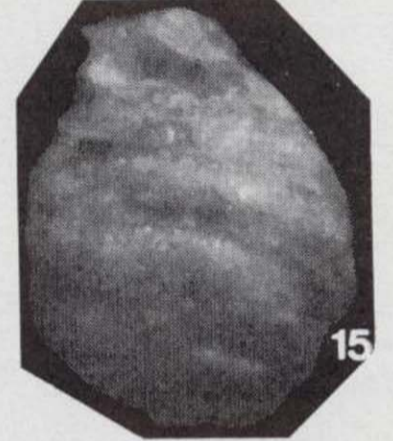
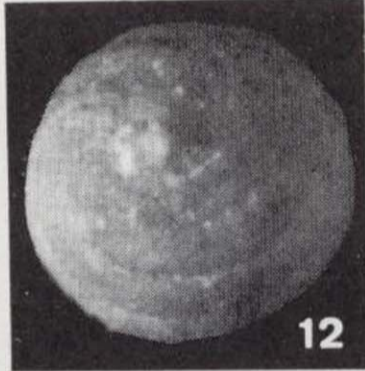
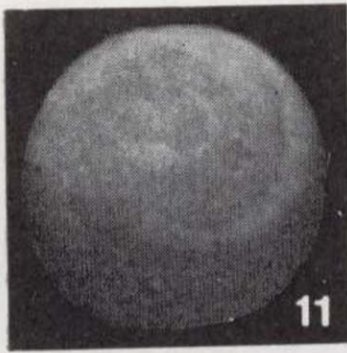
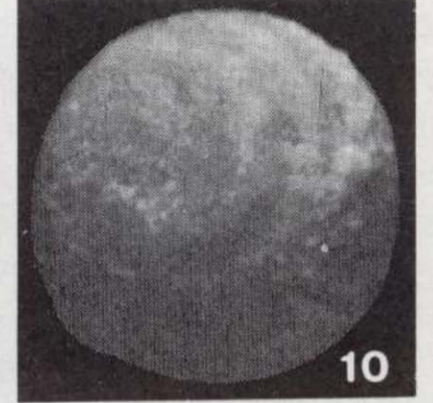
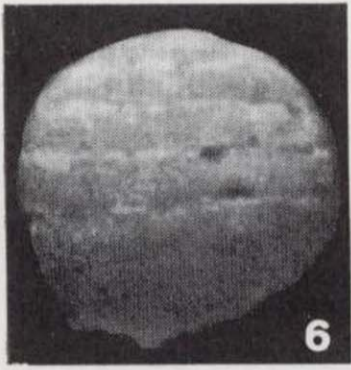
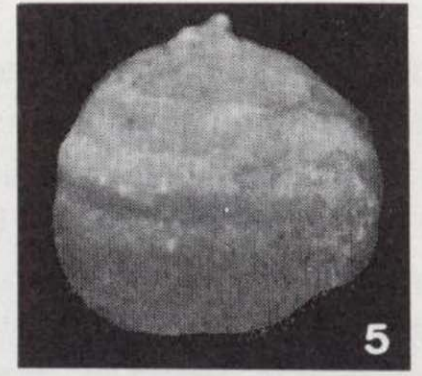
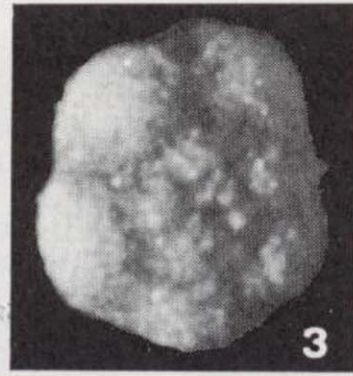
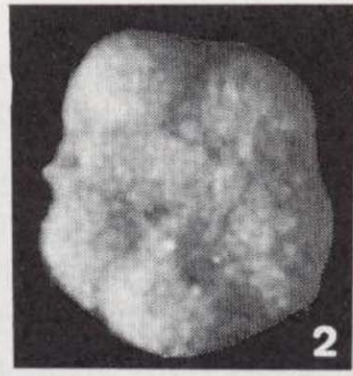
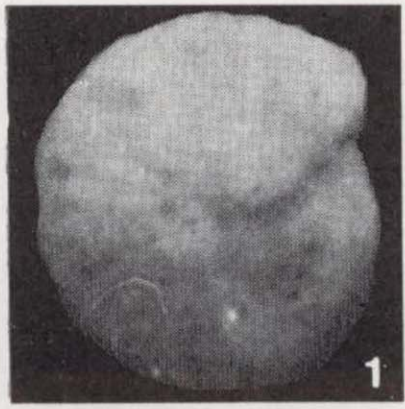
Villalba de la Sierra (x 40).
"Facies Garumnense".

14-22.—*Amblyochara begudiana* GRAMB.

SW. de Tragacete (x 32).
"Facies Garumnense".

23-29.—*Neocyprideis* sp.

Villalba de la Sierra (x 42).
"Facies Garumnense".



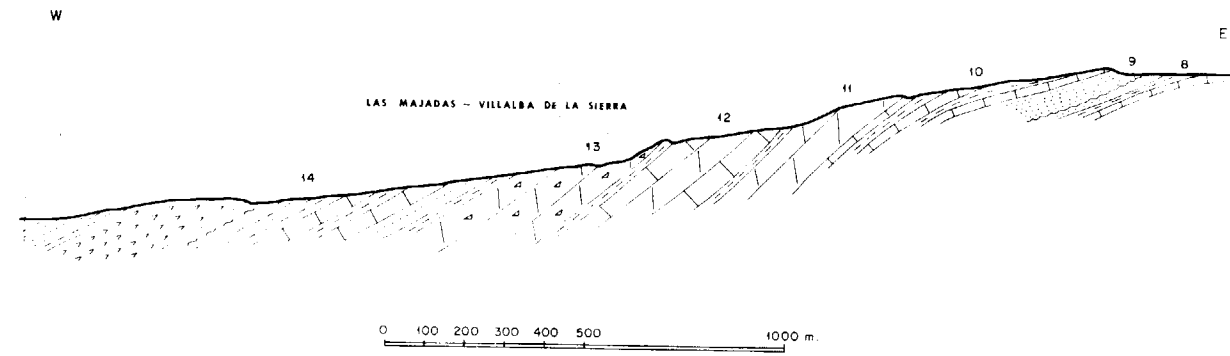


Figura 4

Corte geológico entre Las Majadas (al E.) y Villalba de la Sierra (al W.).

3. SITUACIÓN GENERAL

El Cretácico superior, constituye un ciclo sedimentario muy uniforme en la Serranía de Cuenca, que se inicia ya en el Albense y continúa hasta el Eoceno. Comienza, pues, con facies continentales, sigue una gran transgresión marina durante el Cenomanense, Turonense y Senonense, para terminar nuevamente con facies continentales ("Garumnense"), que se prolongan hasta el Eoceno. Incluimos, por tanto, el Albense en esta nota, pues su existencia va siempre ligada a los tramos calcáreo-dolomíticos del Cretácico superior.

Aparece discordante sobre sedimentos más antiguos, debido a la fase Aústrica, que afectó al Jurásico y Cretácico inferior, a los que erosionó en mayor o menor grado. Presenta un marcado carácter dolomítico, con fuerte influencia terrígena, lo que hace difícil la conservación de fósiles y por consiguiente su sistematización.

4. DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

En la serie estudiada existen seis unidades bien individualizadas, que se pueden diferenciar, en general, en toda la Serranía (figs. 5-6).

a) "Capas de Utrillas".—Constituyen la base de la serie, con 100-150 m. de potencia. Están constituidas por arenas cuarcíferas blancas, caoliníferas, en general sueltas, con muy delgadas intercalaciones arcillosas (fig. 7). Presentan estratificación cruzada y abundantes cantos de cuarcita bien rodados, inferior-

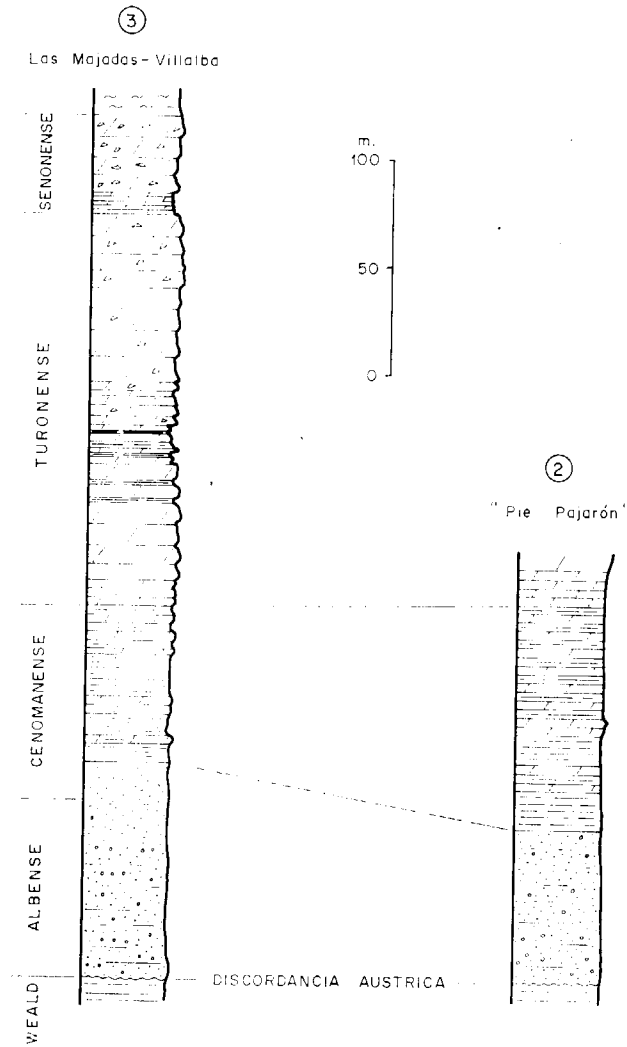


Figura 5

Correlación de las columnas del Cretácico superior.

res a 7-8 cm. Estos cantos aparecen dispersos o todo lo más acumulados como pequeños lentejones, pero nunca en forma de niveles de conglomerados. Las arcillas no son puras, en general poco plásticas y de colores variados y abigarrados, predominando el ocre, rojo y verde. La proporción de arcilla en la serie es muy pequeña, en general inferior al 10 por 100.

se han observado fragmentos de plantas. Así, en La Cierva, al este de Cuenca, existe un yacimiento con plantas relativamente bien conservadas (Alvarez-Ramis y Meléndez Hevia, 1971).

Estos niveles han sido descritos recientemente por Aguilar, Ramírez del Pozo y Riba (1971) en su localidad tipo de Utrillas (Teruel), donde se han definido formalmente como una Formación que dichos autores denominan "Formación arenas de Utrillas". Tienen como característica principal en la localidad-tipo, la de presentar como constituyente fundamental de la arena, el cuarzo, predominantemente de procedencia plutónica, con otra fracción de cuarzo metamórfico, granítico y granos de cuarcita y sílex.

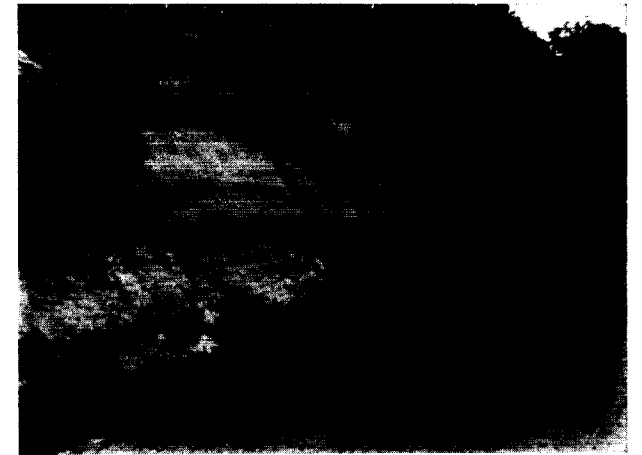


Figura 7

Arenas de la "Formación Utrillas". Pantano de la Toba.

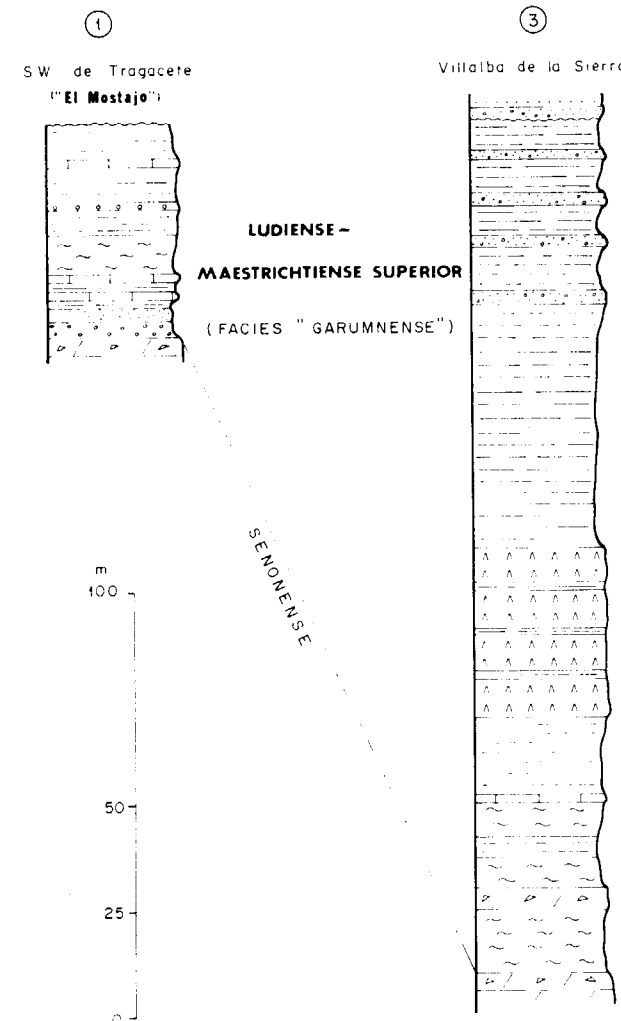


Figura 6

Correlación de las columnas de la "Facies Garumnense".

Aunque en detalle presenta numerosos cambios laterales y verticales, incluso en distancias muy cortas, en conjunto constituye un magnífico horizonte-guía, debido a su unidad y uniformidad litológicas.

Son frecuentes los paleosuelos o "hard grounds", con costras limoníticas, de hasta varios decímetros de espesor. En una de estas superficies limonitizadas

También destaca la presencia de feldespatos, exclusivamente potásicos, en proporciones variables entre 10 y 30 por 100 del total de la roca. Por tanto, deben clasificarse estas arenas como arcosas y subarcosas. La proporción de minerales pesados resistentes (circón, turmalina y rutilo) es generalmente pequeña, especialmente en las zonas de depósito, situadas relativamente lejos de las áreas-madre.

En general son azoicas, y sólo hacia el techo en el paso a las facies superiores, donde aparecen arenas arcillosas de color gris verdoso, se han localizado restos de Charáceas, dientes de Peces, y *Flabellamina* sp., que podrían indicar facies salobres y transicionales del Cenomanense inferior. Se datan en conjunto como Albense, probablemente superior, abarcando quizá el Cenomanense inferior. Esta da-

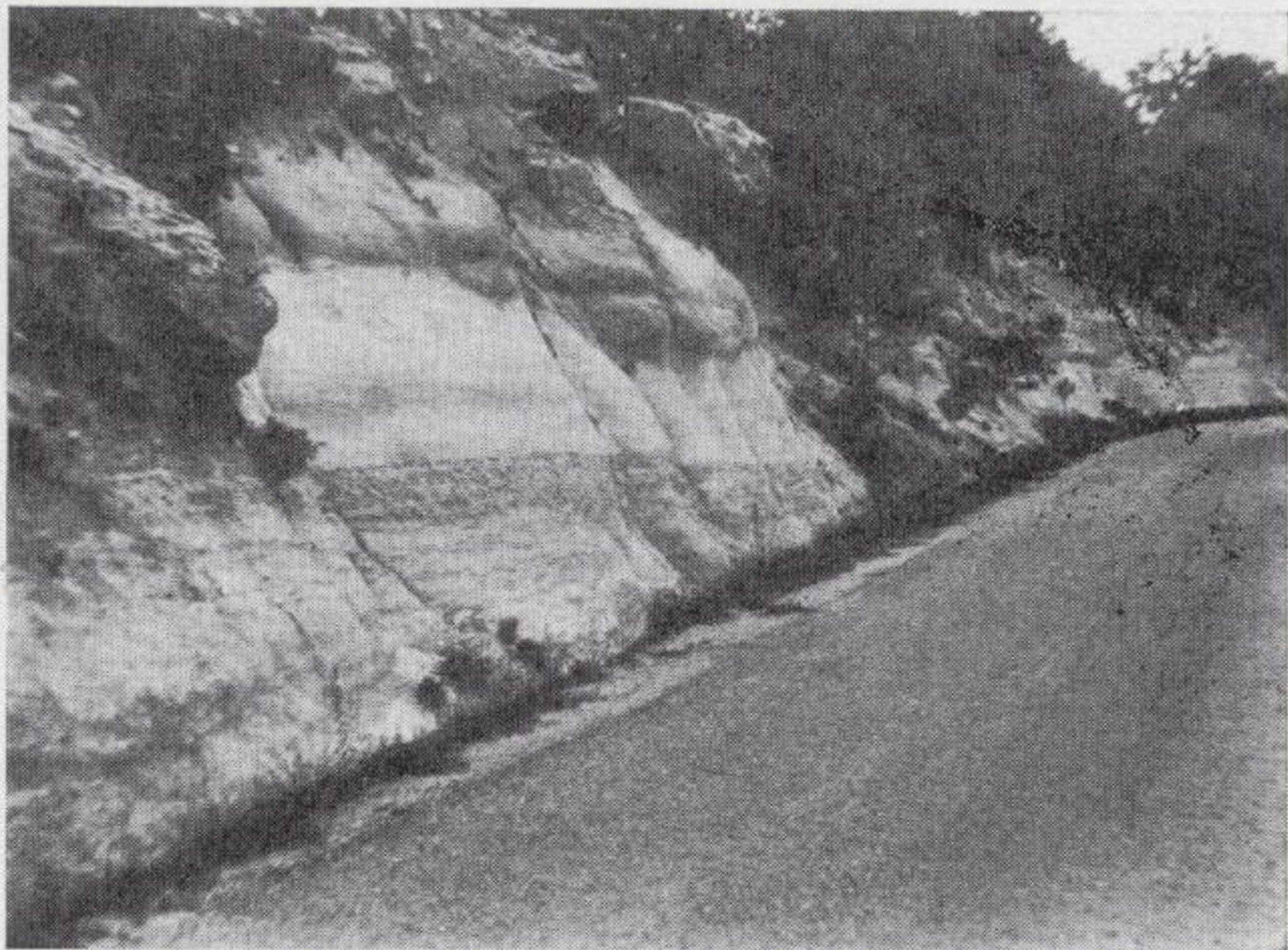


Figura 7

Arenas de la "Formación Utrillas". Pantano de la Toba.

tación se basa en su posición bajo niveles marinos del Cenomanense, y, por situarse sobre niveles del Albense inferior, bien datado en la localidad-tipo (Aguilar, Ramírez del Pozo y Riba, 1971).

b) *Cenomanense*.—Está constituido por una alternancia muy típica de arcillas y dolomías, en bancos de medio metro de potencia y de color ocre grisáceo (fig. 8). Hacia el techo se hace algo más calcá-



Figura 8

Arcillas y dolomías del Cenomanense. Carretera de la Ciudad Encantada.

reo, apareciendo delgados niveles de margas y calizas (biopelmicritas), con *Daxia cenomana* CUVILL y SZAK, *Avicularia* y restos de Lamelibranquios y Gasterópodos. Su potencia es de unos 70-75 m. Las areniscas son prácticamente inexistentes y solamente en

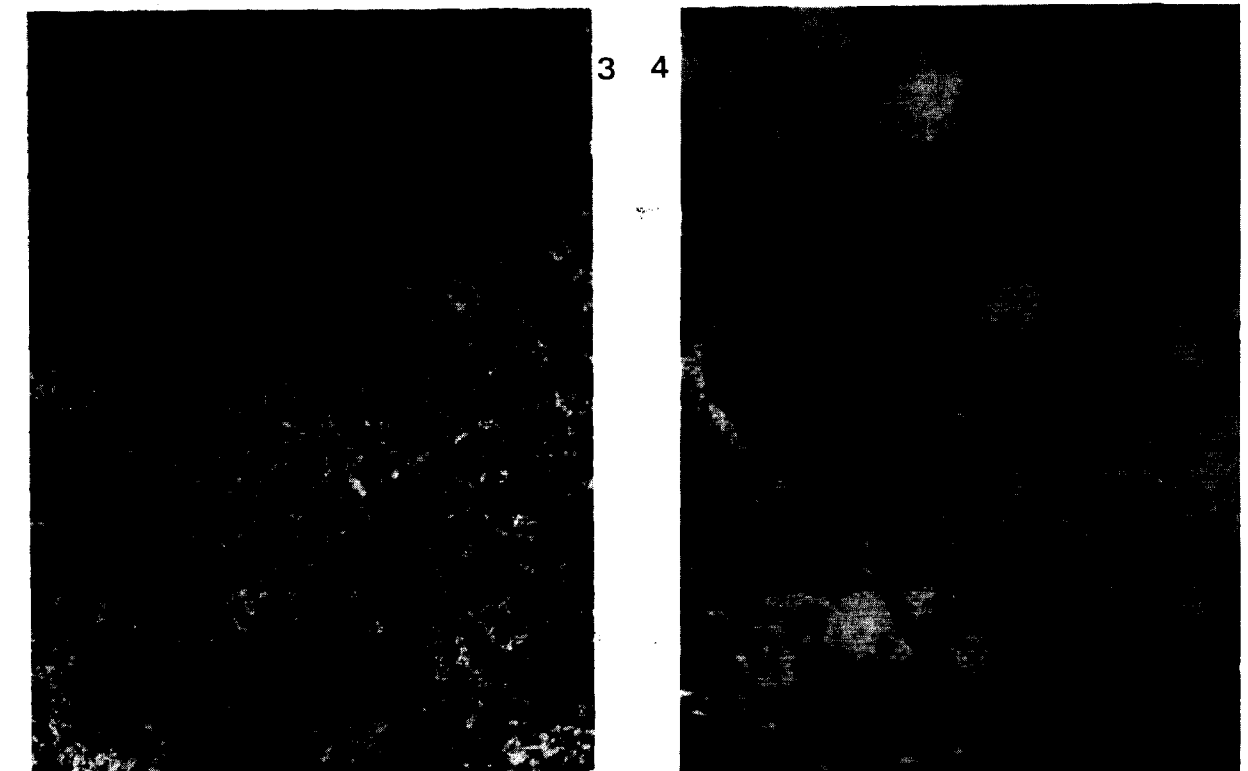
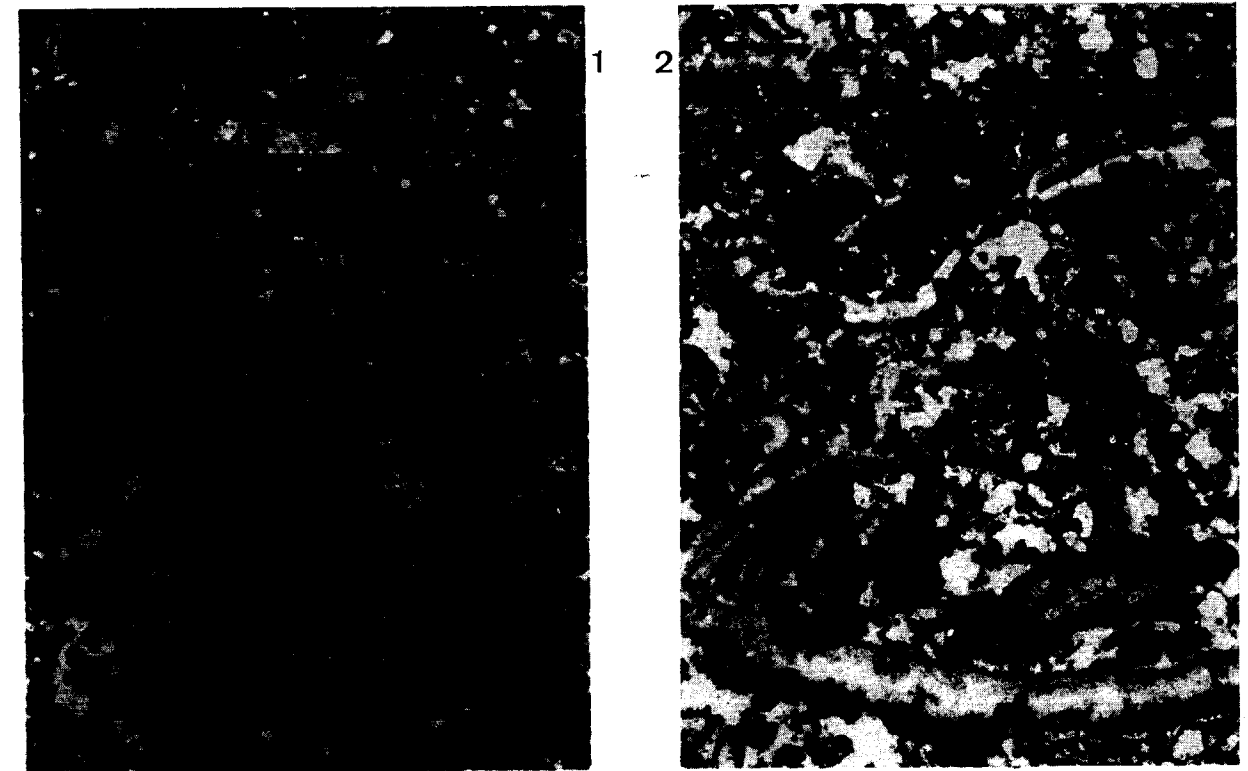
la zona inferior, de tránsito con las "capas de Utrillas", existen algunos niveles de arcillas arenosas.

Las microfacies corresponden a dolomías que oscilan entre gruesas y finas y que carecen de fósiles. En los lëvigados de los niveles arcillosos, tampoco se han observado microfósiles. Sin embargo, las capas margosas y calcáreas del techo han proporcionado en Buenache de la Sierra, situado al SE, una fauna compuesta por *Acompsoceras hochumense* SCHLUT, *Ostrea* sp., *Exogyra* sp., *E. columba* DESH, *E. flabellata* d'ORLO. *Arca* cf. *cattaldina* d'ORB., *Isocardia* sp., *Natica* sp., *Tylostoma* cf. *torrubiae* SHARPE, *Cerithium* sp., *Cidaris* cf. *figueiroensis* LORIOLO, *Tetragramma variolare* BRONG., *Hemiaster subtilis* LORIOLO, *H. scutiger* FORBES, radiolas de *Cidaris* y *Pentacrinus* sp., que lo datan como Cenomanense superior.

En las zonas donde la dolomitización no es intensa pueden observarse microfósiles en las calizas. Así, Viillard (1968) cita *Praealveolina iberica* REICHEL, asociada a *P. cretacea* (D'ARCH.) en las proximidades de Buenache de la Sierra.

Además, en las capas más superiores, y en tránsito al tramo siguiente ha aparecido *Heterodiadema lybicum* COT., en la Fuente de la Paloma, en la carretera de Cuenca a Buenache de la Sierra, y que podría marcar el comienzo del Turonense.

c) "*Dolomías de la Ciudad Encantada*". — Tras unos metros de dolomías tableadas en las que prácticamente desaparece la arcilla, se pasa bruscamente a una formación muy característica de la Serranía de Cuenca. Son dolomías masivas, gruesamente cristalinas, de color gris claro en fractura y ocre claro a ocre grisáceo en superficie (fig. 9). Tiene unos 60 m. de potencia, pero varía lateralmente. Hacia el



LAMINA 2.

1.—Dolomía gruesa, secundaria. Algunas recrystalizaciones alargadas podrían corresponder a restos de Moluscos. Pie Pajarón (x 18). Cenomanense.

2.—Calcarenita, matriz parcialmente recrystalizada y dolomitizada. Biopel (gravel) micrita arenosa. Abundantes secciones de Moluscos (Gasterópodos y Lamelibranquios) y *Acicularia*. Pie Pajarón (x 18). Cenomanense.

3.—Dolomía cristalina, gruesa, secundaria. Los cristales de dolomita forman un mosaico. La muestra es arcillosa. Sin fósiles.

Pie Pajarón (x 18).

"Dolomías de la Ciudad Encantada" (probable Turonense inferior).

4.—Caliza microcristalina, dismicrítica con secciones de oogonios de Characeas de gran tamaño.

SW. de Tragacete (x 18).

"Facies Garumnense".

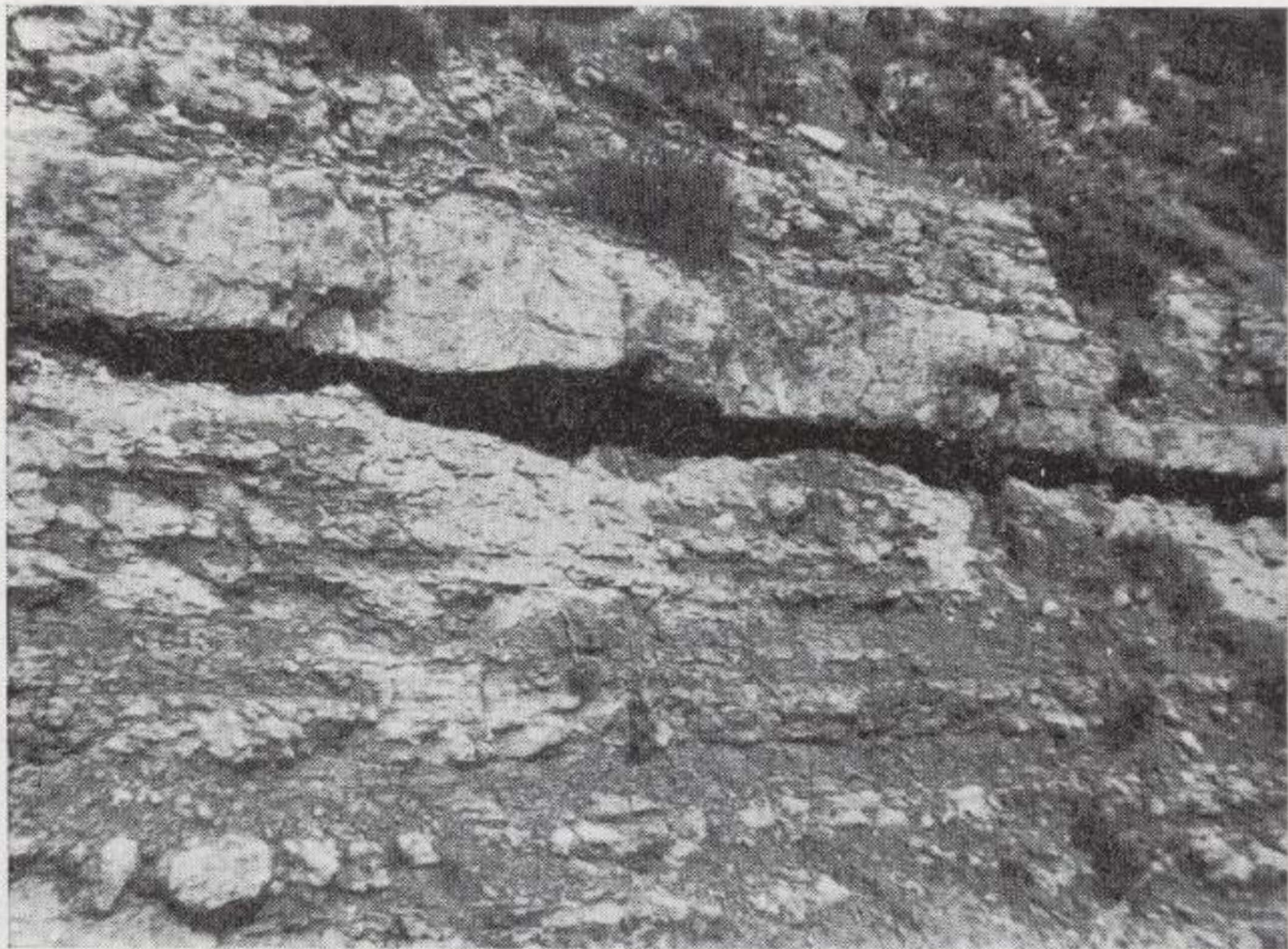
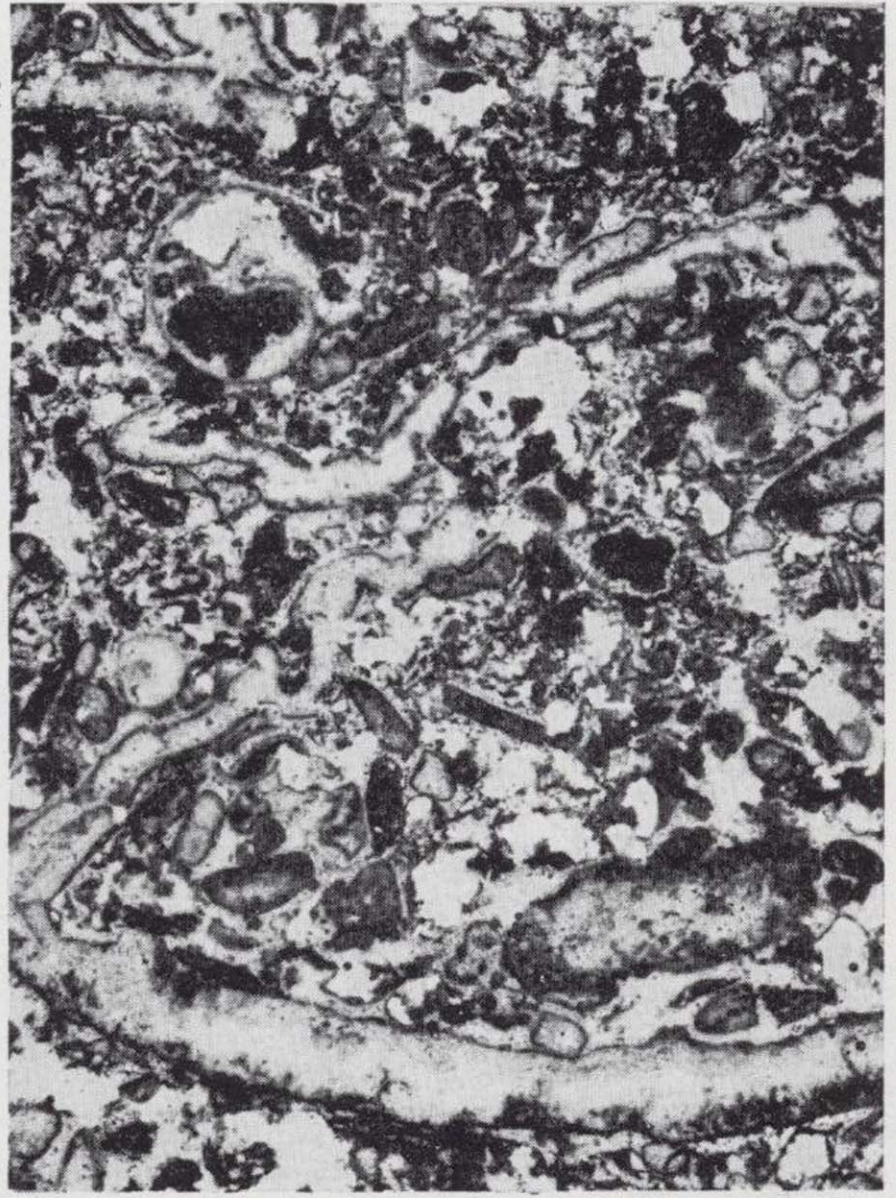


Figura 8

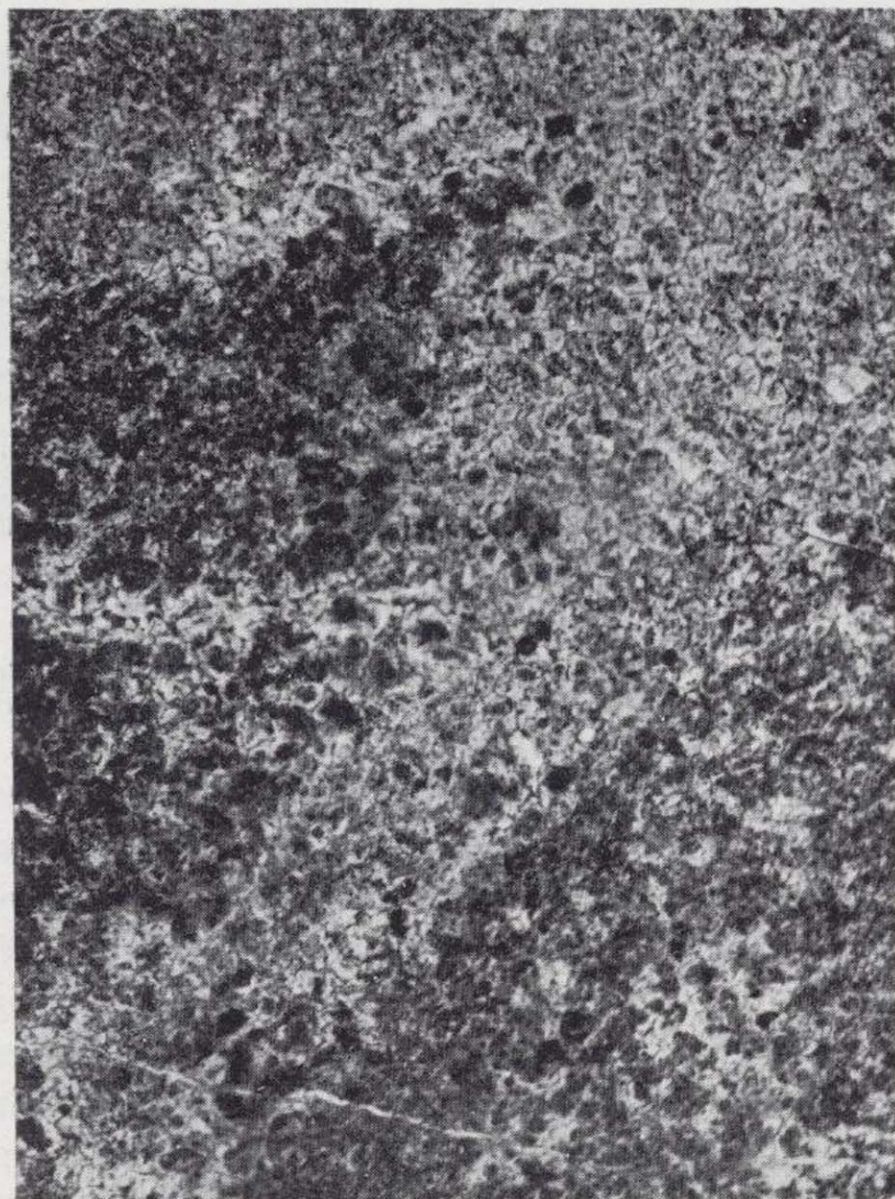
Arcillas y dolomías del Cenomanense. Carretera de la Ciudad Encantada.



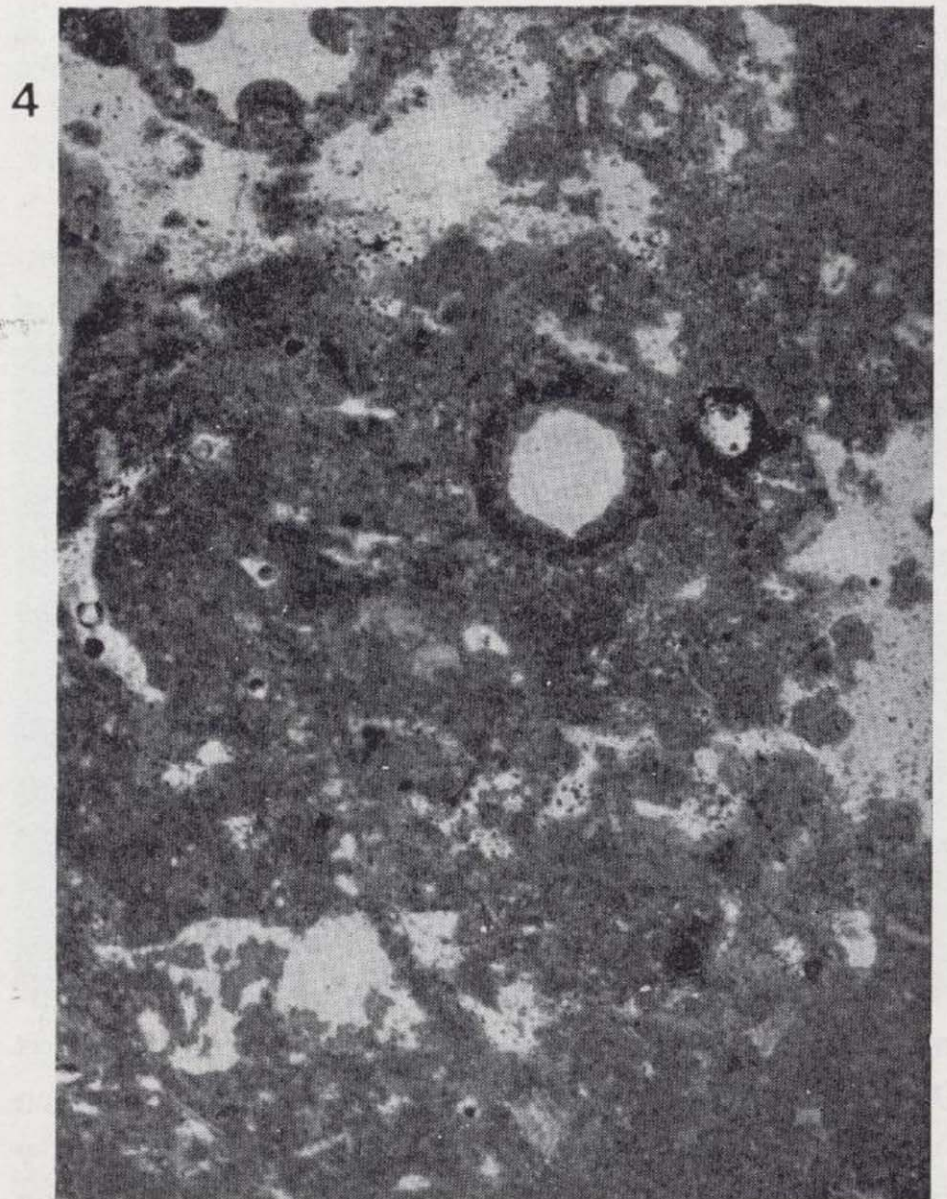
1



2



3



4

techo, aparece un intento de estratificación, con la aparición de niveles más arcillosos. Su forma de erosión es muy característica, originando diversas formas kársticas, que aparecen ampliamente desarrolladas en la Ciudad Encantada. Son totalmente azoicas.

En niveles correspondientes a la base de esta unidad, en la proximidades de Cuenca, Viillard (1968)



Figura 9

Dolomías masivas del Turonense inferior ("dolomías de la Ciudad Encantada"). Río Tajo, proximidades de Peralejos de las Truchas.

menciona *Tylostoma* sp., *Hemiaster verneulli* DESOR, *Vascoceras amieirensense* CHOFFAT, V. cf. *gamai* CHOFFAT, V. aff. *silvanense* CHOFFAT y *Hemitissotia* sp., que indican un Turonense inferior.

d) "*Dolomías brechoideas*".—Sobre las dolomías anteriores se desarrolla una nueva formación dolomítica, constituida fundamentalmente por dolomías brechoideas.

Separando ambas formaciones, existe un nivel arcilloso, de 15-20 m. de potencia, donde se ha encontrado *Hedbergella paradubia* (SIGAL), que caracteriza al Turonense inferior.

Este tramo arcilloso pasa, insensiblemente, a dolomías, mal estratificadas, que se presentan irregularmente brechificadas, con una potencia de unos 90 m. (fig. 10). Son cristalinas, de color gris claro a gris oscuro, y también azoicas. No obstante, y gracias a la existencia de *Hedbergella paradubia* en

su base, se asignan al Turonense, juntamente con la formación inferior, situada ya sobre el *Heterodiadema lybicum*. Hacia el E y N, pasan a dolomías bien estratificadas, que se van haciendo poco a poco calcáreas.

e) "*Carniolas del Cretácico Superior*".—Finalmente, la serie marina del Cretácico superior aparece coronada por una formación muy característica y uniforme en la Serranía de Cuenca, constituida por dolomías brechoideas y cavernosas, muy similares a las "Carniolas" de la base del Jurásico. Y es por eso, por lo que ya Sáenz García las llamó en 1932, "carniolas del Cretácico Superior" (fig. 11).

Aparecen separadas del Turonense, por un nivel de unos 10 m., constituido por dolomías finamente cristalinas y estratificadas, algo arcillosas, que no han proporcionado restos fósiles.

Las "carniolas", propiamente dichas, tienen una potencia de 35-40 m., potencia que varía lateralmente, alcanzando valores mucho mayores. Su aspecto



Figura 10

Alternancia de calizas y calizas dolomíticas y arcillas, del Turonense superior. Carretera de Fuerte-Escusa a Poyatos.

es, como ya se ha indicado, brechoideo, y carecen de estratificación, presentando un aspecto masivo. Su color es gris, generalmente oscuro, y son también totalmente azoicas. Pese a su falta de fósiles, se asignan al Senonense, pues, aparte de quedar enmarcadas entre el Turonense y los niveles de facies "Garumnense", es también ésta la edad asignada ya por los diversos autores que han estudiado esta región.

f) "*Facies Garumnense*".—El techo de la serie lo constituye una formación continental, en la que se pueden distinguir tres tramos.

El tramo basal está constituido por una alternancia de margas grises y dolomías brechoideas, que hacia el techo va presentando un carácter cada vez más arcilloso, llegando a desaparecer las dolomías, que son sustituidas por delgados niveles de calizas lacustres, con secciones de oogonios de Charáceas. Su potencia es de unos 60 m., y ha proporcionado en los niveles margosos, oogonios de Charáceas, entre los que hemos determinado *Saportanella maslovi* GRAMB., *Amblyochara begudiana* GRAMB., *Platychara* sp., *Peckichara* sp. y *Peckisphaera* sp. y un Os-



Figura 12

Yeso masivo del tramo medio de la "Facies Gerumnense". Carretera de Villalba de la Sierra a Las Majadas.



Figura 11

Dolomías brechoideas del Senonense ("carniolas del Cretácico superior"). Carretera de Villalba de la Sierra a Las Majadas.

trácodo perteneciente al género *Neocyprideis*. Además hay algunos ejemplares de un Foraminífero que hemos determinado como *Gavelinella* cf. *damica* (BROTZEN).

El tramo medio está constituido por 40 m. de yeso masivo de color gris claro a blanco, con pequeños lentejones de arcillas y margas. Es azoico (fig. 12).

El tramo superior es predominantemente arcilloso. Está constituido por arcillas, a veces arenosas, de color gris verdoso a naranja. En su parte superior aparecen algunos niveles de hasta 2-3 m. de potencia, de areniscas cuarcíferas, localmente conglomeráticas, poco cementadas, de color blanco gri-



Figura 13

Areniscas, conglomerados y arcillas del tramo superior de la "Facies Garumnense". Carretera de Villalba de la Sierra a La Portilla.

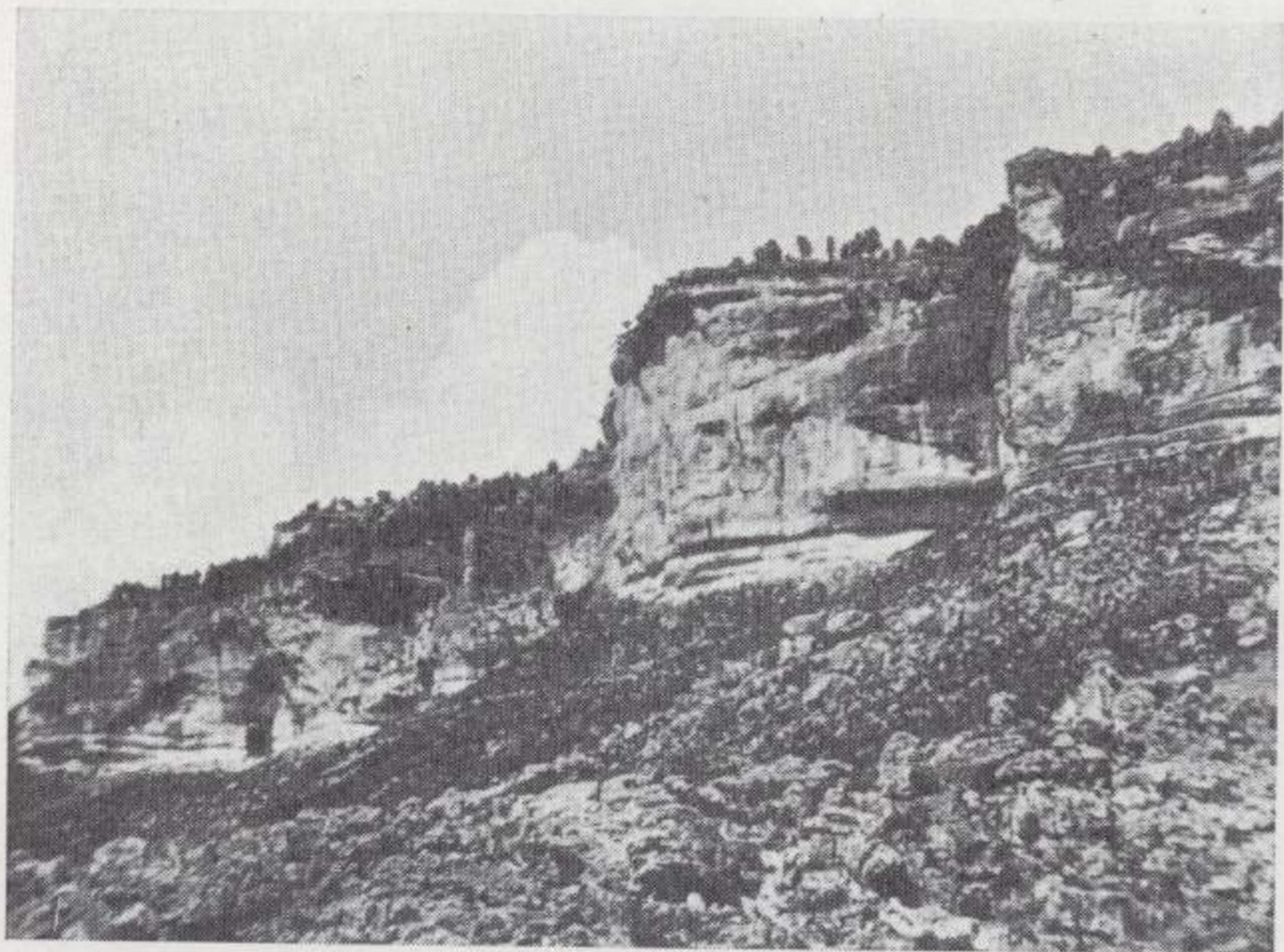


Figura 9

Dolomías masivas del Turonense inferior (“dolomías de la Ciudad Encantada”). Río Tajo, proximidades de Peralejos de las Truchas.

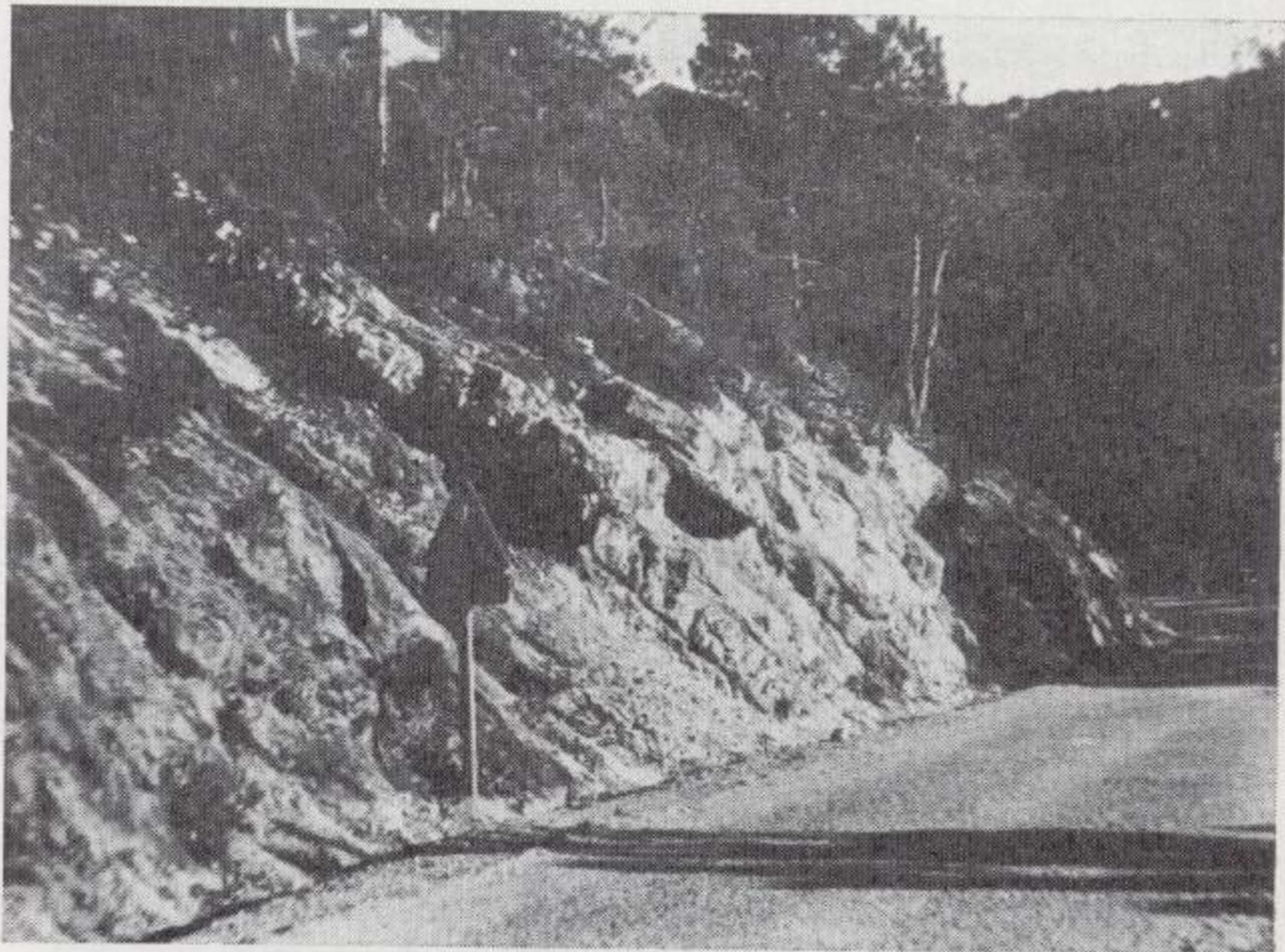


Figura 10

Alternancia de calizas y calizas dolomíticas y arcillas, del Turonense superior. Carretera de Fuerte-Escusa a Poyatos.

f) "*Facies Garumnense*".—El techo de la serie lo constituye una formación continental, en la que se pueden distinguir tres tramos.

El tramo basal está constituido por una alternancia de margas grises y dolomías brechoideas, que hacia el techo va presentando un carácter cada vez más arcilloso, llegando a desaparecer las dolomías, que son sustituidas por delgados niveles de calizas lacustres, con secciones de oogonios de Charáceas. Su potencia es de unos 60 m., y ha proporcionado en los niveles margosos, oogonios de Charáceas, entre los que hemos determinado *Saportanella maslovi* GRAMB., *Amblyochara begudiana* GRAMB., *Platychara* sp., *Peckichara* sp. y *Peckisphaera* sp. y un Os-



Figura 12

Yeso masivo del tramo medio de la "*Facies Gerumnense*". Carretera de Villalba de la Sierra a Las Majadas.



Figura 11

Dolomías brechoideas del Senonenense ("carniolas del Cretácico superior"). Carretera de Villalba de la Sierra a Las Majadas.

trácodo perteneciente al género *Neocyprideis*. Además hay algunos ejemplares de un Foraminífero que hemos determinado como *Gavelinella* cf. *danica* (BROTZEN).

El tramo medio está constituido por 40 m. de yeso masivo de color gris claro a blanco, con pequeños lentejones de arcillas y margas. Es azoico (fig. 12).

El tramo superior es predominantemente arcilloso. Está constituido por arcillas, a veces arenosas, de color gris verdoso a naranja. En su parte superior aparecen algunos niveles de hasta 2-3 m. de potencia, de areniscas cuarcíferas, localmente conglomeráticas, poco cementadas, de color blanco gri-

sáceo (fig. 13). Los cantos son de cuarcita, de pequeño tamaño, bien rodados. Su potencia es de unos 100 m. Ha proporcionado algunos restos escasos de *Platychara*, *Neocyprideis* y cuarzos bipiramidados rojos.

El tramo basal puede datarse perfectamente como del Maestrichtiense superior a Danense. En efecto, dicha edad para estos niveles de facies lacustre ("*Garumnense*") viene confirmada por la presencia de *Gavelinella* cf. *danica* (BROTZEN) encontrada en la parte



Figura 13

Areniscas, conglomerados y arcillas del tramo superior de la "*Facies Garumnense*". Carretera de Villalba de la Sierra a La Portilla.

baja de la serie de Las Majadas-Villalba de la Sierra. Por otra parte, las Charáceas *Saportanella maslovi* GRAMBAST y *Amblyochara begudiana* GRAMBAST han sido descritas originalmente por su autor en niveles del Cretácico terminal (Maestrichtiense) (Grambast, 1962). Respecto a la presencia del Ostrácodo *Neocyprideis* parece indicarnos una edad Paleocena, pues este género parece que hace su aparición en este período (Apostolescu, 1956; Van Morkhoven, 1962-63).

Los demás tramos deben quedar incluidos en el Paleoceno e incluso en el Eoceno, según se desprende de su correlación con la región de Huérmeces del Cerro (Crusafont, Meléndez y Truyols, 1960), donde el yacimiento de Vertebrados con *Paleotherium crassum* CUVIER y *Paleotherium magnum* CUVIER da claramente una edad Ludense.

Esta formación "Garumnense" aflora también al S.W. de Tragacete, en el sinclinal "El Mostajo", donde presenta un carácter algo diferente. Es una serie algo más detrítica, que comienza con niveles de conglomerados calcáreos y areniscas, de color ocre naranja. Siguen niveles arcillosos y margosos anaranjados, con intercalaciones de calizas lacustres, con restos de Charáceas. Su potencia es de unos 50 m. (fig. 6). Ha proporcionado abundantes oogonios de Charáceas, entre los que también se pueden determinar *Saportanella maslovi* GRAMB., *Amblyochara begudiana* GRAMB., *Platychara* sp. y *Peckichara* sp., además del ostrácodo *Neocyprideis* y los Foraminíferos *Anomalina* sp. (forma de pequeño tamaño con cámaras globulosas y suturas deprimidas) y *Gavelinella* sp.



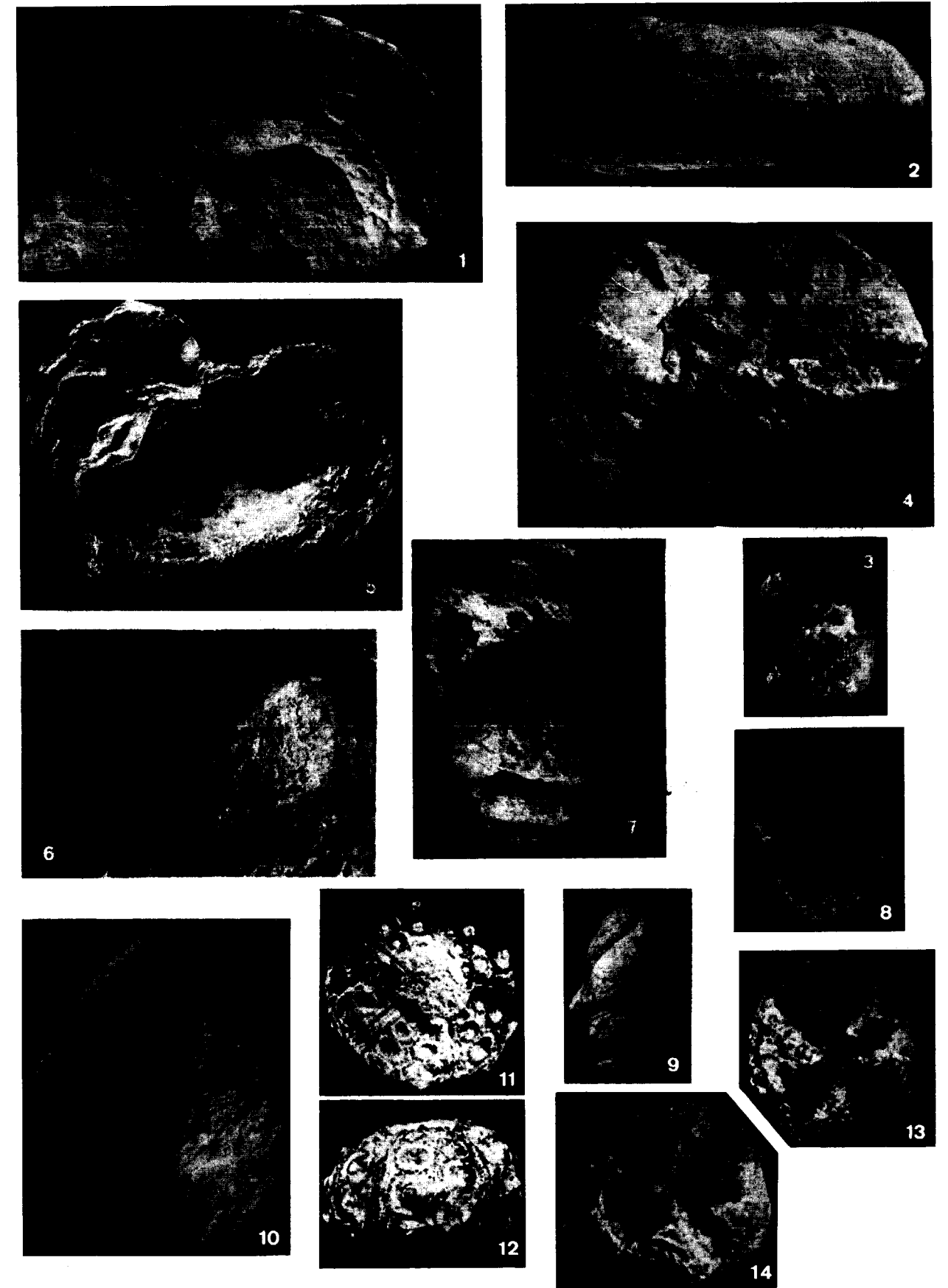
Figura 14

Discordancia entre la "Formación Utrillas" y el Lias inferior (combinación de las fases Neocimérica y Austrica). Proximidades de Tragacete.

como consecuencia de una fase orogénica pre-Albense (Austrica), que creó un relieve con la consiguiente erosión, especialmente en las zonas de carácter anticlinal. Aunque no aparece en su base una discordancia angular clara, sí hay una discordancia carto-

5. OBSERVACIONES PALEOGEOGRÁFICAS

Las "capas de Utrillas" tienen, como en otros sectores de la Cordillera Ibérica, un carácter claramente transgresivo, apoyándose sobre niveles de distinta edad del Jurásico o Cretácico inferior. Este fenómeno ha sido interpretado por diferentes autores



LAMINA 3.

1-2.—*Acompsoceras bochumense* SCHLUT. (x 0,75).
Cenomanense.

3.—*Exogyra columba* DESH. (tamaño natural).
Cenomanense.

4-5.—*Exogyra flabellata* d'ORB. (tamaño natural).
Cenomanense.

6.—*Arca* cf. *cottaldina* d'ORB. (x 2).
Cenomanense.

7.—*Tylostoma* cf. *torrubiae* SHARPE. (x 0,75).
Cenomanense.

8.—*Natica* sp. (x 1,5).
Cenomanense.

9.—*Cerithium* sp. (tamaño natural).
Cenomanense.

10.—*Isocardia* sp. (tamaño natural).
Cenomanense.

11-12.—*Cidaris* cf. *figueiroensis*. LORIOL. (x 1,75).
Cenomanense.

13.—*Hemiaster subtilis*. LORIOL (x 1,75).
Cenomanense.

14.—*Hemiaster scutiger*. FORBES. (x 1,75).
Cenomanense.

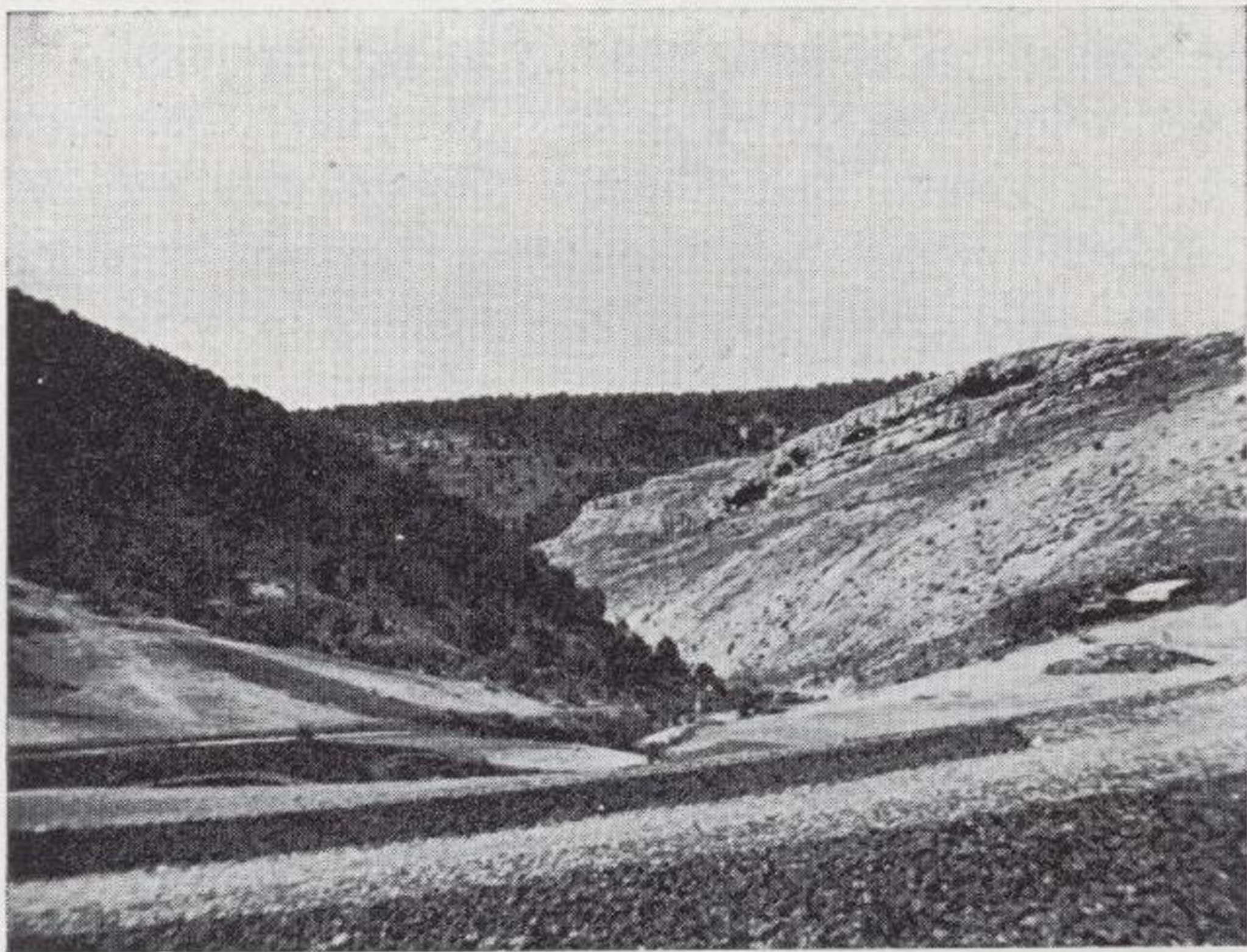
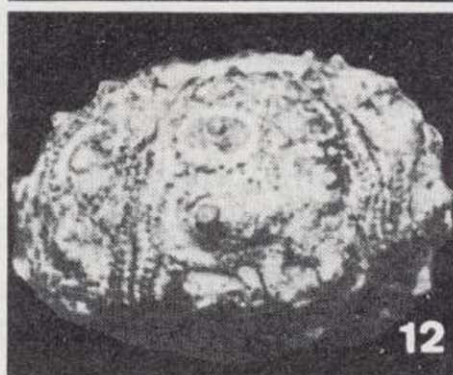
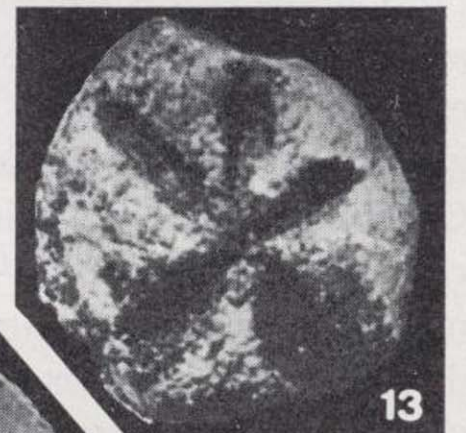
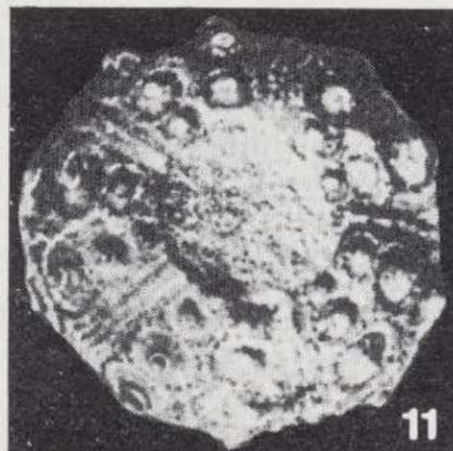
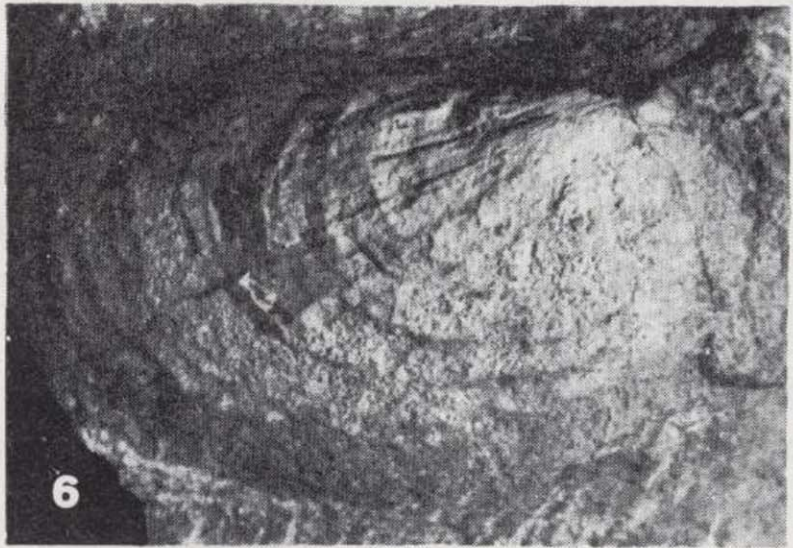
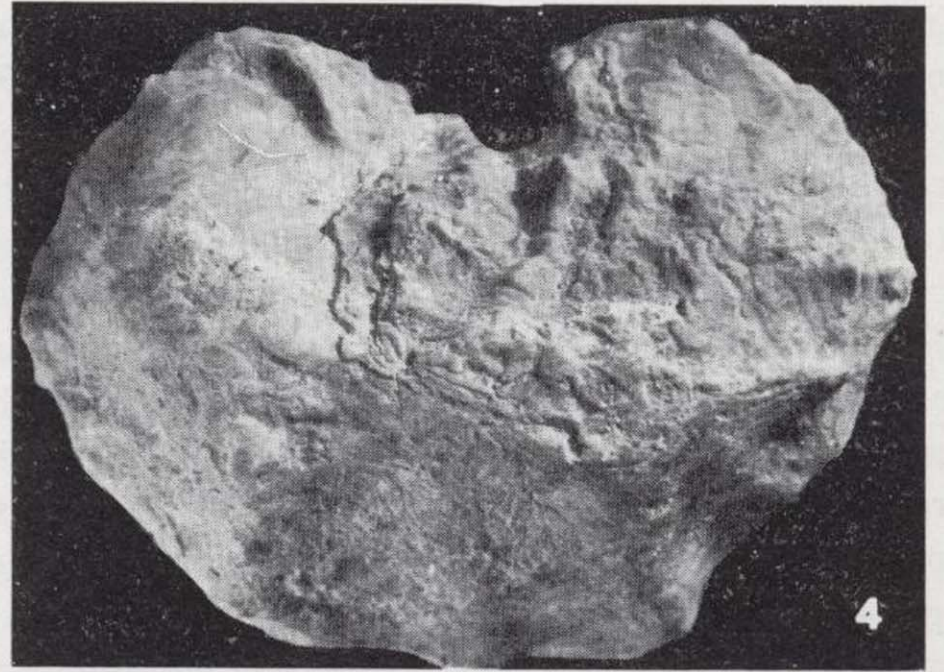
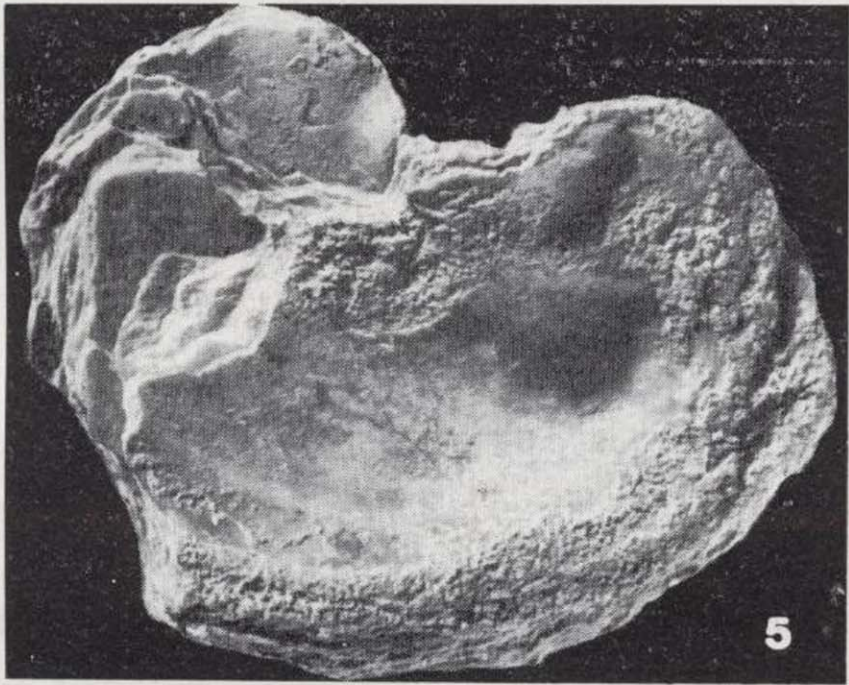
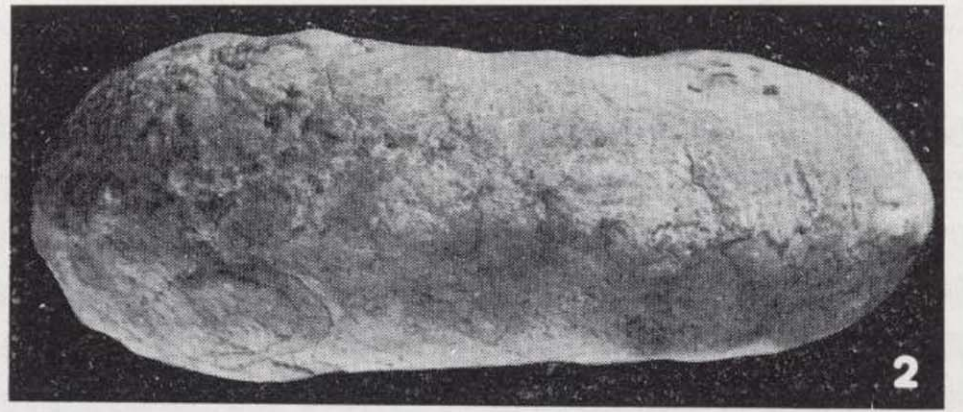


Figura 14

Discordancia entre la "Formación Utrillas" y el Lias inferior (combinación de las fases Neocimérica y Austrica). Proximidades de Tragacete.



gráfica, más patente en la región de Tragacete, donde se superponen las dos fases orogénicas (Neocimérica y Austrica) (fig. 14). Como hemos indicado anteriormente, las litofacies de las "capas de Utrillas" varían, en conjunto, muy poco de unas zonas a otras, lo que parece indicar que el relieve era de tipo penillanura. Las potencias mayores están localizadas en las grandes cubetas Cretácicas, mientras que las menores se sitúan en las zonas anticlinales. Riba (1959), en la Sierra de Albarracín, interpreta este fenómeno como debido a que la orogenia pre-Albense delimitó una serie de cubetas en los sinclinales del Jurásico, donde la subsidencia de las "capas de Utrillas" fue mucho mayor. Lo que sí parece bastante claro es que las "capas de Utrillas" se depositaron sobre una superficie algo irregular y que su sedimentación rellenó y niveló, en parte, esta serie de umbrales y pequeños surcos. Finalmente indicaremos que las "capas de Utrillas" son sedimentos de tipo fluvial, de carácter arcósico, que han tenido una deposición rápida, aunque el transporte pudo ser bastante largo. Se sedimentaron, sin la menor duda, a muy poca profundidad (marismas, llanuras aluviales), pudiendo fosilizar suelos o costras limoníticas. Son, por tanto, depósitos fluviales, en los que los ríos tenían cursos divagantes, en los que por no poderse transportar todo el material detrítico-terrágeno, los cauces se rellenaban rápidamente, lo que motivaba que estos divagasen para volver a rellenarse, dando lugar de este modo a la uniformidad litológica del conjunto.

A partir del Cenomanense (probablemente en el Cenomanense medio) se inicia un régimen de sedimentación marina que se continuará durante el Turonense y Senonense. Se trata de sedimentos de facies costera o nerítica, depositados probablemente en la zona interior de la plataforma y en general a profundidades no superiores a los 30 ó 40 m. Las series de dolomías y arcillas han debido depositarse en condiciones aisladas del mar abierto, bajo una gran influencia continental. Sólo en la parte alta del Cenomanense y quizás también en la parte más inferior del Turonense, los niveles con algunos restos mal conservados de Ammonites, parecen indicar condiciones de mar abierto. La gran uniformidad de facies en toda la Serranía, así como la regularidad de potencia, indican unas condiciones de plataforma continental muy estables. Las dolomías de la Ciudad Encantada, sedimentadas también en una plataforma marina, o se han depositado como dolomías o quizás

como calizas, aunque en este caso la dolomitización se produjo inmediatamente después de la sedimentación o fue quizás penecontemporánea, no apareciendo alternancias de zonas calcáreas y dolomíticas, como habría de esperarse en una diagenesis tardía. A partir de la deposición de las "dolomías brechoideas" y sobre todo durante la sedimentación de las "carniolas del Cretácico superior", el ambiente sedimentario es de tipo "lagunar", constituido por una zona cerrada o semicerrada, aislada del mar abierto, con intermitentes invasiones del mar, predominando así una sedimentación evaporítica con alternancias de dolomía y anhidrita. La formación de las brechas y "carniolas" podría deberse a deslizamientos de las capas antes de la diagenesis, es decir, todavía en forma de lodo, como consecuencia de las primeras fases de la Orogenia Alpina que motivaron el cambio de facies y el paso al medio salobre o lacustre. Posteriormente, el proceso de brechificación pudo acentuarse por efecto de la disolución de las evaporitas que debieron depositarse en estas facies de tipo lagunar. Las importantes variaciones de potencia de estos tramos del Senonense, nos dan idea de las pendientes del fondo de la cuenca, que muy probablemente favorecieron los deslizamientos anteriormente señalados. Estas facies de tipo "lagunar" del Senonense de la Serranía de Cuenca, pasan hacia otras regiones, especialmente hacia el NE., a facies marinas propias de mar abierto, con Rudistas, corales y microfauna claramente marina.

El carácter lagunar de los sedimentos, iniciado ya en el Senonense, se acentúa durante la sedimentación de las "facies Garumnenses". Estos tramos tienen ya un carácter marcadamente continental, aunque los ambientes pueden ser muy diversos: los grandes aportes detrítico-terrágenos son probablemente de origen fluvial, los yesos de tipo evaporítico y las calizas y margas intercaladas de tipo lagunar. La uniformidad en la sedimentación que caracterizaba al Cretácico superior se pierde con la deposición de la "facies Garumnense". Se forman varias cuencas aisladas a favor de los sinclinales o sinclinorios del Cretácico. En las cuencas mayores debió existir un enlace o conexión esporádico con el mar, como parece deducirse de la presencia de *Gavelinella* y *Anomalina* en estos niveles, junto a una abundante flora de Charáceas. A partir del Paleoceno medio y durante todo el

Eoceno no debió existir enlace con el mar, teniendo lugar toda la sedimentación bajo condiciones continentales.

6. CONCLUSIONES

a) El Cretácico Superior de la Serranía de Cuenca se puede dividir litoestratigráficamente, en seis unidades, pudiéndose reconocer el Albense, Cenomanense, Turonense, Senonense y "Garumnense".

b) Aparece discordante sobre formaciones del Jurásico-Cretácico inferior, plegados en las fases Neocimérica y Austrica.

c) Comienza y termina con facies continentales ("Facies de Utrillas" y "Facies Garumnense"), presentando un amplio ciclo marino intermedio.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, M. J.; RAMÍREZ DEL POZO, J., y RIBA, O.: *Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel)*. "Est. Geol.", vol. 27 (1971).
- ALVAREZ RAMIS, C., y MELÉNDEZ HEVIA, F.: *Un nuevo yacimiento de flora Cretácica en el Albense de la Cordillera Ibérica. La Cierva (Serranía de Cuenca)*. "Est. Geol.", volumen 27, págs. 247-153 (1971).
- APOSTOLESCU, V.: *Contribution à l'étude des Ostracodes de l'Eocène inférieur (s. l.) du bassin de Paris*. "Rev. Inst. Franç. du Petr.", vol. 11, págs. 1.327-1.352 (1956).
- ARBEITSKREIS DEUTSCHER MIKROPALAONTOLOGEN: *Leitfossilien der Mikropaläontologie* (2 vol.). Gebrüder Borntraeger. Berlin-Nikolasee (1962).
- BROTZEN, F.: *Die Foraminiferengattung Gavelinella, nov. gen. und die Systematik der Rotaliiformes*. "Sver. Geol. Unders", Sér. C, núm. 451, Arsb. (1942).
- CORTÁZAR, D.: *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*. "Mem. Mapa Geol. España", tomo 2, 16, 406 págs. (1875).
- GRUSAFONT, M.; MELÉNDEZ, B., y VILLALTA, J. F.: *El yacimiento de Vertebrados de Huérmeces del Cerro (Guadalajara), y su significado cronoestratigráfico*. "Est. Geol.", vol. 16, págs. 243-254 (1960).
- CUVILLIER, J. (con la colaboración de SACAL, V.): *Stratigraphic correlations by Microfacies in Western Aquitaine*. 100 láms., "E. J. Brill", Leiden (1961).
- FELGOROSO, C., y COMA, J. E.: *Estudio hidrogeológico de una zona de la provincia de Guadalajara*. "Not. y Coms. IGME", núm. 71 págs. 213-242 (1963).
- FONTBOTÉ, J. M., y RIBA, O.: *Estudio geológico de los alrededores de Mota del Cuervo*. "Not. y Coms. IGME", núm. 44, pag. 33 (1956).
- GRAMBAST, L.: *Clasificación de l'embranchement des Charophytes*. "Naturalia Monspeliensia", sér. Bot., fasc. 14, páginas 63-86. (1962).
- *Sur des Charophytes remarquables du Crétacé terminal*. "C. R. Acad. Sc. Paris", t. 258, págs. 643-646 (1964).
- KINDELÁN, J. A.: *Explicación geológica de la Hoja número 610, Cuenca*. "IGME" (1946).
- MALLADA, L.: *Catálogo general de especies fósiles encontradas en España*. "Bol. Com. Mapa Geol. España", t. 18, página 1-253 (1892).
- *Explicación del Mapa Geológico de España. Sistemas Infracretácico y Cretácico*. "Mem. Com. Mapa Geol. España" (1904).
- MARTÍNEZ PEÑA, I.: *El sistema Cretácico en la Mesa Manchega*. "Mem. IGME", núm. 57, págs. 161-174 (1956).
- MELÉNDEZ HEVIA, F.: *Estratigrafía y estructura del sector Norte de la Sierra de Altomira (Bolarque-Buendía)*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.", núm. 67, págs. 145-160 (1969).
- *Estudio geológico de la Serranía de Cuenca en relación a sus posibilidades petrolíferas*. Tesis doctoral. "Fac. Ciencias Madrid", 250 págs. (1971).
- RAMÍREZ DEL POZO, J.: *Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica)*. "Mem. Inst. Geol. Min. España", t. 78 (3 vol.) (1971).
- RIBA, O.: *Estudio geológico de la Sierra de Albarracín*. "Inst. Est. Turol. C.S.I.C.", 284 págs. Madrid (1959).
- RIBA, O., y RÍOS, J. M.: *Observations sur la structure du secteur sud-ouest de la chaîne Ibérique*. "Livre P. Fallot, Soc. G. Fr.", págs. 275-290 (1960-62).
- RICHTER, G., y TEICHMÜLLER, R.: *Die entwicklung der keltiberischen ketten*. "Abh. Gess. Wiss. Göttingen, Math.-Phys". Kl. 3, 7 (1933).
- RÍOS, J. M.; GARRIDO, J., y ALMELA, A.: *Reconocimiento geológico de una parte de las provincias de Cuenca y Guadalajara (zona de Cuenca-Priego-Cifuentes)*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.", núm. 42, págs. 107-128 (1944).

- SÁENZ GARCÍA, C.: *El Pantano de la Toba y la estratigrafía de la Serranía de Cuenca*, "Asoc. Esp. Progr. Ciencias", Lisboa, t. 4, pág. 59 (1932).
- SAFTEL, H.: *Paleogeografía del Albense en las cadenas celtibéricas de España*. Trad. J. M. Ríos en "Not. y Com. IGME", núm. 63, págs. 163-196 (1959, 1961).
- SÁNCHEZ SORIA, P., y PIGNATELLI, R.: *Notas geológicas de la Sierra de Altomira*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat." número 65, págs. 231-240 (1967).
- SIGAL, J.: *Aperçu stratigraphique sur la micropaléontologie du Crétacé*. "19 Congr. Geol. Intern.", Monogr. region (11), págs. 1-45 (1952).
- VAN MORKHOVEN, F. P. C. M.: *Post-Paleozoic Ostracoda* (2 vol.), "Elsevier Publishing Co." (1962-63).
- VIALARD, P.: *Le Neocretacé de la Chaîne Ibérique sud-occidentale aux confins des provinces de Cuenca, Teruel et Valencia*. "C. R. Soc. Geol. France", pág. 184. (1968).
- *Le Neocretacé de la chaîne Ibérique castillaine au SW. de la Serranía de Cuenca*. "C. R. Soc. Geol. France", página 321 (1969).
- y GRAMBAST, L.: *Presence de Cretacé supérieur continental dans la chaîne Ibérique castillaine*. "C. R. Acad. Sc. Paris", t. 266, pág. 1.702 (1968).

Recibido: 10-VII-1972

Estudio Geológico del Borde Axial pirenaico entre Rocabrúna y el Riutort (Gerona)^(*)

Por J. ABRIL HURTADO (**)

RESUMEN

La zona estudiada se sitúa en el Borde Axial pirenaico sur, dentro del ámbito de los Pirineos Orientales, en el ángulo NW. de la provincia de Gerona (España). Se han considerado cinco formaciones dentro del complejo paleozoico axial, con lito y biofacies diferentes, pero pertenecientes, en rasgos generales, a la facies de "pizarras verdes" del metamorfismo regional. Se corresponden respectivamente con el Cámbrico (F. "Carabinero"), Ordovícico (F. "El Broi") Caradocense-Ashgillense (F. "La Boixeda"), Gotlandense (F. "Ritortell"), y Devónico (F. "La Creueta"). Se ha constatado la existencia de coladas volcánicas interestratificadas en el Ordovícico terminal no citadas, con anterioridad al presente trabajo, en la vertiente española de los Pirineos Orientales, y que constituyen el equivalente español más reciente de las "porphyrites des Aspres" de la vertiente francesa. Integrantes del Borde Axial sentido estricto, y correspondientes al Mesozoico, se han considerado dos formaciones: "Molí d'en Sorolla" (Permotriásico) y "Castell de Rocabrúna" (Garumnense). El Terciario está representado por las formaciones "Sagnari" (Ilerdense?) y "Corones" (Ypresense). Salvo el Permotriásico, de facies detrítica típicamente roja, las restantes formaciones del Borde Axial corresponden a sedimentos marinos epicontinentales, de facies carbonatadas, y frecuentes biohermos; coexisten aislados episodios de origen continental.

Dentro de las estructuras que afectan al conjunto paleozoico, destacan una importante discontinuidad entre el Cámbrico y el Ordovícico (en parte de edad probable caledoniana) y el cabalgamiento generalizado, en gran parte de la zona, del Paleozoico sobre las capas del Borde Axial sentido estricto (Permotrias y Garumnense). Dentro del Mesozoico se ha puesto de manifiesto la existencia de estructuras imbricadas, consecuencia de una intensa tectónica de compresión. Por último se ha hecho un estudio de la tectónica de gravedad que afecta, principalmente, a las formaciones terciarias.

RESUME

La zone est située dans la Bordure Axiel sud des Pyrénées Orientales (angle NW de la province de Gerone-Espagne). On a considéré cinq formations dans le complexe paléozoïque, appartenant, en general, a la facies de "schistes verts" du metamorphisme régional: "Carabinero" (Cambrien), "El Broi" (Ordovicien), "La Boixeda" (Caradoc-Ashgillien), "Ritortell" (Gotlandien) et La Creueta" (Dévonien). On a constaté l'existence des épisodes volcaniques interestratifiés dans la partie supérieure de l'Ordovicien, non cités avant ce travail dans le versant espagnol des Pyrénées Orientales, et qui doit correspondre avec les "porphyrites des Aspres" (Pyrénées françaises).

Dans le Mésozoïque on a différencié deux formations: "Molí d'en Sorolla" (Permotrias) et "Castell de Rocabrúna" (Garunnien). Le Tertiaire est représenté par les formations "Sagnari" (Ilerdien) et "Corones" (Ypresien). Sauf le Permotrias, de facies detrétique typiquement rouge, le Garunnien et Tertiaire sont essentiellement calcaireuses ou marneuses avec des intercalations locales detrétiques rouges.

Dans le Paléozoïque, la plus importante structure est la discontinuité entre le Cambrien et le Ordovicien, d'âge probable caledonien. Des phénomènes de chevauchement observés entre le Paléozoïque et les formations mésozoïques de la zone sont également importants. Le Mésozoïque, de son côté, comporte des parties aloctones ou, du moins, parautoctones, conséquences d'une tectonique de compression très notable. Finalement on fait l'étude de plusieurs structures de gravité affectant, surtout, au Tertiaire.

(*) Trabajo presentado en la Universidad de Granada como Tesis de licenciatura.

(**) Lcdo. Ciencias Geológicas. GEOTEHIC Ingenieros Consultores.

SUMMARY

The investigated area is located on the south Pyrenean Axial Border, within the so-called Pirineos Orientales (East Pyrenees) in the province of Gerona (Spain). Five formations have been considered in the paleozoic axial complex, with different litho-and biofacies. All these formations, however, may be included, on a general basis, in the "green schist facies" of the regional metamorphism. They have been dated as Cambrian (F. "Carabinero") Ordovician (F. "El Broi"), Caradoc-Ashgillian (F. "La Boixeda"), Gotlandian (F. "Ritortell") and Devonian (F. "La Creueta").

On the Spanish East Pyrenean versant, and corresponding to the top layers of the Upper Ordovician, several interstratified lava flows without reference in former publications, have been discovered. These lava flows are the most recent Spanish equivalent of the "Aspres porphyrites" of the French versant.

Two formations have been considered as included in the Axial Border, dated as Mesozoic: "Molí d'en Sorolla" (Permotrias) and "Castell de Rocabrúna" (Garunnian). The Tertiary is represented by the "Sagnari" (Ilerdian?) and "Corones" (Ypresian) formations. With exception of the Permotrias, of typical red detritic facies, the other Axial Border formations belong to epicontinental marine sediments, of carbonated facies and very often biohermic; some isolated strata of continental origin are also encountered.

Among the structural features of the paleozoic complex, it must be pointed out one important discontinuity between the Cambrian and Ordovician (partly of Caledonian age) and the generalized overthrust, on a great extension, upon the layers of the Axial Border (Permotrias and Garunnian). Some imbricated structures have been noticed in the Mesozoic, as produced by an intense compressive tectonic.

Finally, a study of the gravitational tectonic affecting the Tertiary formations has been carried out.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye esencialmente un estudio de Geología Regional sobre una parte del Borde Axial pirenaico, dentro del marco de los Pirineos Orientales.

El principal interés del mismo lo constituyen sus aspectos cartográfico y estructural, más que estratigráfico. Las diferentes litofacies y biofacies que integran la región están ya suficientemente definidas en las Tesis Doctorales de J. M. Fontboté y A. Estévez, y en otros trabajos anteriores. No existía, sin embargo, una cartografía detallada de esta zona, ni siquiera a escalas pequeñas. Desde el punto de vista estructural tampoco habían sido definidos y explicados, con anterioridad al presente trabajo, los rasgos generales y particulares de las estructuras que la afectan. Ello se debe, en parte, a la falta de continuidad de las mismas hacia el E y el W, por lo que hasta ahora habían pasado desapercibidas.

Desde el punto de vista petrográfico, y tras el estudio microscópico de unas cincuenta muestras, pertenecientes en su mayor parte al conjunto paleozoico, ha podido ponerse de manifiesto la existencia de coladas volcánicas interstratificadas en el tramo ordovícico terminal, totalmente inéditas en la zona.

También se han podido dar a conocer algunos yacimientos fósiles inéditos, tanto dentro del Paleozoico como en el Terciario.

Para llevar a cabo el presente trabajo hemos simultaneado el estudio detenido de los correspondientes fotogramas, a escala 1:30.000, con la geología de campo. La ubicación de las muestras recogidas y la observación de algunos rasgos estructurales de cierta envergadura han encontrado en el estudio detallado de las citadas fotografías aéreas su más eficaz apoyo. Es preciso indicar, asimismo, que el esquema planimétrico general de la zona estudiada ha sido confrontado con la cartografía actual disponible y corregido, en parte, con auxilio de las fotografías aéreas correspondientes.

No obstante, en el macizo hercínico de la Zona Axial, donde las formas fisiográficas son, a menudo, independientes de su estructura, muy poco se ha podido obtener de la fotografía aérea, precisando, por tanto, una mayor insistencia de campo.

De manera general aluden a la zona estudiada los trabajos de Jacob, Fallot, Astre, Ciry (5), Da-

CAPITULO I

LA ZONA ESTUDIADA DENTRO DEL CONJUNTO PIRENAICO. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área objeto de este estudio se halla situada en la vertiente sur del macizo pirenaico (ámbito de los Pirineos orientales) al NW de la provincia de Gerona y dentro de la comarca natural denominada La Garrotxa, entre Baget y el Riutort (cuenca del Ter). Su límite septentrional lo constituye el paralelo de Molló entre Riutort y Coll de Malrem (frontera francesa); mientras que el borde sur está identificado con el cauce del río Salarça, afluente del río Baget (cuenca del Fluviá). El Plano de Situación adjunto muestra, de manera esquemática, la ubicación y características geográficas de la zona.

Comprende el ángulo nororiental de la Hoja 256 (Ripoll) y parte de la 218 (Molló) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Orográfica e hidrográficamente participa de las culminaciones que delimitan las cuencas del Ter y del Fluviá, definidas por las alineaciones montañosas de Camprodón y Montfalgars, en la frontera francesa.

Los puntos más elevados se ubican en el macizo de Sant Bernabé (sector NW) con los vértices Carabinero (1.361 m) y Roc de l'Aliga (1.355 m). Los de cota más baja están situados en el ángulo SE (cauce del río Salarça) con 500 m. de altitud media sobre el nivel del mar.

Los cauces correspondientes a la cuenca hidrográfica del Ter (Riutort, Ritortell, Tte. de la Boixeda y sus numerosos torrentes tributarios, de corto recorrido, cruzan el ángulo NW de la zona con dirección sensible NE-SW. Por el contrario, los correspondientes a la cuenca hidrográfica del Fluviá (río Llierca y sus tributarios río Baget, Salarça, Rocabrúna, etc.) adoptan una distribución más irregular, convergente hacia el ángulo SE del área estudiada.

Presenta forma groseramente rectangular, con dimensión máxima E-W, para mejor seguir la dirección general de las estructuras (NE-SW) en esta región.

Los accesos principales están representados por las carreteras comarcales 151 de Barcelona a la frontera francesa por Camprodón y Coll d'Ares, que bordea a la zona por su ángulo NW, y el camino vecinal a Rocabrúna y Baget, que parte de dicha carretera (en el punto donde se une el to-

lóni (2) y Ashauer (1), todos ellos llevados a cabo en fecha anterior a 1940. De época más reciente son los trabajos de Llopis (6), Ríos Almela y Garrido (8), Goguel (3), Fontboté (comunicaciones verbales) y la síntesis geológica realizada por la Société Géologique de France, en su "Reunion extraordinaire dans les Pyrénées Orientales" (1959) (7). Ha merecido nuestra atención especial la bibliografía correspondiente a las obras 1 y 7, dadas la extensión y carácter de las mismas en relación con el objeto primordial de nuestro estudio, así como algunos de los trabajos de Fontboté a través de comunicaciones verbales al autor.

Deseo aquí manifestar mi gratitud por su valiosa ayuda en la realización del presente trabajo al Prof. Dr. D. José M. Fontboté, a quien debo, además, mi iniciación en los métodos de investigación geológica, conjuntamente con la profesora doctora doña Asunción Linares, a la que agradezco, asimismo, la orientación paleontológica de algunas de las muestras recogidas.

Igualmente deseo expresar mi agradecimiento a A. Estévez, entrañable amigo y compañero, autor de la Tesis Doctoral citada, a quien debo numerosas indicaciones sobre la caracterización de facies en la región y con quien he abordado conjuntamente sobre el terreno muchos de los problemas litológicos y estructurales de la zona. Sus indicaciones sobre las facies metamórficas de la región me han sido muy valiosas para completar el conocimiento de las formaciones cambro-silúricas fundamentalmente.

Me complace también hacer constar mi agradecimiento a D. Amado Cueto (Labor. de Petrología del Inst. Geológico y Minero de España) por su eficaz colaboración en el detallado estudio microscópico de las muestras recogidas y la confección de las microfotografías correspondientes.

Del mismo modo agradezco su colaboración a D. Manuel Martín Carpena (Laboratorio de la Sección de C. Geológicas de Granada), autor de las láminas delgadas de todas las muestras recogidas.

rente de la Boixeda al Riutort), para morir en Baget.

El clima es típicamente pirenaico con inviernos crudos y prolongados y veranos frescos y cortos en general. Gran parte de la precipitación media anual (1.100 mm) se realiza en forma de nieve, que en los puntos más altos se hace persistente desde octubre hasta mayo del siguiente año. Las precipitaciones máximas ocurren en la época estival (junio-agosto), aunque la mayor proporción de días lluviosos corresponde al resto de las estaciones.

No existen núcleos de población importantes dentro de la zona estudiada, pero toda la campiña, particularmente en el inclinado valle de Rocabrana, está sembrada de caseríos (mansos) dedicados en forma extensiva a la ganadería y agricultura, de las que son productos importantes el ganado vacuno y la patata, respectivamente.

La vegetación de montaña se compone de formas arbóreas (abedules, cerezos silvestres, hayas, arces, fresnos, avellanos, alisos y robles) que alcanzan altura y frondosidad notables, sobre todo en las umbrías. Acompaña a estas arboledas un tupido sotobosque de helechos y retamas que las hacen intransitables a menudo.

LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA.

ESQUEMA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN

La Zona Axial en esta región se halla constituida, en su mayor parte, por materiales paleozoicos (y posiblemente precámbricos). Contiene todos los términos conocidos en el Pirineo Oriental, desde el Cámbrico y/o Precámbrico hasta el Pérmico, aunque la presencia de fósiles controla, al parecer únicamente, los tramos correspondientes al Ordovícico superior, Gotlandense, Devónico y Carbonífero. La dirección estructural predominante es E-W, con algunas variaciones locales que llegan a alcanzar la WNW-ESE (SE de Molló).

Sobre este conjunto antiguo axial se apoya discordante la cobertera mesozoico-terciaria, integrada por los términos correspondientes al Permotriásico, Garumnense y Paleoceno. Dentro de la Zona Axial son frecuentes los despegues del Devónico sobre las pizarras carbonosas silúricas (Gotlandense), esencialmente plásticas.

La zona estudiada se halla comprendida en el llamado Borde Axial pirenaico sur, caracterizado por la presencia constante del contacto entre los mate-

riales del núcleo (Paleozoico) y la cobertera mesozoico-terciaria. Dicho Borde presenta características litológicas y estructurales diversas a lo largo del Pirineo, siendo la relación tectónica entre el núcleo y la cobertera localmente muy compleja ya que al proceso tectónico hercínico (y posiblemente caledoniano en parte) que afecta al Paleozoico, se añade el debido a los movimientos alpinos que afecta a zócalo y cobertera. La complejidad se incrementa asimismo con la presencia de fenómenos locales mixtos de corrimiento lateral y deslizamiento, y otros causados por tectónica de gravedad exclusivamente.

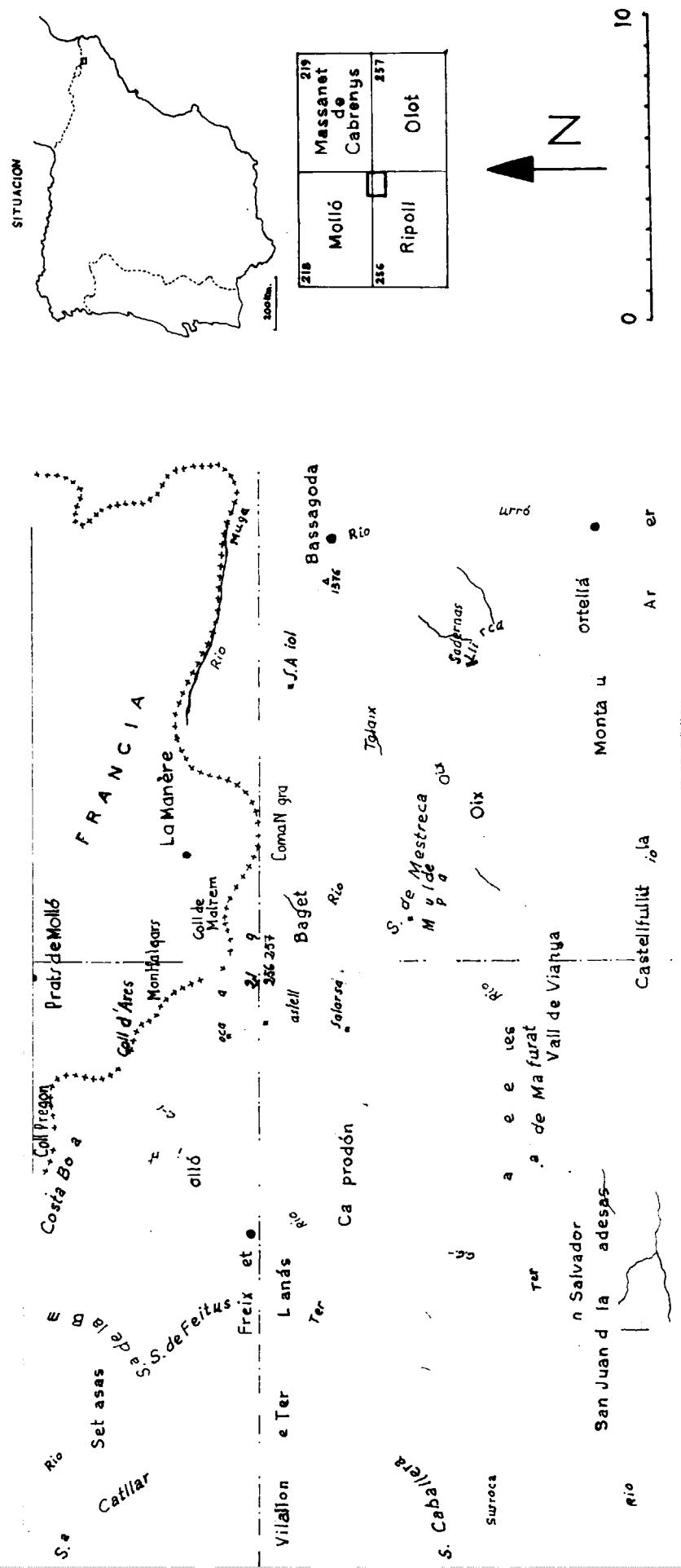
Desde el punto de vista estructural, el Pirineo aparece como un conjunto simétrico con un núcleo hercínico, una cobertera mesozoica y cubetas marginales terciarias de dirección grosera E-W. Dentro de esta simetría cabe indicar la dispar evolución tectónica de las zonas marginales nor y sur-pirenaica. La primera se halla separada de la Zona Axial, por una serie de importantes fallas, de orientación longitudinal (WNW-ESE) en su mayor parte, y se caracteriza por la presencia de varios núcleos paleozoicos escalonados (macizos satélites) rodeados de rocas mesozoicas plegadas, en gradual descenso hasta la plataforma de Aquitania. La surpirenaica se halla en contacto directo con la Zona Axial, sin grandes fallas ni macizos satélites y presentando abundantes, aunque locales, mantos de deslizamiento que descienden hasta la cubeta marginal meridional, cubierta en parte por Neógeno no plegado.

El plano adjunto (anexo) representa un esquema geológico a escala 1:100.000 de la zona estudiada en el marco regional pirenaico.

El plegamiento principal del geosinclinal paleozoico que dio origen al macizo pirenaico debió comenzar en el Devónico superior, alcanzando su máxima intensidad en el Carbonífero medio, y quedando definida así un área central total o parcialmente emergida y las cubetas marginales que serían receptáculo de los materiales procedentes de la denudación de aquella. El carácter de tales cubetas era más bien de plataforma epicontinental que de verdaderos geosinclinales, como se deduce de la naturaleza y potencia de las series depositadas en ellas. La directriz tectónica era E-W.

El ciclo orogénico alpino está representado en el Pirineo por dos fases principales: la ocurrida entre el Cretáceo inferior y el superior (f. cretácea) y la postluteciense (f. pirenaica).

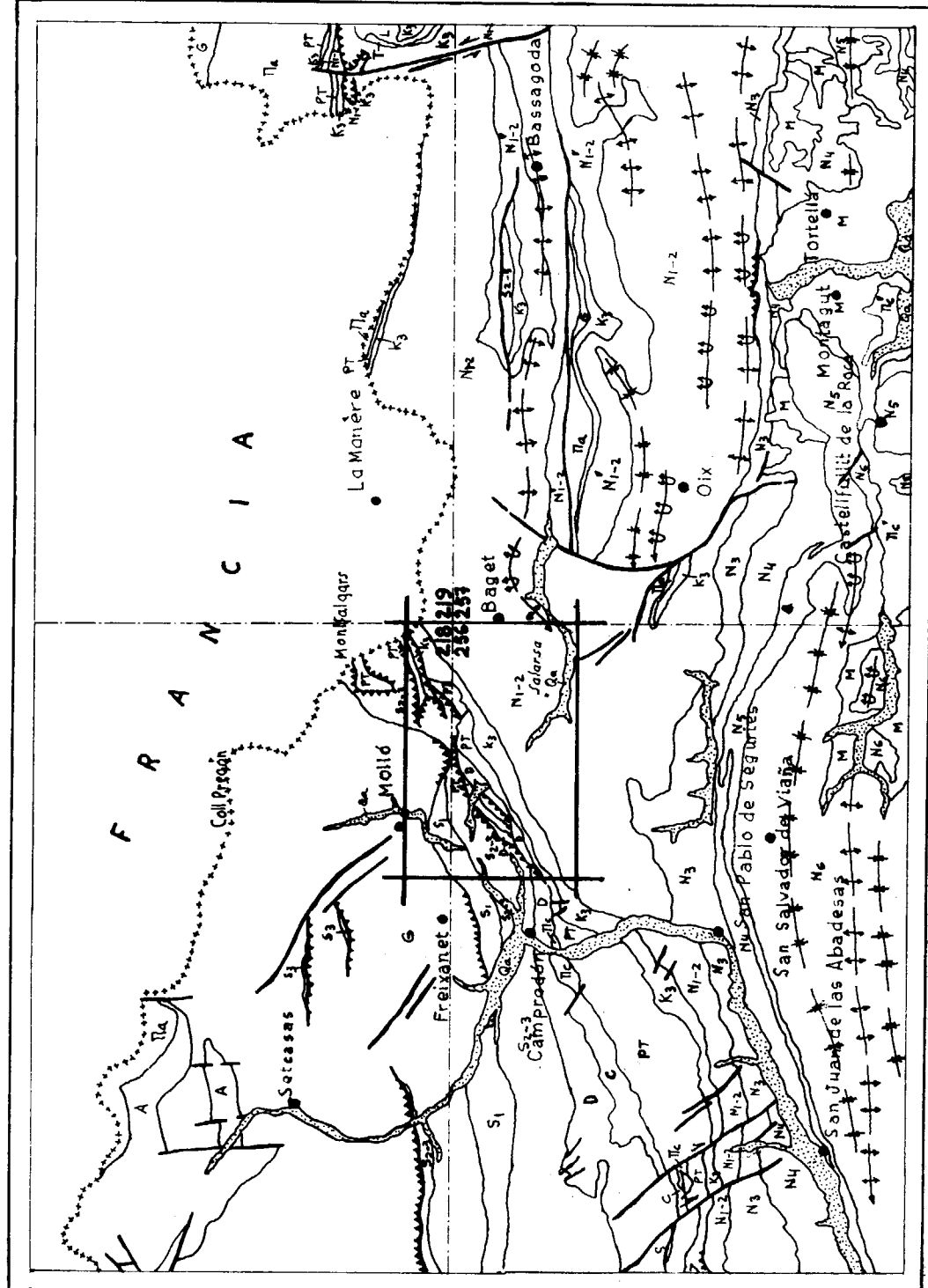
Durante la primera se acentuó la emersión de la zona axial, adquiriendo ya definitivamente su ca-



Esquema geográfico de la región y situación de la zona estudiada.

LEYENDA

- Ga Aluvial
 - M Mio-Plioceno
 - N6 Tramo detrítico rojo
 - N5 "Vallfogona superior"
 - N4 "Vallfogona inferior"
 - N3 "Armancies"
 - Ni-3 "Saqrari"
 - K3 Garumnense y/o Cret. superior
 - PT Permianésico
 - C Carbonífero
 - D Devónico
 - Sz-3 Ashgillo-Gotlandense?
 - S "Lujols" (Ordovicense)
 - G "Canavelles" (Cámbrico).
 - A Gneis
 - Tc' Rocas volcánicas básicas
 - Tc Rocas volcánicas ácidas
 - Tla Granito
-



Esquema geológico de la región.

rácter de geanticlinal. Afecta sobre todo al área norpirenaica, provocando el rejuvenecimiento de esta zona de falla que sufrió diversas intrusiones de rocas endógenas y fenómenos de metasomatismo, patentes ya en las calizas del Cretáceo inferior. La directriz tectónica es subparalela a la hercínica, con marcada tendencia a la WNW-ESE. Al final del período estaba construido el núcleo montañoso de la Zona Axial, adosado al cual aparecían los materiales mesozoicos plegados y dislocados, bordeado de las cubetas marginales desplazadas progresivamente al norte y al sur de dicho núcleo.

La fase pirenaica afectó, principalmente, a las cubetas de la fase anterior. Elevó el borde sur de la norpirenaica, con pliegues estrechos y de gran longitud, acompañados de cabalgamientos, y comprimió intensamente el área mesozoica meridional, provocando la formación de numerosos mantos de gravedad que resbalan desde la elevada Zona Axial.

Después tuvo lugar un largo período de denudación y arrasamiento del macizo pirenaico hasta el Mioceno y Plioceno en que de nuevo se elevó de manera discontinua, alcanzando su actual posición.

complejo axial ,atribuido al Permotrias, de naturaleza esencialmente limo-arcillosa y silíceo, con ausencia de carbonatos; el tramo garumnense, alternancias de episodios detríticos rojos y calizas francos; el tramo terciario abarca un conjunto heterogéneo de materiales, en los que aparece una importante fracción margosa y margocaliza como denominador común; completan el tramo paquetes calizas diversos, biohéricos a veces, y episodios continentales rojos.

Por último cabe considerar los terrenos postorogénicos cuaternarios que, con potencia y extensión muy irregular, recubren sólo localmente a los anteriores. Su naturaleza es diversa, predominando los materiales detríticos rodados en los valles fluviales y los acúmulos limosos con cantos angulosos en los coluviones y suelos eluviales.

Dada la escasez de argumentos paleontológicos decisivos en los materiales del Paleozoico, la división estratigráfica se ha llevado a cabo, casi exclusivamente, según criterios litológicos, apoyados en parte en los antecedentes geológicos de la región.

Para la cobertera mesozoico-terciaria el problema de la ausencia de fauna determinativa es constante hasta llegar a los tramos del Eoceno basal, en donde se han podido llevar a cabo determinaciones más precisas en este y anteriores trabajos.

Por todo ello, y en rasgos generales, la cartografía realizada responde a una distribución horizontal y vertical de litofacies dentro del amplio marco de la estratigrafía pirenaica, más que a una sucesión de pisos cronoestratigráficamente determinados.

CAPITULO II

LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

GENERALIDADES

En el sector estudiado se hallan presentes: el complejo paleozoico axial y la cobertera mesozoico-terciaria.

La Zona Axial comprende el Paleozoico desde los tramos atribuidos al Cámbrico (formación "Carabinero" —Sierra de S. Bernabé y Carabinero en el borde norte de la zona) hasta los tramos calizas del Devónico— terminación NE de la Sierra Caballera, sierra de Campdrodón y de Navá.

Su naturaleza es esquistosa en general, exceptuando el Devónico, francamente calizo, y los aislados episodios carbonatados intracámbricos. Ocupa prácticamente la mitad NW del área estudiada

La cobertera mesozoico-terciaria se extiende por la mitad SE del sector, desde la alineación montañosa de Navá hasta los bordes S y E del mismo. Comprende: un tramo en contacto directo sobre el

A) COMPLEJO PALEOZOICO AXIAL

Ocupa la mitad NW del área estudiada con una extensión aproximada de 22 km.² Se caracteriza por una litofacies generalmente esquistosa, con aislados episodios carbonatados en la base. El grado de metamorfismo es cada vez menor de muro a techo, llegando a ser débil en los tramos finales (Gotlando-Devónico). Comprende desde el Cámbrico al Devónico, faltando totalmente los tramos correspondientes al Carbonífero, existentes no obstante al W, en numerosos puntos de la Zona Axial pirenaica W de Sant Antoni, Surroca, Ogassa, Taga, etc.).

Desde el punto de vista estructural integra el núcleo abombado de la cadena montañosa del Pirineo, elevada y plegada en primer lugar por los mo-

vimientos hercínicos (y probablemente caledonianos en parte). Los movimientos alpinos han contribuido a su fracturación, fundamentalmente, en grandes bloques más o menos dislocados. Constituye una serie monoclinial, a grandes rasgos, aunque en detalle presenta gran diversidad de rumbos y buzamientos tanto en superficies de estratificación como en las de esquistosidad, diaclasas, etc.

1. FORMACIÓN "CARABINERO"

Su nombre alude al vértice Carabinero (1.361 m) en cuyas proximidades se halla muy bien representada. Está integrada por esquistos de gran homogeneidad litológica, que incluyen extensos y potentes lentejones de mármoles de estructura y textura diversa. Los esquistos presentan colores verde oscuro y pardo, tienen grano fino a medio en general, y grado de metamorfismo variable (facies de esquistos verdes) pero mayor que el de las pizarras suprayacentes. A unos 250 m. al NE de Can Nic (Valle del Riutort) las muestras recogidas tienen composición de esquisto micáceo, con textura esquistosa franca. La esquistosidad de fractura ("cleavage") es poco patente a menudo en ellas, limitándose su presencia casi exclusivamente al techo de la formación. Sus componentes principales son cuarzo, biotita y clorita, con óxidos de Fe y opacos como elementos accesorios. Las muestras recogidas al E de la Roca de l'Aliga, tienen textura esquistosa y composición de esquisto sericítico en tránsito a filadio (filita), con cuarzo, sericita y moscovita como elementos principales y plagioclasa, turmalina, opacos y circón como accesorios. El incremento de metamorfismo en esta formación es siempre un hecho probado, en relación con los materiales suprayacentes, aunque dentro de ella, cabe separar diversos términos dentro siempre del metamorfismo regional.

Las intercalaciones calcáreas presentan potencia y estructura variable, desde lentejones de pequeña potencia (10 cm.) y gran extensión, hasta bancos potentes, masivos, más o menos tectonizados. Aparecen dos tipos fundamentales dentro de su naturaleza marmórea constante. A unos 100 m. al NW del Mas de La Boixeda, aparecen unos niveles de color miel y pardo, masivos, de textura granulosa (mármol sacaróide con venas de color rojo y mineralizaciones de Fe) que pasan lateralmente a mármoles y calizas marmóreas de grano fino y color gris ceniza, plateado, con bandas más claras de co-

lor blanco-crema y brillo céreo. Los primeros tienen menor proporción de carbonato cálcico en favor del magnésico, a la vez que presentan mayor proporción de sílice, rayan fácilmente el martillo). También muestran diseminadas impregnaciones de carbonato de Cu (malaquita y azurita). Todos estos rasgos podrían significar que la roca caliza originaria ha sufrido junto al proceso metamórfico estricto, procesos metasomáticos locales, tanto más intensos, cuanto más próximos se hallen a zonas de fractura importantes. Una muestra recogida en el Coll de La Boixeda, junto al camino de Rocabrúna tiene como componente esencial carbonato cálcico, y como accesorios cuarzo, óxidos de Fe y material arcilloso. Su textura es granoblástica. Son rocas intensamente recristalizadas.

La formación "Carabinero" presenta en el área estudiada una estructura cupuliforme que dificulta la observación de su potencia, aunque se estima superior a los 1.000 m. Litológicamente es asimilable a la formación "Canavelles" (CAVET, 1957), descrita por otros autores (FONTBOTE) en regiones situadas más al W. Su edad debe ser Cámbrico s.l.

2. FORMACIÓN "EL BROI"

Ha sido descrita al W del Mas "El Broi", cerca del valle del Riutort, extendiéndose su afloramiento desde dicho río hasta el Coll de La Boixeda. Se halla integrada por areniscas y esquistos sericíticos de bajo grado de metamorfismo, caracterizados por la presencia constante de un fino listado blanco y gris verdoso alternante, con elementos estratiformes de 0,5 a 2-3 mm. de espesor. Las bandas claras son francamente silíceas, de grano más grueso (a manera de micropudingas), como se han descrito por la Soc. Géol. de France (en su "Réunion Extraordinaire dans le Pyrénées Orientales", 1959). Las muestras recogidas y el estudio microscópico realizado ponen de manifiesto que se trata en general de rocas semiesquistosas, como elementos de transición metamórfica entre una arenisca de grano fino y un esquistos franco. Esta posición intermedia litológica y texturalmente, implica la existencia real en la formación de tramos areniscosos francos (Clot dels Vilars) y tramos esquistosos. Las areniscas contienen como elemento principal cuarzo (granos más o menos redondeados) cementado por carbonato, sílice y sericita. Los niveles esquistosos están formados por sericita, moscovita y carbonatos como elementos principales y turmalina, opacos y óxidos de Fe como accesorios. La textura de las areniscas es gra-

noblástica, mientras que la de éstos es esquistosa, con "clavage" de fractura neto (véanse fotos adjuntas).

Existen varios episodios cuarcitosos intercalados, de color rosa o gris perla y grano fino en general, con una potencia que oscila entre 0,5 y 1,5 m.

Esta formación presenta en la zona estudiada una potencia máxima de 1.000 m. aunque en regiones situadas al W puede alcanzar 1.500 ó 2.000 m. Corresponde en líneas generales a la formación "Jujols" y "Planolas" de las litofacies pirenaicas descritas por Fontboté y otros autores. Su edad es Ordovicense inf. y medio probable.

3. FORMACIÓN "LA BOIXEDA"

Es la mejor representada dentro del ámbito paleozoico estudiado. Ha sido descrita en dos cortes principales, situados respectivamente en el Coll de La Boixeda y Clot dels Vilars, aunque algunas características importantes han sido observadas en otros puntos aislados dentro de su extenso afloramiento. Así, por ejemplo, a unos 350 m. al S. de Rocabrúna, en el camino del Molí d'en Sorolla, aparece mejor representada la fauna del tramo, con auténticas lumaquelas de restos fósiles aunque totalmente limonitizados.

Esta formación está integrada por una litofacies fundamentalmente filitosa-areniscosa. Ha sido denominada por la Soc. Geol. de France, facies de "esquistos perforados" ("schistes troués"), denominación que alude a su textura oquerosa. Tales huecos, rellenos parcialmente por limonita, corresponden en general a restos fósiles, como ha podido ponerse de manifiesto con las numerosas muestras estudiadas al binocular. Todos ellos muestran vestigios de simetría bilateral o radial. Sin embargo, este carácter oqueroso no es, en absoluto, general en la formación, sino más bien de algunos tramos localizados, sobre todo, en la parte alta de la misma (Les Assuques, C. Planés y Tte. de Rocabrúna). Contienen localmente ciertas impregnaciones de carbonatos de Cu.

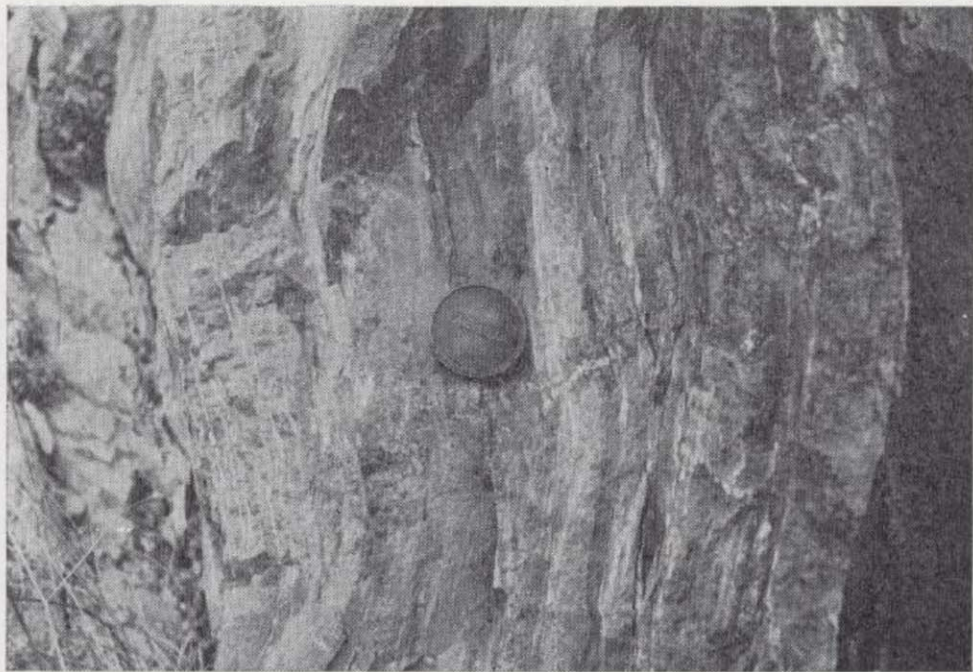
Comienza por unos paquetes lutíticos de textura algo más basta que los de la formación infrayacente, en los que alternan láminas pizarrosas y areniscas de pequeña potencia (1-3 mm). Siguen niveles cada vez más groseros texturalmente, constituyendo areniscas y grauwacas de color verde o gris pardo (a veces versicolores) con algunas intercalaciones de conglomerados cuarcosos, cuyos cantos

llegan a alcanzar los 15-20 cm. de diámetro (Els Vilars y Puente de Rocabrúna, en la unión del Tte. de La Boixeda con el Riutort). Son rocas heterométricas y poligénicas de trama cerrada, canto silíceo y/o pizarroso, y matriz arcillosa, que alternan con horizontes lutíticos y de textura muy fina, en secuencia irregular de estratos de uno a varios metros de espesor. Al NE de Can Pujol hemos hallado excepcionalmente un canto de corneana en estos conglomerados, que recuerda a las corneanas manchadas de la cabecera del Tte. de Planolas (Sierra Extremera) pertenecientes probablemente al Cámbrico. No alcanzan aquí la potencia y grado de diagénesis que presentan en otros puntos del Pirineo Oriental (Collada de Tosas, La Molina y carretera de Ribas de Fresser a Pardinás, por ejemplo). Los tramos areniscosos y conglomeráticos pasan, sin solución de continuidad en Les Assuques, a los niveles oquerosos fosilíferos aludidos al principio, sin perder su naturaleza detritica, silícea y/o silicatada. Sólo el yacimiento fosilífero del camino que baja de Rocabrúna al Molí d'en Sorolla está integrado por pizarras algo margosas (dan leve burbujeo con CIH en caliente).

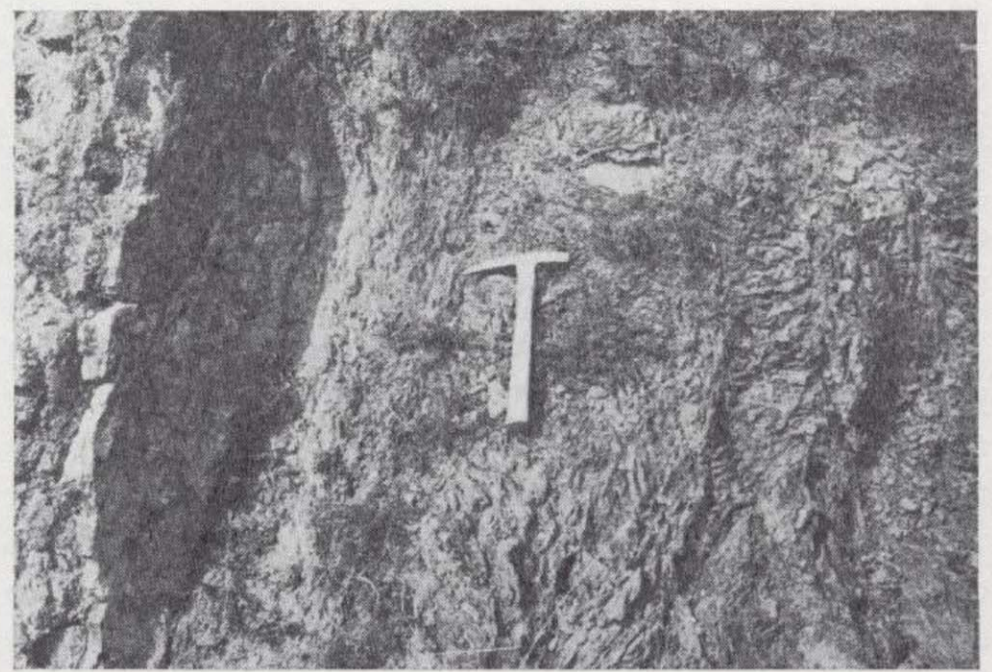
Los fósiles encontrados, aunque extraordinariamente abundantes, no son determinables. Se trata de una rica fauna de Braquiópodos, Briozoos, Estromatopóridos, Espongiarios, Cistídeos, y probablemente restos de Trilobites enrollados, totalmente limonitizada y vaciada, quedando sólo moldes más o menos deformados.

En esta formación (cortes del Clot dels Vilars y Tte. de Rocabrúna) hemos encontrado interestratificados delgados episodios volcánicos de naturaleza andesítica, en general, parcialmente alterada (cloritizada). La existencia de rocas volcánicas interestratificadas en esta formación de edad probable Ordovícico superior (Caradocense-Ashgillense), era inédita hasta ahora en la vertiente española de los Pirineos Orientales. Con este hallazgo, se amplía en el tiempo la actividad volcánica de tipo andesítico, correspondiente al Ordovícico inferior y medio, descrita en la formación "Jujols" por la Soc. Géol. de Francia ("porfirita de los Aspres") (1). Las muestras estudiadas presentan fenocristales de plagioclasa (tipo andesina) maclados polisintética-

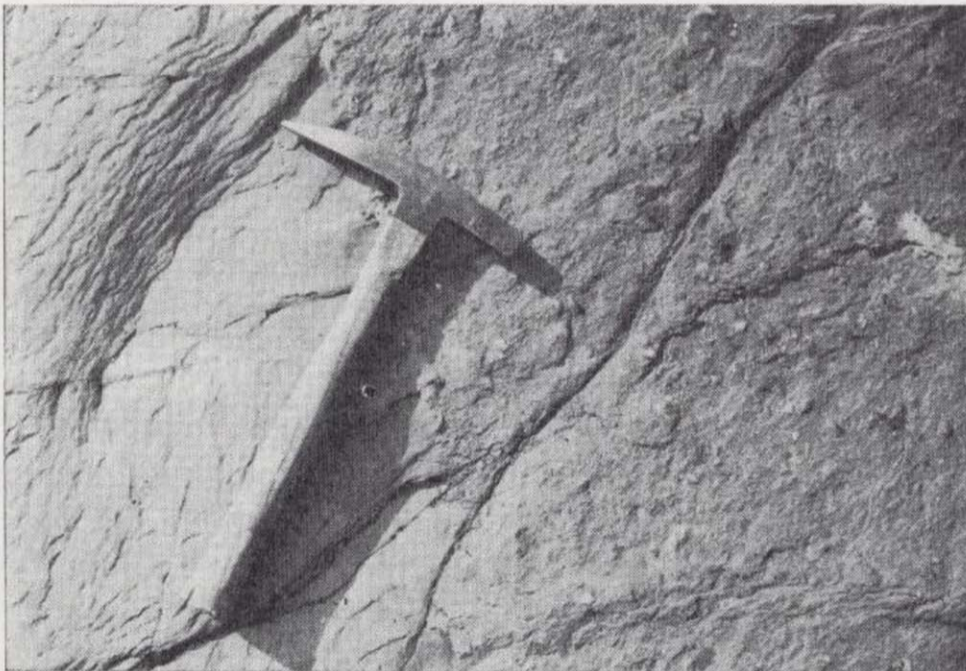
(1) La existencia de estos episodios volcánicos interestratificados apoya la idea de la existencia de una fase tectónica en el geosinclinal caledoniano, al final del Ordovícico. Por otra parte, las facies flyschoides de la formación "Broi" sugiere asimismo algún movimiento caledoniano.



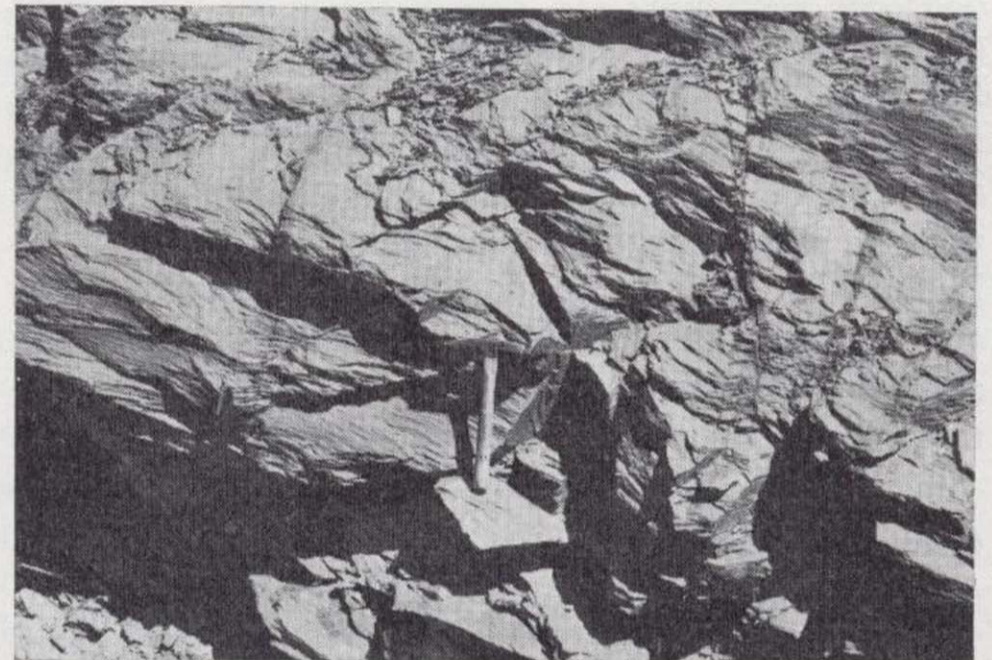
Esquistos de "Carabinero" (Bco. de Molló).



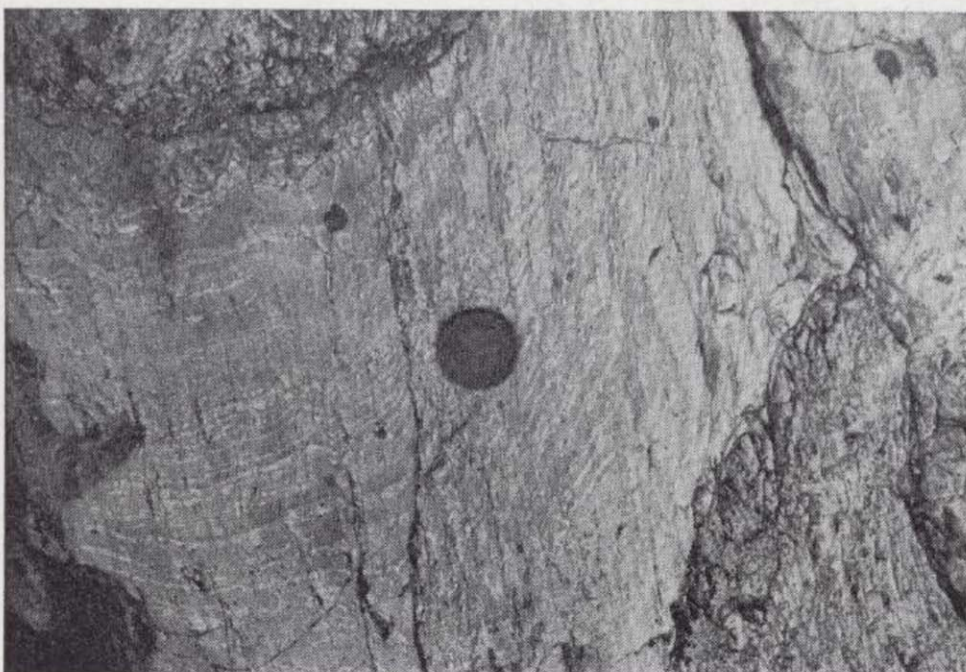
Contacto mecánico de Permotrias y Paleozoico de Rocabruna.



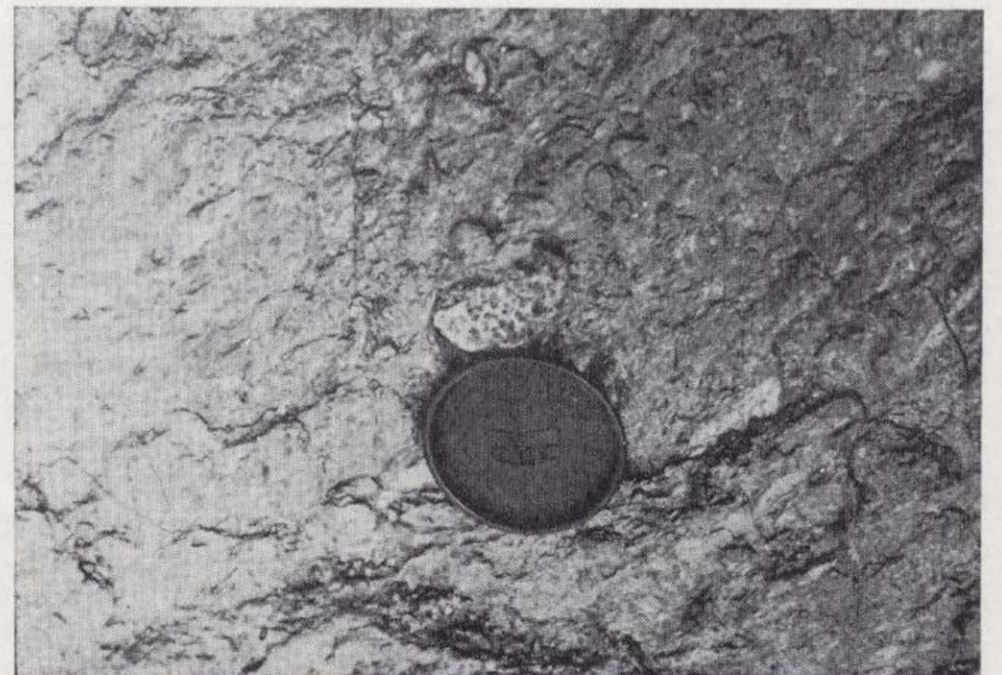
Ashgillense, Puente de Rocabruna.



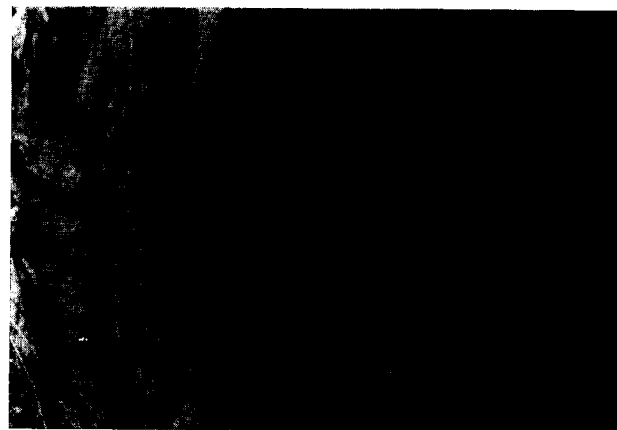
Pizarras del Torrente de la Boixeda.



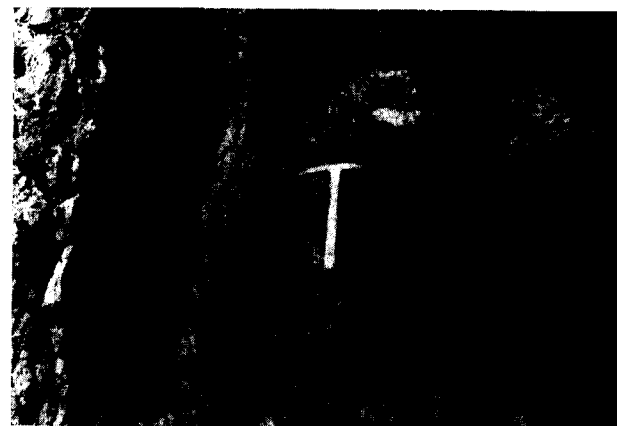
Esquistos bandeados de "El Broi" (Riutort).



Conglomerado ashgillense (Cra. Baget).



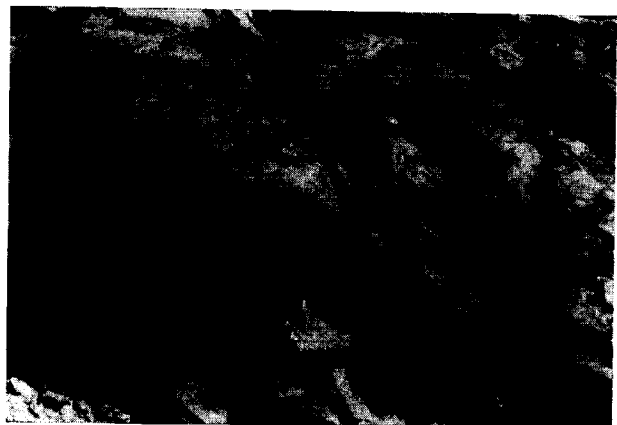
Esquistos de "Carabinero" (Bco. de Molló).



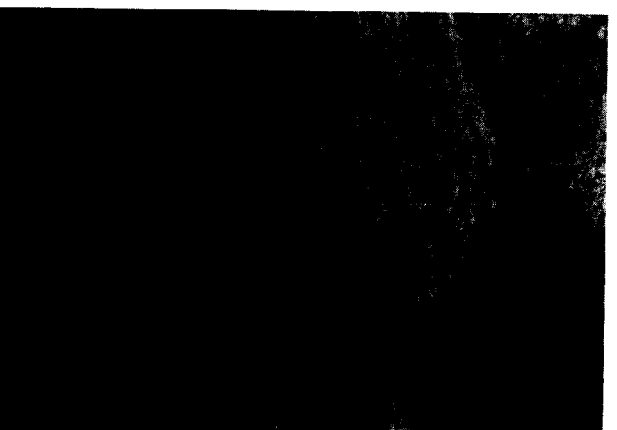
Contacto mecánico de Permotrias y Paleozoico de Rocabruna.



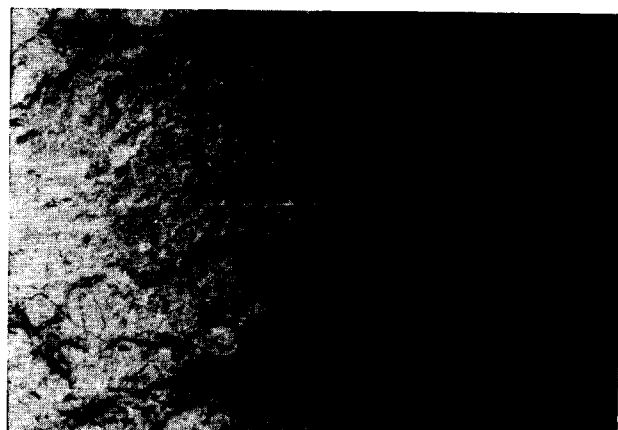
Ashgillense, Puente de Rocabruna.



Pizarras del Torrente de la Boixeda.



Esquistos bandeados de "El Broi" (Riutort).



Conglomerado ashgillense (Cra. Baget).

mente, dentro de una matriz integrada por microlitos de plagioclasa y clorita. Los elementos melano-cratas se han transformado en gran parte en clorita (propilitización). Este fenómeno se debe, principalmente, a la acción de soluciones hidrotermales sobre piroxenos, anfíboles, biotita, etc., produciendo clorita, epidota, calcita, albita, feld-K etc. (con un necesario aporte de SiO_2 , si no existía cuarzo libre en la roca).

Las muestras recogidas en el corte del Riutort (al W de Casanova de la Batllia) presentan cuarzo como componente principal (fracción detrítica) en granos de 0,2 mm. y forma subangulosa a subredondeada. Componentes accesorios son la plagioclasa, turmalina y moscovita. Acompaña a la fracción detrítica una matriz de cuarzo autígeno y un cemento integrado por carbonato y sericita. Textura clástica con agregados cristaloblásticos de cuarzo con extinción ondulatoria. Son rocas de grado de diagenesis avanzado, caracterizado por abundantes sobrecrecimientos silíceos, notable proporción de feldspatos sustituidos por agregados micáceos y contactos "saturados" entre el cemento químico y la fracción detrítica.

A unos 250 m. al SW del Mas El Querol, una muestra recogida presenta composición de grauwaca con textura clástica, integrada por cuarzo y sericita esencialmente, a los que acompañan plagioclasas, clorita, óxidos de Fe y opacos como elementos accesorios. Son, pues, areniscas inmaduras con matriz muy rica en material arcilloso. De acuerdo con los cortes geológicos levantados, la potencia de esta formación oscila entre 1.000 y 1.600 m.

En la culminación de Les Assuques, donde la formación presenta huecos biogénicos frecuentes, las muestras recogidas tienen sericita, cuarzo y clorita como elementos principales; clorita pseudomórfica de otras micas como secundarios, y biotita, opacos y óxidos de Fe como accesorios. Tienen textura pizarrosa en general, salvo en los niveles más francamente areniscos. Corresponden a la subfacies de la "moscovita-clorita" de la facies de "esquistos verdes" del metamorfismo regional, con temperaturas inferiores a 250° y presiones del orden de 2.500 atm. Si la biotita encontrada fuese de origen detrítico, esta facies correspondería a un grado más bajo de metamorfismo y estaría plenamente de acuerdo con la secuencia metamórfica de la región.

4. FORMACIÓN "RITORTELL"

Se halla bien representada en el cauce del Ritor-tell, donde han sido mejor observados los rasgos que la caracterizan. Se trata de un paquete esencialmente lutítico, pizarroso carbonoso, de color negro, que incluye nódulos y aislados lentejones de calizas negras o gris-plomo, recorridas por venillas blancas de calcita de trazado dudoso. Hacia el techo se hacen más frecuentes los episodios calcáreos llegando a constituir extensos aunque delgados horizontes, alternados con arcillas y margas marrones de tinte violáceo, plagadas de tallos de crinoides y trozos de Orthóceras deformados.

En el camino de Rocabruna, cerca del Coll de La Boixeda, aparecen los niveles más altos de la formación, que presentan colores brillantes, violáceos, verdes y gris ceniza, este último parece producirse por oxidación de los materiales más grafitosos. (Observaciones semejantes hemos tenido ocasión de hacer en el Turó de la Rubira, monte anejo a la alineación montañosa del Tibidabo donde, sorprendentemente, se repiten las lito-facies encontradas a lo largo del Pirineo Oriental, a pesar de su distancia al mismo y pertenecer ya al ámbito de los Catalánides, de historia geológica y evolución tectónica diferentes a las de aquél). No se ha hallado fauna en las muestras levigadas.

El torrente de La Boixeda proporciona varios cortes de la formación que estudiamos. En todos ellos las rocas son pizarras negras hojosas, bastante fisibles y diaclasadas, con abundante piritita diseminada y nódulos calcáreos parcialmente decalcificados y limonitizados, que constituyen a veces a modo de panes, de 25 a 30 cm. de diámetro y 10-15 centímetros de altura, con estructura interna septariforme (véanse fotografías). También han sido hallados en ella cuerpos nodulares de estructura similar y naturaleza piritosa.

En la Font del Bou (borde occidental de la zona) las rocas presenta una textura más basta y naturaleza areniscosa, con disyunción irregular y denso diaclasado. Son rocas igualmente negras o negruzcas asimilables a las descritas en el Tte. de La Boixeda.

La fauna hallada está esencialmente constituida por crinoides, de los que hemos podido recoger largos tallos y nudos completos, bastante bien conservados. También son frecuentes pequeños bivalvos de ornamentación concéntrica, no clasificables en general, y restos de Orthóceras de hasta 12 cm. de longitud, con las cámaras más o menos deformadas.

Es difícil evaluar la potencia total de esta formación en nuestra zona, ya que todos sus afloramientos acusan la presencia de fenómenos tectónicos importantes (cabalgamientos y otras fracturas) que pueden contraer o duplicar la serie. En cualquier caso puede estimarse superior al centenar de metros. Su edad probable es Gotlandense.

5. FORMACIÓN "LA CREUETA"

Ha sido descrita junto al Coll de la Creueta, en el extremo oeste de la principal alineación montañosa de la zona (Creueta, Navá, Els Nou Sants). Está formada esencialmente por calizas bien estratificadas en horizontes de potencia variable entre pocos decímetros y 1,5 metros. En la base alternan lechos calizos amarillentos con otros margo-arcillosos de tonos oscuros, haciéndose cada vez más calcárea hacia el techo.

El Serrat de Navá (al SW del Coll de La Boixeda) muestra en conjunto los tramos inferior y medio de la formación. Un corte por Font Grifeu, desde el camino de Rocobruna hasta Tte. de la Quera, pone de manifiesto la sucesión litológica indicada al principio. En la cima del Serrat aparece el tramo medio, con calizas (y eventualmente dolomías) de color gris-amarillento en superficies meteorizadas y gris manchado, de tinte violáceo, en corte fresco.

Las muestras recogidas contienen esencialmente carbonato cálcico (y/o magnésico) como elemento principal (85 por 100) y cuarzo, sericita, arcilla, óxidos de Fe y opacos como elementos accesorios. Su textura es pelítica (micrítica y/o sublitográfica) cruzada por abundantes vetillas blancas de calcita de neoformación.

En el Coll de la Creueta afloran extensos paquetes calizos de color gris-morado (amarillento por meteorización), nodulosos, con curiosas estructuras internodulares, a modo de madejas y entramados marrones o rojizos irregulares, constituidos por una mezcla de carbonatos, descalcificados en parte, material arcilloso y óxidos de Fe. Los nódulos alcanzan un diámetro medio de varios centímetros; su forma es aplanada con su máxima dimensión orientada paralelamente a la estratificación, a modo de lentejones paralelos y colocados al tresbolillo. En áreas en donde la descalcificación del tramo ha sido más intensa (pista militar de Castellar de Nuch a la Collada de Tosas, por ejemplo) este entramado arcilloso-ferruginoso confiere a la roca aspecto carniolide, cavernoso, muy característico. Se trata de

las facies "griotte" de calizas manchadas, ricas en conchas de Goniatites y Orthóceras. Su carstificación es notable, como ponen de manifiesto las numerosas cavernas observadas (la Balma dels Encantats es buena muestra de todo ello).

La fauna es abundante, sobre todo en la base y la cima de la formación, aunque no se halla bien conservada en general. Los crinoides son, al parecer, exclusivos de los paquetes basales (se han hallado siempre cerca del contacto con las pizarras carbonosas de la formación infrayacente). Por el contrario, los restos de Orthóceras se hallan repartidos por todo el afloramiento, de techo a muro, desde el Gotlandense hasta las últimas capas calizas de la formación. Las conchas de Goniatites han sido halladas sólo en la litofacies descrita en el Coll de la Creueta.

El espesor total de la formación en la zona estudiada se estima alrededor de los 300 m. Su edad es, probablemente, Devónico.

B) BORDE AXIAL PIRENAICO

Comprende un conjunto estratigráfico que abarca desde los últimos niveles del Devónico s. I. hasta el Eoceno medio. Se divide en dos series netamente diferentes: Mesozoico y Terciario, integradas a su vez por distintas formaciones cuyo estudio se hace a continuación. Ocupa la mitad SE del sector estudiado.

I. SERIE MESOZOICA

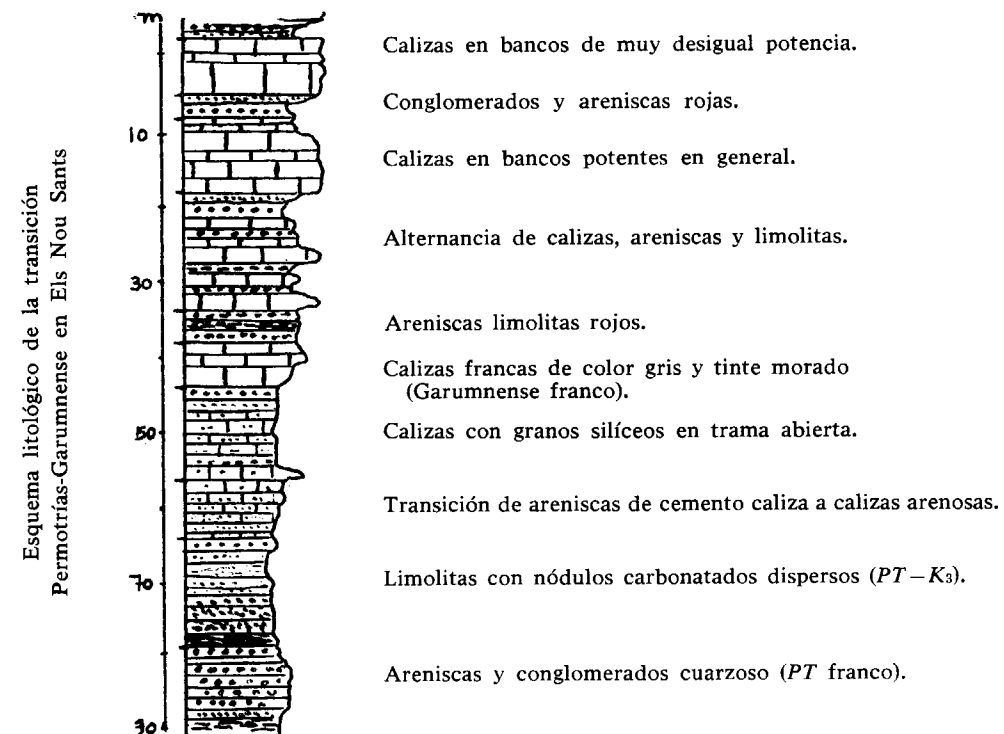
1. FORMACIÓN "MOLI D'EN SOROLLA"

Se halla extensamente representada en el valle de Rocabruna y particularmente bien en la alineación Els Nou Sants-Els Esquels-Tte. de Rocabruna, en cuyas proximidades se halla el Molí d'en Sorolla, que le da nombre. Está integrada por una monótona alternancia de limolitas, areniscas y conglomerados de trama silíceo con matriz arcilloso-limosa en general, y color rojo vinoso a morado negruzco (eventualmente blanco por emigración de los óxidos de Fe que impregnan el conjunto). Se caracteriza por la ausencia total de carbonatos, carácter que se ha tomado como determinativo de la formación, para distinguirla de los tramos suprayacentes atribuidos ya al Garumnense (de acuer-

do con Ashauer, 1934). La potencia de las capas oscila entre algunos decímetros y 1 m.

La mayor parte de las rocas detríticas que constituyen la presente formación tienen una notable madurez textural y litológica. No obstante, se han recogido, y estudiado al microscopio, muestras de areniscas inmaduras (grauwacas), en las que los componentes fundamentales son cuarzo, feldespato po-

Al techo, la serie pasa sin solución de continuidad a la formación garumnense, enriqueciéndose en carbonatos, primero en forma de limos margosos rojos (efervescen al ácido), después diferenciándose cuerpos nodulares calizos en ellos (probablemente debidos a algas calcáreas incrustantes), y finalmente apareciendo lechos calizos grises más o menos cargados de granos silíceos.



tásico, plagioclasa, arcilla y sericita; como accesorios figuran óxidos de Fe, circón y fragmentos de rocas pizarrosas. La matriz contiene sericita, minerales arcillosos y cuarzo. Su textura es granoblástica y/o microbréctica en general, con cantos subangulosos o de bajo índice de esfericidad y calibre malo o incipiente.

A veces hemos hallado en esta facies las areniscas decoloradas (caso de las canteras del camino del Castell —S de Rocabruna—). Se trata de rocas litológica y texturalmente equivalentes a las anteriores, que han sufrido un lavado profundo con emigración casi completa de los óxidos de Fe, por lo que afloran como arenas y areniscas blanquecinas, algo menos cementadas que aquéllas. Esta decoloración va a menudo asociada a fenómenos tectónicos importantes.

Se estima en unos 150 m. el espesor total de la formación en el área estudiada. Se atribuye al Permotriásico. No han sido observados aquí los episodios volcánicos que existen interestratificados en las capas basales de la formación permotriásica en otros puntos del Pirineo Oriental (Cra. de Camprodón, NE de Surroca, S del vértice Taga).

2. FORMACIÓN "CASTILLO DE ROCABRUNA"

Ha sido descrita en dos cortes principales: Coll dels Nou Sants y cerro del Castillo de Rocabruna. En ambos se muestra un tramo basal de transición a la formación permotriásica infrayacente, integrado por la alternancia de calizas arenosas grises con limos rojos y areniscas, en todo semejantes a las de

aquella. El tramo superior constituye un grueso paquete calizo, en el que aparecen intercalados lechos rojos detríticos (limos, areniscas cuarzosas y conglomerados silíceos) de extensión y potencia limitada, en relación con la continuidad y espesor de los niveles calizos.

Las muestras seriadas de calizas recogidas en Els Nou Sants tienen composición y textura gradual desde rocas mixtas detrítico-químicas a químicas francas. Como elementos principales contienen carbonato cálcico y proporción variable de cuarzo, arcilla y restos de fauna. Como elementos accesorios figuran constantemente material arcilloso, mica, óxidos de Fe y opacos. Los granos de cuarzo son subalugulosos, con marcada extinción ondulatoria y junto a ellos aparecen, a veces, otros pequeños fragmentos de pizarra o arenisca. El material arcilloso ensucia a toda la masa carbonatada, excepto a la calcita alojada en las numerosas vénulas que la atraviesan (recristalizaciones posteriores).

Los restos fósiles hallados en esta formación no son determinativos de su edad, y más bien expresan el carácter continental del medio originario (restos y oogonios de caráceas). Se trata, probablemente, de la facies garumnense (cretáceo superior-Eoceno basal). Llega a alcanzar, en la zona estudiada, una potencia máxima no inferior a los 400 m.

II. SERIE TERCIARIA

I. FORMACIÓN "SAGNARI"

Su nombre alude al de la localidad (manso situado en la margen izquierda del río Fresser, entre Ribas y Campdevánol), donde ha sido descrita anteriormente por otros autores (comunicaciones verbales de los señores FONTBOTE y ESTEVEZ al autor). En nuestra zona, el Tte. de la Quera y Puig dels Alcons muestran buenos cortes de la misma.

Es una serie fundamentalmente margosa y margosquistosa, en la que se indentan episodios calizos, fosilíferos en general, con otros margo-arenosos y limo-margosos mejor representados. Constituye una facies marina, de poca profundidad, con cambios laterales muy acusados, sobre todo evidenciados en las intercalaciones calizas aludidas (en la región de Llers, Terradas, S. Lorenzo de la

Muga y Bassagoda, a veces forman potentes lumaquelas de Alveolinas, mientras que en la zona estudiada contienen Nummulites y restos inclasificables de bivalvos, y su potencia es bastante limitada).

Las margas y margosquistos son gris-azulados (amarillentos o gris-ceniza pardo por meteorización); contienen frecuentes restos limonitizados de microfauna e indicios constantes de hidrocarburos. Presentan disyunción en lajas y "en pincel" a menudo, debido a la existencia de uno o más crueros. Con el binocular se observa en estos materiales una trama cerrada de granos poligénicos (limo) con aisladas puntuaciones amarillentas de origen biogénico, limonitizadas. Las muestras estudiadas con lámina delgada tienen carbonato cálcico y material arcilloso como componentes principales (opacos y óxidos de hierro en calidad de accesorios) y presentan textura micrítica.

El camino de Rocabruna a Baget, a unos 200 m. al S de Les Arçoles, corta varios horizontes calizos pertenecientes a esta formación. Son calizas grises granudas, ásperas al tacto, de disyunción irregular y cruzadas por abundantes venillas de calcita blanca. A simple vista muestran diminutos cubos de pirita, diseminados en su masa, y restos de microfauna. Son componentes principales carbonato cálcico, microfósiles y cuarzo (este último como secundario a veces) a los que acompañan opacos, material arcilloso y óxidos de Fe en calidad de accesorios.

Los restos fósiles hallados corresponden en su mayor parte a foraminíferos (Nummulites, Operculina, Miliólidos, y más raramente Assilina y Alveolina) y trozos inclasificables de bivalvos, sin que aparezcan en la zona estudiada la riqueza de fauna observada en otros lugares del borde axial pirenaico. Su edad es Paleoceno alto (Ilerdense inferior a medio según las dataciones llevadas a cabo por A. ESTEVEZ en áreas adyacentes) y alcanzan en la zona estudiada una potencia media de 600-700 metros.

2. FORMACIÓN "CORONES"

Como la anterior, su nombre alude al de la localidad donde ha sido descrita con anterioridad al presente trabajo por otros autores (comunicación verbal de A. ESTEVEZ y J. M. FONTBOTE).

Litológicamente es una formación comparable a la anterior, aunque la separan de ella algunas im-

portantes diferencias. Está integrada por un conjunto margosquistoso gris-azulado, azoico, de origen marino, que intercala calizas de textura y composición muy diferentes a las de la formación "Sagnari", y delgados, aunque extensos, episodios rojos de origen continental.

Las margas limosas y arenosas y margosquistos no suelen presentar disyunción "en pincel" o "lapicero", sino laminar, y en ellas no hemos encontrado restos de fauna. Son de color gris azulado en corte fresco (pasa a amarillento en las superficies meteorizadas) con frecuentes indicios de hidrocarburos. Constituyen la masa general de la formación.

A unos 500 m. al N de Bolós (caserío ubicado en la margen izquierda del río Salarça) aparecen las primeras intercalaciones rojas del "Corones", con una potencia media de 10-15 m. y composición parecida a la de los tramos rojos del Garumnense. Alternan limolitas, areniscas y conglomerados, todos ellos de color vivo, y composición heterogénea, principalmente calco-silíceas.

Las calizas de esta formación se hallan bien estratificadas en general, aunque, localmente, aparecen paquetes masivos de varios metros de potencia (Creu de la Paradella y Baget). Se caracterizan por contener nódulos o lentejones de sílex negro y abundantes fisuras rellenas de aceite mineral (convertido en asfalto en las diaclasas abiertas a la meteorización). Suelen presentar repliegues locales de estratos observables, sobre todo, en los tramos tableados, y frecuentes suturas estiliolíticas de trazado sinuoso. Algunos horizontes son ricos en Miliólidos, bien observables a simple vista.

No hemos hallado fauna determinativa en esta formación para la que otros trabajos (anteriores o en ejecución) estiman una edad paleocena (Ilerdense medio superior-Cuisense medio, según ESTEVEZ). Su potencia vista en la zona estudiada puede alcanzar los 350 m.

C) CUATERNARIO-ACTUAL

Encuadramos en este apartado un conjunto heterogéneo de materiales, en los que su distribución, potencia y características litológicas no se ajustan, en principio, a criterios geográficos definidos. Su

origen es diverso, y de acuerdo con ello hemos diferenciado en cartografía tres grupos: a) conos de deyección, b) aluviones, c) suelos eluvio-coluviales.

a) Conos de deyección.

Han sido diferenciados, por su especial morfología en la fase de estudio fotogeológico. Se ubican, sobre todo, en la margen derecha del Tte. de Les Arçoles, apoyados sobre el substrato paleozoico. Se trata de acúmulos poligénicos y heterométricos, en los que la fracción gruesa (bloques pizarrosos, calizos, etc.) ocupa la parte más baja de acuerdo con la selección llevada a cabo por la gravedad.

b) Aluviones.

Se alojan en el cauce de la mayor parte de los arroyos y ríos que cruzan la zona estudiada. Su composición litológica y potencia se hallan relacionados con la naturaleza del substrato, la topografía del sector y el régimen de escorrentía del cauce. Mientras que en el Riutort son esencialmente limo-arcillosos, en el Riutort contienen gravas, arenas lavadas y enormes bloques. En ambos cauces predominan los cantos silíceos o silicatados. Por el contrario, los aluviones de los ríos de Rocabruna, Salarça y los Ttes. afluentes, tienen composición calcárea en general o cuando menos mixta. La potencia observada en los retazos "colgados" del aluvial del Salarça alcanzan los dos metros y medio frecuentemente.

c) Suelos eluvio-coluviales.

Se apoyan indistintamente sobre las diferentes formaciones de la zona. Su origen se halla en la alteración y degradación del substrato geológico, a causa de los agentes de meteorización, seguido de su remoción parcial en favor de la pendiente topográfica. El camino de Rocabruna y Baget presenta excelentes ejemplos de estas formaciones, en las que son frecuentes los deslizamientos de ladera, desprendimientos y/o hundimientos, si su potencia es suficiente y el talud topográfico adecuado. La penetración máxima de la meteorización y, en consecuencia, la potencia máxima de estos suelos tiene lugar en las litofacies pizarrosas del Paleozoico; es decir, en la mitad NW de la zona estudiada.

CAPITULO III

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA.

GENERALIDADES

El estudio tectónico de una zona tan reducida como la que presentamos tropieza con graves inconvenientes, sobre todo cuando se trata de reconstruir la sucesión en el tiempo de los acontecimientos tectónicos que han dado origen a las estructuras que hoy encontramos. Ello es debido, principalmente, a la ausencia o escasez de datos lito-estratigráficos, que permitan definir con precisión la posición de las discontinuidades en el proceso sedimentario de las series, y la dificultad de observación en detalle de las estructuras en sí, sobre todo, en el ámbito paleozoico, en donde el proceso meteórico ha borrado muchas de las antiguas superficies estructurales o las ha cubierto con potentes y extensos mantos de alteración. Estos inconvenientes disminuyen lógicamente cuando el campo de observación es más extenso, y en este sentido hemos necesitado a menudo llevar a cabo observaciones fuera del ámbito estudiado, y realizar "in mente" confrontaciones con los datos que de otras zonas poseemos, aunque éstos no alcanzan, por su propia finalidad, el detalle exigido en el presente trabajo.

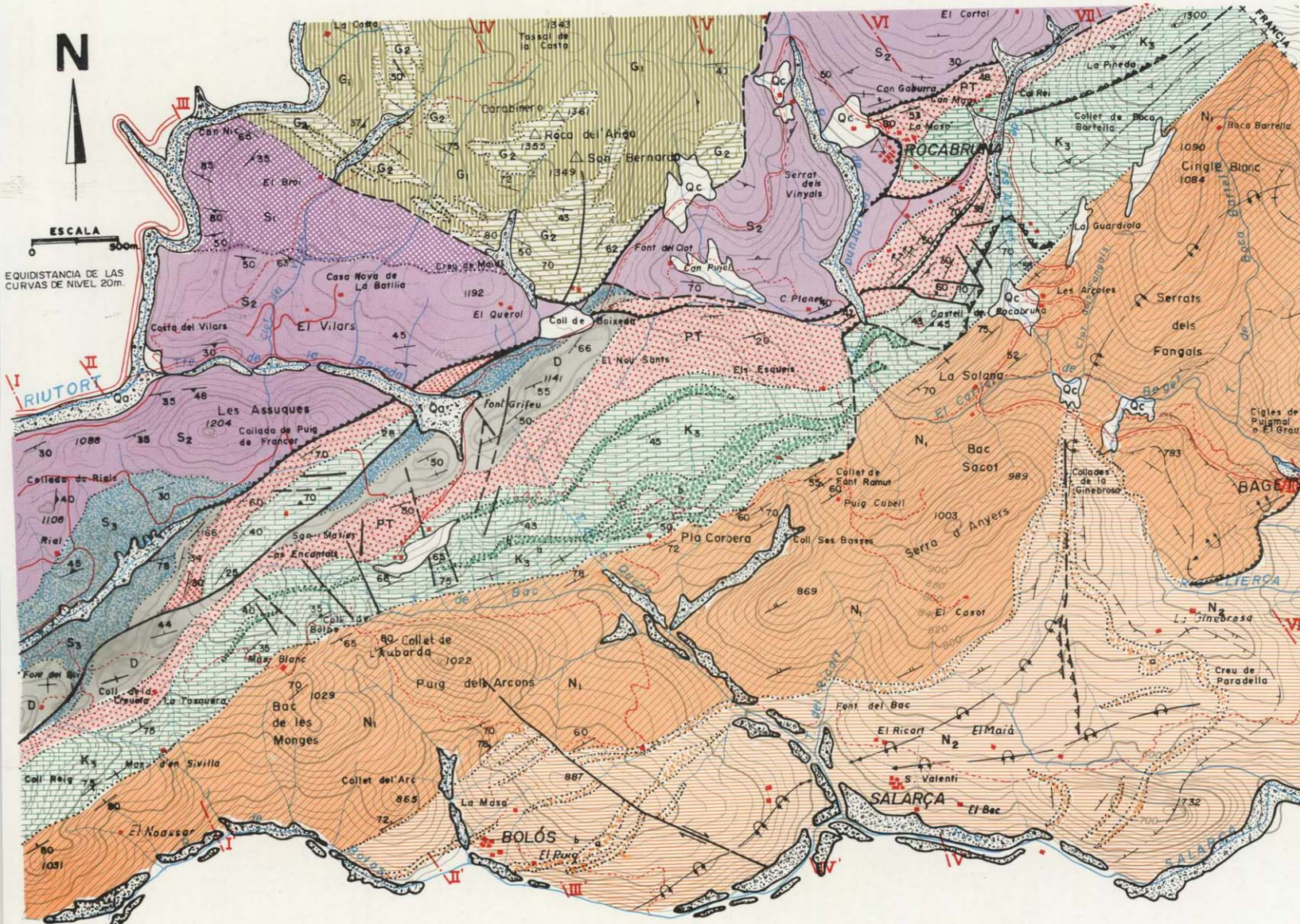
Desde el punto de vista estructural, el área estudiada puede considerarse dividida en tres unidades de rasgos tectónicos distintos en uno u otro aspecto. Tales diferencias estructurales están íntimamente relacionadas con las características lito-estratigráficas de los tramos estudiados (composición litológica, potencia y posición en el espacio de los mismos).

El zócalo paleozoico, integrado por materiales metamórficos, se halla afectado por pliegues similares y fracturas en general poco visibles, salvo cuando estos accidentes afectan a tramos competentes. Los esfuerzos que comenzaron su abombamiento pudieron ser de edad caledoniana, entre el Ordovicense medio y superior, de acuerdo con las coladas volcánicas del Ashgillense, aunque los esfuerzos principales tuvieron lugar en la fase hercínica (probablemente entre final del Devónico y el Carbonífero medio), y a sus efectos se han sumado los correspondientes a los movimientos alpinos (Cretáceos superior y Eoceno medio), aunque no sean decisivos para enmascarar el estilo estruc-

tural hercínico de la Zona Axial. Existen pliegues similares de rumbo axial E-W y linealidad o lineación E-W (comunicación verbal de A. ESTEVEZ al autor) en la infraestructura paleozoica (Canavelles) y esquistosidad más o menos coincidente con la estratificación. La superestructura del "El Broi", como ya quedó indicado, presenta pliegues similares con "cleavage" de fractura neto. Véanse fotos 4 y 7. Las formas fisiográficas son prácticamente independientes de la estructura.

El conjunto mesozoico abarcaría la franja comprendida entre los afloramientos paleozoicos y los terciarios. Se halla, pues, integrado por las formaciones permotriásica y garumnense, de naturaleza areniscosa y calcárea, respectivamente, y potencia considerable en relación con la anchura de su afloramiento. Se caracteriza por presentar plegamiento de tipo concéntrico en general (no se excluye la eventual presencia de plegamiento similar con "cleavage") y fracturas importantes de orientación longitudinal y dispositivo de contracción (tectónica de compresión). La morfología y la estructura están íntimamente ligadas en esta serie, existiendo una interdependencia neta entre las formas fisiográficas, los rumbos de las capas, los pliegues y las fracturas.

La serie terciaria, integrada por las formaciones margosas y margo-calizas estudiadas, reúne condiciones litológicas y estructurales adecuadas para que en ella coexistan una tectónica debida a esfuerzos corticales tangenciales con otra debida exclusivamente a la gravedad. Su plegamiento es de tipo concéntrico (en parte similar, sobre todo en los tramos margosos) y debió comenzar entre el Eoceno medio y superior, originándose con él taludes adecuados para permitir el deslizamiento por gravedad de las series plegadas o en vías de plegamiento. Las fracturas más importantes tienen orientación transversal, y su funcionamiento ha sido a menudo como fallas de desgarre, aunque no se excluyen la posibilidad de que localmente pasen a constituir fallas inversas, al cambiar el rumbo de las mismas. A pequeña y mediana escala han podido observarse estructuras típicas de gravedad, que en otras áreas terciarias del Pirineo Oriental se muestran a escala mayor. Las formas de relieve y la estructura están estrechamente relacionadas en esta serie.



LEYENDA

- Conos de deyección (Qd)
- Aluviones
- Suelos coluvio-eluviales

CUATERNARIO ACTUAL

	N ₂
	N ₁
	G ₃
	P
	D
	S ₃
	S ₂
	C

PALEOGENO { "Corones"
"Sagnari"

GARUMNENSE

PERMOTRIAS

DEVONICO

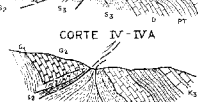
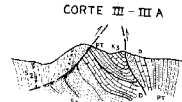
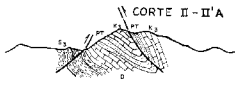
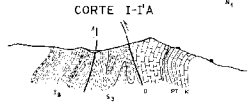
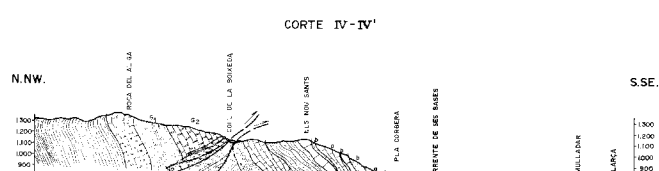
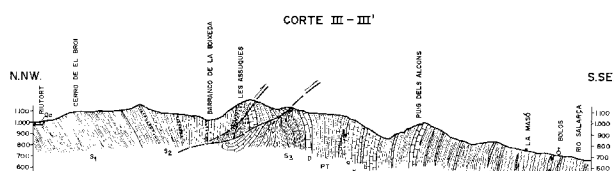
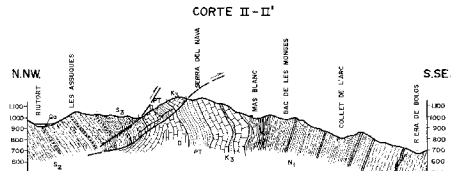
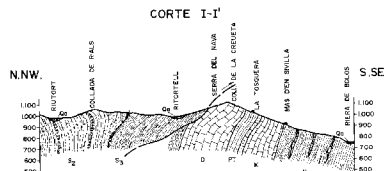
GOTLANDENSE ?

ORDOVICENSE ?

CAMBRICO

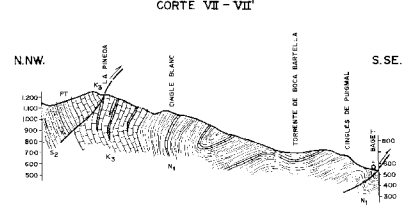
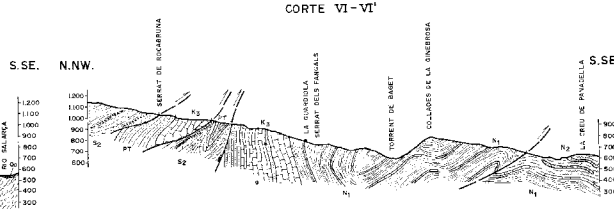
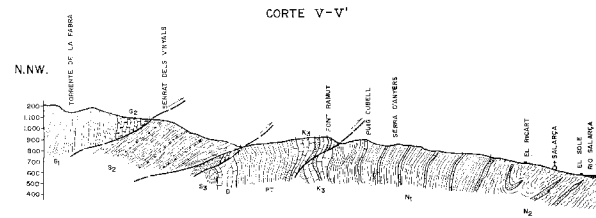
SIMBOLOGIA

- Contacto no mal concordante y/o acordante
- Contacto discordante
- Fractura con buzamiento conocido
- Fractura supuesta
- Desgarre determinado
- Falla inversa supuesta o deducida
- Esquistosidad medida
- Esquistosidad observada
- Cabalgamiento observado
- Cabalgamiento supuesto o deducido
- Anticlinal tumbado con buzamiento axial
- Sinclinal tumbado con buzamiento axial
- Rumbo y buzamiento medidos
- Rumbo y buzamiento observados con fotograma
- Traza de capas



ESTUDIO GEOLOGICO DEL BORDE AXIAL PIRENAICO ENTRE ROCABRUNA Y EL RIUTORT

CORTES GEOLOGICOS



LEYENDA

- CUATERNARIO-
 - ACTUAL: Conos de deyección (Qd)
 - PRE-ACTUAL: Aluviones (Qa)
- PALEOCENO:
 - Formación "Canons" (N₂)
 - Margosquists gris-azulados y calizas (b) con intercalaciones detriticas rojas (a)
 - Formación "Sagnari" (N₁)
 - Margosquists de tinte ceniciento con bancos potentes de calizas fosilíferas
- GARUMNENSE:
 - Formación "Castillo de Rocabruna" (K₃)
 - Calizas (a) con intercalaciones limonolitomerdicas rojas (b)
- PERMIANAS:
 - Formación "Meli d'en Savalls" (PT)
 - Alternancia irregular de areniscas limolitas y conglomerados de tinte rojo violáceo
- DEVONICO:
 - Formación "La Creueta" (D)
 - Calizas maradas de Orthisceras
- GOTLANDENSE:
 - Formación "Ritortell" (S₃)
 - Pizarras negras muy hojadas con lechos calizas grafitosos
- ORDOVICENSE:
 - Formación "La Boueda" (S₂)
 - Pizarras areniscosas con lentexones conglomeradicos
 - Formación "El Broi" (S₁)
 - Esquistos bandeados poco metamorficos con intercalaciones cuarzosas
- CAMBRICO:
 - Formación "Capavelles"
 - Esquistos sercificos (G₁) con lechos de calizas marmoreas bandeadas y mármoles sacaroides (G₂)

0 500m ESCALA

A) RASGOS ESTRUCTURALES DEL COMPLEJO PALEOZOICO

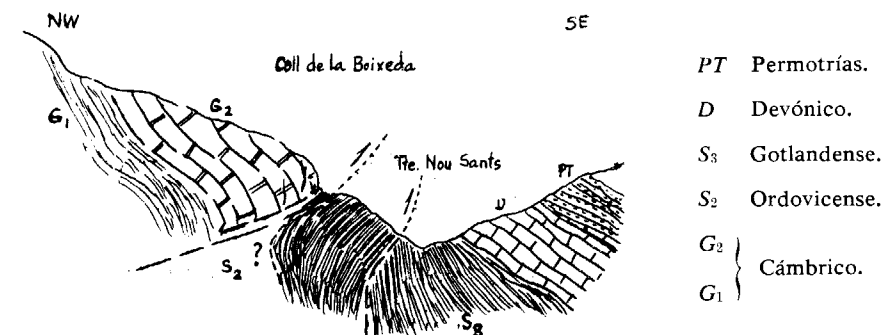
Salvo la estructura cupuliforme que afecta al núcleo cámbrico de Carabinero, el resto de las formaciones paleozoicas se halla constituyendo amplias series monoclinales, interrumpidas sólo localmente por pliegues de pequeña envergadura y flancos subparalelos, de manera que no es posible identificar la charnela de los mismos.

La esquistosidad es, en general, paralela a la estratificación, aunque presenta algunas divergencias, bien observables cuando las pizarras se integran por capas alternantes de diversa granulometría (cleavage). La inversión de los buzamientos tiene lugar únicamente en las proximidades de la línea Can Nic, La Boixeda, Can Roca (W de Rocabruna), así como en algunos sectores del Ritortell y Tte. de La Boixeda.

En cuanto a fracturas importantes (correspondientes a la fase alpina en general), dentro del complejo paleozoico, merecen destacado lugar los cabalgamientos de La Boixeda, Ritortell y N de Rocabruna, cuyo estudio se hará a continuación, a las que acompañan algunas pequeñas fracturas de cizalla, sólo visibles cuando afectan a los tramos competentes del conjunto (mármoles de Canavells y calizas del Devónico). Las direcciones estructurales más importantes son E-W y WSW-ENE.

pone de manifiesto la discontinuidad existente entre la formación pizarroso-filitosa de "El Broi" (probable Ordovícico) y la de "Carabinero" (Cámbrico). No ha sido posible encontrar algún punto que ponga de manifiesto el carácter y funcionamiento de la misma. Estimamos que podría tratarse de una falla de desgarre intracámbrica rumbo-deslizante, convertida en falla inversa comprobada en el borde SE del afloramiento cámbrico (Coll de La Boixeda-Can Roca). El rumbo general de las pizarras bandeadas ordovícicas es E-W, perfectamente concordante con el de la formación suprayacente. Por el contrario, el rumbo de los mármoles y esquitos de "Carabinero" es netamente discordante con aquéllos, adoptando la orientación N 45 W. Los buzamientos también aparecen discordantes e invertidos, o cuando menos verticales, lo que ayuda a perfilar el dispositivo cabalgante de la citada discontinuidad, incluso en la zona de la Cruz de Maial y Can Nic.

Donde el cabalgamiento está patente es en el camino de Rocabruna (Coll de La Boixeda). El actual frente de la formación "Carabinero" cabalgante presenta superficies de fricción abundantes, espejos de falla con calcita, y brechas (fotos 22, 23, 24 y 25). Los mármoles muestran una estructura caótica de rotura (véanse fotografías correspondientes), y bajo



Cabalgamiento del Cámbrico en el Coll de la Boixeda.

1. LA DISCONTINUIDAD CÁMBRICO-ORDOVÍCICO

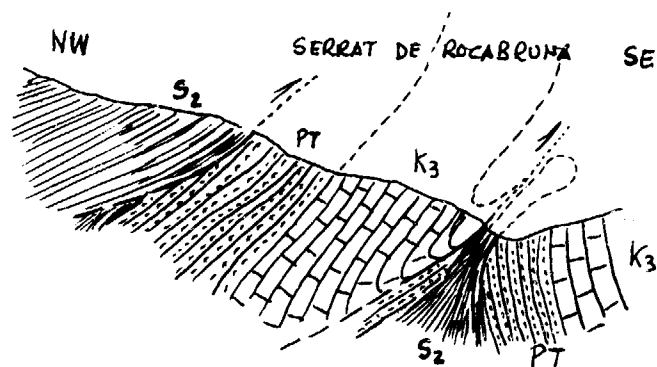
Un itinerario desde el Coll de La Boixeda hasta Can Nic (cima de la margen izquierda del Riutort)

ellos aparecen aislados retazos de esquistos versicolores (probable Gotlandense) mezclados con la facies areniscos-conglomerática atribuida al Ordovicense terminal.

2. LA VENTANA TECTÓNICA DE LAS FARRERAS Y SU RELACIÓN CON LAS CUÑAS PARAUTÓTONAS DE ROCABRUNA Y PUIG DE FRANCOR

Ashauer (1934), en su estudio geológico de los Pirineos Orientales, ya puso de manifiesto la existencia de la ventana tectónica de Las Farreras, a unos 1.100 m. al NNE de Rocabruna (cerca de la frontera francesa), en cuyo núcleo aparece la formación permotriásica roja bajo las pizarras y esquistos areniscos ordovicenses de facies compa-

motriás en la mitad oriental del flanco, sin necesidad de invocar dicho desplazamiento hacia el sur de la estructura. Bastaría suponer para ello que se trata de un sinclinal comprimido y cabalgado por el Paleozoico por ambos flancos. Sin embargo, tal hipótesis es menos conciliable con el esquema topográfico actual (en el que se observa que las calizas y areniscas rojas del flanco sur yacen a cotas sensiblemente superiores a las de las pizarras) y con los buzamientos invertidos de Mesozoico y Paleozoico en este sector.



Estructura del Mesozoico al E de Rocabruna.

K₃ Garumnense.
PT Permotriás.
S₂ Ordovicense.

rable a la de "La Boixeda". Está ubicada en el fondo del Bco. de Las Farreras, por lo que el espesor del Paleozoico, que yace sobre el afloramiento permotriásico, es muy considerable.

No vuelve a aparecer Permotriás hasta las proximidades de Rocabruna, cerca de Can Gaburra y Can Magi. Aquí aflora también bajo la misma formación paleozoica de Las Ferreras, con un ángulo medio de unos 45°. Puesto que hay continuidad entre aquel Paleozoico y éste de Rocabruna, es lógico pensar que también aquí el Ordoviciano ha cabalgado al Permotriás, aunque localmente los contactos no son bien visibles. Por otra parte, y puesto que más al sur aflora de nuevo el Paleozoico bajo los niveles rojos permotriásicos (en las casas más meridionales de Rocabruna) y los bancos calizos garumnenses, más al E (C.º de Baget), este afloramiento mesozoico debe corresponder a un sinclinal cabalgado en su flanco norte y cabalgante en su flanco sur, a modo de cuña, si no desenraizada totalmente, sí desplazada en parte hacia el sur, respecto de su posición original. Cabría una segunda hipótesis para explicar la ausencia del Per-

El frente de cabalgamiento de Can Gaburra y Can Magi sigue hacia el W, primero describiendo una inflexión hacia Rocabruna y continuando después hacia el Coll de La Boixeda, sin que haya sido posible delimitar su trazado en los alrededores del Tte. de Rocabruna. Su prolongación hacia el SW sigue la alineación Coll de La Boixeda, collada del Puig de Francor y cauce del Ritortell, cortando en bisel las capas, que desaparecen progresivamente de techo a muro (Permotriás, Devónico, Gotlandense) bajo las pizarras areniscosas ordovicenses, primero, y los esquistos negros silúricos, más tarde.

Paralela a esta superficie de cabalgamiento y a unos 200 m. más al S existe otra discontinuidad, que se extiende desde el borde occidental de la zona hasta el Coll de La Boixeda, en donde confluyen, para diverger de nuevo y volver a coincidir, al sur de Can Pujol. Ambas fracturas delimitan una cuña paraautótona de materiales mesozoicos, totalmente rodeada de Paleozoico, excepto en Els Encantats, en donde se ponen en contacto las calizas garumnense paraautótonas con el Permotriás autóctono de la Serra del Navá, a lo largo de unos 200 metros de su recorrido.

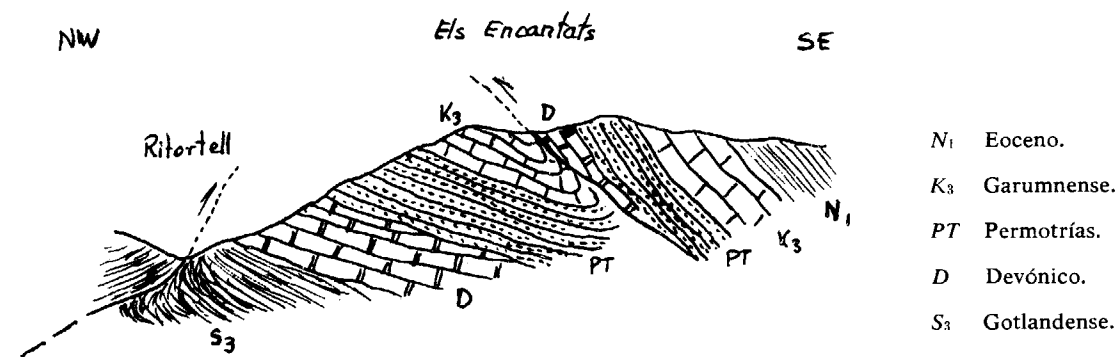
No ha sido posible fijar con precisión el funcionamiento de esta nueva discontinuidad en la zona estudiada, dadas las pésimas condiciones de observación del terreno, cubierto en su mayor parte por suelos vegetales potentes y bosque. Podría tratarse del flanco norte de un sinclinal mesozoico, ubicado originariamente en un área más septentrional, que ha sido desplazado y "cepillado" su flanco sur, en virtud de un proceso mixto de corrimiento lateral y deslizamiento por gravedad siendo el segundo consecuencia del primero, a causa del talud creado en la primera fase. En el Pirineo Oriental se han descrito estructuras similares, teniendo como nivel de despegue el Trias u otra formación suficientemente plástica. Esta primera hipótesis supondría un desenraizamiento total de la cuña, y orden de magnitud de desplazamiento superior a 1.000 m. El nivel de despegue correspondería, en principio, a las pizarras carbonosas gotlandenses (formación que en otros lugares del Pirineo y Catalanides ha dado

discontinuidad meridional, con buzamiento probablemente muy considerable. También estructuras de este tipo han sido descritas en el Pirineo Oriental, de las que es ejemplo elocuente el sinclinal mesozoico de Darnius en el que únicamente es observable el flanco norte, ya que el meridional se halla cabalgado por el granito y cepillado en su mayor parte.

B) TECTONOESTÁTICA Y CINEMÁTICA DE LA SERIE MESOZOICA

1. CARÁCTER IMBRICADO DE LAS SIERRAS DE NAVÁ Y ROCABRUNA

En la zona estudiada el borde paleo-mesozoico acusa, en todo su recorrido, los efectos de una tectónica de compresión, con frecuentes, si no conti-



Estructura probable del Mesozoico de la Sierra de Navá.

N₁ Eoceno.
K₃ Garumnense.
PT Permotriás.
D Devónico.
S₃ Gotlandense.

lugar a despegues comprobados). En este caso ambas superficies de despegue tendrían un ángulo de inmersión relativamente tendido y vergencia hacia el sur.

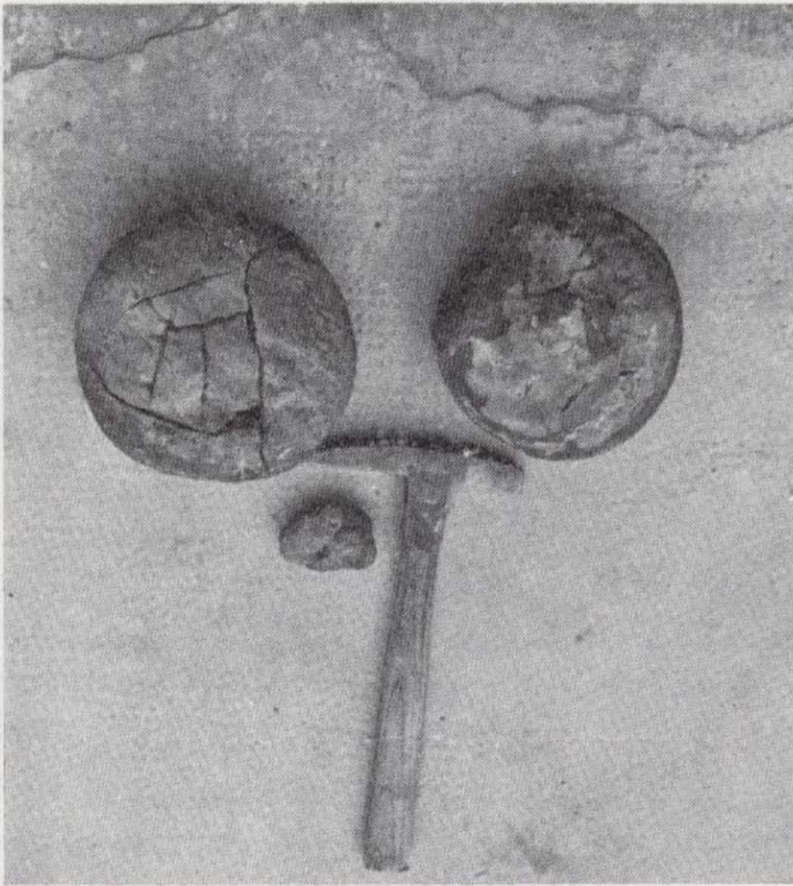
Otra hipótesis que da explicación satisfactoria a la estructura del Puig de Francor, es considerada asimismo como el flanco Norte de un sinclinal más o menos autóctono (probablemente algo desplazado hacia el sur), empujado y comprimido entre el Paleozoico al norte, y el antepais paleo-mesozoico al sur, quedando su flanco sur cepillado en parte y oculto bajo dicho antepais. Esta estructura supondría pequeño o nulo desplazamiento hacia el sur de las capas afectadas, y la vergencia norte de la

nos, dispositivos de cabalgamiento y fallas inversas, mediante los cuales el Paleozoico de la Zona Axial ha avanzado hacia el sur en mayor o menor cuantía, empujando y comprimiendo los materiales mesozoicos que a su vez lo han hecho sobre los terciarios, en los que además se han desarrollado fenómenos subsecuentes de tectónica de gravedad, en virtud de los fuertes taludes originados.

Las hipótesis expuestas para explicar la estructura de la Sierra del Navá, implican un desplazamiento del Paleozoico hacia el SE, provocando las cobijaduras que la delimitan por el norte y el sur. Dicho movimiento ha debido realizarse, al menos en gran parte, en el seno de las filitas y pizarras carbo-



Deslizamientos de ladera en el camino de Rocabruna.



Nódulos septariformes (F. "Ritortell").



Esquistos bandeados (F. "El Broi").



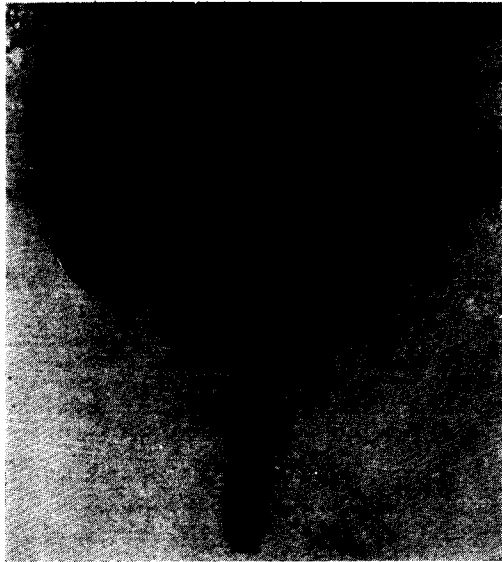
Aureolas mineralizadas. Permotrías de Las Farreras.



Calizas garumnenses. Castillo Rocabruna.



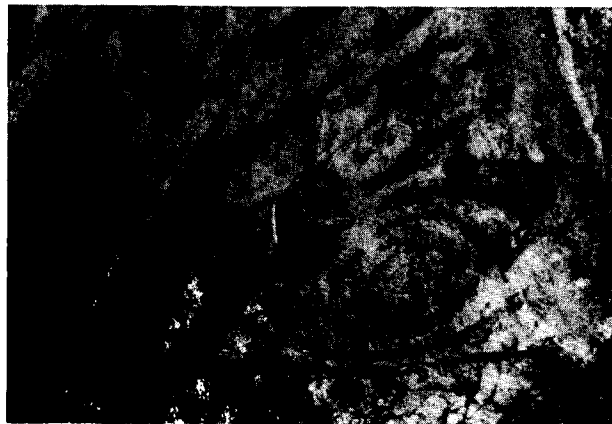
Deslizamientos de ladera en el camino de Rocabruna.



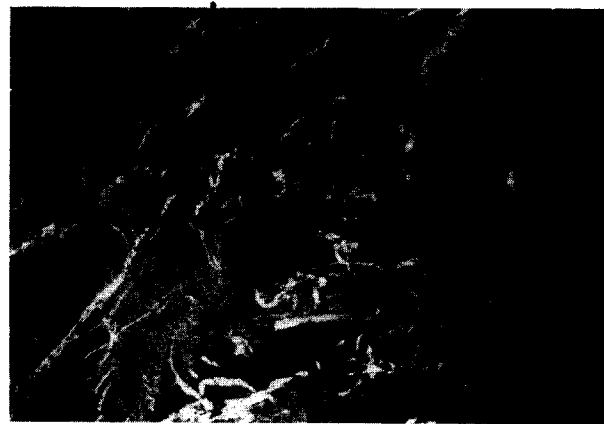
Nódulos septariformes (F. "Ritortell").



Esquistos bandeados (F. "El Broi").



Aureolas mineralizadas. Permotriás de Las Farreras.



Calizas garumnenses. Castillo Rocabruna.

nosas de la formación "Ritortell", la más plástica de cuantas aparecen en la columna litológica del conjunto paleo-mesozoico. Por otra parte, los afloramientos gotlandenses terminan en el Coll de La Boixeda, donde además se extingue la cuña para autóctona mesozoica del Puig de Francor. Esta coincidencia nos lleva a pensar en el Gotlandense como nivel de despegue de esta estructura, y el carácter imbricado de la misma, al menos en lo que constituye el extremo oriental.

Por su parte, el sinclinal mesozoico de Rocabruna es cabalgante en su flanco sur y se halla cabalgado por el Paleozoico al N, como se indicó anteriormente. También aquí los efectos de una acusada tectónica de compresión han causado un despegue parcial o total de la estructura mesozoica, causando su aloctonía, o al menos confiriéndole cierto carácter imbricado.

De acuerdo con los límites cartografiados de Paleozoico-Permotriás en los sectores de ambas estructuras, parece evidente que se trata de dos accidentes semejantes, en cuanto a origen y proceso tectónico, pero superpuestos uno a otro (más que la prolongación de una única estructura) con cierto dispositivo en relevo.

2. NUDO TECTÓNICO DE COLL DE LA BOIXEDA

Tectónicamente es uno de los puntos de mayor complejidad del macizo paleozoico. En él confluyen de una parte el cabalgamiento cambro-ordovícico, patentizado por numerosas estructuras de fricción (estrías, brechas, mineralizaciones) que afectan a los mármoles cámbricos, a esquistos versicolores de facies gotlandense (pequeños retazos comprimidos y más o menos desconectados entre sí) y a los esquistos areniscosos del Ordovicense superior (esquistos "perforados"), y de otra la prolongación oriental de la estructura paleomesozoica de Puig de Francor, que parece circunscribirse a un pequeño retazo de Permotriás alojado entre dos afloramientos de calizas devónicas, dirigiéndose hacia el Castell de Rocabruna.

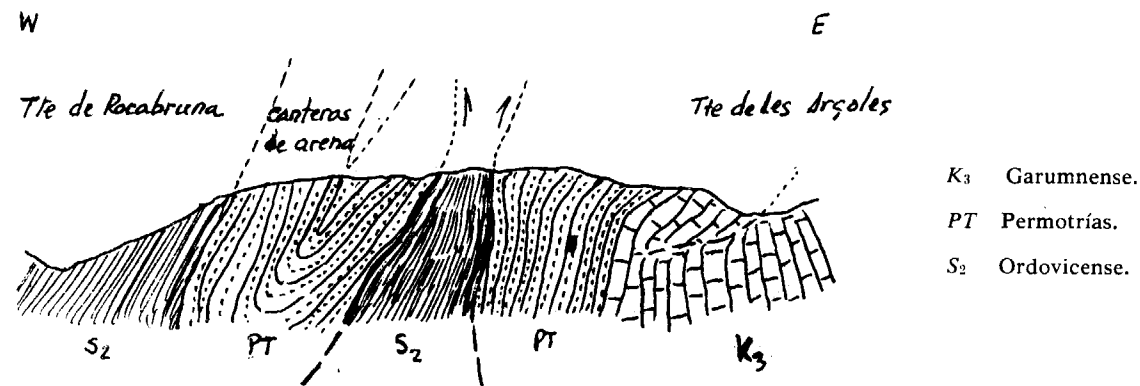
La conexión real de ambas discontinuidades no parece probable, más que en puntos muy concretos del Coll de La Boixeda ya que hacia el E y el W son claramente divergentes. Este hecho sugiere cierta independencia en el tiempo de formación de las mismas, sin que pueda afirmarse, con criterio sufi-

cientemente determinativo, la anterioridad o posterioridad recíprocas. Estimamos, sin embargo, que el cabalgamiento más septentrional podría ser anterior al correspondiente a la estructura del Puig del Francor, aunque no descartamos la posibilidad de que dicha fractura septentrional haya actuado de nuevo en época tardía, incluso reciente, con dispositivo de falla normal.

3. LA ESTRUCTURA EN EL SECTOR DEL CASTILLO

Las formaciones permotriásica y garumnense que desde el Coll de la Creueta constituían una serie monoclinical ondulada de fuerte buzamiento al sur, en el Tte. de Catlleri (SSE de Can Planés) sufren los efectos de una intensa tectónica de compresión con fallas inversas y desgarres provocados en gran parte por el cabalgamiento del Paleozoico sobre el Permotriás y a su vez, de éste sobre las calizas garumnenses, localmente. Los paquetes calcáreos que presentan en el fondo del Tte. de Les Arçoles posición normal con fuerte buzamiento al SE, en la parte alta de ambas laderas aparecen horizontales o con ligero buzamiento al NW, invertidos y volcados, sobre los que permanecen en posición normal. Este fenómeno de inversión y/o cobijadura (probablemente de gravedad) tiene lugar sólo entre la ladera NE del cerro del Castillo y el camino de Rocabruna a Baget, pero ya se inicia con el desgarre situado al SW del Castillo. Tienen especial interés los rumbos de las fallas de desgarre cartografiadas en esta zona, ya que la orientación de las mismas decide su funcionamiento como desgarre o cabalgamiento.

La delgada cuña de Paleozoico que puede seguirse desde las areneras de Rocabruna hasta el citado Tte. de Les Arçoles, presenta superficies de fricción frecuentes con estrías de pequeña componente horizontal, lo que sugiere un proceso de intensa compresión que ha provocado el estrujamiento y expulsión del Paleozoico de su posición normal, quedando, pues, cabalgante por ambos flancos. Este retazo paleozoico ocupaba el núcleo de un anticlinal permotriásico del que ha sido extruido, y cuyos flancos se hallan invertidos, aunque no hemos encontrado vestigios de contacto mecánico entre el flanco norte del mismo y el Paleozoico.



Anticlinal permotriásico con núcleo paleozoico extruido (S. de Rocabruna).

Llama la atención la regularidad del contacto Garumnense-Terciaria entre la Solana y La Guardiola, a pesar de la intensa fracturación de las series infrayacentes. Este hecho pone de manifiesto el carácter intramesozoico de dichas estructuras, y la existencia real de cobijaduras locales que han amortiguado los desplazamientos provocados por aquellos desgarres.

C) —TECTONOESTÁTICA Y CINEMÁTICA DE LA SERIE TERCIARIA

Es la más ampliamente representada en la zona de estudio. Presenta rasgos estructurales muy definidos y de gran envergadura en general, aunque es un hecho demostrado en numerosos sectores del Pirineo Oriental, que existe una tectónica incluso intraestratal dentro de ciertas formaciones terciarias (las calizas del "Corones", por ejemplo, muestran estratos con repliegues y fracturas que no trascienden a los supra e infrayacentes) sin duda debidos a despegues proporcionados por niveles plásticos.

Los fenómenos de inversión de la serie, cobijaduras y desgarres no se limitan a las proximidades del contacto con el Mesozoico sino que, por el contrario, se reproducen incluso con mayor intensidad en zonas más meridionales. El carácter margoso y limo-arcilloso de muchos de los horizontes integrantes ha permitido, a menudo, la amortiguación de los empujes transmitidos por el Garumnenee, y así por ejemplo encontramos la formación terciaria en posición normal en áreas donde la formación infrayacente aparece vertical o invertida.

La estructura de plegamientos más importante en el ámbito terciario estudiado es un sinclinal volcado de rumbo axial general SW-NE con una importante inflexión N-S entre Baget y Salarça. Se trata de un amplio pliegue con buzamiento axial de 30-35° SW, del que sólo queda representado en la zona su flanco norte y parte del núcleo. En el flanco sur, integrado por la formación de base "Sagnari", se ubica al otro lado del río Salarça, integrando las abruptas laderas de la prolongación occidental de la sierra de Mestrecá. En Salarça aparece un nuevo sinclinal volcado de rumbo axial E-W y buzamiento axial 25° W. Entre ambos aparece la terminación occidental del anticlinal de Baget. Desde el punto de vista de fracturas el ámbito terciario presenta tres accidentes de extraordinaria importancia, no tanto por la magnitud de los mismos, cuanto por su ubicación y funcionamiento en relación con los rasgos tectónicos de las formaciones infrayacentes.

Destacan en primer lugar los "desgarres" de Puig dels Alcons y Collades de la Ginebrosa respectivamente. Ambos se hallan separados entre sí por una distancia media de tres kilómetros con tendencia a converger hacia el SW. Su funcionamiento respectivo ha sido diferente, pues mientras la componente horizontal del desgarre de Puig dels Alcons predomina sobre la vertical, en el de las Collades de la Ginebrosa predomina ésta sobre aquélla, produciéndose más bien una falla inversa. Ambas deben responder a un mismo elipsoide de esfuerzos, y su orientación respecto de la del esfuerzo máximo (sensiblemente NW-SE) ha decidido el funcionamiento y carácter de dichas fracturas. El salto horizontal de la falla de Puig dels Alcons resulta es-

pectacular, pese a su limitada amplitud (unos 180 metros), a causa de la distorsión y solución de continuidad de las capas detríticas rojas y el contraste con los margosquistos azulados circundantes. El salto vertical en Las Collades de la Ginebrosa no ha podido ser evaluado con detalle, pero se estima no superior a los 25 m.

Por último cabe destacar la terminación occidental del anticlinal volcado de Baget, estudiado por A. ESTEVEZ en esta localidad y más al E. Afecta a la formación "Sagnari", y su flanco sur se halla despegado de la formación "Corones" a la que cabalga, hasta el cauce del río Baget (a unos 750 m. al SW de Baget). Esta estructura de cabalgamiento se extingue en dicho punto, a causa simplemente de su hundimiento en esta dirección, por efecto del buzamiento axial del anticlinal citado. Estas estructuras pueden ser de gravedad y/o mixtas.

1. LA TECTÓNICA DE GRAVEDAD

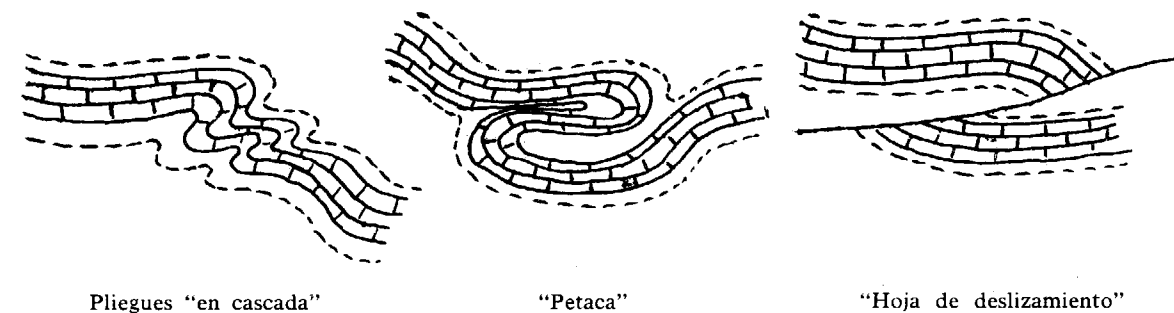
Dentro de la variedad y abundancia de las estructuras de gravedad que presenta el Eoceno de la región pirenaica, la zona estudiada es quizá uno de los peores representantes de las mismas, bien sea por su limitada extensión, bien sea porque los buzamientos generales del sector no han permitido un desarrollo adecuado de este tipo de tectónica. Están presentes, no obstante, estructuras probablemente mixtas, es decir, de origen combinado tectónico y gravitatorio.

Desde Haarman y Van Bemmelen (anteriores a 1930) hasta Migliorini (1936), Schenegans (1938), Lugeon y Gagnebin (1941), Gignou (1948), Beneo y Merla (1951), las ideas sobre la tectónica de gravedad han ido evolucionando y perfilando cada vez más su papel en la tectónica general de la corteza terrestre. Siguen existiendo, no obstante, tendencias tan diversas como las que tratan de explicar toda

la morfología tectónica por la acción de la gravedad, tanto en las capas superficiales de la corteza como en las profundas, tomando como base la indudable fluidez que presentan las rocas sometidas a elevadas cargas litostáticas; y las que apenas conceden importancia a los fenómenos debidos a la acción exclusiva de la gravedad. Para las primeras, todos los movimientos horizontales (superficiales y profundos) serían producidos por deslizamiento sobre planos inclinados y los movimientos de elevación y descenso serían producidos por hipotéticos fenómenos de fluidez a grandes profundidades, involucrados igualmente por la acción gravitatoria. Las otras toman como principales agentes modeladores de la estructura de la corteza, el esfuerzo tectónico tangencial y los desplazamientos laterales subsecuentes.

Dentro del marco regional de la ladera meridional de los Pirineos, las estructuras de gravedad existentes se hallan íntimamente ligadas a fenómenos de compresión y tensión laterales, autores del levantamiento de taludes apropiados sobre los que se han producido posteriores deslizamientos. En la zona estudiada, como decíamos al principio, no hemos hallado importantes estructuras típicas de esta tectónica, pero sí fenómenos locales característicos de la misma. El torrente de la Quera, al NW de Salarça, corta casi perpendicularmente a los paquetes calizos de la formación "Corones", en los que aparecen pequeños haces de epliegues "en cascada" y con tendencia a formar pliegues en "petaca", caracterizados por no presentar estiramiento ni laminación en su flanco invertido (prueba evidente de su origen) y buzamiento axial muy pronunciado (característico de las estructuras de gravedad según de Sitter). También al E de Bolós y en las laderas de la margen izquierda del río Salarça pueden observarse pliegues volcados con formación de "petacas" sin llegar en ningún caso a producirse "hojas

Estructuras de gravedad sucesivas.



de deslizamiento". Estas estructuras afectan principalmente a los horizontes calizos, como únicos elementos competentes dentro de un conjunto margo esquistoso incompetente. Las figuras adjuntas muestran un esquema general de dichas estructuras.

2. ESTRUCTURAS MIXTAS

Las estructuras de plegamiento descritas al principio de este apartado, correspondientes al ámbito terciario, responden por su ubicación geográfica y características geométricas, a un origen mixto de compresión lateral inicial y deslizamiento posterior.

En primer lugar conviene indicar que el talud topográfico medio de la región tiene vergencia norte compatible, por tanto, con la formación de deslizamientos hacia el sur, y a ello se suman circunstancias apropiadas de competencia y plasticidad en los miembros de las series sedimentarias afectadas. Asimismo el flanco invertido de los amplios pliegues mencionados no presenta estiramiento u otros signos de reducción tectónica de potencia. Por último el buzamiento axial de los pliegues es intenso (entre 15 y 35 grados) dirigido hacia el área central de Salarça constituyendo un pequeño transinclinal. Estos rasgos inducen a pensar en un proceso de deslizamiento de gravedad, si no generalizado y extenso (con formación de "klippes" y estructuras desenraizadas) sí incipiente o, cuando menos, local.

Por otra parte, la inversión más o menos general de las formaciones infrayacentes (Garumnense, Permotriás y Paleozoico), así como los desgarres de Puig dels Alcons (dextrorso) y Collades de la Ginebrosa (sinistrorso) con locales dispositivos de falla inversa, sugieren fenómenos de compresión lateral procedentes de la Zona Axial hacia la cubeta marginal terciaria que estudiamos.

A los movimientos verticales de la Zona Axial, creadores de un talud adecuado, y producidos sin duda por esfuerzos laterales (como ha podido evidenciarse con estructuras tales como las de Monte Perdido —Mengaud 1939— en las que se observa un manto subhorizontal de corrimiento del zócalo, provocando el apilamiento de los estratos del Senonense y Eoceno, suprayacentes, que finalmente han deslizado en virtud del talud producido) han sucedido procesos extensos de corrimiento lateral con contracción tectónica de los tramos mesozoicos, traslucible también al tramo terciario, en el que ade-

más se han reunido condiciones adecuadas de buzamiento, talud y litología para que se produzcan finalmente estructuras de deslizamiento por gravedad.

CAPITULO IV

GEOMORFOLOGÍA

El área paleozoica se caracteriza por presentar un modelado independiente en rasgos generales, de la estructura, con excepción del núcleo montañoso de Carabinero y sus inmediaciones. Este tiene estructura cupuliforme por lo que los torrentes y barrancos que lo excavan tienen distribución radial, en contraste con el trazado subortogonal de los cauces en el ámbito mesozoico-terciario, en el que existe una íntima relación entre las formas de relieve, la litología y la estructura.

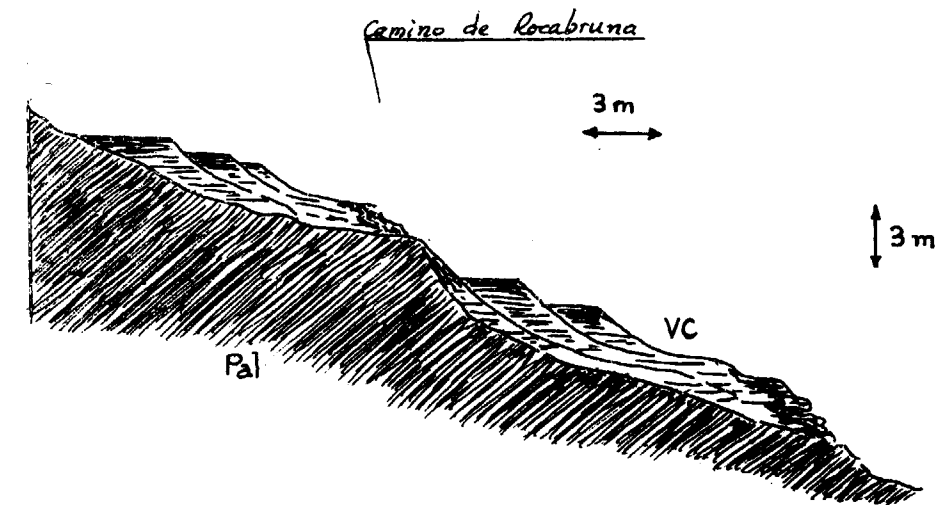
El área suroriental, correspondiente a los afloramientos postpermotriásicos, muestra una red de drenaje regular, orientada paralela y transversalmente a la estructura. En efecto, la disposición alternante de lechos poco consolidados (limolitas, margosquistos y margas) y otros bien consolidados (calizas, conglomerados y areniscas) crea resaltes longitudinales a modo de crestas y espinazos de gran longitud, orientados según la dirección estructural SW-NE. Al mismo tiempo, la dirección de máxima pendiente es, a grandes rasgos, perpendicular a dichas crestas, condicionando así una red de drenaje subortogonal.

El perfil transversal de los cauces "longitudinales" (orientados paralelamente al rumbo de las capas) es, a menudo, disimétrico, dependiendo dicha disimetría del buzamiento y composición de los estratos cuya "cuesta" constituye, a veces, una de las laderas del cauce. La ladera excavada en el "talud" de las capas es más sinuosa, presentando resaltes y cornisas más o menos extensos. Los ttes. de Bac, Coll de Ses Basses y otros muchos de orientación semejante, muestran claros ejemplos de este tipo de perfiles.

Los cauces "transversales" (orientados transversalmente al rumbo de las capas) muestran perfil longitudinal de pendiente acusada. Son cauces con angosturas y ensanches locales, debidos a las capas duras y blandas sucesivamente atravesadas, y trazado definido, impuesto por las variaciones litológicas locales y la fuerte pendiente.

Donde los perfiles transversales (de orientación NW-SE) alcanzan su máxima irregularidad y abruptitud es en el ámbito garumnense. Las intercalaciones detríticas rojas, de considerable menor estabilidad frente a los procesos erosivos de la meteorización física sobre todo, que las calizas del tramo, producen excavaciones importantes que re-

Rocabruna a Camprodón, al NE de La Boixeda (Serrat dels Vinyals). En ellos pueden observarse las cicatrices del deslizamiento, así como las terracetas a distinto nivel, formadas durante el proceso, horizontales o con ligero buzamiento hacia el borde interno de las mismas (véanse esquema adjunto y fotografías insertas en el Anejo correspondiente).



Esquema de los deslizamientos de ladera en el Serrat dels Vinyals.

VC = Suelos eluvio-coluviales.

Pal = Pizarras.

saltan más aún los paquetes calizos limitantes. A ello se une el gran buzamiento general de la formación, creándose verdaderas crestas escarpadas de gran longitud y difícil acceso, con formas típicas de "cornisas" y "hogbacks" de gran altura.

Es destacable, desde el punto de vista geomorfológico, la existencia de la terraza "colgada" en el valle de Salarça, a pocos metros sobre el cauce, actualmente excavada y erosionada en parte por el mismo río. Ello podría significar una elevación y descenso sucesivos del nivel de base general del río (o bien un descenso y elevación sucesivos del área correspondiente a la patria del citado río), probablemente ayudado por períodos climáticos diversos, en los que la acción erosiva del río ha sido más o menos intensa.

También son dignas de tener en cuenta las formas superficiales de los coluviones y conos de deyección de algunos sectores. Los principales deslizamientos de ladera se ubican en el camino de

CAPITULO V

GEOLOGÍA APLICADA

Desde este punto de vista la presente zona carece de interés en lo que a mineralizaciones importantes se refiere. Muestra, sin embargo, áreas extraordinariamente extensas, en donde la naturaleza de los materiales permite su explotación bien sea directamente (como áridos para construcción, por ejemplo), bien sea como materia prima para fabricación de otros productos (cemento y derivados, cales, etc.).

La posibilidad de nuevos alumbramientos de aguas subterráneas en la zona es muy limitada, dada la enorme irregularidad de su topografía. También carece de recursos petrolíferos de interés, pese a la extraordinaria abundancia de indicios en todo el ámbito terciario.

1. MINERALIZACIONES

La presente zona carece de yacimientos minerales de importancia, bien sean de origen endógeno, bien de origen exógeno, aunque próximo a ella existan restos de antiguas explotaciones (minas de cobre de Pubil, en el Bco. de Las Farreras, cerca de Coll d'Ares en plena facies de las pizarras paleozoicas).

La presencia de sulfuro de hierro diseminado en las masas calizas del Terciario de Baget es constante, aunque por su cantidad y disposición no alcanzan ni remotamente los umbrales de la explotabilidad.

Mineralizaciones de pirita más importantes han sido observadas en las pizarras y calizas negras atribuidas al Gotlandense del camino de La Boixeda al Riutort. En dicho sector hemos podido hallar cuerpos septariformes aislados de 15-20 cm. de diámetro, integrados por una masa irregular de pirita y óxidos de Fe. Las calizas contienen ligeras impregnaciones de pirita, que acompañan y/o sustituyen a las vénulas de calcita espática contenida en ellas. También existen cuerpos nodulares en forma de pan, dentro de las facies Gotlandense, ricos en limonita y arcilla (véanse fotografías en el Anejo final). Por último merece ser indicada la presencia de carbonatos de Cu (malaquita y azurita) en los mármoles de la formación "Carabinero" (Cámbrico), en forma de impregnaciones dispersas de escasísimo interés desde el punto de vista económico.

No existen yacimientos minerales exógenos, aunque los de yeso correspondientes al tramo terciario del "Vallfogona" inferior, aparecen al sur de la zona estudiada, a pocos kilómetros de la misma.

2. NOCIONES SOBRE LA HIDROGEOLOGÍA DE LA ZONA

Dentro de la variada columna litológica estudiada, destacan por su elevada permeabilidad textural y estructural todos los tramos calizos, y dentro de ellos, aquellos que más acusan los efectos de la tectónica local, tales como los mármoles de "Carabinero" en el sector de "La Boixeda". Son rocas permeables "en grande" en las que la circulación del agua se realiza, a menudo, en régimen turbulento, a través de diaclasas abiertas y amplios huecos de origen cárstico.

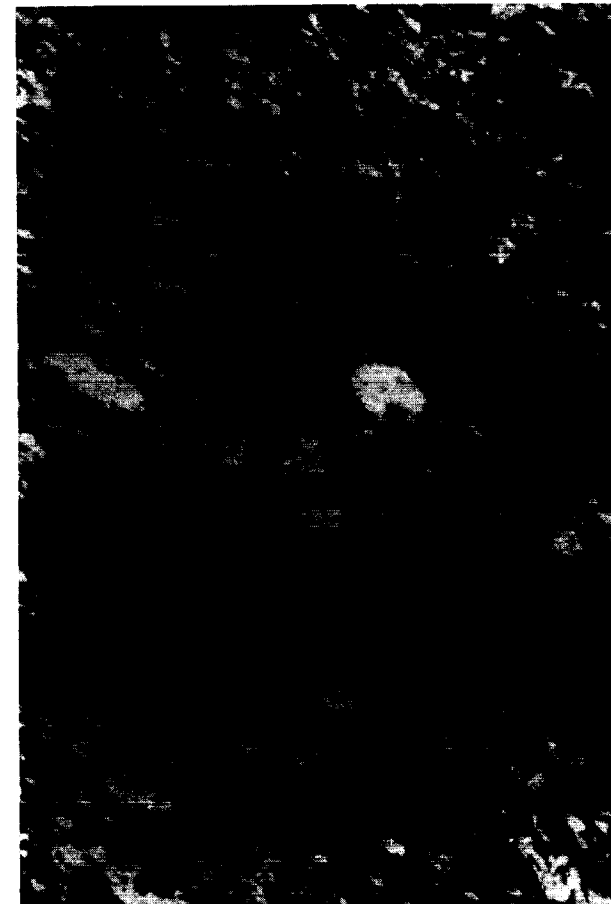
La formación permotriástica, así como algunos lechos detríticos del "Corones", tienen cierta permeabilidad "en pequeño", tanto más acusada cuanto menor es la proporción de finos que integran el ma-

terial. Tal es el caso de las arenas decoloradas de Rocabruna (Co. de Can Planés y Moli d'en Sorolla).

El resto de las formaciones y tramos de la zona presentan permeabilidad prácticamente nula, ya que su porosidad litológica útil es muy limitada. De manera local, y siempre con pequeña importancia hidrogeológica, aparecen sectores más permeables donde la tectonicidad y/o tectónica del yacente es mayor.

Entre las surgencias inventariadas destacan por su singular significado hidrogeológico las fonts del Clot (Can Pujol), del Bou (cerca del Coll de la Creueta), font Ramut, y Las Deus junto al núcleo urbano de Baget. Todas ellas están asociadas a paquetes calcáreos potentes; surgen en el contacto con los tramos esquistosos pizarrosos o margosos vecinos. Merece ser destacado el origen tectónico de la font del Clot (C. Pujol), sita bajo los escarpes marmóreos cabalgantes e intensamente fracturados de la formación cámbrica, con un caudal de estío no inferior a los 3 litros/segundo. Constituye un importante desagüe, de origen tectónico, del manto acuífero cuya cuenca de recepción y almacenamiento está integrada por los afloramientos calizos del nudo montañoso Carabinero, parcial o totalmente conectados entre sí a través de fracturas u otras discontinuidades de tipo estructural. También merece una breve discusión la font de Las Deus, situada a unos 250 m. al NW de Baget, y de origen claramente cárstico. Resulta paradójico y curioso, a primera vista, su enorme caudal intermitente (más de 1.000 litros/segundo en época de lluvia) y su desaparición total en época seca. La patria del agua surgida son los paquetes calizos identados en la formación "Sagnari", intensamente afectados por procesos de disolución (carsticidad), y en los que el agua circula libremente a través de fisuras abiertas y/o canales de gran amplitud. Surgencias de este tipo hemos tenido ocasión de observar en otros puntos del Prepirineo, en las que llama la atención siempre su enorme caudal y su desaparición estacionales ("Clot de Espolla" al NNE de Bañolas; "Els Bullidors" de la zona depresiva de Sant Miquel de Campmajor, en donde la circulación se realiza por canales excavados en los lentejones yesíferos de la formación "Vallfogona" inferior, etc.).

Dada la morfoestructura subvertical y alternante de los niveles que podrían constituir acuíferos de interés en la zona (calizas cámbricas, devónicas, garumnenses y terciarias), la disposición y delimitación de mantos es en general difícil y, en cualquier caso, podría hablarse de mantos acuíferos locales,



MICROFOTO 1

ESQUISTO DEL CAMINO DE LA COSTA
(CAMBRICO)

Reconocimiento de visu: Roca gris pardo, de grano fino, con bandas más claras de grano mayor. Se observan puntuaciones pirotosas, más frecuentes en las bandas claras.

Composición mineralógica:

- C.P.: Moscovita, cuarzo, sericita.
- C.S.: Clorita predomórfica de micas.
- C.a.: Plagioclasa, turmalina, opacos, circón.

Textura: Pizarrosa.

Clasificación: Pizarra sericítica en tránsito a filadío.

Nicoles + x 145 (TH-8). Muestra T-16A.

MICROFOTO 2

MARMOL DE LA FONT DEL CLOT (CAMBRICO)

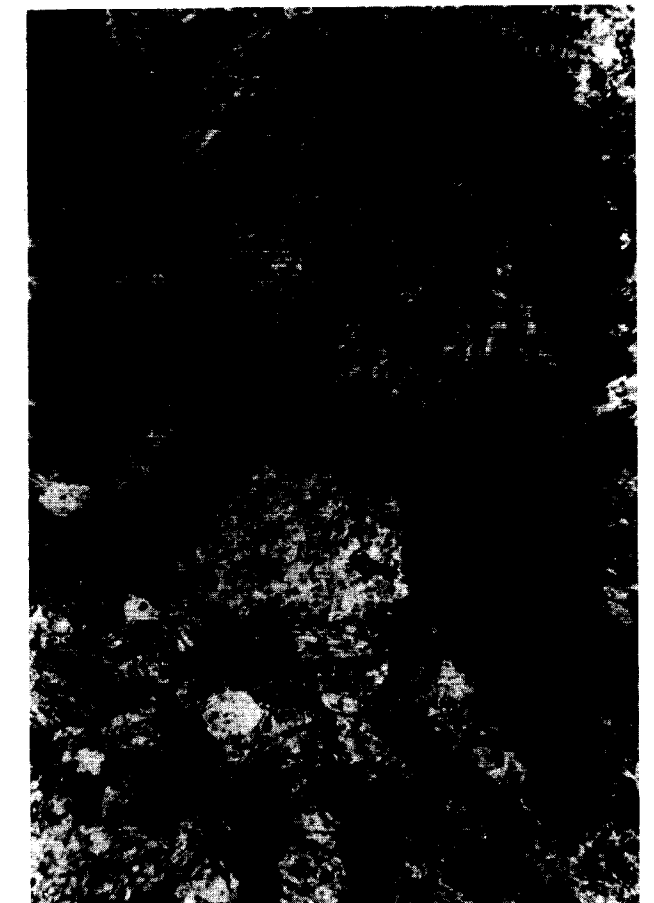
Reconocimiento de visu: Roca marmórea de color gris perla a gris ceniza, brillo céreo. Presenta bandeado característico blanquecino.

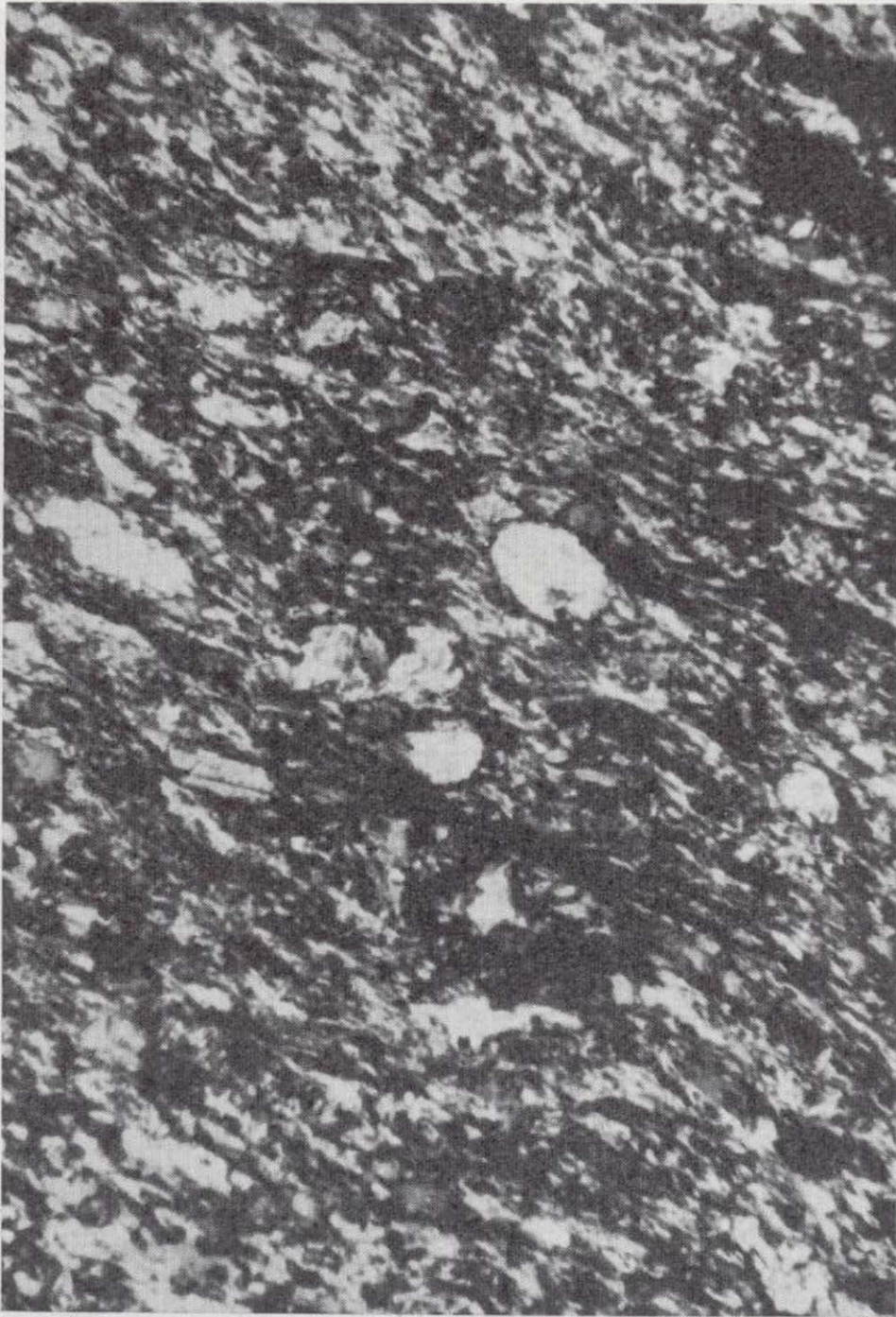
Composición mineralógica:

- C.P.: Carbonato cálcico.
- C.A.: Cuarzo, óxido de Fe y material arcilloso.

Clasificación: Caliza marmórea.

Nicoles + x 145 (TH-5). Muestra T-16A.





MICROFOTO 1

ESQUISTO DEL CAMINO DE LA COSTA
(CAMBRICO)

Reconocimiento de visu: Roca gris pardo, de grano fino, con bandas más claras de grano mayor. Se observan puntuaciones pirotosas, más frecuentes en las bandas claras.

Composición mineralógica:

- C.P.: Moscovita, cuarzo, sericita.
- C.S.: Clorita predomórfica de micas.
- C.a.: Plagioclasa, turmalina, opacos, circón.

Textura: Pizarrosa.

Clasificación: Pizarra sericítica en tránsito a filadio.

Nicoles + x 145 (TH-8). Muestra T-16A.

MICROFOTO 2

MARMOL DE LA FONT DEL CLOT (CAMBRICO)

Reconocimiento de visu: Roca marmórea de color gris perla a gris ceniza, brillo céreo. Presenta bandeado característico blanquecino.

Composición mineralógica:

- C.P.: Carbonato cálcico.
- C.A.: Cuarzo, óxido de Fe y material arcilloso.

Clasificación: Caliza marmórea.

Nicoles + x 145 (TH-5). Muestra T-16A.



MICROFOTO 3

ESQUISTO DE "CARABINERO" (CAMBRICO)

Reconocimiento de visu: Roca gris plomo, bandeada, grano fino. Contiene cuerpos lenticulares claros de 2×15 milímetros de tinte amarillento dorado. Son rocas microporosas de tacto suave, algo talcoso.

Composición mineralógica:

C.P.: Cuarzo, biotita, clorita.

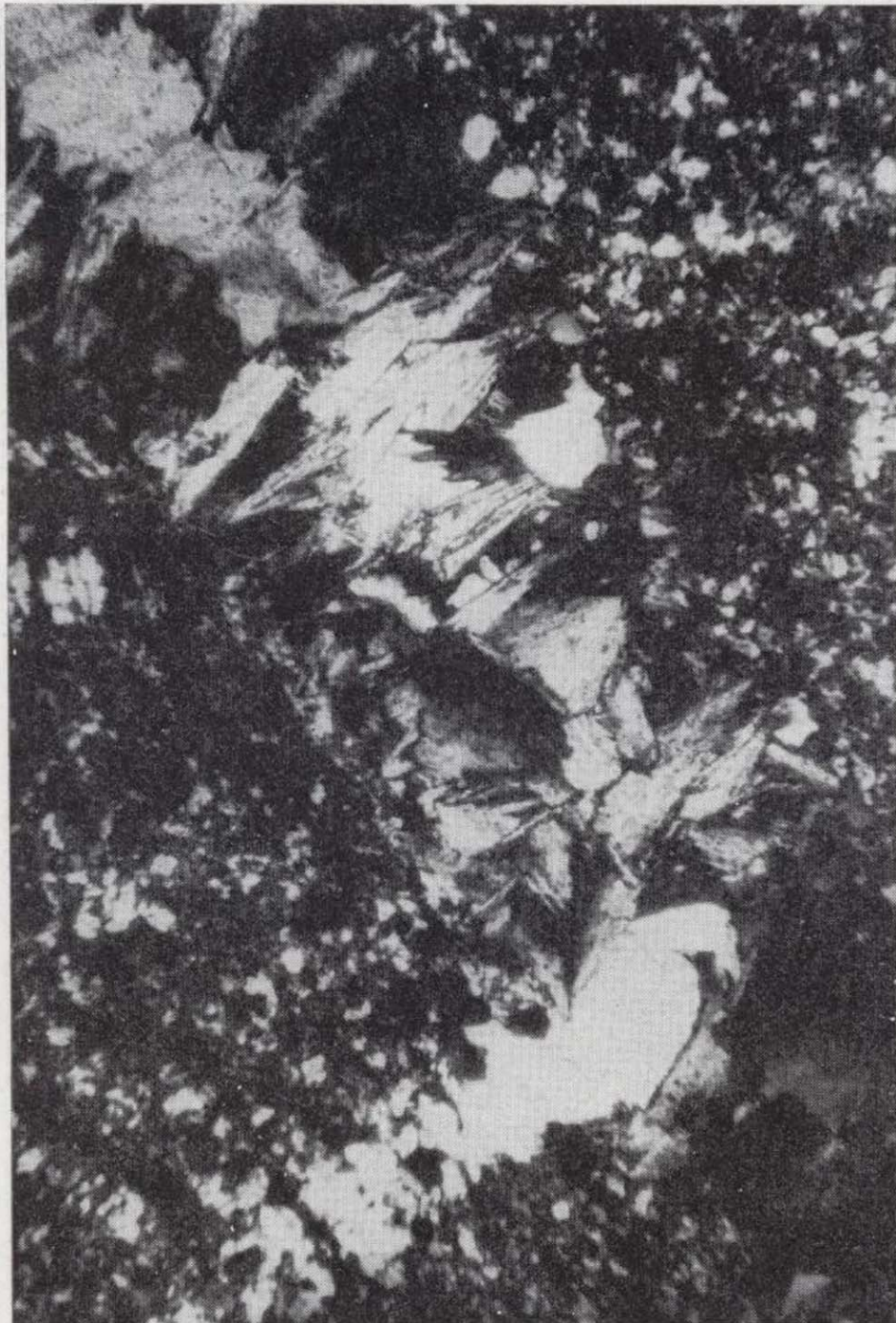
C.A.: Opacos y óxidos de Fe.

Textura: Esquistosa.

Clasificación: Esquisto micáceo.

La roca aparece atravesada por vetas posteriores de cuarzo, con ramilletes de clorita, como se observa en la foto. Pertenece a la facies de "esquistos verdes" del metamorfismo regional. Procede, al parecer, de materiales pelíticos metamorfizados.

Nicoles + x 50 (TH-15). Muestra T-28A.



MICROFOTO 4

ARENISCA-ESQUISTO DE "EL BROI"
(ORDOVICENSE)

Reconocimiento de visu: Roca gris oscuro con nódulos lenticulares amarillentos de trazados paralelos entre sí. Bandas claras y oscuras, interrumpidas por tales nódulos. Presenta fino diaclasado abierto y corta a la estratificación según 25°-30°.

Composición mineralógica:

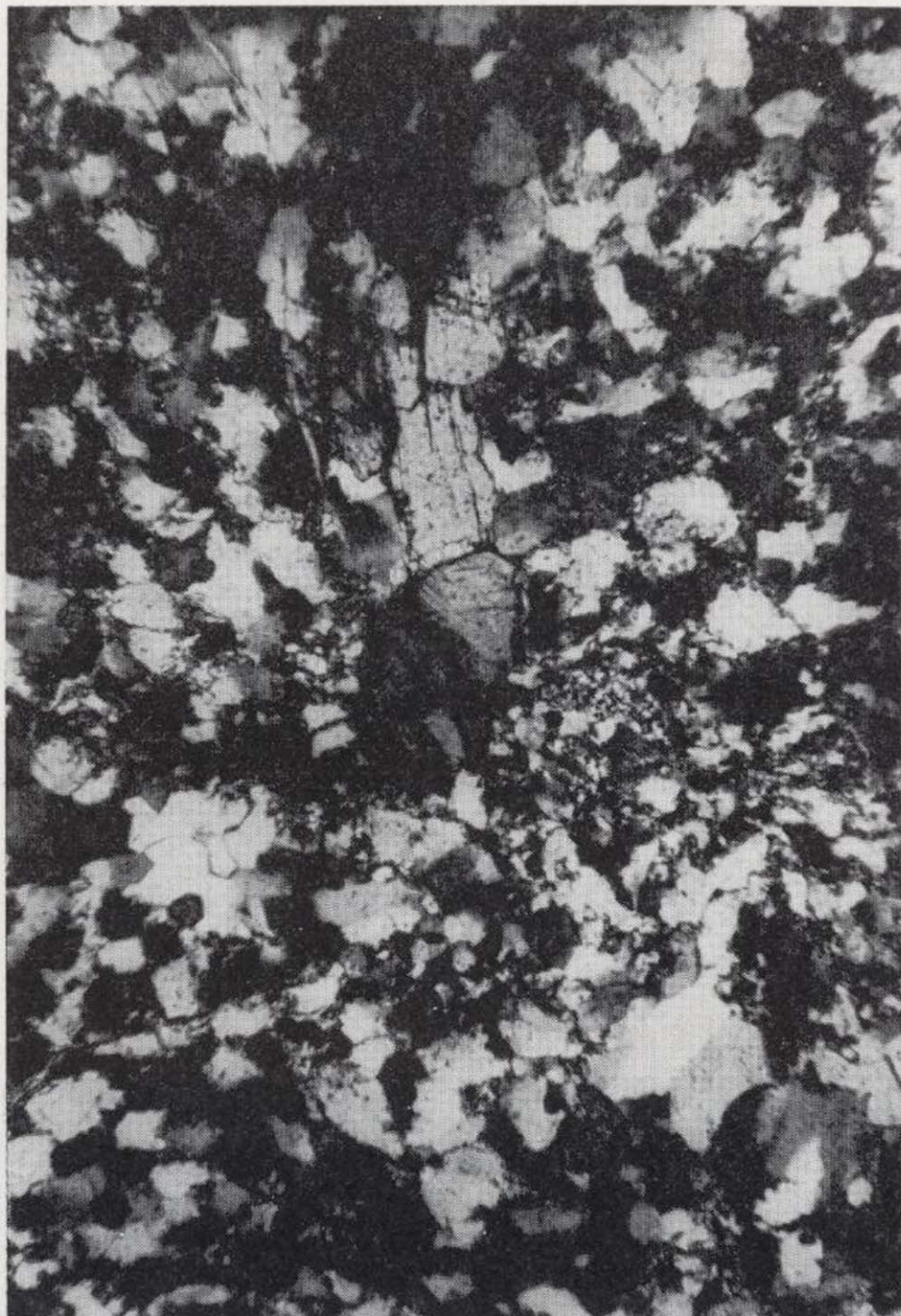
C.P.: Sericita, moscovita y carbonatos.

C.A.: Turmalina, opacos y óxido de hierro.

Textura: Granoblástica y pizarrosa por zonas.

Clasificación: Arenisca-esquisto (semiesquisto) y representa la transición entre ambos tipos de roca.

Nicoles + x 50 (TH-18). Muestra T-34.



MICROFOTO 5

ESQUISTO ARENISCOSO Y ARENISCA. CLOT DEL VILLARS (ORDOVICENSE)

Reconocimiento de visu: Roca de color verdoso (algo decolorado), con curiosas figuras arrañadas y bandeado de estructura arrosariada. Muestra diminutas, pero frecuentes fracturas, con desplazamiento relativo apreciable, sobre todo en las bandas blancas, cuarzosas.

Composición mineralógica:

C.P.: Cuarzo.

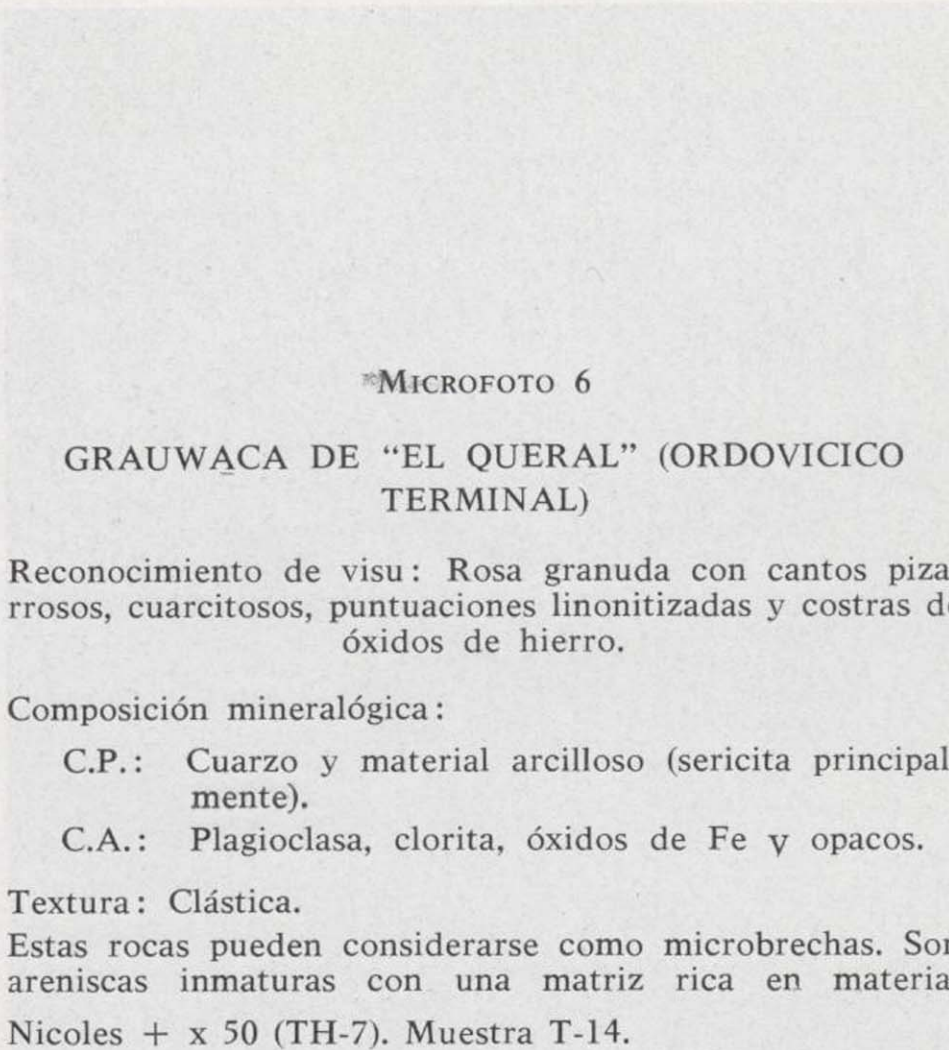
P.A.: Turmalina, carbonato, sericita, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Granoblástica típica.

Clasificación: Arenisca.

Los granos de cuarzo son más o menos redondeados y se hallan cementados por sílice, carbonato y sericita.

Nicoles + x 50 (TH-19). Muestra T-35.



MICROFOTO 6

GRAUWACA DE "EL QUERAL" (ORDOVICICO TERMINAL)

Reconocimiento de visu: Rosa granuda con cantos pizarrosos, cuarcitosos, puntuaciones linonitizadas y costras de óxidos de hierro.

Composición mineralógica:

C.P.: Cuarzo y material arcilloso (sericita principalmente).

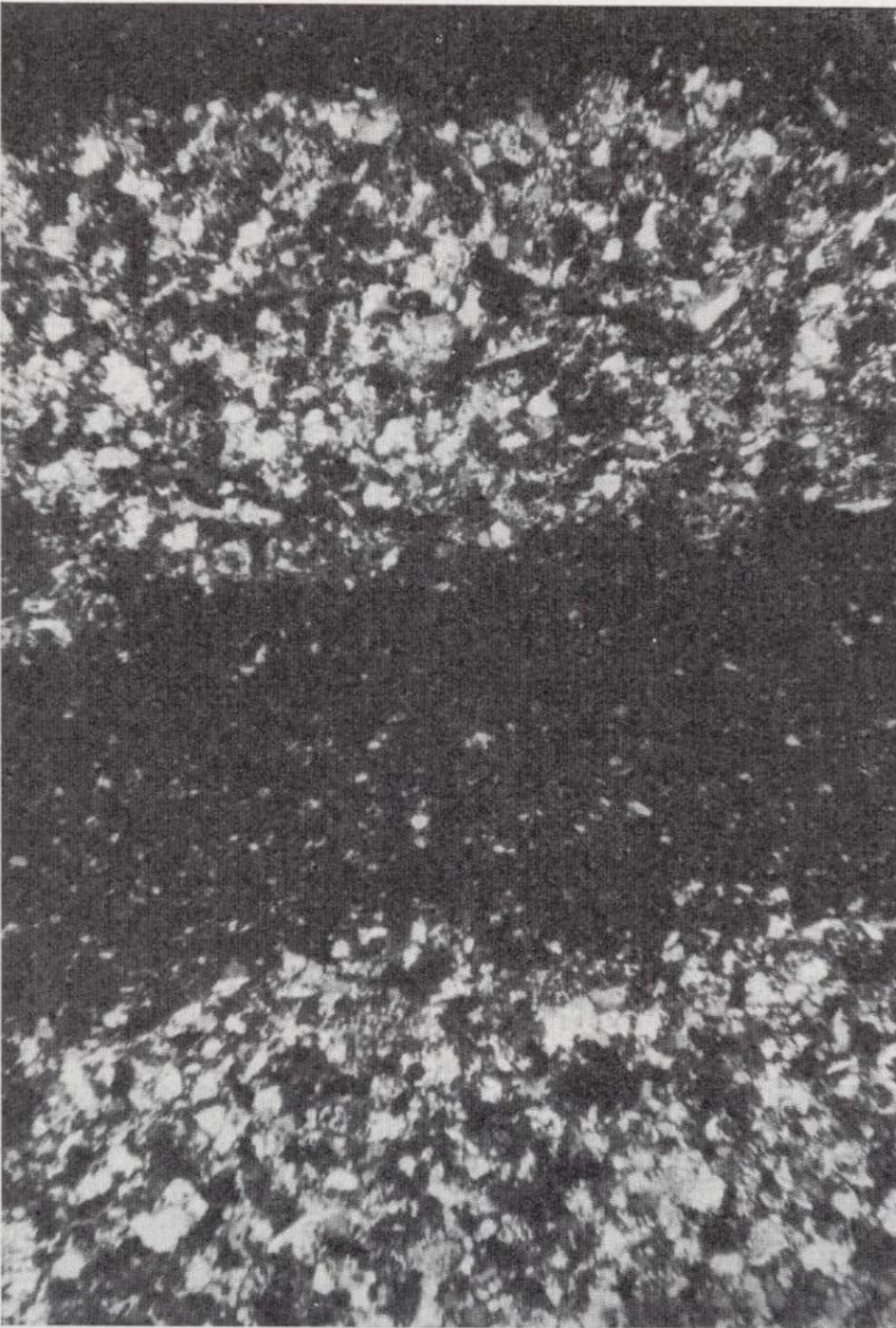
C.A.: Plagioclasa, clorita, óxidos de Fe y opacos.

Textura: Clástica.

Estas rocas pueden considerarse como microbrechas. Son areniscas inmaduras con una matriz rica en material

Nicoles + x 50 (TH-7). Muestra T-14.





MICROFOTO 7

PIZARRA CON BANDAS ARENISCOSAS De C. NIC
(ORDOVICENSE)

Reconocimiento de visu: Roca gris, bandeada, de color gris y blanco y textura grunulosa fina; contiene concentraciones aisladas de grano algo más grueso. Se observan a ojo desnudo diminutas pajas brillantes de moscovita.

Composición mineralógica:

C.P.: Sericita, moscovita y carbonatos.

C.A.: Turmalina, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Pizarrosa y granoblástica por zonas.

Clasificación: Pizarra sericítica con bandas de areniscas. Al microscopio se observa el bandeo como la asociación estratificada de una pizarra y una arenisca. Las zonas pizarrosas muestran claramente dos orientaciones distintas de los granos, correspondientes a las esquistosidades primaria y secundaria, subperpendiculares entre sí.

Nicoles + x 50 (TH-16). Muestra T-29A.

MICROFOTO 8

GRAUWACA DE CAN BERNADI (ORDOVICENSE
TERMINAL)

Reconocimiento de visu: Roca detrítica basta, de canto anguloso silíceo en general, con poros irregulares de fracción de milímetros. Se observan algunos cantos de mayor tamaño, amarillentos y más o menos pulverulentos que, al erosionarse, crean huecos mayores

Composición mineralógica:

C.P.: Cuarzo y material arcilloso.

C.A.: Plagioclasa, clorita, opacos y abundantes óxidos de Fe.

Textura: Clástica.

Clasificación: Grauwaca.

Nicoles + x 50 (TH-10). Muestra T-21C.



MICROFOTO 9

"ESQUISTO PERFORADO". LES ASSUQUES
(ORDOVICENSE TERMINAL)

Reconocimiento de visu: Roca areniscosa de color gris verdoso claro, en la que se observa alternancia de horizontes de diversa granulometría. Contienen abundantes restos de fauna limonitizados que al vaciarse confieren a la roca un aspecto oqueroso.

Composición mineralógica:

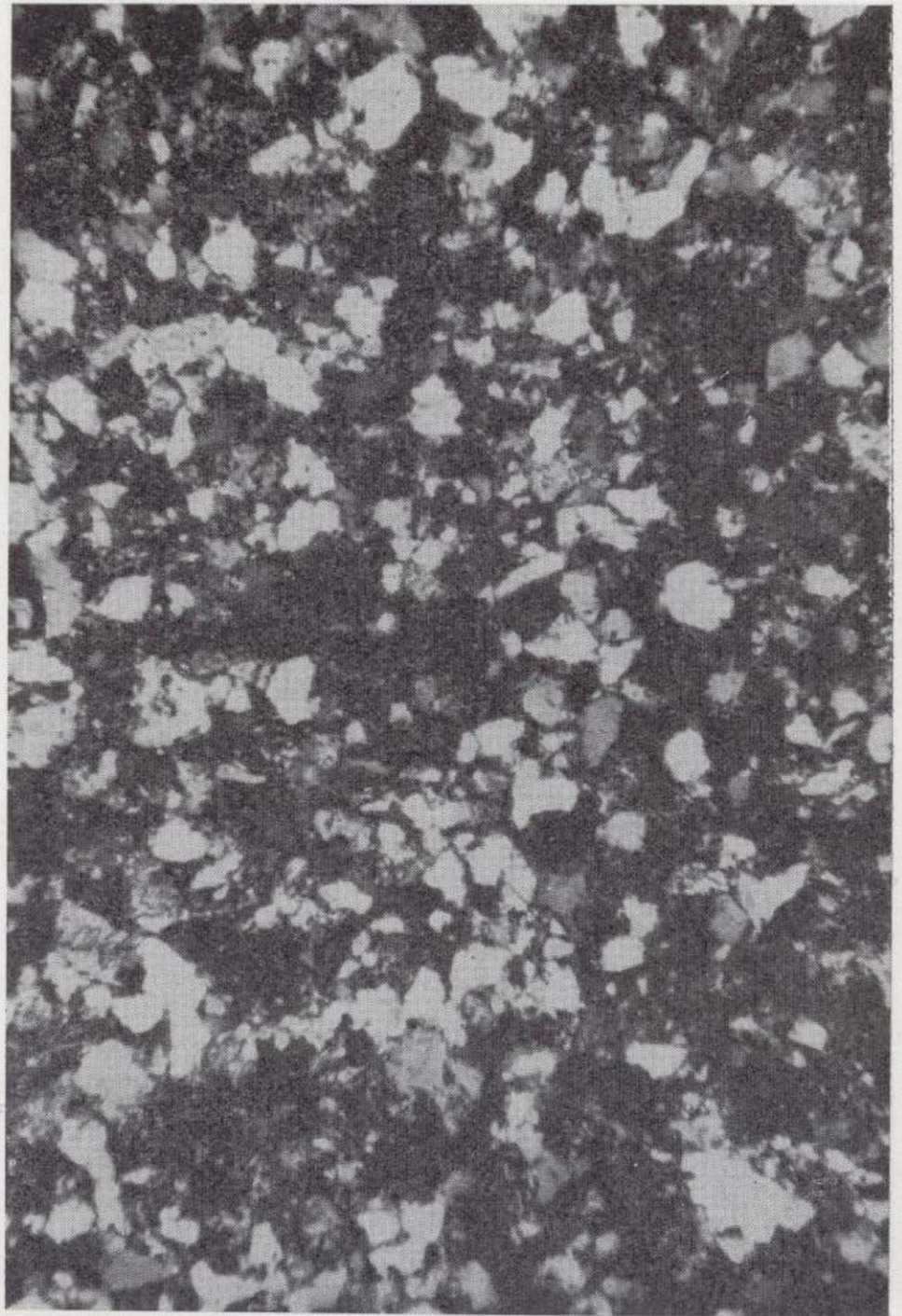
- C.P.: Sericita, clorita y cuarzo.
- C.S.: Clorita pseudomórfica de micas.
- C.A.: Biotita, óxidos de Fe y opacos.

Textura: Pizarrosa de grano fino.

Clasificación: Pizarra sericítico-cloritosa con niveles areniscosos.

La composición de la matriz es, probablemente, illita, aunque no ha podido determinarse. Pertenece a la zona de la clorita del metamorfismo regional, subfacies de la moscovita-clorita dentro de las facies de los esquistos verdes.

Nicoles + x 145 (TH-6). Muestra T-13.



MICROFOTO 10

ARENISCA. SERRAT DELS VINYALS (ORDOVICENSE)

Reconocimiento de visu: Esquisto verdoso con laminaciones paralelas de 1-2 mm. Textura fina. Roca de tacto talcoso, muy suave, que huele a arcilla mojada al ser humedecida simplemente con saliva.

Composición mineralógica:

- C.P.: de la fracción detrítica: Cuarzo, plagioclasa, moscovita y carbonatos.
- C.A.: Turmalina.
- Matriz detrítica integrada por sericita e illita principalmente. La fracción autógena está representada por cuarzo y material ferruginoso.

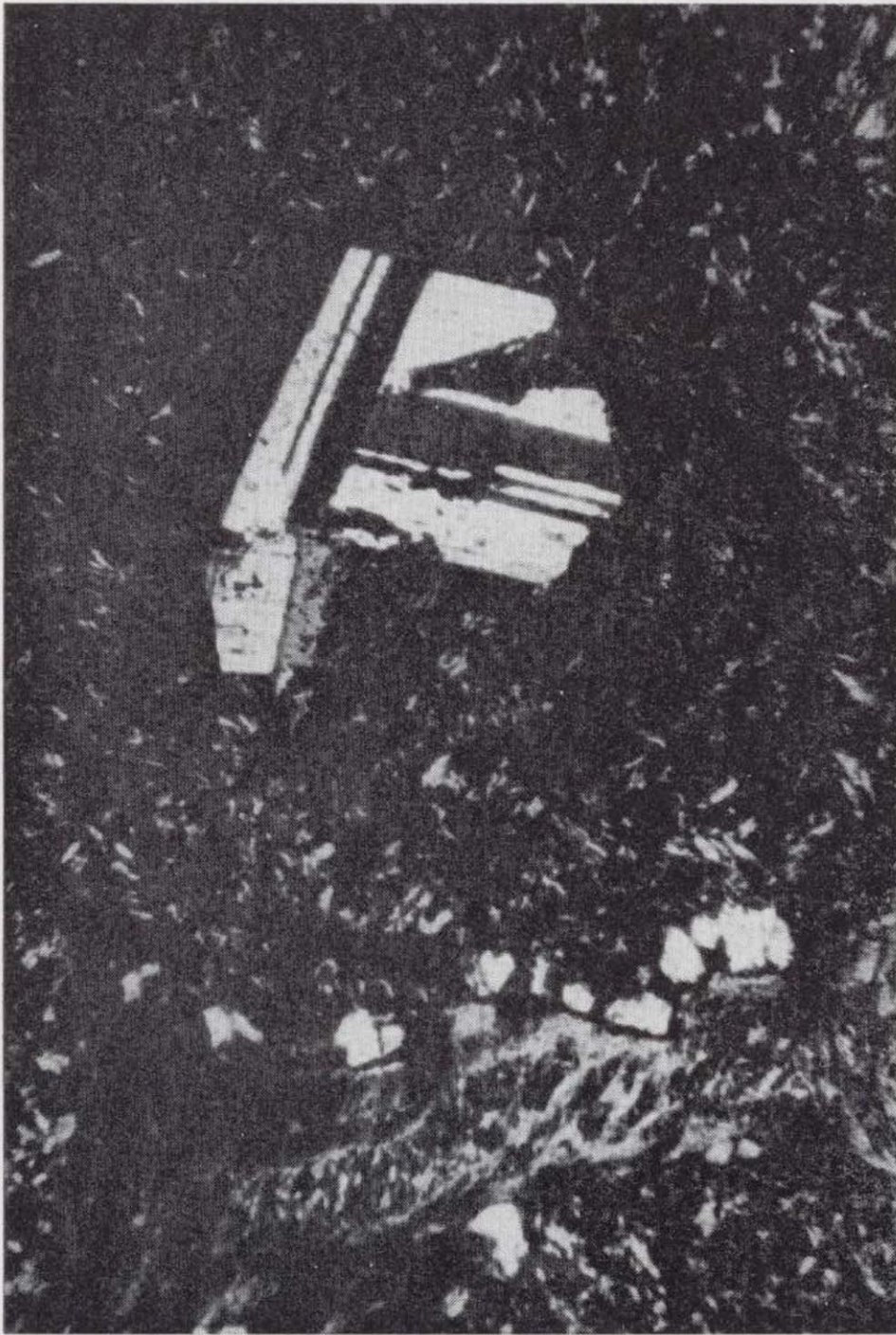
Textura: Clástica.

Clasificación: Arenisca feldespática.

La roca presenta avanzado grado de diagénesis, como pone de manifiesto: 1) La abundancia de sobrecrecimientos silíceos. 2) La proporción (10 %) de cemento calcáreo de origen metasomático. 3) La escasa proporción (5 %) de granos detríticos de contorno detrítico reconocible. 4) La forma cóncavo-convexa del contacto con el cemento químico. 5) La escasa proporción de chert.

El feldespato aparece poco alterado, lo que parece indicar en la glyptogénesis, transporte y redeposición debieron ser procesos lo suficientemente rápidos como para que la meteorización de los materiales no fuese acusada.

Nicoles + x 50 (TH-11). Muestra T-22B.



MICROFOTO 11

ANDESITA. BARRANCO DE ROCABRUNA

Reconocimiento de visu: Roca verdosa de trama granuda en una pasta amarillenta heterogénea. Compacta de disyunción irregular en general.

Composición mineralógica:

C.P.: Plagioclasa de tipo andesina.

C.S.: Clorita y Albita.

C.A.: Cuarzo, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Pilotasa.

Clasificación. Andosita propilitizada.

Nicoles + x 50 (TH-12). Muestra T-23A.

MICROFOTO 12

LAVA. CLOT DELS VILARS

Reconocimiento de visu: Roca verde porosa con abundantes puntuaciones amarillas. Incluye cantos gruesos de cuarzo hasta 3 cm. Trama granuda con matriz de grano muy fino.

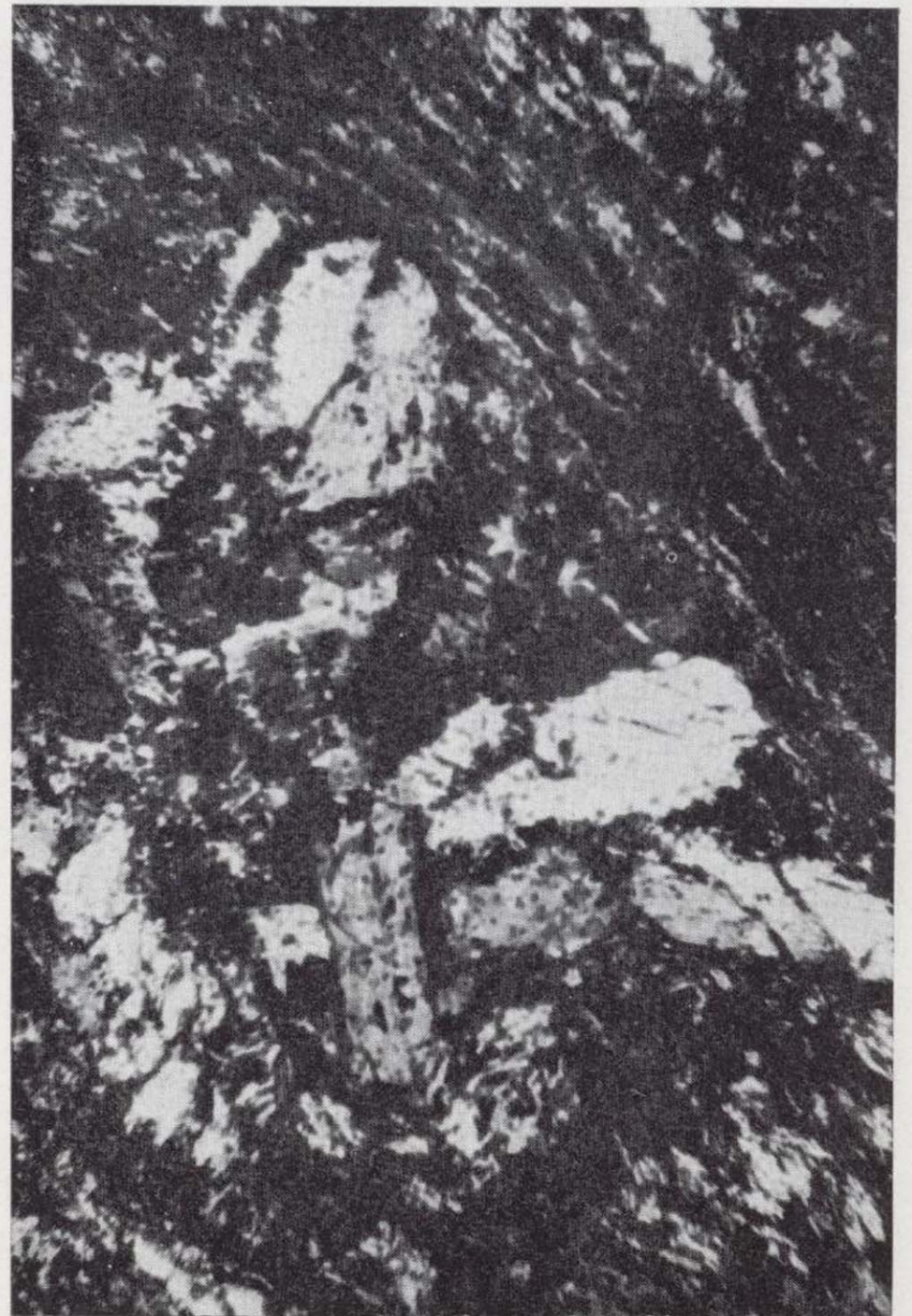
Composición mineralógica:

C.P.: Cuarzo, plagioclasa, sericita, clorita.

C.A.: Opacos y óxidos de hierro.

El elevado grado de alteración de la roca impide su estudio microscópico completo. Parece, sin embargo, que se trata de una lava asociada a pizarras sericíticas.

Nicoles + x 50 (TH-17). Muestra T-33A.



MICROFOTO 13

ARENISCA Y/O ESQUISTO ARENISCO. CAUCE DEL RIUTORT (ORDOVICENSE)

Reconocimiento de visu: Roca verdoso-grisácea de textura granulosa, cruzada por una apretada red de diaclasas de trazado dudoso; éstas son amarillentas. Disyunción irregular con tendencia a la astillosa. Muestra suturas estilolíticas de extenso recorrido.

Composición mineralógica:

C.P. de la fracción detrítica: cuarzo.

C.A.: Plagioclasa, turmalina, moscovita.

Componentes autógenos de la matriz: Cuarzo.

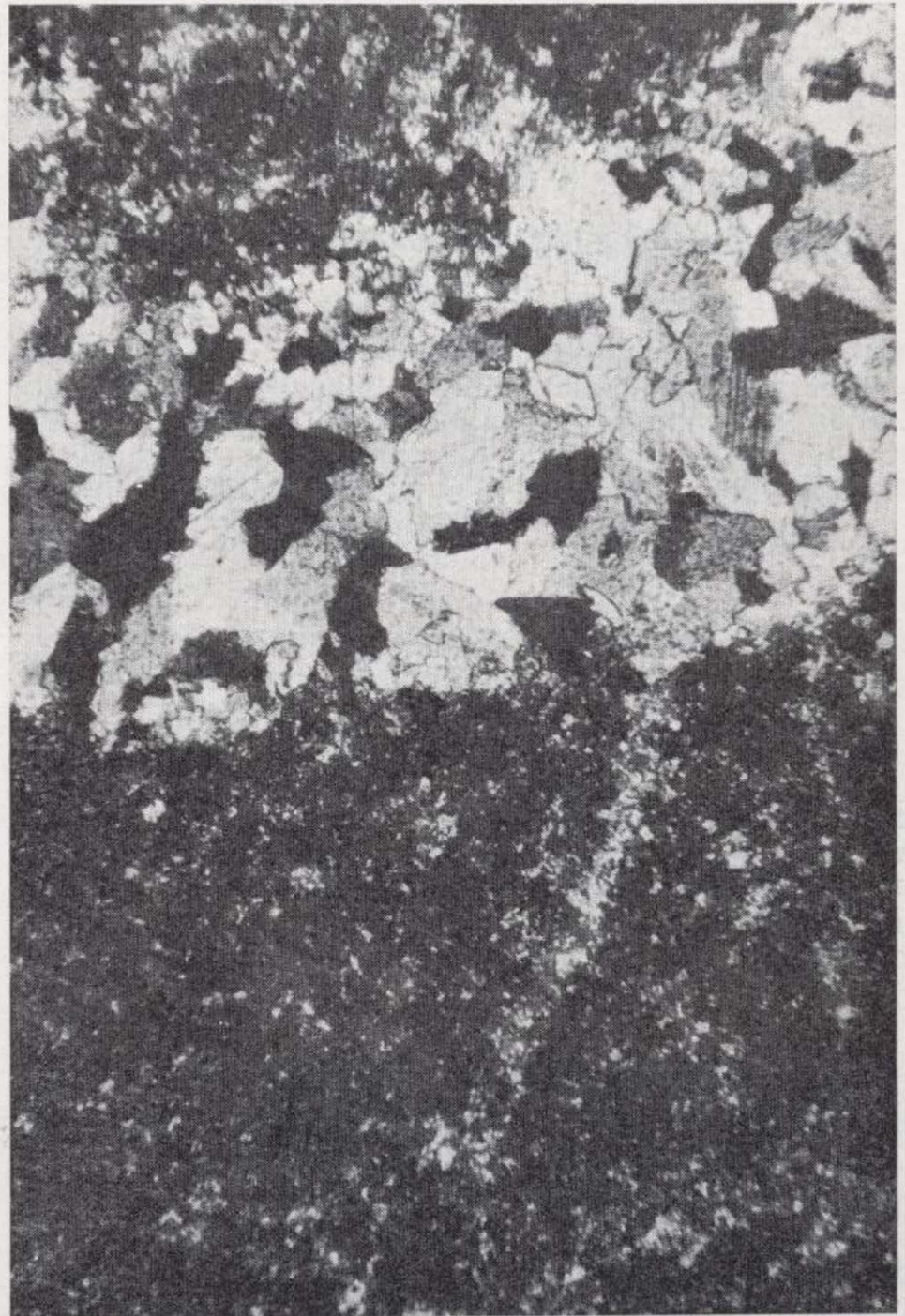
Composición del cemento: Carbonato, sericita.

Textura: Clástica original.

Clasificación: Arenisca.

Roca detrítica de grado diagenético muy avanzado. Después de un ligero ataque meteorizante a los granos integrantes, se han producido sobrecrecimientos autógenos sucesivamente hasta hacer desaparecer casi por completo los contornos detríticos reconocibles, y lograr que los contactos entre los clastos sean de tipo saturado. Gran cantidad de feldespatos están parcialmente sustituidos por agregados micáceos.

Nicoles + x 50 (TH-14). Muestra T-26B.



MICROFOTO 14

CALIZA NODULAR GRAFITOSA. CABECERA DEL RITORTELL (GOTLANDO-DEVONICO)

Reconocimiento de visu: Caliza negra, grafitosa (fina al tacto), de textura compacta, rica en pirita y vénulas de calcita. El grafito aparece en láminas escamosas de brillo sedoso que recuerdan a superficies de fricción. Aparece en nódulos lenticulares y delgadas capas, dentro de la masa general de pizarras grafitosas (Gotlandense?)

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato y material carbonoso.

C.A.: Cuarzo y óxidos de Fe.

Textura: Granoblástica.

El carbonato se presenta en agregados gruesos maclados, en general, polisintéticamente. Las maclas laminares son paralelas a la diagonal mayor, pero también se cortan en ángulo oblicuo. Son tan delgadas estas maclas que producen colores de interferencia de primer orden. El cuarzo se muestra en agregados de grano fino con extinción ondulatoria. Aparecen estililitos frecuentes, que presuponen un proceso de disolución intraestratal a presión, muy notable, después del depósito y formación de las capas.

Nicoles + x 50 (TH-2). Muestra T-4.

MICROFOTO 15

NODULOS DE CALIZA GRAFITOSA. CAUCE DEL RITORTELL

Se trata de otra sección de la muestra estudiada anteriormente. En esta se observan bien los cristales de calcita maclados polisintéticamente (maclado polilamelar, originando un pseudo estriado paralelo en la superficie de los cristales).



MICROFOTO 16

NODULO DE CALIZA. CAUCE DEL RITORTELL.
(GOTLANDENSE?)

Reconocimiento de visu: Caliza bandeada, negra, grafitosa. Contiene abundantes venas de calcita y cristales cúbicos de pirita, diseminados. Con ayuda de la lupa se observa tendencia a una aparente textura granulosa compacta. Disyunción muy irregular.

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato cálcico.

C.A.: Cuarzo, sericita, material arcilloso-carbonoso y opacos.

Textura: Afanítica.

Clasificación: Caliza afanítica.

La roca contiene una matriz carbonatada de grano submicroscópico, atravesada por vetas de calcita de neoformación, originadas por removilización y redeposición del carbonato matriz.

Nicoles + x 145 (TH-9). Muestra T-20A.



MICROFOTO 17

ARENISCA PERMOTRIASICA DE ROCABRUNA

Reconocimiento de visu: Roca formada por una apretada trama de cantos subangulosos de tamaño medio comprendido entre 1,5-2 mm. de naturaleza poligénica (a ojo desnudo se distingue: cuarzo y pizarra verde en vías de descomposición). La matriz es arcillosa de color rojo de tinte algo violáceo.

Composición mineralógica:

C.P.: Cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, arcilla y sericita.

C.A.: Oxidos de Fe, circón y fragmentos de rocas pizarrosas.

Composición de la matriz: Sericita, minerales arcillosos y cuarzo.

Textura: Granoblástica.

Clasificación: Grauwaca.

La madurez de la roca es media a baja (calibrado granulométrico bajo y esfericidad de los cantos muy poco marcada). La roca podría considerarse estructuralmente como una microbrecha.

Nicoles + x 50 (TH-3). Muestra T-6.

MICROFOTO 18

CALIZA DETRITICA (GARUMNENSE DE ELS NOU SANTS)

Reconocimiento de visu: Roca integrada por carbonato cálcico que engloba restos detríticos (cuarzo esencialmente) y restos microfósiles. Los cantos silíceos forman trama abierta o subcerrada y su proporción disminuye sin solución de continuidad hacia el techo de la formación. Está atravesada por frecuentes vénulas de calcita rosada.

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato, cuarzo y restos de fauna.

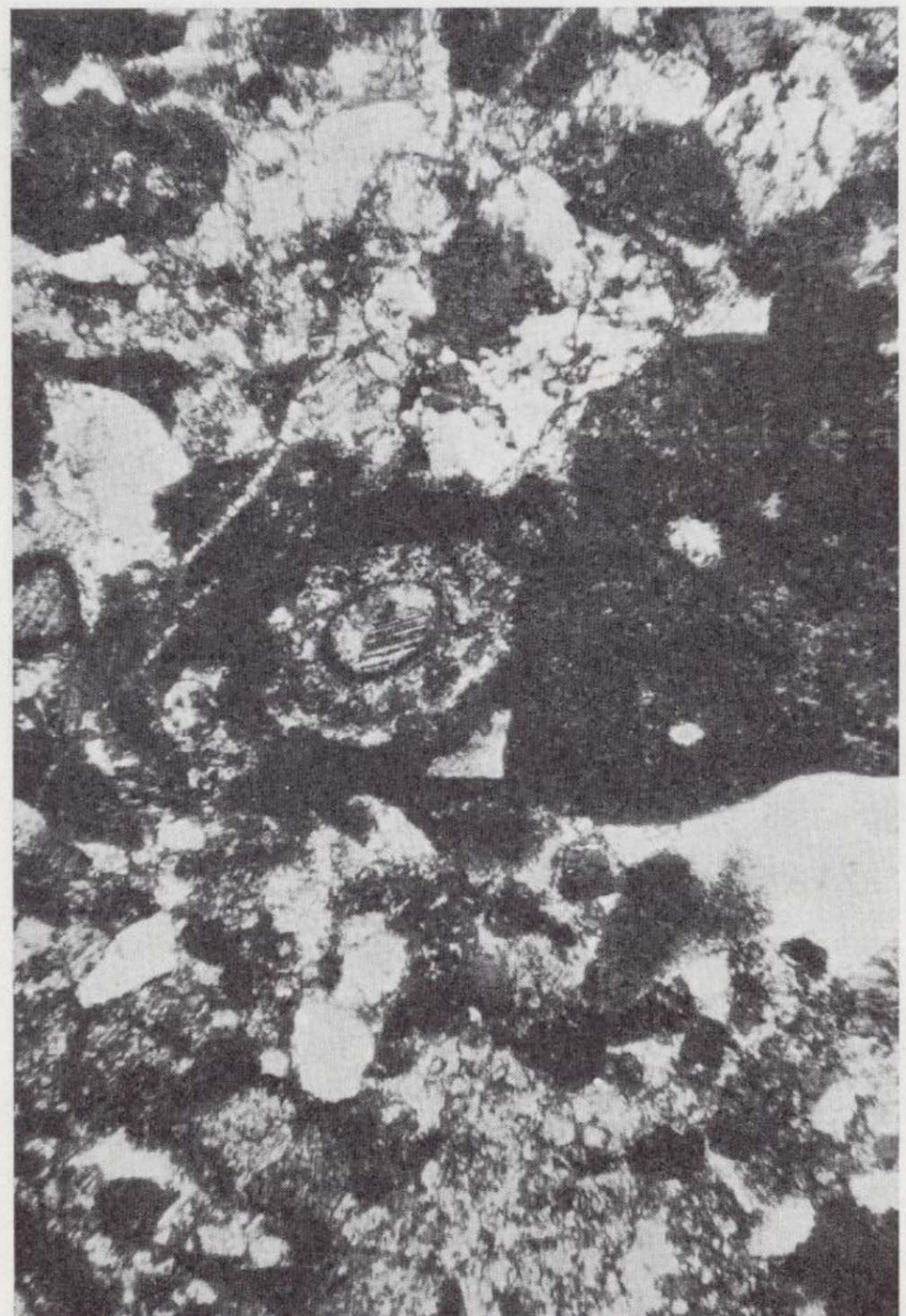
C.A.: Material arcilloso, mica, clorita.

Textura: Granoblástica.

Clasificación: Caliza detrítica fosilífera.

El cuarzo se presenta en granos angulosos de marcada extinción ondulatoria. Aparecen escasos cantos de pizarra y arenisca.

Nicoles + x 50 (TH-4). Muestra T-7A.



MICROFOTO 19

CALIZA. CASTILLO DE ROCABRUNA

Reconocimiento de visu: Roca gris ceniza con moteado versicolor. Contiene granos de cuarzo en trama abierta (localmente subcerrada) de cantos angulosos hialinos. También aparecen cantos rojos de naturaleza limolítica. Roca compacta de disyunción irregular y fractura subconcoidal.

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato cálcico y cuarzo.

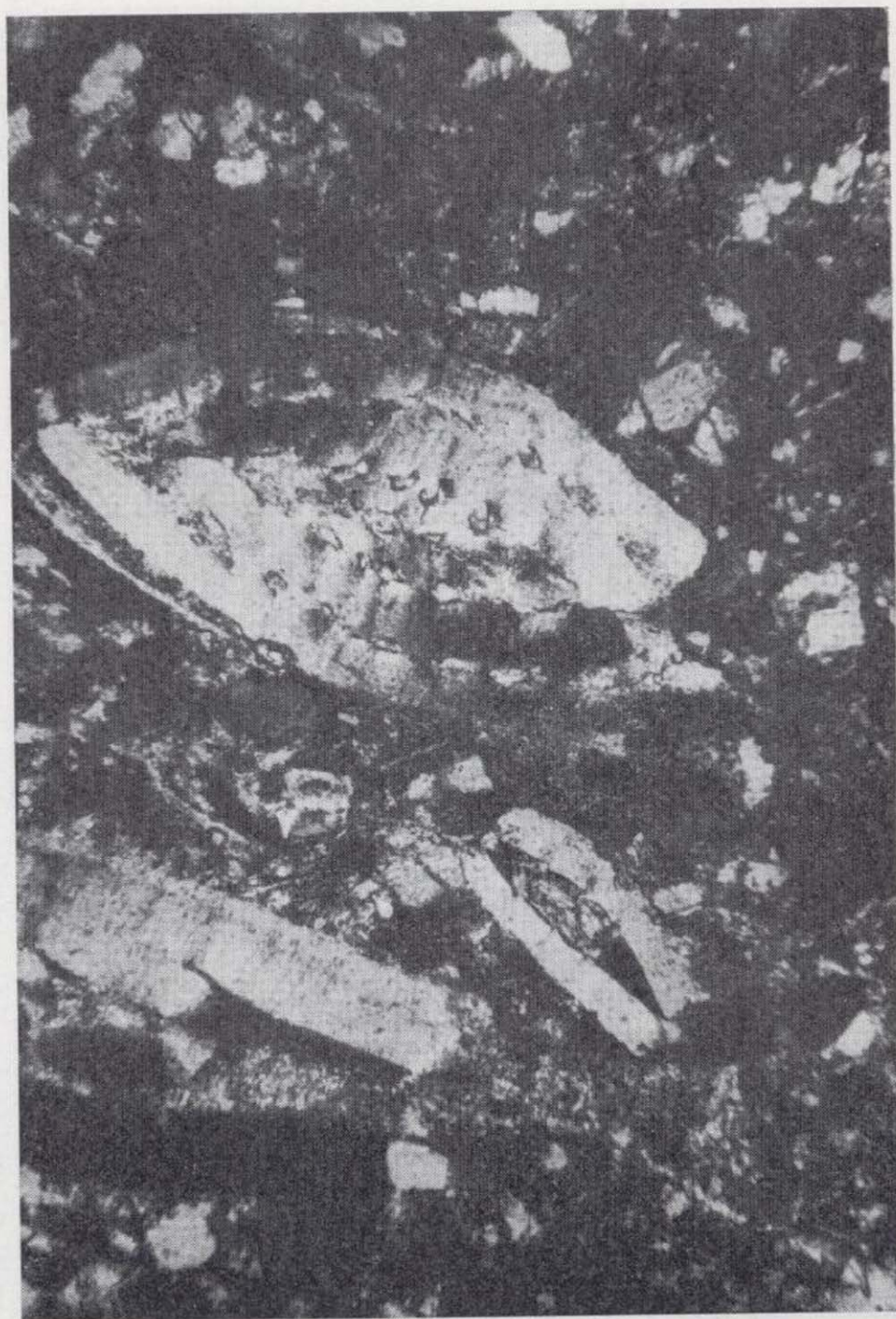
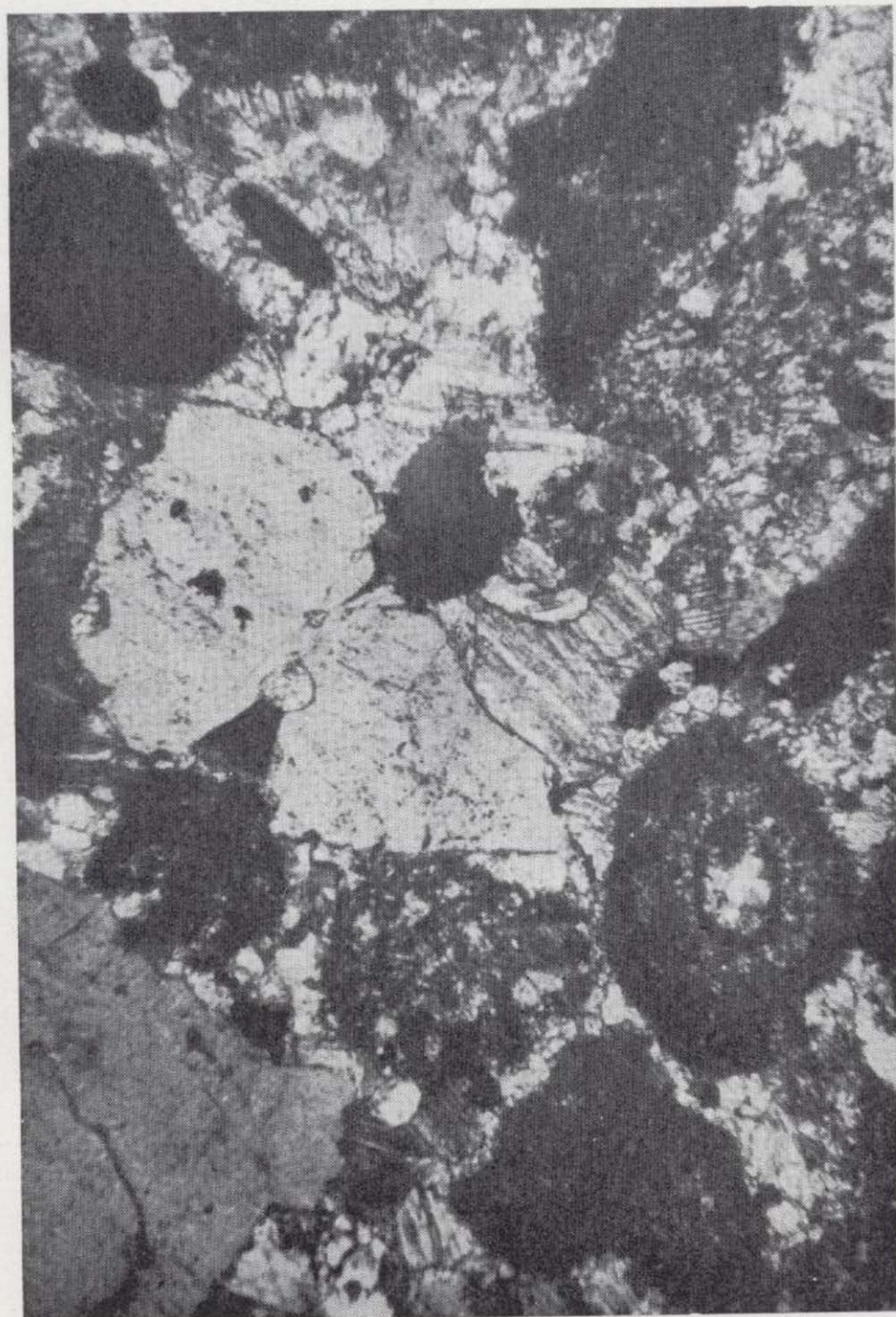
C.A.: Material arcilloso, fragmentos de roca, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Granoblástica.

Clasificación: Caliza silícea.

Los restos fósiles son inclasificables en general.

Nicoles + x 50 (TH-13). Muestra T-24B.



MICROFOTO 20

CALIZA FOSILIFERA. "SAGNARI" DE BAGET

Reconocimiento de visu: Roca gris de textura granular, compacta, rica en microfósiles y recristalizaciones blancas de calcita. Las diaclasas rellenas suelen formar una red subortogonal. Al binocular muestra numerosas secciones de Assilinas y Nummulites.

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato cálcico, microfósiles y cuarzo.

C.A.: Material arcilloso, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Granoblástica.

Clasificación: Caliza fosilífera silícea.

Nicoles + x (TH-20). Muestra T-38A.

MICROFOTO 19

CALIZA. CASTILLO DE ROCABRUNA

Reconocimiento de visu: Roca gris ceniza con moteado versicolor. Contiene granos de cuarzo en trama abierta (localmente subcerrada) de cantos angulosos hialinos. También aparecen cantos rojos de naturaleza limolítica. Roca compacta de disyunción irregular y fractura subconcooidal.

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato cálcico y cuarzo.

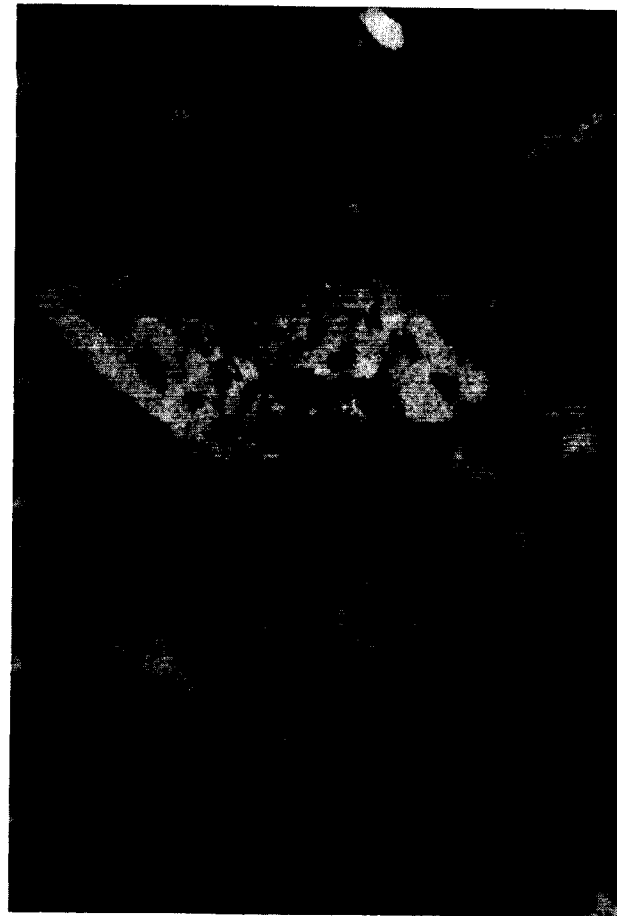
C.A.: Material arcilloso, fragmentos de roca, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Granoblástica.

Clasificación: Caliza silícea.

Los restos fósiles son inclasificables en general.

Nicoles + x 50 (TH-13). Muestra T-24B.



MICROFOTO 20

CALIZA FOSILIFERA. "SAGNARI" DE BAGET

Reconocimiento de visu: Roca gris de textura granular, compacta, rica en microfósiles y recristalizaciones blancas de calcita. Las diaclasas rellenas suelen formar una red subortogonal. Al binocular muestra numerosas secciones de Assilinas y Nummulites.

Composición mineralógica:

C.P.: Carbonato cálcico, microfósiles y cuarzo.

C.A.: Material arcilloso, opacos y óxidos de Fe.

Textura: Granoblástica.

Clasificación: Caliza fosilífera silícea.

Nicoles + x (TH-20). Muestra T-38A.



dentro de la zona estudiada. Más al sur y al E donde los afloramientos del Terciario son más continuos, cabría esperar la localización de importantes "trampas" hidrogeológicas (pliegues, fracturas o simplemente dispositivos lito-estratigráficos adecuados) que den origen a mantos acuíferos de interés.

3. PRESENCIA DE HIDROCARBUROS EN EL YACENTE TERCIARIO

Los indicios de aceite mineral en las formaciones "Sagnari" y "Corones" son constantes. Los paquetes calizos del "Corones" son excepcionalmente ricos en pequeñas bolsadas de petróleo (la mayor observada debía de tener unos 3 cm.³ de aceite), alojados en diaclasas y huecos de la roca, aisladas entre sí. Por razón de su alteración al contacto con la atmósfera, la dificultad de hallar concentraciones de aceite notables es tanto mayor cuanto más superficiales son los bancos calizos que contienen tales indicios de petróleo.

Gran parte del petróleo diseminado en estas formaciones se ha transformado en asfalto por oxidación, o volatizado, en otros casos. No es posible hallar en la zona depósitos económicamente explotables, aunque la cantidad total de petróleo diseminado en ella alcance un valor bruto global muy considerable.

4. LAS ROCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Es éste quizá el aspecto más importante de cuantos pueden considerarse en la zona estudiada, respecto al aprovechamiento del substrato y materias minerales contenidas en él. La gran cantidad y excelente calidad de las calizas presentes en el área considerada permitirían implantar amplias explotaciones en ellas, tanto para la obtención de áridos de trituración, utilizables en la construcción de las distintas capas del firme de carreteras, como piedra "en rama" para la construcción en general e, incluso, "en bloque" para su manufacturación y serrado, a fin de obtener chapas de piedra ornamental. Destacan por la potencia, compacidad y continuidad de sus bancos las calizas biohémicas de las formaciones "Sagnari" y "Corones", siguiéndole en importancia las del Garumnense y, por último, los mármoles cámbricos. Estos, por su acusada tectonicidad, presentan una íntima y densa microfracturación, según sistemas de diaclasas suborto-

gonales, que no permiten la obtención de bloques de piedra de tamaño superior a 30 cm.

La disyunción de las calizas terciarias y garumnenses es irregular, de tendencia tetraédrica, con borde cortante más o menos quebrado, lo que permite una compactación progresiva del material triturado. La disyunción de los mármoles cámbricos es regular, con tendencia a cúbica, por lo que su capacidad de compactación en el material triturado es más limitada.

Existen esporádicos intentos de explotación en los mármoles de "Carabinero", para acondicionamiento del camino de Rocabruna, que no han sido continuados posteriormente por las razones de calidad expuestas al principio.



Caliza con cantos silíceos. Vertiente N. del Cerro del Castillo.

Como materiales granulares de extraordinaria importancia en la construcción y fabricación de hormigones, hay que citar las arenas y areniscas deleznable de la formación "Molí d' en Sorolla" (Permotrias). Existen varios frentes de explotación intermitente al S de Rocabruna, junto al camino del molino citado. La granulometría de su fracción gruesa y media se halla dentro de los límites establecidos para suelos adecuados, y la fracción fina arcillo-limosa es minoritaria y proporciona un valioso papel ligante, por todo lo cual constituyen yacimientos granulares de interés, no sólo para la construcción en general y fabricación de hormigones, sino para hacer terraplenados y cimentar sobre ellos construcciones importantes o vías de acceso.



Caliza con cantos silíceos. Vertiente
N. del Cerro del Castillo.



Esquistos de "Carabinero" (Bco. de Molló).

Por último, es preciso mencionar las importantes reservas de la zona en lo que a materias primas para la fabricación de cemento se refiere. El carácter margoso del conjunto terciario permitiría, sin duda, la explotación masiva de estos materiales, sin limitación alguna en cuanto a volumen. En otros sectores de la región prepirenaica ya están siendo explotados para tal fin los horizontes margosquistosos de la formación "Sagnari" (Terradas, Boadella y Llers, por ejemplo).

CAPITULO VI

HISTORIA GEOLÓGICA Y CONCLUSIONES

Llevar a cabo la reconstrucción en el tiempo y el espacio de los acontecimientos geológicos ocurridos en una determinada zona es labor que siempre entraña dificultades, tanto mayores cuanto me-

nor es su extensión y peores condiciones de observación ofrece. En nuestro estudio trataremos de hacer, por esta circunstancia, una clara separación entre los hechos probados y los supuestos o hipotéticos, que permita una reconstrucción más detallada si posteriores estudios así lo aconsejan.

El depósito de los materiales más antiguos aflorantes en la zona tiene lugar durante el Paleozoico inferior de manera ininterrumpida (Cámbrico y Ordovicense inferior). El medio sedimentario debió sufrir algunos cambios en sus condiciones batimétricas (o bien oscilaciones horizontales de la línea de costa), que permitieron el depósito de episodios carbonatados, intercalados con otros esencialmente detríticos. Más tarde, los depósitos detríticos son constantes, aunque de grano fino, hasta el final de Ordovicense. Entonces tuvo lugar un cambio más trascendente en la configuración altimétrica y planimétrica del mar paleozoico como pone de manifiesto el depósito de la facies detrítica grosera del Caradocense-Ashgillense, con posibles emersiones locales del yacente Cambro-Ordovícico, no demostradas en la zona del estudio.

La sedimentación durante el Paleozoico superior fue continua hasta los albores del Devónico medio y/o superior, en que sufrió una importante interrupción el ciclo sedimentario. Durante todo este tiempo, el mar paleozoico modificó intensamente sus características sedimentológicas, como pone de manifiesto la sucesión: conglomerados (Ordovícico superior), pizarras bituminosas con signos evidentes de haberse formado en un medio reductor, probablemente profundo, con áreas locales donde se asentaba una rica fauna de crinoides, y finalmente calizas en bancos potentes, que sugieren un mar tranquilo, quizá no muy profundo, pero sí amplio y alejado de las líneas de costa, donde los aportes de tierra no lograban llegar. Por otra parte, los afloramientos más orientales de Devónico en la vertiente surpirenaica, integrados por calizas ya ricas en granos detríticos de cuarzo, se ubican en el Coll de La Boixeda, lo que parece indicar que la línea de costa del mar devónico no debía situarse muy lejos al E de nuestra zona. La actividad ígnea se reduce, en la zona estudiada, a la emisión de algunas coladas volcánicas que quedaron intercaladas en el Ordovicense terminal.

La emersión y plegamiento definitivo del conjunto cambro-devónico tuvo lugar en el Carbonífero medio, pero ya debió iniciarse al final del Devónico, como evidencia la falta de sedimentos carboníferos sobre los devónicos en la zona estudiada.

Durante este ciclo orogénico debieron individualizarse las cuencas carboníferas pirénaicas, iniciándose, asimismo, los "despegues" del paquete calizo devónico respecto de su basamento paleozoico, a lo largo del nivel bituminoso gotlandense. También debieron perfilarse, al final del ciclo, las cubetas marginales que recogerían durante el Mesozoico los materiales procedentes de la erosión de la Zona Axial ya emergida y plegada, parcial o totalmente.

La variable potencia y distribución de la formación permotriásica invoca el carácter somero y epicontinental de las cubetas marginales citadas, a las que llegaban constantes aportes detríticos, consecuencia de la intensa erosión y arrasamiento del Paleozoico emergido en la zona central pirenaica. Pese a su carácter de alto fondo, el mar permotriásico debió tener notable continuidad horizontal, ya que el Permotriás se extiende por el E hasta cerca de Perelada (Alto Ampurdán). En la zona estudiada no existen representantes volcánicos de las erupciones ocurridas en el Pérmico, y puestos de manifiesto en otros puntos de la región (Cra. de Camprodón, Taga, etc.).

Sigue después en nuestra zona y áreas próximas un lapso período de denudación, o al menos sin depósito, sobre el conjunto descrito, que se prolonga hasta los albores del Terciario (Garumnen-

se). Durante el Cretáceo, el macizo pirenaico volvió a sentir los efectos de la orogénesis, acentuando la emersión de la Zona Axial y desplazando hacia el sur las cubetas marginales.

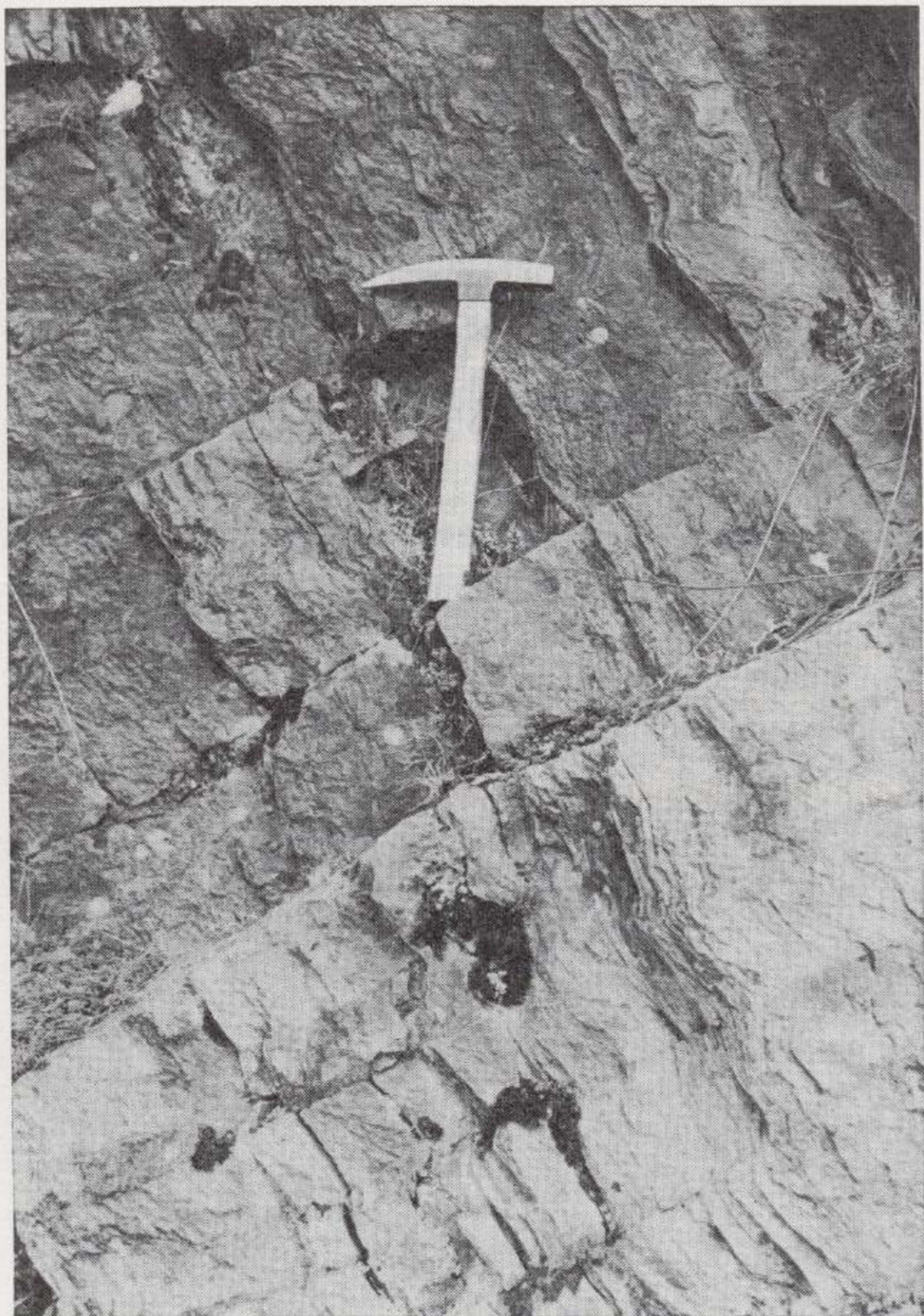
Finalmente tuvo lugar el depósito de la serie terciaria, que en la zona estudiada alcanza sólo a los tramos basales. Son rocas típicas de un mar poco profundo, con carácter de plataforma continental, asiento de una rica y variada biofacies, y en el que ocurrieron emersiones cíclicas locales, o al menos se diferenciaron recintos continentales que dieron origen a los episodios rojos detríticos del "Corones".

La fase orogénica pirenaica debió presentar su máxima intensidad al final del Eoceno, o cuando menos es postluteciense. A ella se debe en la zona del estudio la emersión total del Terciario y Mesozoico y su plegamiento, así como la fracturación del yacente paleozoico.

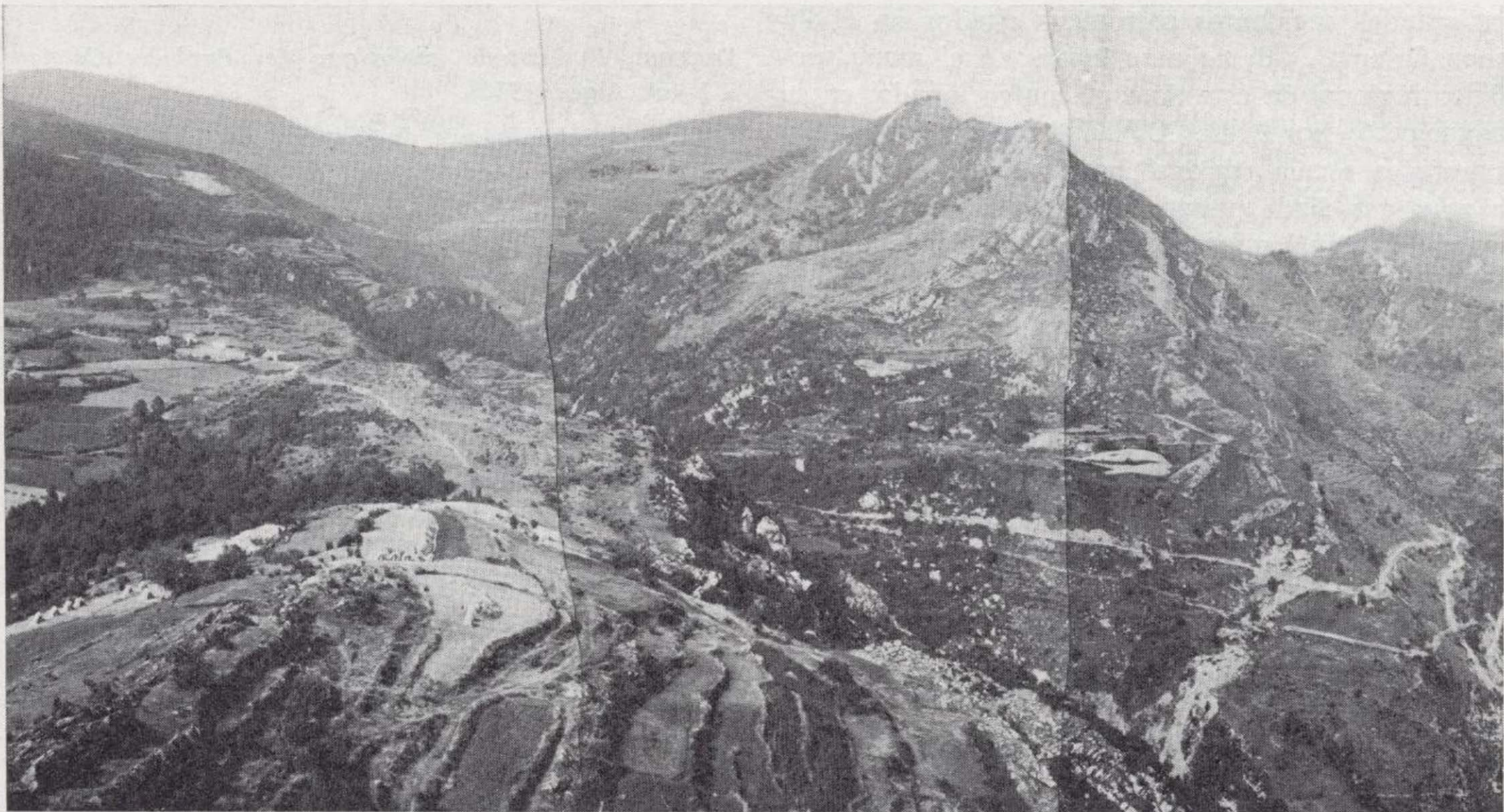
Después acaeció un nuevo y largo período de denudación y arrasamiento que se prolonga hasta el Mioceno y Plioceno, en que de nuevo tienen lugar varias elevaciones sucesivas y discontinuas del conjunto pirenaico hasta los tiempos actuales. Los retazos colgados de los aluviones depositados en el río salarça, podrían tener como origen el último de estos movimientos de elevación de la Zona Axial.



Panorámica del Valle de Rocabruna.



Esquistos de "Carabinero" (Bco. de Molló).



Panorámica del Valle de Rocabruna.

CONCLUSIONES

Como ya se ha indicado, el principal interés del presente trabajo lo constituyen sus aspectos cartográfico y estructural. En efecto, la cartografía geológica existente de la región en que se halla la zona estudiada era de escala muy pequeña (1:140.000), y, por tanto, sujeta a las inexactitudes normales de ubicación y extensión de rasgos geológicos en relación con la fisiografía de la misma. A este respecto queremos indicar de nuevo la lamentable inexistencia de un mapa geográfico de la zona, planimétrica y altimétricamente correcto, que hubiese permitido plasmar fielmente la cartografía realizada sobre los fotogramas de escala 1:30.000 y, a su vez, contrastar los efectos de distorsión de los mismos, sin duda importantes en una región de topografía irregular, con desniveles de 850 m. y taludes cuya pendiente rebasa a menudo los 45°.

Petrográficamente pone de manifiesto la existencia de afloramientos de rocas volcánicas, inéditos hasta el momento actual, aunque no cartografiados, así como una descripción microscópica de uno o varios ejemplos de cada tipo de roca que aparece en cartografía.

Desde el punto de vista estructural, el estudio realizado analiza los rasgos más sobresalientes de la zona, enmarcándolos de manera coherente con los grandes accidentes tectónicos citados en el Pirineo Oriental, tal como se indica en el mapa geológico regional de este Anexo, confeccionado, en su mayor parte, por A. ESTEVEZ y el autor. Dicha cartografía a escala regional pone de manifiesto que la zona estudiada pertenece al sector central comprendido entre los importantes desgarramientos de Surroca, Ogassa, Taga, etc. (al W) y la gran falla mixta siniestrosa de Albañá (al E). Esta situación tectónica, a microescala, es perfectamente compatible con la aparición de rasgos típicos de tectónica de compresión en la zona estudiada, que ha sufrido un importante proceso de avance hacia el S y SE, enmarcado globalmente por las citadas grandes fallas. Al mismo tiempo se observa cierta continuidad, a escala regional, entre la rama occidental de la gran falla de Oix (línea regmagénica que afecta, sin duda, al zócalo) y las fallas del NW de Molló. Tal alineación coincide, a grandes rasgos, con algunas de las discontinuidades cartografiadas en la zona estudiada. La dovela levantada de la falla de Oix se corresponde geográficamente con el bloque occidental del desgarramiento dextrorso de

Salarça, lo que permite pensar en el funcionamiento mixto de estas fracturas, a lo largo de su recorrido, de tal manera que el movimiento predominante horizontal en el dominio de la Zona Axial se amortigua progresivamente en áreas más meridionales en favor de la componente vertical a modo de un movimiento de tijera.

Desde el punto de vista de la Geología Aplicada, el presente trabajo llama la atención sobre distintas orientaciones del aprovechamiento del roquedo de la zona, sobre todo en lo que a roca industrial y fabricación de cemento se refiere.

Esperamos que la síntesis ordenada y coherente de trabajos de ámbito local, como el que presentamos, repercuta no sólo en un mayor y mejor conocimiento teórico de las condiciones geológicas de la región, sino en un real y positivo aprovechamiento de sus recursos naturales, geológico-biológicos, que permita el desarrollo humano de la población indígena, inhiba su constante actual emigración e incremente la población autóctona nacional y fronteriza de esta bella comarca pirenaica.

BIBLIOGRAFIA

- ASHAUER, H.: *Die Ostliche Endigung Der Pyrenen*. Gesell. Wiss. zu Göttingen, Math. Phys. Kl. III abh. 10, Berlín (1934).
- DALLONI, M.: *Etude géologique des Pyrénées Catalans*. I vol. Alger (1930).
- GOGUEL, J.: *L'influence de l'échelle dans les phénomènes d'écoulement*. Geologie en Mijnbouw 12 (1950).
- JACOB, CH.: *Zone Axiale, versant sud et versant nord des Pyrénées*. Livre jub. Soc. Géol. France Vol II, París (1930).
- JACOB, CH.; FALLOT, P.; ASTRE, G., y CIRY, R.: *Observations tectoniques sur le versant méridional des Pyrénées centrales et orientales*. 14 e. Congr. géol. intern. Compte rendu, Vol. II, Madrid (1927).
- LLOPIS LLADO, N.: *Sobre la geología de La Garrotxa y la estructura del borde occidental del Ampurdán*. An. Univ. Barcelona (1941-42).
- SOCIETE GEOLOGIQUE DE FRANCE: *Réunion extraordinaire dans les Pyrénées Orientales*. Bull. Soc. géol. France 6e. sér. t. VIII, París (1959).
- ALMELA, GARRIDO y RÍOS: *Observaciones geológicas sobre el borde sur de los Pirineos Orientales*. Bol. Inst. Geol. Min. Madrid (1934).

Recibido: 25-VI-1972

Características y aplicaciones de los Perspectógrafos en Geología y Minería

por J. PEREZ-SAEZ (*), I. BLAZQUEZ (*) y A. PEREZ-GONZALEZ (*)

RESUMEN

Se describen las bases teóricas sobre las que se apoyan los Perspectógrafos. Son aparatos que dibujan de *trazo continuo*, perspectivas cuya representación en diédrica o en acotado se conocen. Se aplican, dichos aparatos, a la construcción de diversos Bloques-diagramas en Perspectiva Isométrica, Cónica y Central.

De los resultados se infiere que el uso de los Perspectógrafos en Geología y Minería, representa una técnica muy avanzada para la construcción del Bloque-diagrama, y del Anáglifo perspectivo.

ABSTRACT

We describe the theoretical basis of the Perspectograph. This is an apparatus which can draw in a *continuous line perspectives* of which we know their representation in orthographic projections or by means of contours. This apparatus is used for the construction of several block-diagrams in isometric, conical and central projections.

From the results we can see that the use of Perspectographs in Geology and Mining represents a most advanced technique in the construction of the block-diagram and the perspective Anaglyph.

INTRODUCCIÓN

Los Perspectógrafos son aparatos que dibujan, de *trazo continuo*, perspectivas de figuras cuya representación en diédrica o en acotado se conoce.

Ellos nos permiten dibujar perspectivas a escala, prescindiendo de las líneas auxiliares, que, con los elementos tradicionales de dibujo serían necesarias para llegar a obtenerlas. Se consigue, por lo tanto, un considerable ahorro de tiempo y una mayor limpieza en el dibujo de las perspectivas, al no necesitar de tales construcciones auxiliares, todas las cuales las dan resueltas los Perspectógrafos.

A todo lo dicho se une la indudable ventaja de no necesitar mover el plano dado, en planta y alzado o en acotado, para obtener su perspectiva, y

(*) Cátedra de Dibujo, Sistemas de Representación y Oficina Técnica E. T. S. de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

ésta, a su vez, se obtiene sobre un papel también fijo.

En Arquitectura e Ingeniería, en la preparación de los planos de un proyecto, es suficiente que el Proyectista haga un bosquejo para que el delineante, utilizando el Perspectógrafo conveniente consiga de *trazo continuo* la perspectiva deseada.

Esto abarca también a la Minería, en donde la representación de labores, planos mineros y datos de interés en general, pueden aportar suficiente luz en una planimetría tan compleja como es la Minera.

El poder dibujar un terreno por sus curvas de nivel, de *trazo continuo*, en cualquier perspectiva y conseguir el anáglifo, para ver el terreno en relieve, es también un arma poderosa para el geólogo, en el estudio previo, antes de salir al campo, y, una vez en él, anotar los detalles que considere interesantes en posición y orientación.

Con lo expuesto podemos darnos una idea de la enorme utilidad que tienen estos aparatos, dada la sencillez de los mismos, como veremos.

BASE TEÓRICA DEL PERSPECTÓGRAFO DE ISOMÉTRICA

Este aparato dibuja en proyección paralela cualquier figura del espacio, sobre un plano. El centro de proyección será impropio, no conservándose las distancias y los ángulos más que en determinadas condiciones.

El Perspectógrafo que vamos a detallar (Perspectógrafo núm. 1) dibuja solamente en Isométrica, pero una vez visto su fundamento resultará sencillo proyectar otros aparatos que dibujen en Axonométrica y Caballera.

Está basado en la homología-afín.

Si situamos un plano topográfico en una de las caras de un cubo de diagonal vertical y lo proyectamos cilíndrica-ortogonalmente sobre un plano perpendicular a la citada diagonal, obtendremos una figura homológica-afín de la representada en el plano topográfico, ya que se trata de cortar una radiación de centro impropio por dos planos. El eje de afinidad es la recta intersección de los dos planos y la dirección de afinidad es normal al eje, por tratarse de una proyección ortogonal. La característica de esta afinidad es igual a $1/\sqrt{3}$.

Si abatimos la figura afín obtenida, alrededor del eje de afinidad, hasta que su plano coincida con la cara del cubo, por el Teorema de las Tres Homologías, obtendremos, en un plano, las curvas de nivel del plano topográfico, el eje de afinidad y su figura afín, siendo su característica $1/\sqrt{3}$ (ver figura 1).

Del plano topográfico sólo hemos representado un punto a' y su afín a . Los tres ejes de la isométrica, OX , OY y OZ , formarán entre sí 120° y corresponderán en el cubo a las tres aristas que concurren en el vértice O .

Para dibujar cada curva de nivel, distinta de la situada en el plano de comparación, será preciso hacer una traslación con guía perpendicular al plano del dibujo —y, por tanto, paralela al eje OZ — con magnitud la cota que tenga señalada, ya que la escala de reducción correspondiente a este eje es igual a $\sqrt{2/3}$.

Como esta perspectiva se trata de una proyección paralela, las dimensiones de la perspectiva iso-

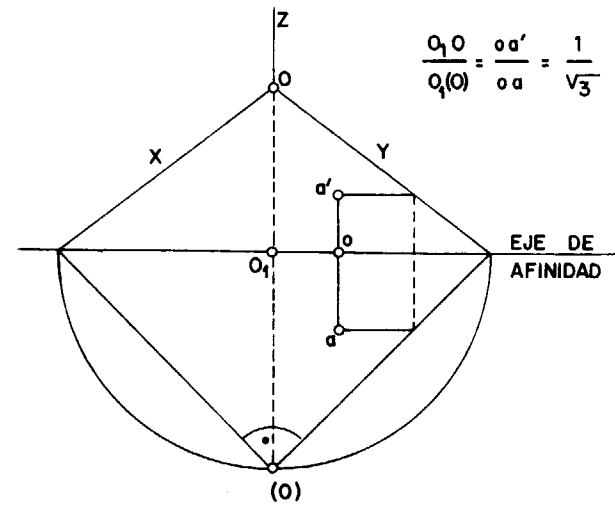


Figura 1

Ejes de la isométrica y forma de obtener de un punto a , su afín a' .

métrica no tiene límites, es decir, aunque el aparato y el tablero de dibujo sean de dimensiones reducidas, se puede, el original, dividir en partes y unir fácilmente los resultados obtenidos.

Este perspectógrafo (fig. 2) dibuja de trazo continuo cualquier línea que tenga las cotas de sus puntos iguales. Si estas líneas no cumplen este requisito, con el perspectógrafo se podrán obtener

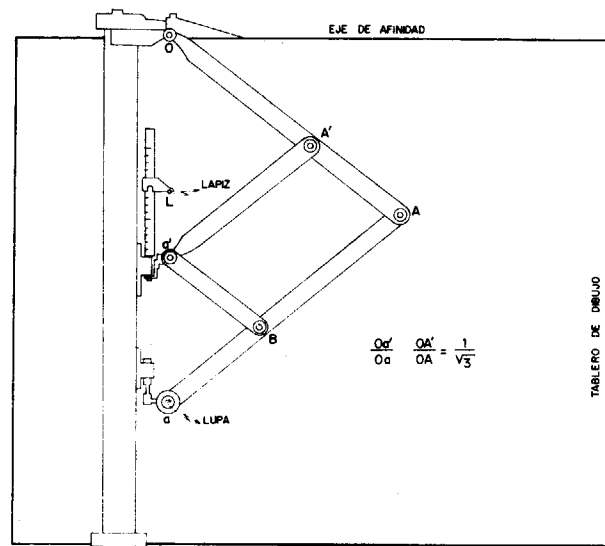


Figura 2

Proyección horizontal del Perspectógrafo de Isométrica (Perspectógrafo número 1).

tantos puntos aislados como se desee, siempre que se conozcan sus cotas.

En general, se parte de la representación en diédrica —por su planta y alzado— de la figura que queremos representar en perspectiva. Si se trata de un terreno, necesitamos tenerlo dibujado en acotado y conocer la cota de cada una de sus curvas de nivel. Normalmente se representan en forma de Bloques-diagramas.

En estos casos, un problema a resolver es la representación de los puntos de contacto de una capa, cuya cota no es la correspondiente a una curva de nivel conocida. Por interpolación se deberá calcular la cota de varios puntos, cuya representación en perspectiva se conseguirá haciendo coincidir la altura de los distintos puntos calculados, con su valor en la escala graduada. Después de obtenida la representación de estos puntos sueltos, se unirán entre sí y quedará dibujado el contacto.

La inclinación de las capas se obtiene representando la línea de intersección de esa capa, con el plano vertical que forma una de las caras del Bloque-diagrama. Uno de los puntos de dicha línea está en la superficie, y que, al conocer su cota o altura, es fácil de obtener su representación, y el otro se obtiene por la intersección del plano de la capa con el de comparación y el vertical mencionado.

BASE TEÓRICA DEL PERSPECTÓGRAFO DE CÓNICA

El aparato está ideado para dibujar en Perspectiva Lineal o Cónica, con el Plano del Cuadro vertical o inclinado.

La figura análisis de este Perspectógrafo es la 3, en la que los puntos (V) y (v') son fijos, y se verifica que $(A)a = O(a)$, —si el plano del Cuadro es vertical—, y si el punto a recorre una línea de cota constante e igual a $a(A)$, el punto (A_1) describirá la cónica de dicha línea.

Si el Plano del Cuadro es inclinado, la cónica del punto a se obtiene también, como anteriormente, por el encuentro de $(V)(A)$ y $(v')(a')$ y nos determinará (A_1) . Ocurrirá aquí que $a(A)$ es menor que $O(a)$, en el caso del Plano del Cuadro inclinado alejándose del Punto de Vista V que equivale a decir que, el Punto Vertical, donde fugan la cónica de las verticales de la figura primitiva, está por debajo de la línea xy , intersección del Plano del Cuadro con el Geometral. Cuando el Plano del Cuadro está in-

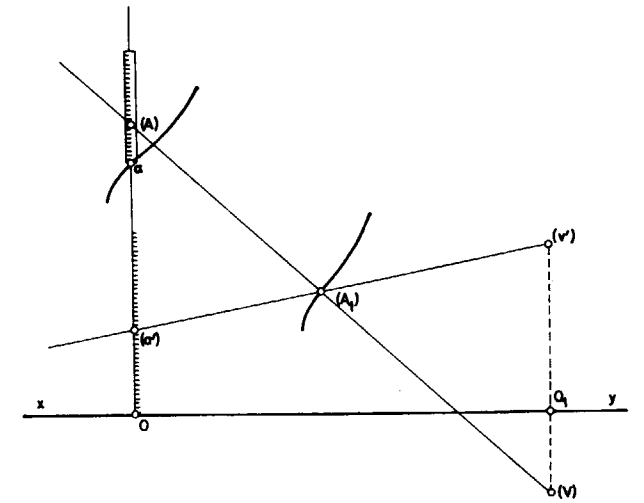


Figura 3

Figura análisis del Perspectógrafo de Cónica, cuando el Plano del Cuadro es vertical.

clinado hacia el Punto de Vista V , la distancia entre a y (A) será mayor que $O(a)$ y el Punto Vertical, estará por encima de xy .

La figura del Perspectógrafo de Cónica (Perspectógrafo núm. 3) es la indicada en la figura 4.

Para dibujar cada curva de nivel en cónica, igual que si se tratara de un plano a una altura determinada, se señala la cota o altura, sobre las escalas

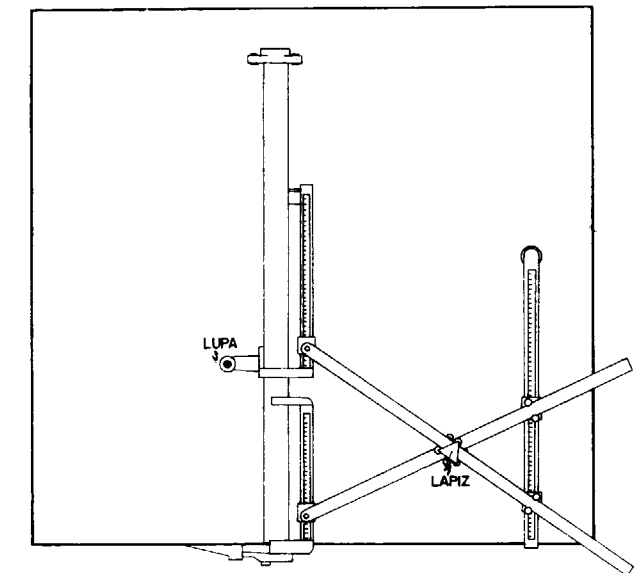


Figura 4

Proyección horizontal del Perspectógrafo de Cónica (Perspectógrafo número 3).

que lleva el Perspectógrafo y al seguir con la lupa la figura a dibujar, obtendremos, de *trazo continuo*, la Perspectiva Cónica de la misma.

Al recorrer con la lupa lo dibujado en cota cero —las escalas deberán estar en cero— tendremos la representación cónica de dicha planta.

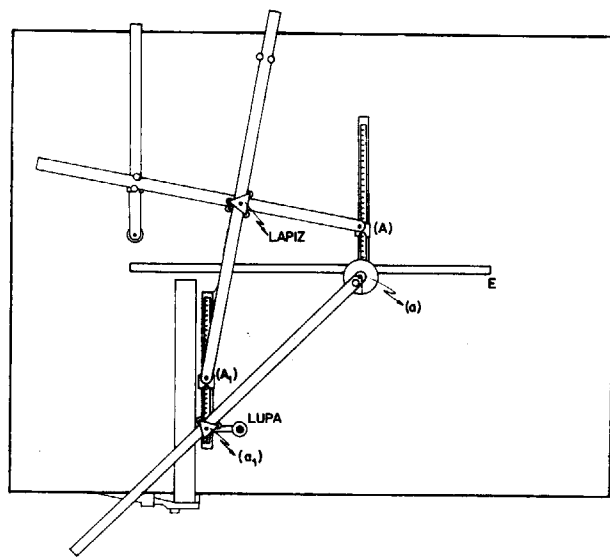


Figura 5

Proyección horizontal de otro Perspectógrafo de Cónica (Perspectógrafo número 4) más avanzado y completo que el de la figura 4.

Por ello, este Perspectógrafo —al igual que el descrito de Isometría— dibuja, de *trazo continuo*, cualquier línea que tenga la cota de todos sus puntos iguales. Si estas líneas no cumplen este requisito, con el Perspectógrafo, se podrán obtener tantos puntos aislados, como se desee, siempre que se conozcan sus cotas o se puedan deducir.

Se parte de la representación en diédrica de la figura que se desea representar, y si se trata de un terreno, necesitamos tenerlo dibujado en acotado y conocer la cota de cada una de sus curvas de nivel.

Al tratarse de una proyección de centro propio, los límites del tablero de dibujo y de las dimensiones del Perspectógrafo, nos limitan el tamaño del dibujo que podemos obtener.

De ahí que las figuras obtenidas, lo hayan sido con otro perspectógrafo (fig. 5), también de cónica, denominado Perspectógrafo núm. 4, que aún teniendo como el anterior ciertas limitaciones correspondientes a los límites del tablero, permite obtener,

según la escala del dibujo, Bloques-diagramas de muy aceptables dimensiones, siempre adecuadas al detalle e interés de lo que se desea representar y resaltar en el mismo.

BASE TEÓRICA DEL PERSPECTÓGRAFO DE CENTRAL

Es una proyección, sobre un plano horizontal, desde distintos puntos de una recta vertical, de cualquier figura situada en el espacio.

La posición de cada punto de vista es fija para todos los puntos del espacio que tengan la misma cota.

Para los puntos de cota cero, el Punto de Vista tiene una cota determinada que, corresponderá a la disposición de los elementos del aparato. Para

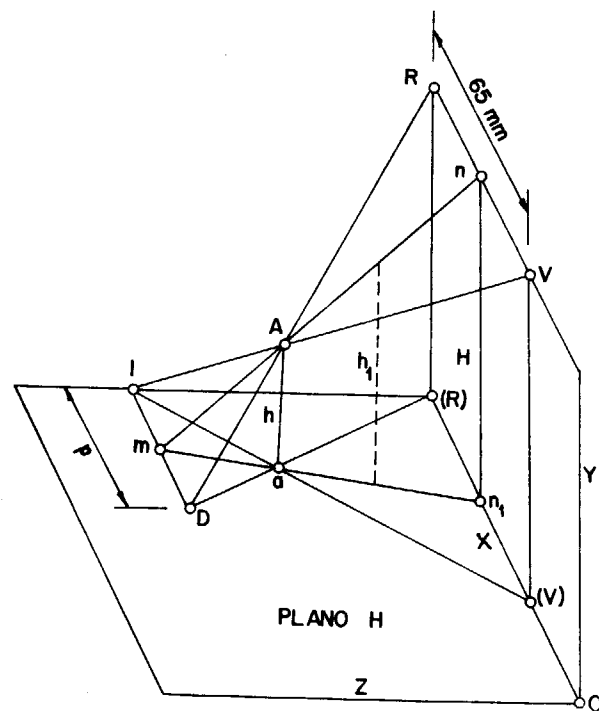


Figura 6

Figura análisis que sirve de base al Perspectógrafo de Central.

todos los puntos de cota positiva, el centro de proyección se irá elevando, sobre la vertical, en una magnitud igual a la cota del punto considerado, sobre el citado plano de cota cero, lo que nos hace comprender que no es una Perspectiva Central, propiamente dicha, la que obtenemos.

Sea la figura 6, en la que los puntos R y V están separados 65 milímetros, es decir, igual a la distancia que separa el centro de los dos ojos.

El punto A es un punto cualquiera del espacio, de cota h, que proyectado desde R y V sobre el plano H, de cota cero, nos da los puntos D e I.

Desde el punto n, medio de R y V, también hemos proyectado A consiguiendo el punto m, medio de D e I.

En virtud de todo lo anterior podremos escribir: $65/p = An/Am = (H-h)/h$ y si hacemos $h=10p$, resultará que $H=650+h$, luego para $h=0$, $H=650$ milímetros.

El conjunto de rectas anteriores lo proyectamos ortogonalmente sobre el plano H y como el segmento RV es paralelo a dicho plano H, su proyección ortogonal (R)(V), será igual a 65 mm.

La cota del punto A dependerá de la separación de los puntos D e I. A esta separación decimos que es p=Paralaje.

Para una posición fija, el punto n₁ es fijo y si adosamos en n₁ una varilla n₁C que pueda girar li-

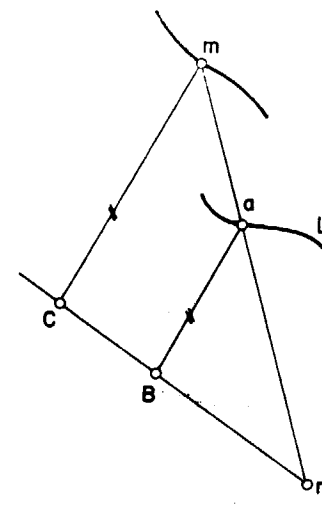


Figura 7

Forma de obtener la perspectiva central de una curva L apoyándose en lo descrito en la figura 6.

brememente alrededor de un eje vertical que pase por n₁ y tal que, $Bn_1=Ba=650$ mm y que Cm sea paralela a Ba, figura 7, resultará que $am/an_1 = p/65 = BC/650$, luego $BC=10p$ y tendremos la manera de graduar BC en función de la paralaje. Si la paralaje la medimos en milímetros, la graduación de BC se hará en centímetros.

Si queremos dibujar la perspectiva de la curva de nivel L, que tiene una altitud (cota) determinada, haremos que CB sea igual a esa cota y si en a instalamos una lupa que recorra la curva L, el punto m describirá su perspectiva.

Si hacemos $Ba=n_1B$, a medida que aumente o disminuya n₁B, Ba tendrá que aumentar o disminuir

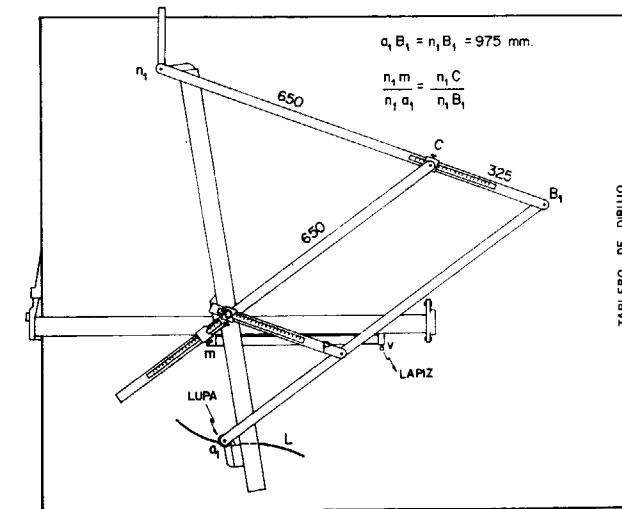


Figura 8

Proyección horizontal del Perspectógrafo de Central (Perspectógrafo número 2).

en la misma cantidad, luego las escalas en ambas serán iguales.

Para p=0, ocurrirá que BC y am serán también iguales a cero.

En la figura 8 está dibujado un esquema del Perspectógrafo, construido con las ideas indicadas anteriormente, en donde el lápiz que debía estar en m se ha trasladado al punto V.

EL BLOQUE DIAGRAMA

Una aplicación de los sistemas isométricos, caballera y cónica, es la representación de una parte de la corteza terrestre en forma de paralelepípedo recto rectangular, o con base un polígono cualquiera, con la ventaja de ver en una sola vista tres caras, en contraposición al mapa geológico y el corte geológico que tan sólo nos dan dos dimensiones.

El Bloque-diagrama tiene dos misiones, por un lado presenta, más o menos, pictóricamente la su-

perficie de la tierra y por otro, representa, la estructura del subsuelo. Vemos así que el Bloque-diagrama tiene gran importancia en cualquier tipo de representación geológica, pero alcanza el máximo interés en geomorfología, minería y geología estructural.

En la confección del Bloque-diagrama hemos de seleccionar los elementos que, a nuestro juicio, son determinativos al fin que nos proponemos. El modo de representación más exacto es la Perspectiva lineal o cónica.

Es de gran importancia en la confección del Bloque-diagrama, la elección del punto de vista. Parece que la relación dos a uno entre la distancia horizontal al bloque y la altura, es idónea para situar el punto de vista, de todas formas la escala horizontal del mapa base y la magnitud de sus cotas, así como las características del relieve en conjunto, y el fin perseguido, pueden aconsejar otra relación.

En el presente trabajo no se han tenido excesivamente en cuenta algunas de las normas comúnmente aceptadas para la confección de los Bloques-diagramas. El fin primordial perseguido, era el comprobar la bondad de los Perspectógrafos en la construcción de los mismos. Por esta razón, hemos huido deliberadamente en hacer interpretaciones, más o menos acertadas del relieve por medio del sombreado, puesto que lo que interesaba resaltar era el hecho ya indicado, de que el Perspectógrafo es capaz de construir, *con trazo continuo*, Perspectivas Isométricas y Cónicas.

Entre las diversas formas de representar el relieve de una parte de la superficie terrestre, está el Bloque-diagrama. En general, los diversos autores que han utilizado esta técnica de representación no han tenido demasiado en cuenta la exactitud de las perspectivas, por la laboriosidad en la confección de las mismas.

El proceso clásico en la construcción de las Perspectivas Isométricas y Cónicas, es, en las primeras, colocar uno de los vértices del polígono base del bloque, en coincidencia con el origen de los tres ejes isométricos, de tal forma que algunos de los lados del polígono coincida con uno de los ejes mencionados. En la Perspectiva Cónica, uno de los vértices del bloque, se coloca sobre el Plano del Cuadro o alineado, en la dirección del punto de vista y aproximadamente en el centro del papel.

Para representar la Perspectiva Isométrica de un terreno dado en acotado, es necesario obtener por puntos, sobre un plano, los isométricos correspon-

dientes a un gran número de ellos, y unirlos entre sí para obtener la isométrica de la planta. A partir de ella, se levanta para cada curva de nivel las perpendiculares al plano, tomando las alturas correspondientes a cada cota. Uniendo estos puntos, se obtiene la isométrica del conjunto.

Otro procedimiento, más simplificado, consiste en obtener la planta isométrica de la dada, sobre la que se hace una marca. Se toma un papel transparente, sobre el que se habrá marcado previamente una escala y haciendo coincidir el número superior de la escala con la marca de la planta, se copia la curva más alta. Luego se lleva a coincidir la marca con el punto siguiente inferior de la escala, se copia la segunda curva de nivel en altitud, y así sucesivamente con los restantes, hasta obtener el conjunto en isométrica. Ver LOBECK (págs. 140, 141. segunda edición, 1958).

Otro método, el de DUFOUR (1917), parte igualmente de un plano topográfico y por medio de una especie de pantógrafo se puede obtener una perspectiva —que no es un sistema de representación definido—, sobre cuyo conjunto se puede trabajar.

Para el dibujo de un Bloque-diagrama en cónica, se parte de los datos de situación del Punto de Vista respecto al Plano del Cuadro y al Geometral, además de dos puntos de fuga. A partir de ellos se obtiene la cónica de la planta del bloque, con todas sus curvas de nivel, por puntos. Luego, de la cónica de la planta ya dibujada, se van levantando alturas, a cada curva la que le corresponda, y una vez obtenido el número suficiente de puntos, basta unirlos para obtener la perspectiva cónica de las curvas de nivel, cuyo conjunto nos da la cónica del bloque.

En algunos casos se ha empleado un método, en el que uno de los puntos de fuga se desplaza al infinito, con lo que la perspectiva queda convertida en otra más primitiva, más sencilla de ejecutar, pero mucho menos real.

El llamado método cónico simplificado parte, igualmente, de los datos de situación del Punto de Vista y los Puntos de Fuga. Se obtiene la perspectiva cónica de la planta por un proceso similar a los ya descritos, con los inconvenientes, al igual que aquellos, de la complicación del dibujo en cuanto a líneas auxiliares. Se convierte en general, el proceso, en algo enormemente largo y engorroso.

Vistas todas las dificultades que por cualquier procedimiento entrañaba la obtención de un Bloque-diagrama, surgió la necesidad de mecanizar estos procesos. Se ha obtenido por uno de nosotros

(J. P. S.), una serie de aparatos denominados Perspectógrafos, ya descritos anteriormente, que resuelven todos los problemas mencionados, evitando así todas las construcciones auxiliares y *obteniendo verdaderas perspectivas*, tanto isométricas como cónicas.

Hemos realizado Bloques-diagramas, con los Perspectógrafos, partiendo de mapas topográficos reales. Se han seleccionado plantas en acotado de acuerdo con sus características de relieve. De esta forma, las perspectivas construidas, nos han dado las posibilidades de trabajo de los mismos.

Se han considerado relieves de muy distinta naturaleza, unos con fuertes contrastes entre su cota máxima y mínima (fig. 13) o relieves medios (fig. 15). Otros casi sin diferencia de cotas y con relieve construido a partir de una superficie de erosión generalizada (fig. 16) y como caso final, se han realizado Bloques-diagramas donde los aspectos morfológicos juegan un interesante papel, como en las figuras 9 y 12.

Las escalas horizontales elegidas han sido grandes, aún así, las verticales han resultado, en ocasiones, exageradas, para poder dar mayor realce al

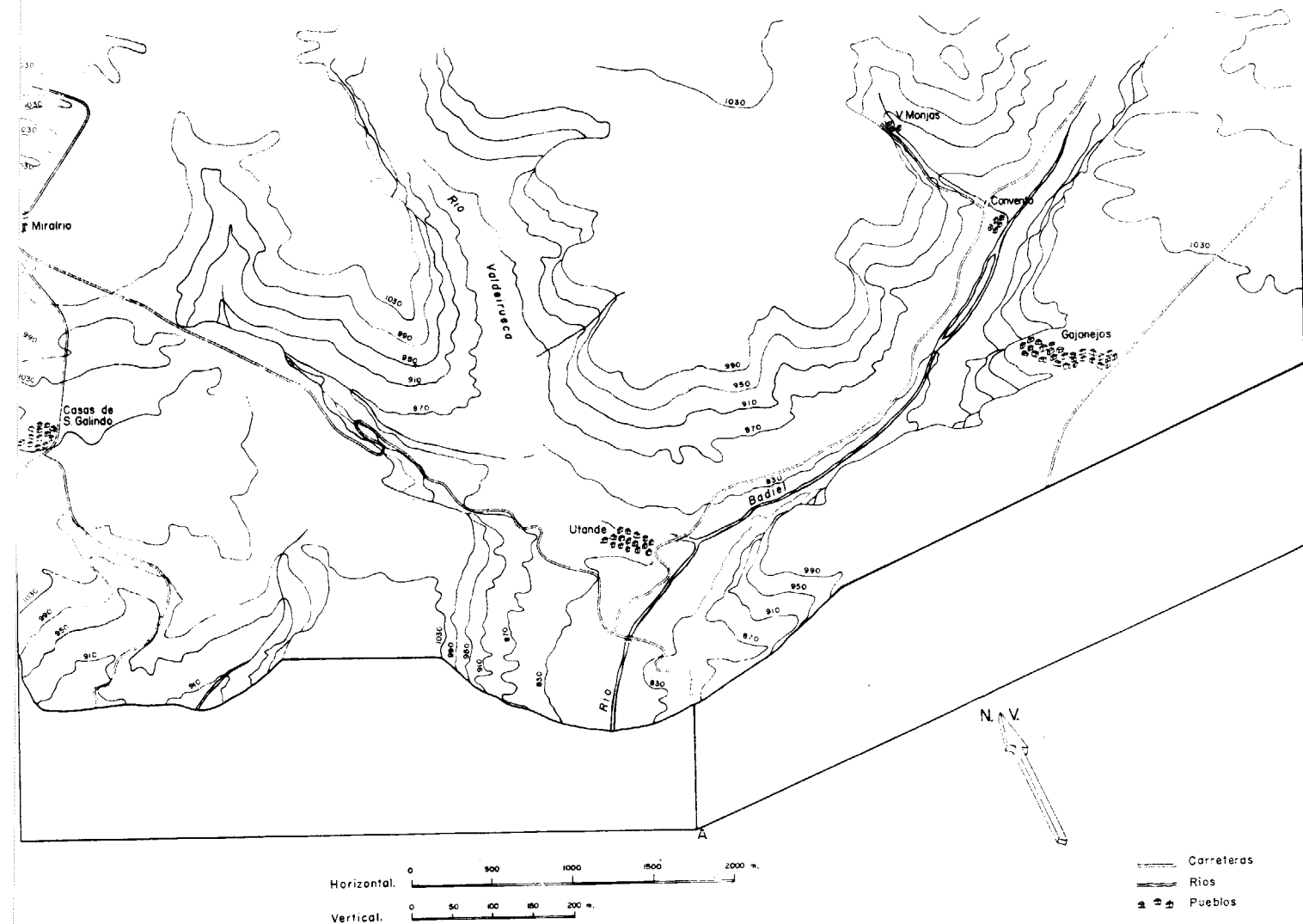


Figura 9

Bloque-diagrama de los alrededores de Gajanejos.
(Perspectiva Isométrica).

En este bloque se destaca perfectamente el estilo morfoló-

gico de la región. Las amplias mesas alcarreñas que están definidas por una estructura tabular, cortadas por los cursos fluviales que determinan fuertes pendientes de las laderas. Cota del plano base 700 mts.

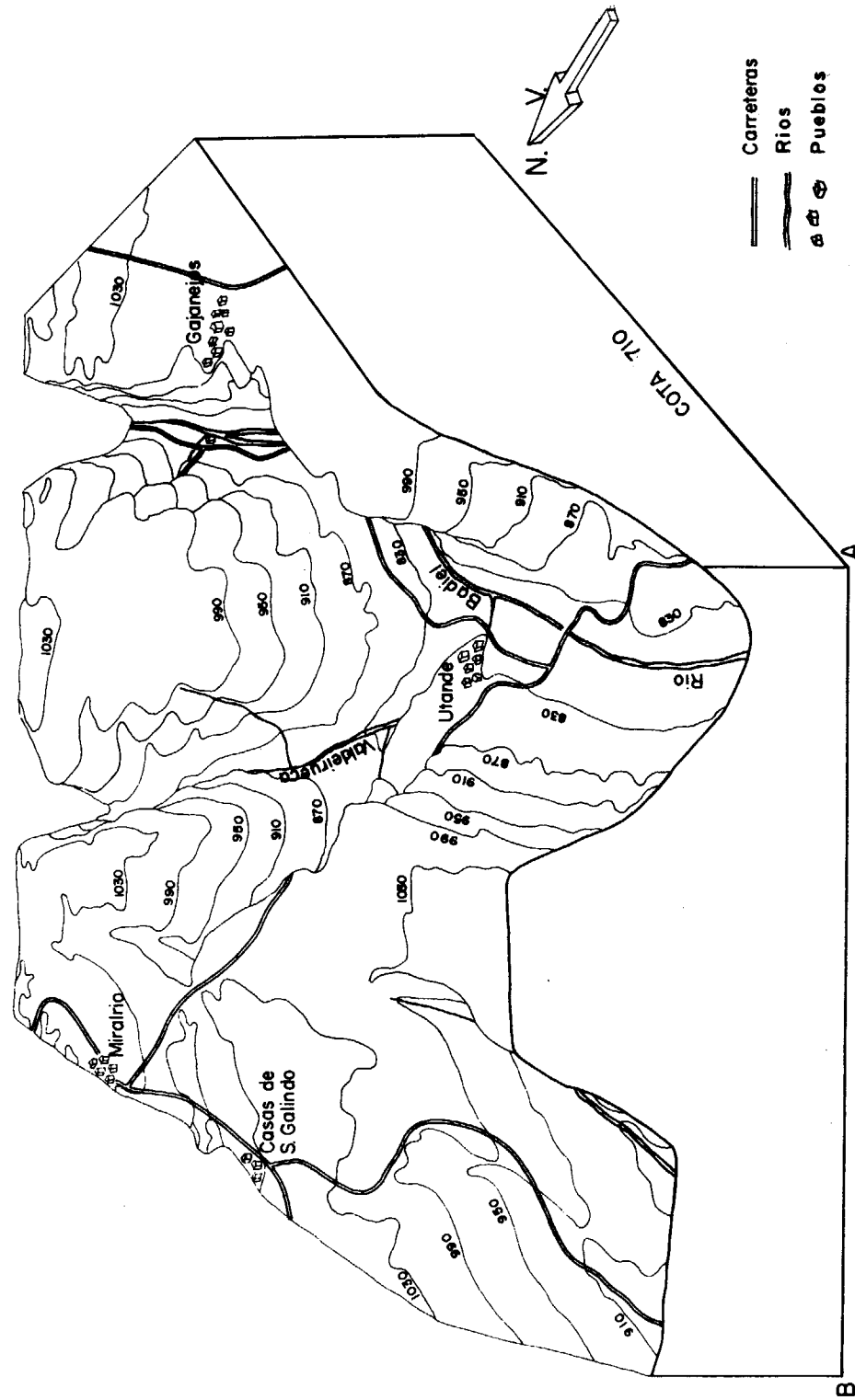


Figura 10

Bloque-diagrama de los alrededores de Gajanejos (Perspectiva Cónica).
 El Punto de Vista, de cota 1.252 metros y alejamiento 5.175 metros, está situado en el semiplano inferior de borde de la línea BA, en una perpendicular a dicha línea BA, y cuyo pie está a la distancia de 900 metros a la derecha de A.

Los datos de la cónica son los siguientes:

Escalas: { Horizontal 1 : 25.000
 Vertical 1 : 4.000



Planta de las figuras 9, 10 y 11

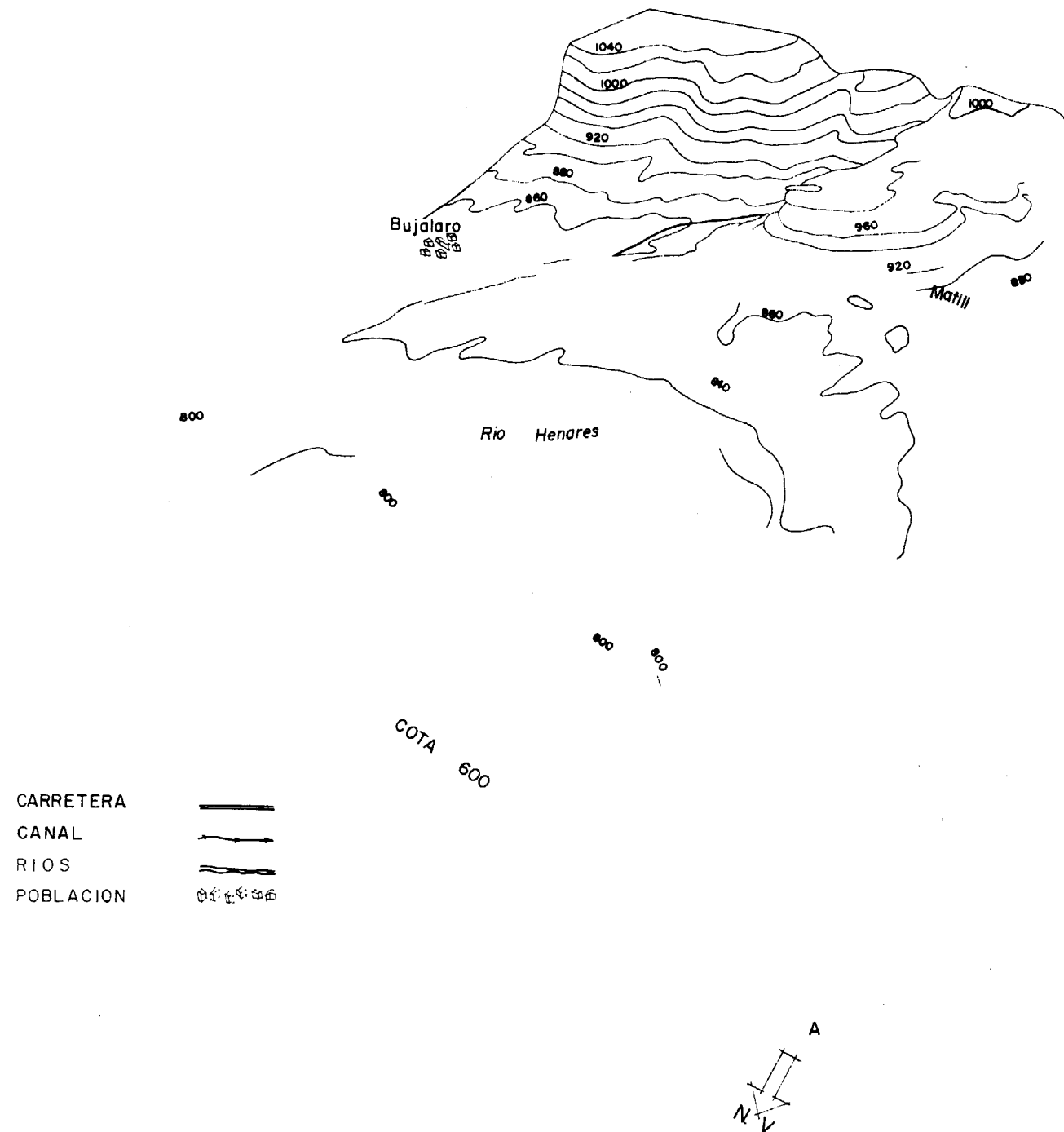


Figura 12

Bloque-diagrama de los alrededores de Jadraque (Perspectiva Cónica). En primer término la *campiña*, separada del *páramo*, que destaca claramente al fondo, por la *cuesta*. Este bloque diagrama representa los tres elementos morfológicos típicos de La Alcarria.

El Punto de Vista, de cota 1.216 metros y alejamiento 2.900 metros, está situado en el semiplano inferior de borde la horizontal que pasa por A en una perpendicular a dicha horizontal, y cuyo pie está a la distancia de 550 metros a la derecha de A.

Los datos de la cónica son los siguientes:

Escalas: { Horizontal 1:12.500
Vertical 1: 4.000

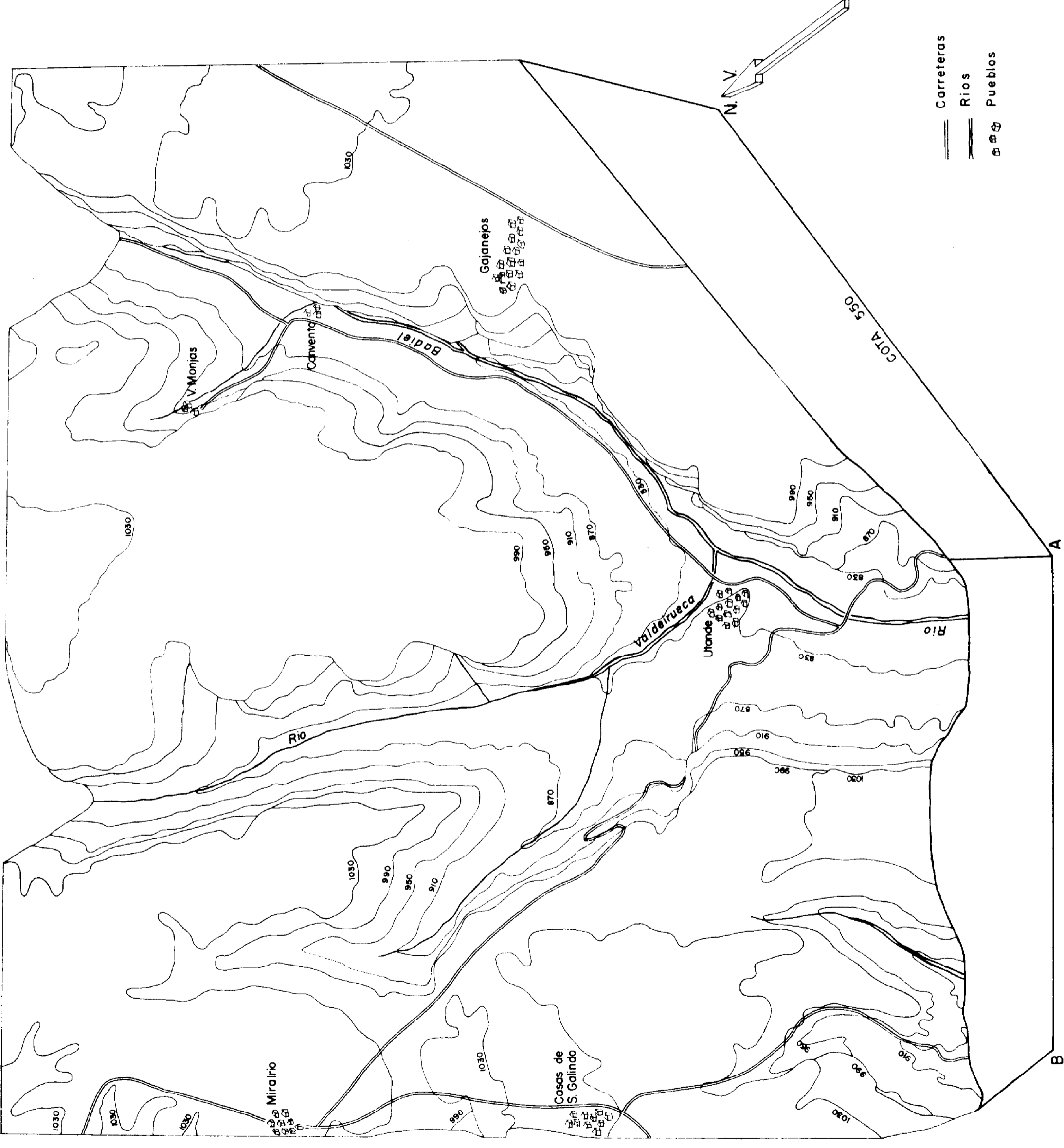


Figura 11

Bloque-diagrama de los alrededores de Gajanejos.
(Perspectiva Central).

Los datos de la cónica son los siguientes:

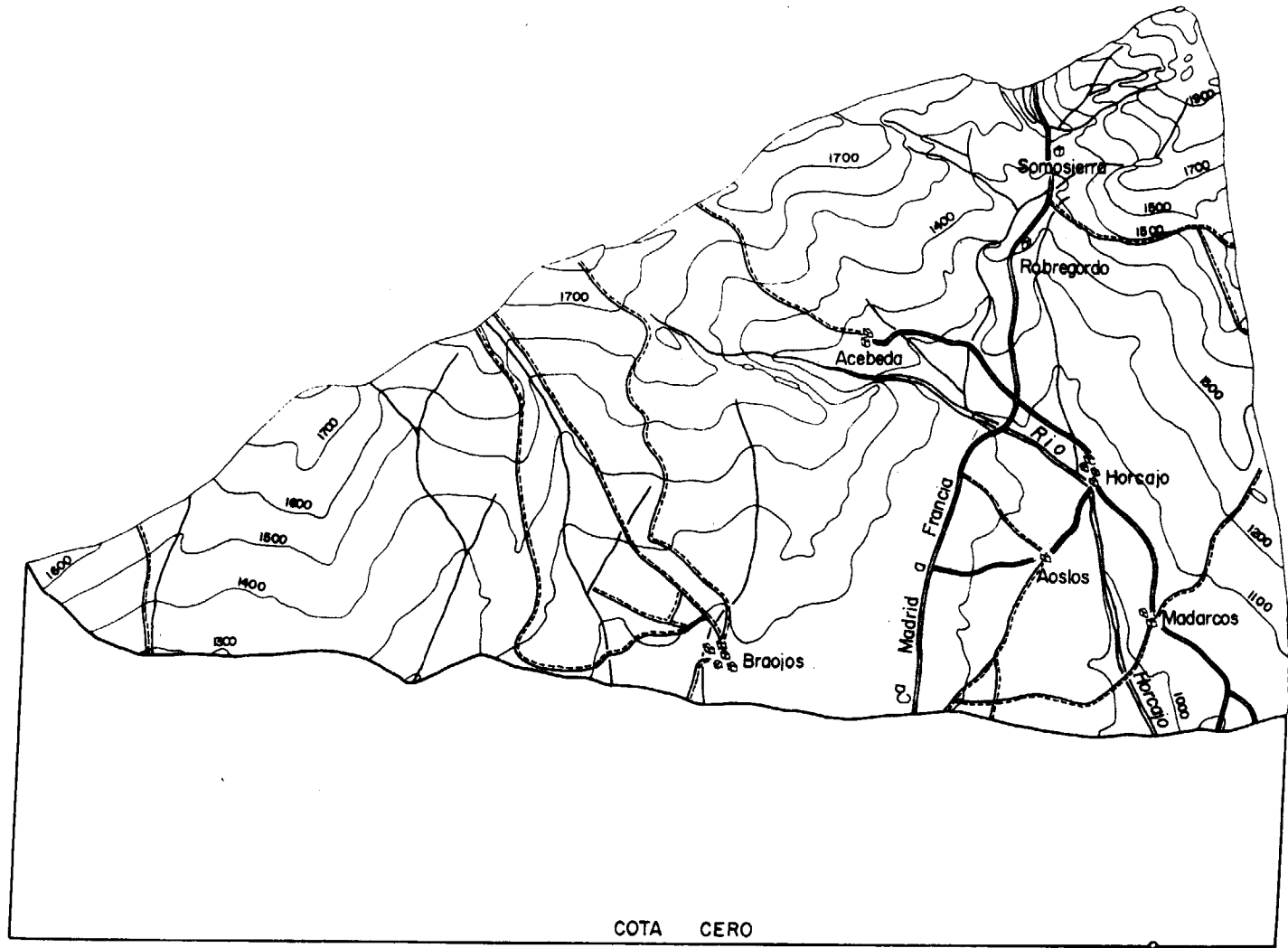
- Escalas: { Horizontal 1:25.000
- Vertical 1: 5.000

Situación del Punto de Vista para el plano de cota 550 metros. Está por encima de dicho plano 3.250 metros y alejamiento 8.562,50 metros, situado en el semiplano inferior de borde la línea BA, en una perpendicular a dicha línea BA y cuyo pie está a la distancia de 250 metros a la derecha de A.

2.900
de la
dicha
ros a



Planta de la figura 12



- CAMINOS
- CARRETERAS
- RIOS
- POBLACION

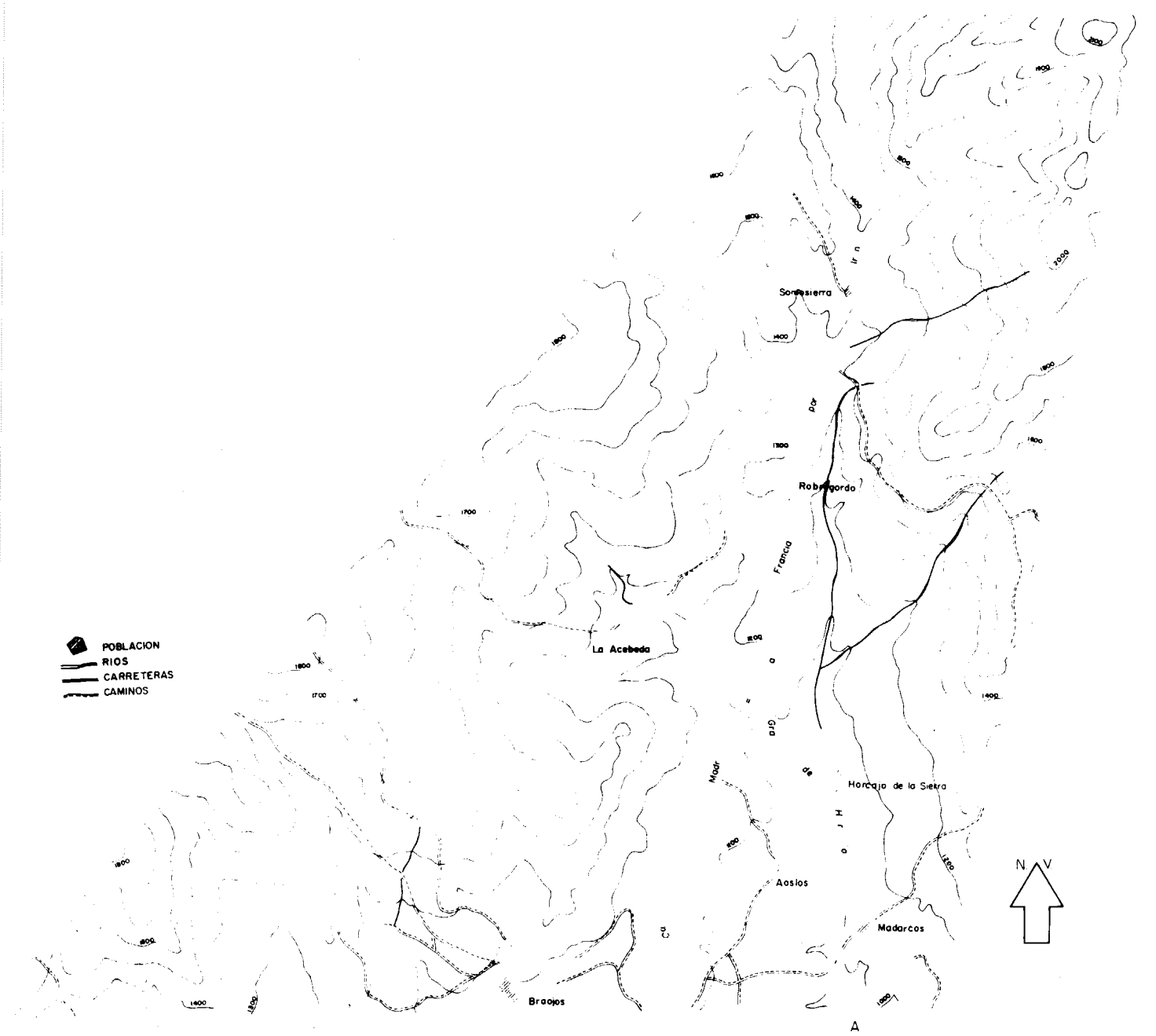
COTA CERO

N

Figura 13

Bloque-diagrama en Perspectiva Cónica de la Sierra de Guadarrama y Somosierra (Sistema Central). Situación del Punto de Vista. Cota, 6.200 metros y alejamiento 12.400 metros en la perpendicular a la línea de cota cero y cuyo pie es A.

Escalas: { Horizontal 1:50.000
Vertical 1:20.000



0 500 1000 2000 3000 m

Planta de la figura 13

bloque y conseguir mayor efectividad en el trabajo. La elección del punto de vista, ha sido en general muy laboriosa. A veces hemos tenido que realizar algunos tanteos previos, pues al dibujar los aparatos perspectivas reales, una mala elección del punto de vista, lleva consigo, gran confusión en el dibujo resultante. La elección de escalas, es también muy importante. Para algunas perspectivas puede tener poca importancia la escala horizontal (por ejemplo, en isométrica). En otras, en cambio, es de gran interés. Si elegimos una escala pequeña y una extensa superficie a representar, en perspectiva cónica, al punto de vista tendremos que darle un gran alejamiento y una fuerte cota, lo que lleva consigo, la falta de resolución, en la perspectiva así obtenida. La perspectiva central es aconsejable para realizar bloques, cuando se parte de un acotado a escala pequeña y que representa una gran extensión de terreno.

El Bloque-diagrama de los alrededores de Gajanejos (figs. 9, 10 y 11) ha sido construido en Perspectiva Isométrica, Cónica y Central. Su principal motivo es morfológico. Las Mesas alcarreñas se prestan para una buena interpretación morfológica de la zona y dan especial efectividad al bloque, en Perspectiva Isométrica y Cónica, no así en Central. La Cónica del Bloque-diagrama de los alrededores de Jadraque (fig. 12) es de gran efecto y marca muy precisamente, varios aspectos de la región. Por un lado los típicos elementos morfológicos de La Alcarria: la *campiña*, la *cuesta* y el *páramo*; por otro, el contacto, entre las series continentales superiores del oligoceno y el mioceno, situado ligeramente al sur de la margen izquierda del río Henares.

La Cónica de la Sierra de Guadarrama y Somosierra (fig. 13) presenta algunas de las desventajas antes dichas, un punto de vista alejado y con mucha cota. En el acotado se seleccionaron las curvas de 100 en 100 metros, lo que ha restado detalle al bloque, pero da una base real para la interpretación morfológica del Bloque-diagrama en el campo.

Otros bloques, en Perspectiva Cónica, como los de las figuras 15 y 16, la elección del punto de vista ha resultado laboriosa y hasta difícil. En el de Elche de la Sierra, la accidentada topografía dificultaba una buena representación del valle del río Segura, en la zona. En la Cónica de Las Inviernas, el relieve encajado y construido a partir de la super-

ficie de erosión post-miocena, ha prestado especial dificultad en la construcción del mismo. Hemos resuelto el problema tomando un número mayor de curvas de nivel y exagerando la escala vertical.

Presentamos, también, dos Bloques-diagramas geológicos, el de los alrededores de Almansa (fig. 14) y el de Las Inviernas (fig. 17). No insistimos en estos, pues consideramos que el Bloque-diagrama de temática geológica, necesita ser investigado más profundamente y en este sentido irán encaminados nuestros próximos trabajos.

Como final damos unos sencillos ejemplos mineros. Una Isométrica (fig. 18) que representa el salto de una capa, producido por una falla y la Perspectiva Isométrica de una *corta*. Se han realizado también otros dibujos, que aquí no incluimos, de mayor complejidad: detalles de explotaciones, sistemas de galerías, etc., de gran vistosidad y eficacia.

ANÁGLIFOS

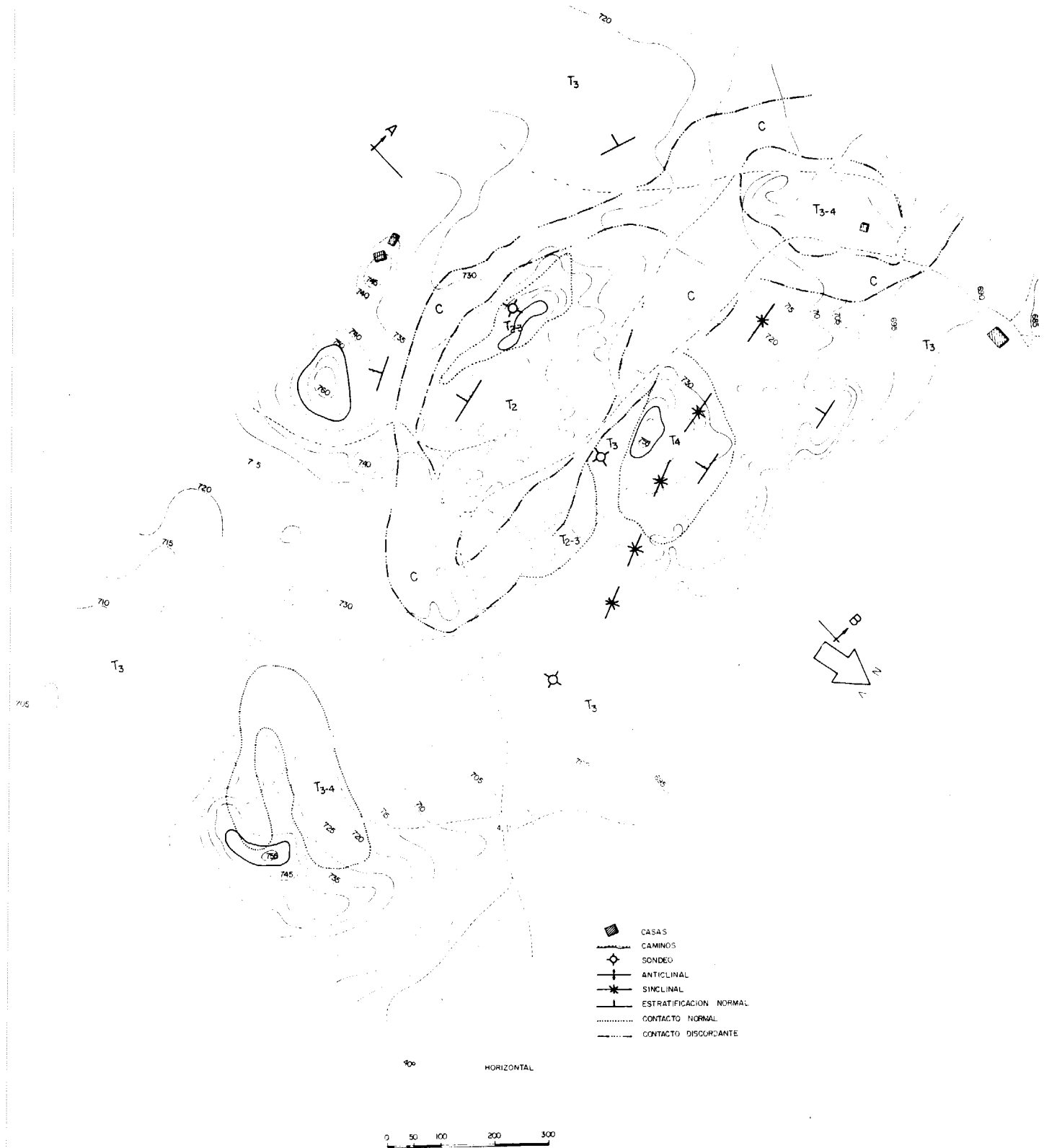
El relieve de los cuerpos hace que cambie su aspecto al verlos desde puntos diferentes, como son los ojos, y a su vez este distinto aspecto da idea del relieve.

La impresión sería la misma si representando un objeto por la doble perspectiva que resulta de la visión binocular cada ojo sólo viera, al mirar el dibujo, la que le correspondiera, y el conjunto de las dos da la impresión de una sola imagen en relieve.

A estos dibujos, realizados en colores complementarios, se les dio el nombre de *anáglifos* que quiere decir *figuras en relieve*.

La principal dificultad, al tratar de poner en anáglifo una figura algo complicada o que conste de muchas líneas, está en la confusión que en general se produce al hallar la perspectiva que aumenta cuando se va encontrando la segunda.

Con los Perspectógrafos este trabajo se simplifica enormemente y además se pueden obtener anáglifos en distintos sistemas de representación, según el Perspectógrafo que se utilice. Como los Perspectógrafos dibujan de *trazo continuo* bastará sustituir el lápiz trazador en negro por dos minas de colores complementarios, estando el rojo a la izquierda, de tal manera que la separación de estas minas sea re-



Planta de la figura 14

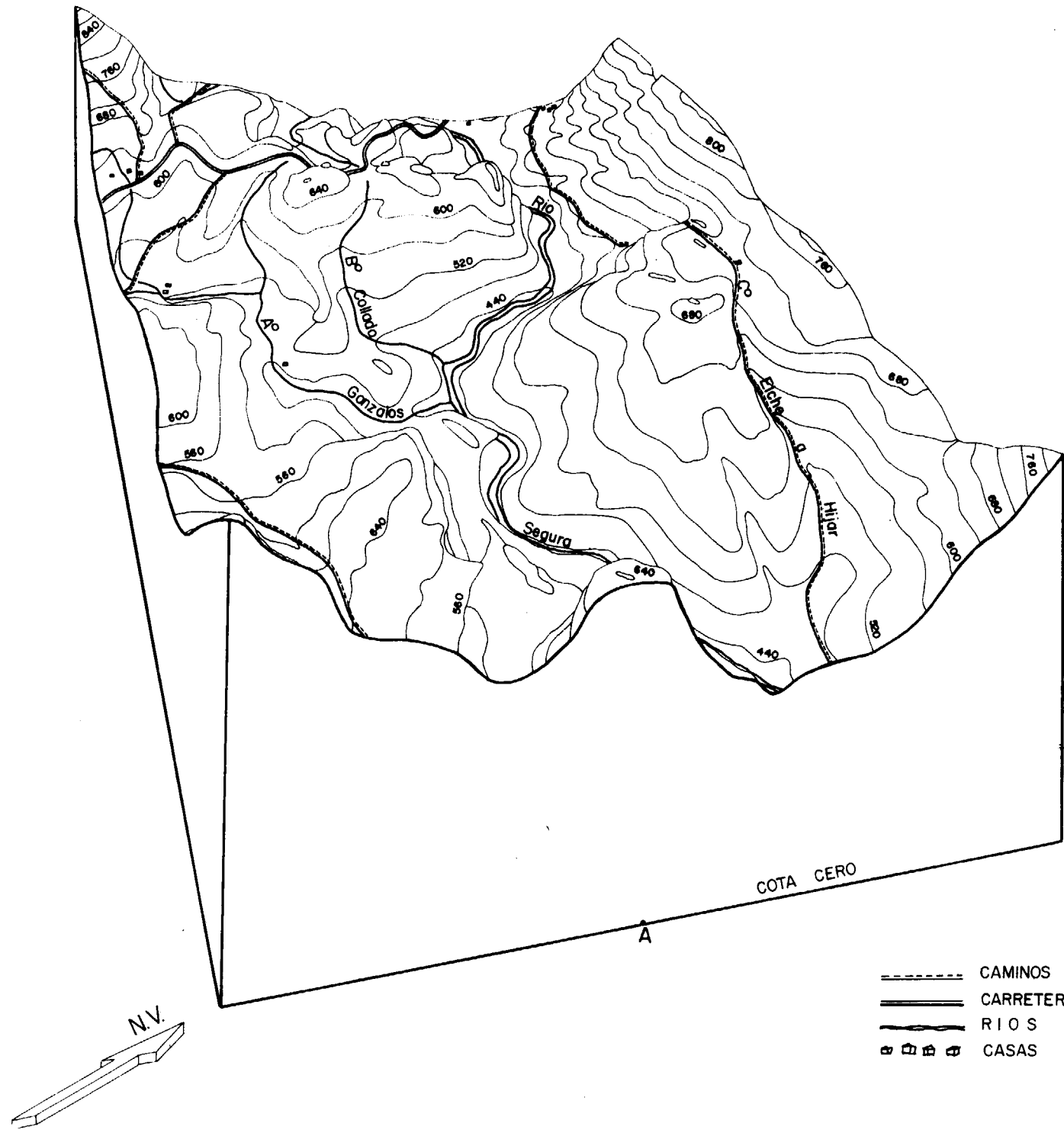


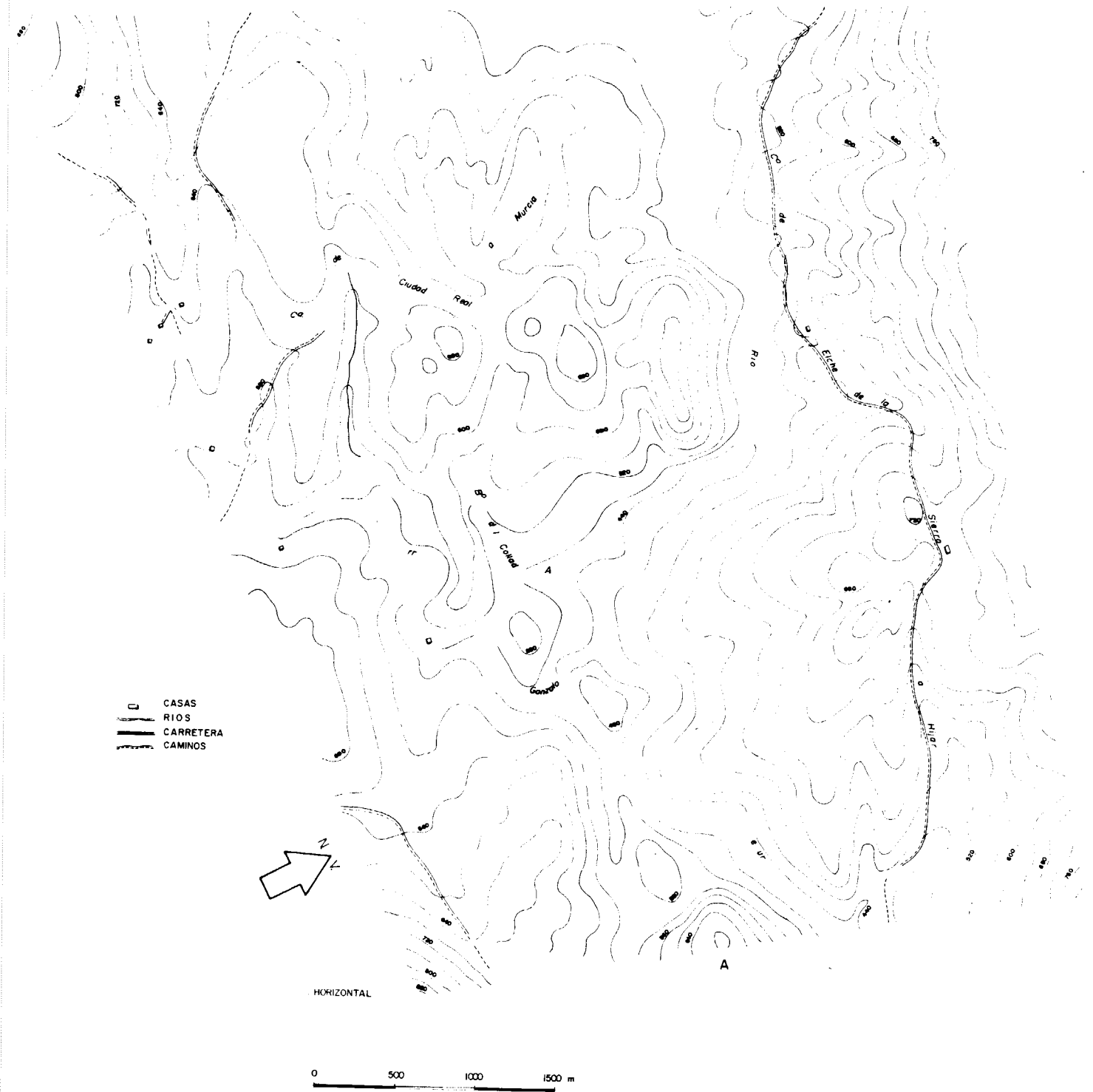
Figura 15

Bloque-diagrama próximo a Elche de la Sierra y al Sureste de dicha población (Perspectiva Cónica). Bloque realizado en una región de topografía accidentada y con desniveles medios en donde se marcan perfectamente las características de una parte del valle del río Segura.

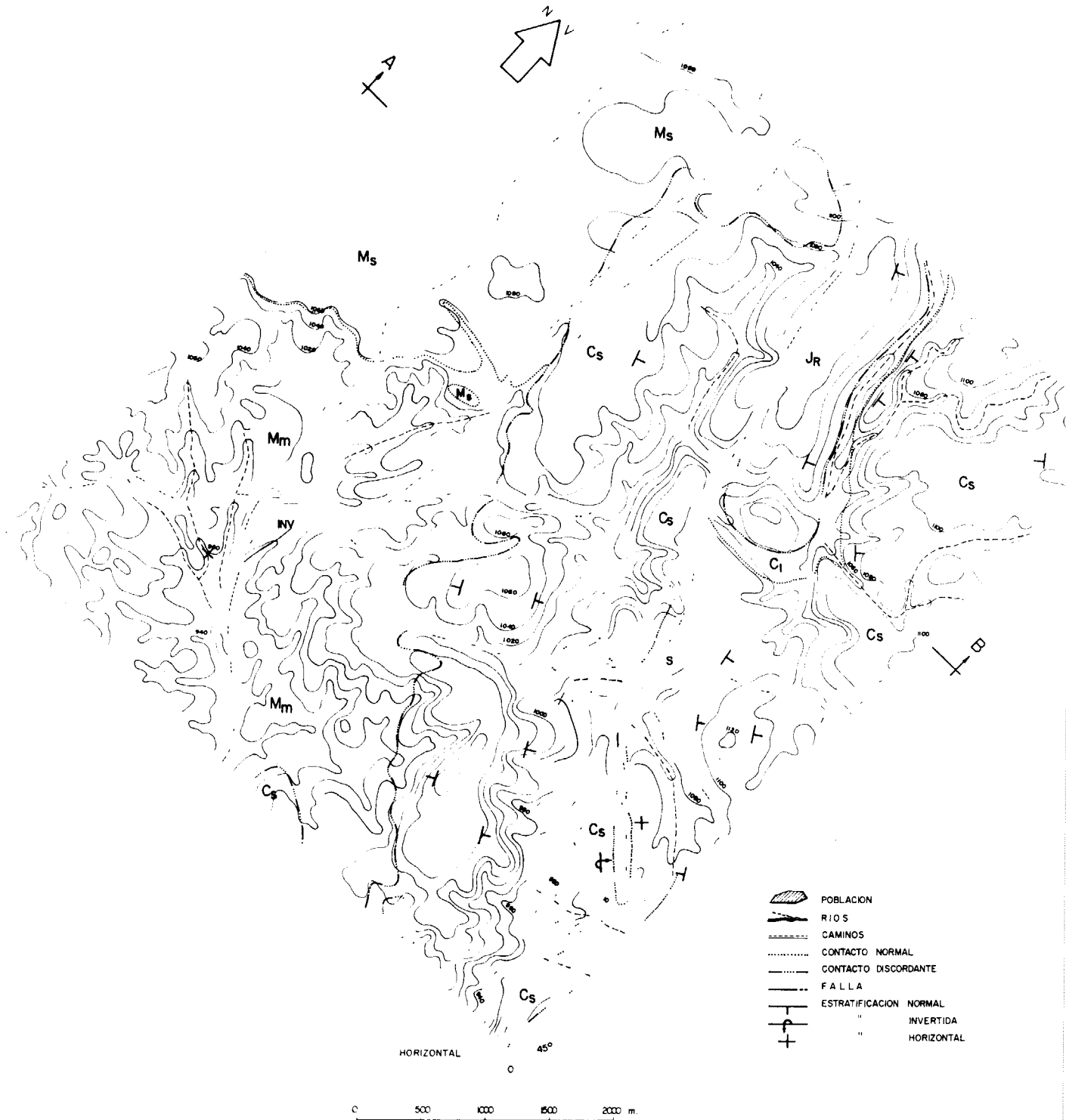
Los datos de la cónica son los siguientes:

Escalas: { Horizontal 1:20.000
Vertical 1: 8.000

Situación del Punto de Vista. Cota 2.480 metros y alejamiento desde A, 4.480 metros perpendicularmente a la horizontal.



Planta de la figura 15



Planta de las figuras 16 y 17

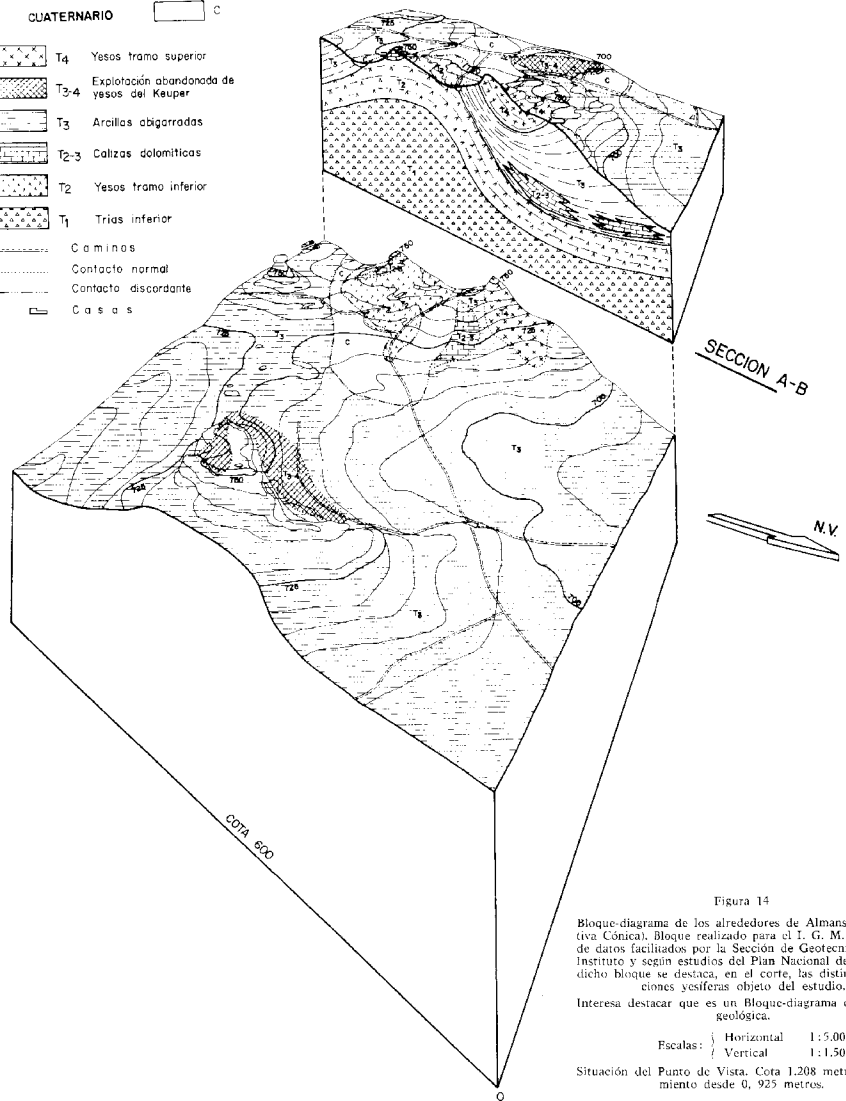
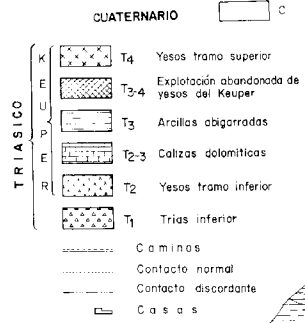


Figura 14

Bloque-diagrama de los alrededores de Almansa (Perspectiva Cónica). Bloque realizado para el I. G. M. E. a partir de datos facilitados por la Sección de Geotecnia de dicho Instituto y según estudios del Plan Nacional de Yesos. En dicho bloque se destaca, en el corte, las distintas formaciones yesíferas objeto del estudio.

Interesa destacar que es un Bloque-diagrama de temática geológica.

Escalas: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Horizontal} \quad 1:5.000 \\ \text{Vertical} \quad 1:1.500 \end{array} \right.$

Situación del Punto de Vista. Cota 1.208 metros y alejamiento desde 0, 925 metros.

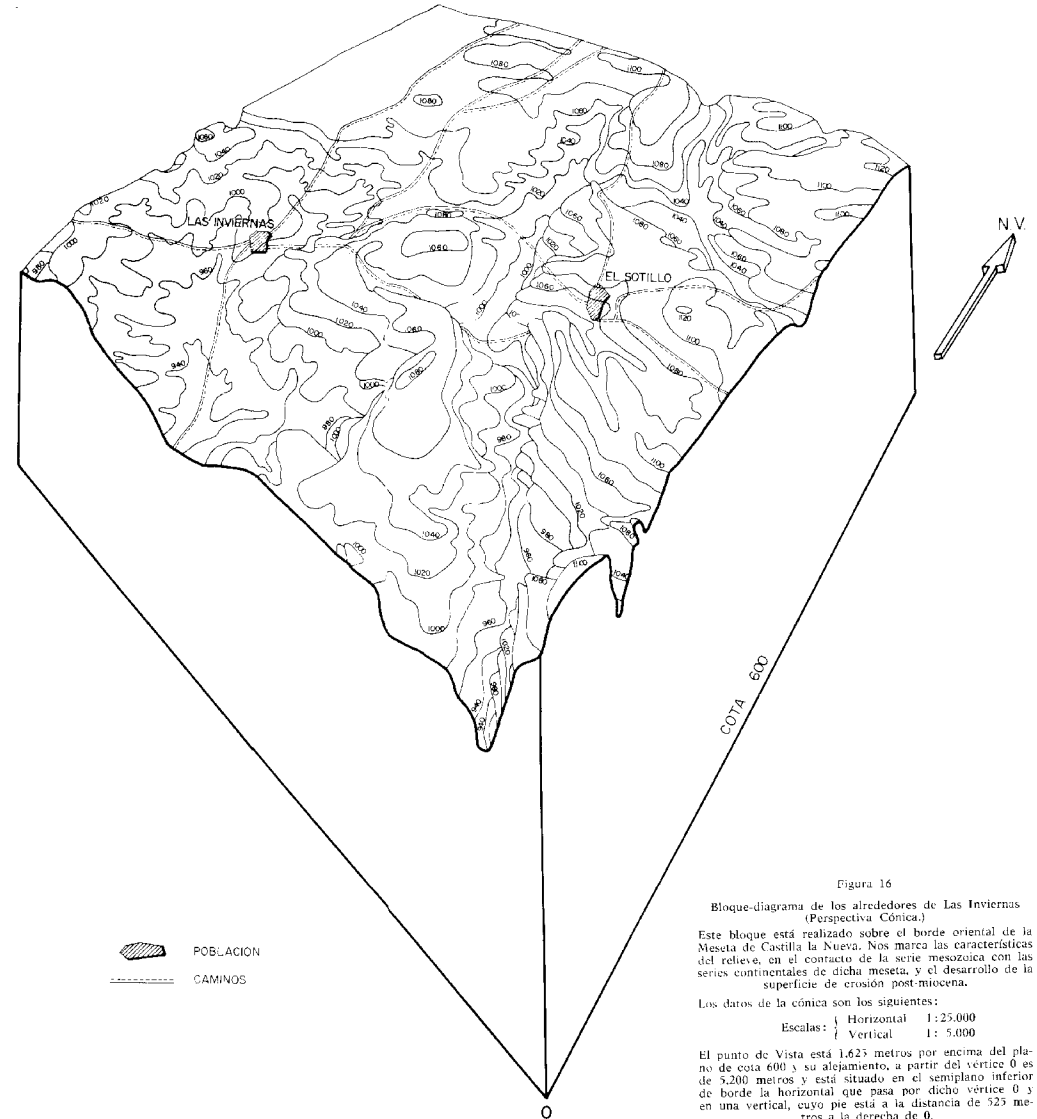


Figura 16

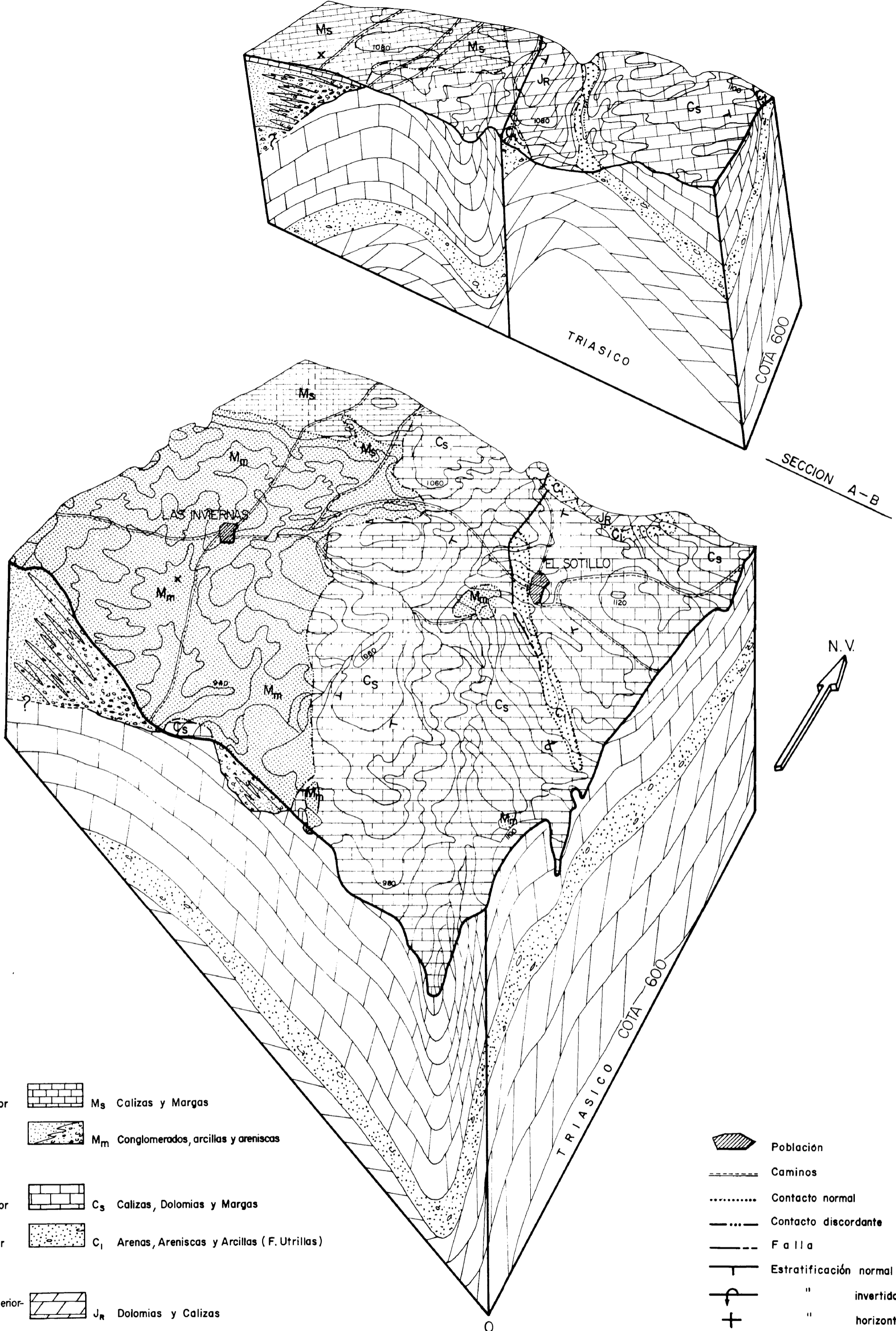
Bloque-diagrama de los alrededores de Las Inviernas (Perspectiva Cónica).

Este bloque está realizado sobre el borde oriental de la Meseta de Castilla la Nueva. Nos marca las características del relieve, en el contacto de la serie mesozoica con las series continentales de dicha meseta, y el desarrollo de la superficie de erosión post-miocena.

Los datos de la cónica son los siguientes:

Escalas: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Horizontal} \quad 1:25.000 \\ \text{Vertical} \quad 1:5.000 \end{array} \right.$

El punto de Vista está 1.625 metros por encima del plano de cota 600 y su alejamiento, a partir del vértice 0 es de 5.200 metros y está situado en el semiplano inferior de borde la horizontal que pasa por dicho vértice 0 y en una vertical, cuyo pie está a la distancia de 525 metros a la derecha de 0.



TERCIARIO	MIOCENO	Superior		Ms	Calizas y Margas
		Medio		Mm	Conglomerados, arcillas y areniscas
CRETACICO	Superior		Cs	Calizas, Dolomias y Margas	
	Inferior		Ci	Arenas, Areniscas y Arcillas (F. Utrillas)	
JURASICO	Lias inferior-medio		Jr	Dolomias y Calizas	

	Población
	Caminos
	Contacto normal
	Contacto discordante
	Falla
	Estratificación normal
	" invertida
	" horizontal

Figura 17
 Bloque-diagrama geológico de los alrededores de Las Inviernas (Perspectiva Cónica.)
 Los datos del bloque son idénticos a los de la figura 16. Este bloque nos ilustra acerca de las relaciones litológicas y estructurales del borde este de la Depresión con la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

gurable, de acuerdo con la cota de la curva de nivel que se quiera representar.

Sin necesidad de pieza suplementaria, se puede obtener un anáglifo de la siguiente forma. Con el Perspectógrafo conveniente se dibuja en negro la

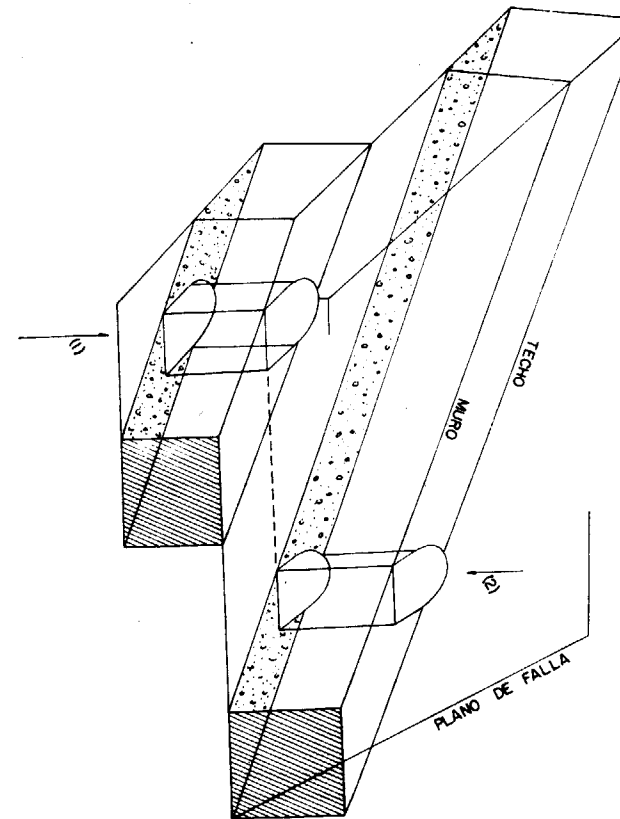


Figura 18

Perspectiva Isométrica representando el salto en una capa, producido por una falla. En ella se ve cómo una galería de dirección encuentra el plano de falla.

Escala indeterminada.

perspectiva. Se coloca encima un papel vegetal y se calca en rojo la perspectiva en negro. Manteniendo fijo el dibujo en negro, se traslada, con guía horizontal, hacia la izquierda el papel vegetal que tiene el dibujo en rojo, los milímetros que correspondan a la cota de la línea horizontal que queremos representar y se calca en azul nuevamente la perspectiva de trazo negro.

Nosotros hemos realizado en anáglifo la mayoría de los Bloques-diagramas (*Bloque-diagrama Anaglífico*) aquí propuestos, observando, que el procedi-

miento es excelente para obtener relieve. En general, los anáglifos, no son usados por ser muy laboriosa su ejecución. Con los Perspectógrafos de trazo continuo lógicamente se simplifica la tarea.

Esto nos lleva a considerar que el anáglifo no es un mero entretenimiento artístico para obtener mapas Perspectivos en relieve, y que con la ayuda de los Perspectógrafos, este sistema se hará de uso más general.

En algunos casos el anáglifo puede ser una herramienta de trabajo eficaz en la labor del hidrogeólogo, del prospector de hidrocarburos, en minería, y en general en las reconstrucciones paleogeográficas, por la posibilidad de superponer varios dibujos todos ellos en anáglifos.

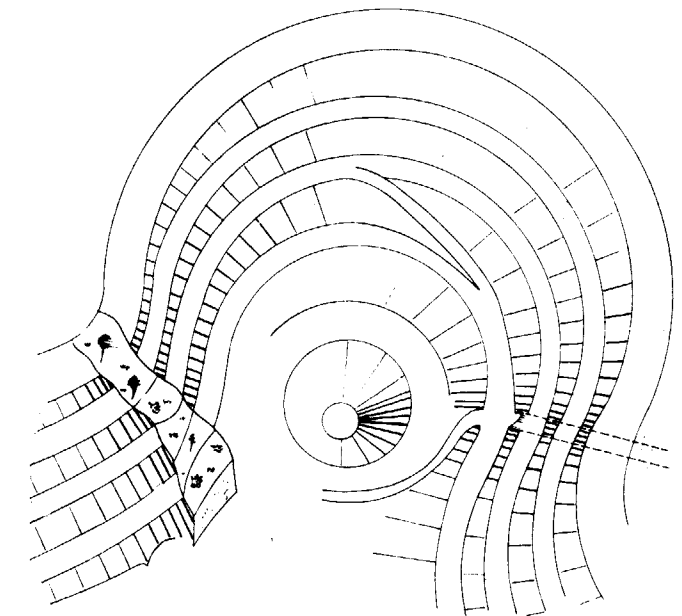


Figura 19

Perspectiva Isométrica de una corteza en la que se aprecian las bancadas, rampas que se ponen en comunicación unas con otras, e incluso labores subterráneas de explotación por interior.

Escala indeterminada.

AGRADECIMIENTOS

La delineación de los dibujos ha corrido a cargo de don Fernando RABADÁN BLANCO, al que agradecemos el interés puesto en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BONTE, A.: *Introduction à la lecture des Cartes Géologiques*. 4.ª edición 1969, págs. 5-277. ed. Masson et Cie, París (1969).
- KUNSKY, J.: *Zeměpisný Náčrt. Blokdiagram*. págs. 9-258. Praha (1949).
- LAURENCE, G. R.: *Cartographic Methods*, págs. 2-162, ed. Methuen and CO, LTD (Gran Bretaña) 1971).
- LOBECK, A. K.: *Block Diagrams and other graphic methods used in Geology and Geography*, 212 págs., 2.ª ed. Emerson-Trussell Book Company. Massachusetts. (1958).
- MONKHOUSE, F. J., y VILKINSON, H. R.: *Mapas y Diagramas*, págs. 15-533, ed. Oikos-Tan, S. A. Barcelona (1968).
- PÉREZ-SÁEZ, J.: *Geometría Descriptiva*, 446 págs. Litoprint. Madrid (1968).
- PÉREZ-SÁEZ, J.: *Dibujo Técnico* (con dibujos anaglíficos), 158 págs. Litoprint. Madrid (1969).
- PÉREZ-SÁEZ, J.; BLÁZQUEZ, I., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A.: *Interés de los Perspectógrafos en la confección de Bloques-diagramas geológicos*. "Rev. Cátedra de Matemáticas", de E. T. S. de I. de Minas. Madrid (en prensa) (1972).
- RAISZ, E.: *Cartografía General*, págs. 3-436, 3.ª edición. Omega. Barcelona (1965).
- RIBERA FAIG, J. M., y RIBA, O.: *Sobre la aplicación de los métodos de la perspectiva cónica al dibujo de bloques-diagramas*. "Est. Geográficos", núm. 31, págs. 195-231 (1948).
- RICHARME, P.: *Notice sur le pantographe découpez pour cartes en relievé*. Vol. XXVI, núm. 2. "Revue Hydrographique Internationale" (1949).
- RIMBERT, S.: *Cartes et Graphiques*, págs. 7-236, ed. SEDES. París (1964).
- SCHOU, A.: *Block Diagram*. "The Encyclopedia of Geomorphology". Ed. R. Fairbrige, págs. 82-86. Ed. Reinhold Book Corporation. N. Y. (1968).
- VIDAL BOX, C.: *Un procedimiento rápido para poner en relieve mapas topográficos con curvas de nivel*. "Revista Univ. de Madrid". Sec. Ciencias. Madrid (1941).
- VIDAL BOX, C.: *Estado actual de la técnica de construcción de modelos*. "Est. Geográficos", núm. 56, págs. 431-440 (1954).

Recibido: 5-VII-1972

Formulario-Resumen sobre hidráulica de pozos

Por J. PORRAS MARTIN (*)

RESUMEN

Se han reunido las principales fórmulas que se emplean en el tratamiento teórico de las captaciones de agua subterránea al objeto de disponer de un pequeño manual donde se encuentren, resumidas, tablas de valores, fórmulas e hipótesis de trabajo.

En publicaciones sucesivas se estudiarán las aplicaciones prácticas de estas fórmulas, tales como ensayos de bombeo, eficacia de pozos, etc., y la manera de realizar las operaciones necesarias.

I. INTRODUCCIÓN

El comportamiento de las obras de captación de agua subterránea ha atraído siempre la atención de los investigadores, y su estudio representa una parte muy importante en cualquier trabajo hidrogeológico, general o detallado.

Desde hace más de veinte años, los hidrogeólogos han dispuesto de una serie de fórmulas que, completándose y perfeccionándose a lo largo del tiempo, relacionan la depresión del nivel acuífero con la distancia al pozo de bombeo, con el tiempo, o bien con ambas variables.

Dichas fórmulas obtenidas a partir de las leyes fundamentales de la hidrodinámica subterránea son la base para cualquier tipo de estudio que gire alrededor de las captaciones: zonas de influencia, bombeos de ensayo, cálculo de las características de los acuíferos, etc.

Creemos por tanto de gran interés, resumirlas de manera simplificada en forma de artículo, que puede servir de manual para consulta rápida en cualquier momento.

Se da por sentado que el lector está familiarizado con los conceptos usualmente empleados en hidrogeología, por lo cual, las explicaciones han sido reducidas al mínimo.

(*) Ingeniero del IGME.

Los casos teóricos reseñados, son, por así decirlo, un esqueleto básico sobre el que diversos autores han desarrollado fórmulas basadas en combinaciones de hipótesis más complicadas. El lector interesado podrá encontrar amplio campo de estudio en la bibliografía que se adjunta al final.

II. APLICACIÓN DE LAS LEYES DE LA HIDRODINÁMICA SUBTERRÁNEA A LOS POZOS

II.1. Notaciones.

t : tiempo.

h : altura piezométrica, $h = p/\rho g + z$, siendo p presión y ρ masa específica.

k : permeabilidad de Darcy (LT^{-1}).

S_s : coeficiente de almacenamiento específico (por unidad de volumen).

$S_s = \rho g(\alpha + n\beta)$, donde:

$\rho g\alpha$ = agua liberada por compresión de la unidad de volumen del esqueleto granular y por unidad de variación de h .

$\rho gn\beta$ = agua liberada por expansión en la unidad de volumen por unidad de variación de h .

b : espesor constante del acuífero cautivo.

$K_0(x)$: función modificada de Bessel, segunda especie, orden cero.

T : transmisividad.

$K_1(x)$: función modificada de Bessel, segunda especie, orden uno.

S : coeficiente de almacenamiento: En un acuífero cautivo $S=S_s \cdot b$; en un acuífero libre: S =porosidad eficaz.

$\tau = \frac{Kt}{SH}$: factor de Boulton, para acuífero libre.

r : distancia del eje del sondeo al punto donde se considera una altura piezométrica h .

$$G(\alpha) = \frac{4\alpha}{\pi} \int_0^\infty x e^{-\alpha x^2} \left[\frac{\pi}{2} + \text{arc tg} \left(\frac{I_0(x)}{K_0(x)} \right) \right] dx:$$

r_w : radio del sondeo o pozo (algunos autores lo llaman r_0).

Función integral para acuífero cautivo surgente. Algunos autores llaman $W(\lambda)$ a esta función;

H : altura piezométrica inicial o nivel libre inicial.

$$\alpha = \frac{Tt}{Sr_w^2}$$

Q : caudal de extracción, variable en general.

$$W\left(u, \frac{r}{B}\right) = \int_u^\infty \frac{1}{x} e^{-\left(x - \frac{r^2}{4B^2x}\right)} dx:$$

s : depresión ($s=H-h$).

Función integral para acuífero cautivo con drenaje vertical; u y B previamente definidas.

s_w : depresión en un pozo artesiano surgente, supuesta constante.

$G\left(\alpha, \frac{r_w}{B}\right)$: función integral en acuífero cautivo surgente con drenaje vertical z , r_w y B previamente definidos.

$B^2 = \frac{Tb'}{K'}$: factor de drenaje vertical (leakage factor de Hantush) siendo b' y K' espesor y permeabilidad de la capa semipermeable o semiconfinante a través de la cual tiene lugar el drenaje. Algunos autores llaman λ a este factor.

$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-x}}{x} dx$: función exponencial integral de Theis.

II.2. Ecuación en coordenadas polares.

$u = \frac{r^2 S}{4tT}$: variable en la función $W(u)$.

La ecuación fundamental de circulación de un fluido en un medio poroso es:

$I_0(x)$: función de Bessel, de primera especie, orden cero.

$$\text{div}(K \text{ grad } h) = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

$I_1(x)$: función de Bessel, de primera especie, orden uno.

Esta ecuación, suponiendo que nos encontramos en un acuífero homogéneo e isótropo, cautivo de espesor b , y suponiendo que la circulación es sólo bidimensional (o sea, que h es independiente de la coordenada z) queda reducida a:

$Y_0(x)$: función de Bessel, de segunda especie, orden cero.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad [1]$$

$Y_1(x)$: función de Bessel, de segunda especie, orden uno.

$I_0(x)$: función modificada de Bessel, primera especie, orden cero.

Supongamos (Fig. 1) que se considera la circulación hacia un pozo. Tomemos como eje de coordenadas polares el del pozo, que en realidad es un punto al proyectarse sobre el plano x, y . Un punto

$I_1(x)$: función modificada de Bessel, primera especie, orden uno.

de coordenadas x, y , queda definido en coordenadas polares por la distancia r y el ángulo θ , de forma que:

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

o bien:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \text{arc tg} \left(\frac{y}{x} \right)$$

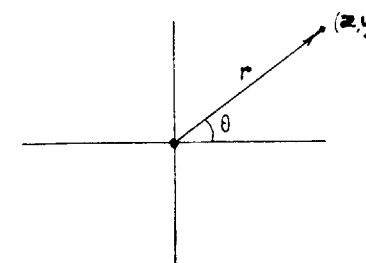
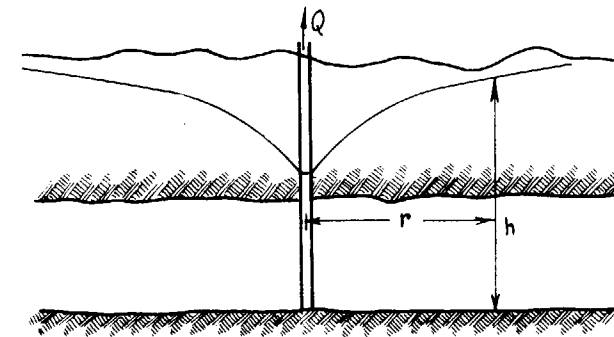


Figura 1

Introduciendo estos valores en las ecuaciones anteriores:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{\partial h}{\partial r} \cdot \frac{r^2 - x^2}{r^3} + \frac{x^2}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial r^2}$$

Procediendo de idéntica forma para la variable y , se obtiene:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{\partial h}{\partial r} \cdot \frac{r^2 - y^2}{r^3} + \frac{y^2}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial r^2}$$

introduciendo estos valores en la ecuación fundamental [1] ésta queda de la forma:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

Esta es la expresión de la ecuación fundamental que emplearemos en lo sucesivo, manteniendo las hipótesis establecidas. En el caso de régimen permanente, la ecuación queda reducida a

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = 0$$

En todas las demostraciones que vienen a continuación se considera el pozo matemáticamente como un sumidero de líneas de flujo.

II.3. Régimen permanente.

II.3.1. Acuífero cautivo (fig. 2).

Expresaremos la ecuación [1] cambiando las variables x e y por la variable r . Para ello hay que considerar que:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial r} \cdot \frac{\partial r}{\partial x}$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{\partial h}{\partial r} \cdot \frac{\partial^2 r}{\partial x^2} + \frac{\partial r}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} \right)$$

De las ecuaciones de transformación de coordenadas se deduce que:

$$\frac{\partial r}{\partial x} = \frac{x}{r}$$

$$\frac{\partial^2 r}{\partial x^2} = \frac{r^2 - x^2}{r^3}$$

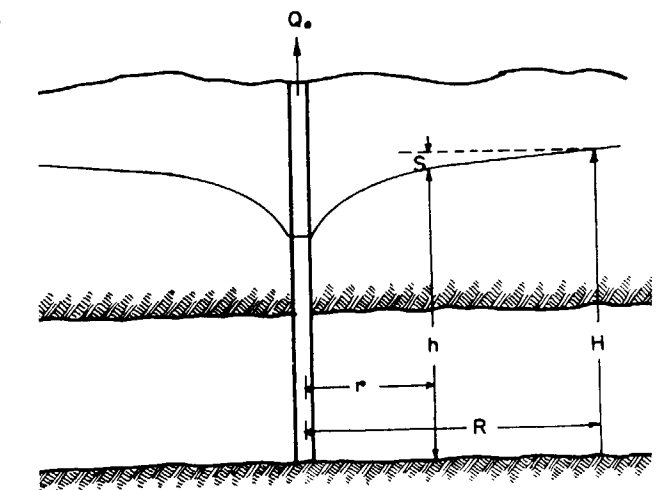


Figura 2

Hipótesis:

- Acuífero homogéneo e isótropo, de extensión infinita.
- Espesor b constante del acuífero cautivo.
- El agua es liberada de la formación instantáneamente por el cambio de presión.
- El pozo es perfecto. No hay pérdidas de carga. Se atraviesa completamente la capa acuífera. En él se bombea un caudal constante en régimen permanente.

La fórmula fundamental es:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = 0,$$

que se puede escribir, en este caso:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dh}{dr} \right) = 0$$

ya que h sólo depende de r .

Esto equivale a:

$$r \frac{dh}{dr} = C \text{ (constante)}$$

Teniendo por otra parte en cuenta que, según la ley de Darcy:

$$Q_0 = 2 \pi r b \cdot K \frac{dh}{dr},$$

la constante C de la ecuación anterior será:

$$C = \frac{Q_0}{2 \pi K b}$$

y la ecuación diferencial queda:

$$dh = \frac{Q_0}{2 \pi K b} \cdot \frac{1}{r} dr,$$

que integrando, y suponiendo conocida una H correspondiente a una R :

$$\int_h^H dh = \frac{Q_0}{2 \pi T} \int_r^R \frac{1}{r} dr,$$

cuya solución es:

$$H - h = s = \frac{Q_0}{2 \pi T} \ln \frac{R}{r},$$

donde R y H son constantes de integración.

En este caso es necesario tener en cuenta que si este valor de H fuese el de la altura piezométrica inicial antes de comenzar el bombeo, durante el mismo, a dicho valor de H correspondería un $R = \infty$, pues se trata de un acuífero infinito, y por lo tanto, también la depresión sería infinita.

No puede existir por tanto un régimen permanente con depresión finita en un acuífero infinito.

Lo que ocurre en la realidad es que, en los acuíferos encontrados en la práctica con pozos en régimen permanente, la altura H inicial permanece más o menos constante para un R finito (límite de recarga) debido a las condiciones de alimentación en el borde del acuífero, que siempre tiene una extensión limitada.

II.3.2. Acuífero cautivo con drenaje vertical (fig. 3).

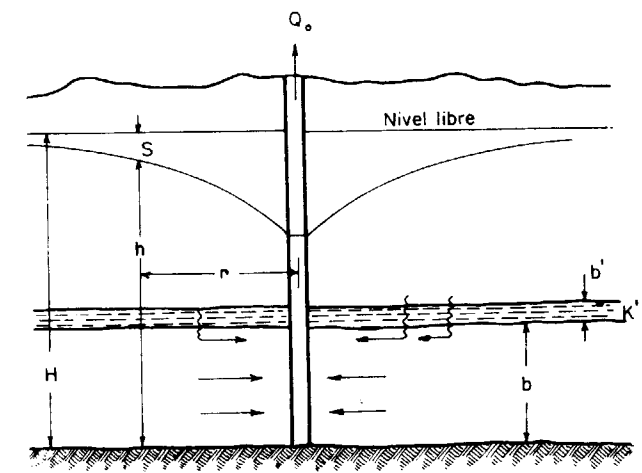


Figura 3

Hipótesis:

- Acuífero cautivo, homogéneo, isótropo, de extensión infinita y espesor b constante.
- Sobre él existe una capa semipermeable o semiconfinante, de espesor b' y permeabilidad K' vertical.
- Apoyándose en esta capa semipermeable existe un acuífero libre, cuyo nivel inicial coincide con la altura piezométrica en reposo, H del acuífero cautivo. Este nivel libre permanece constante durante el bombeo.
- El agua del acuífero libre, debido a la diferencia de presión, atraviesa verticalmente la capa

semipermeable y se incorpora inmediatamente al flujo horizontal del acuífero cautivo, sin ninguna componente vertical dentro de dicho acuífero.

- El pozo es perfecto, sin pérdidas y completamente penetrante; de él se extrae un caudal Q_0 en régimen permanente, que pasa al sondeo exclusivamente desde el acuífero cautivo.

En este caso la ecuación general en régimen permanente, planteada para un prisma de acuífero de altura b y superficie unidad es:

$$T \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + T \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} + C = 0$$

siendo C el volumen de agua añadido por unidad de superficie, que, según la ley de Darcy es:

$$C = \frac{H - h}{b'} \cdot K'$$

La ecuación queda, pues:

$$T \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + T \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} + \frac{H - h}{b'} \cdot K' = 0$$

Para expresar más fácilmente la ecuación, lo hacemos en función de la depresión s :

$$s = H - h \quad \text{y} \quad ds = -dh$$

y la ecuación:

$$\frac{\partial^2 s}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial s}{\partial r} - \frac{s}{B^2} = 0$$

siendo

$$B^2 = \frac{T b'}{K'} \quad \text{(Hantush)}$$

Para integrar esta ecuación, las condiciones en los límites son:

$$Q = Q_0 \quad \text{para} \quad r = r_w \quad \text{radio del pozo)}$$

y

$$s = 0 \quad \text{para} \quad r = \infty$$

La solución de esta ecuación es:

$$s = \frac{Q_0}{2 \pi T} \cdot K_0 \left(\frac{r}{B} \right)$$

siendo $K_0()$ la función modificada de Bessel de segunda especie y orden cero.

A una distancia r del pozo, el caudal radial en circulación hacia el mismo es:

$$Q = Q_0 \frac{r}{B} K_1 \left(\frac{r}{B} \right);$$

siendo $K_1()$ la función de Bessel modificada de segunda especie y primer orden.

Para valores pequeños de r/B , estas funciones se pueden aproximar:

$$K_0 \left(\frac{r}{B} \right) \approx \ln \frac{1,123 B}{r}$$

con error menor de:	1 %	2 %	5 %	10 %
para r/B menor de:	0,16	0,22	0,33	0,45

y

$$K_1 \left(\frac{r}{B} \right) = \frac{B}{r}$$

con error menor de:	1 %	2 %	5 %	10 %
para r/B menor de:	0,08	0,12	0,21	0,32

II.3.3. Acuífero libre (fig. 4).

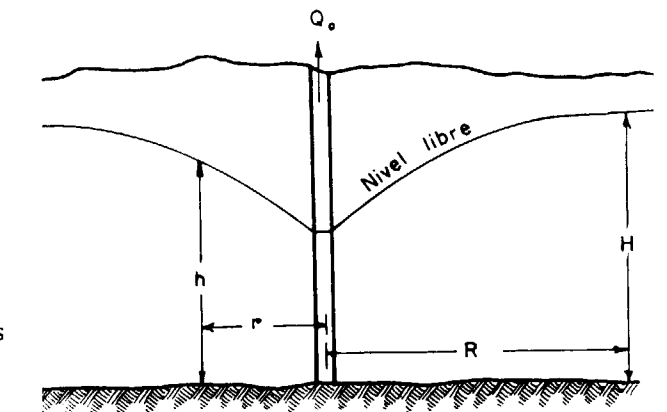


Figura 4

Hipótesis:

- Acuífero libre, homogéneo e isótropo, de extensión infinita.
- La circulación del agua se hace exclusivamente en sentido horizontal, no existe componente vertical (Dupuit).

- El pozo, perfecto, llega hasta el fondo impermeable. No hay pérdidas de carga.
- El agua es liberada de la formación instantáneamente, debido al gradiente hidráulico (esta hipótesis es, en el acuífero libre, menos exacta que en el caso de acuífero cautivo explicado en II.3.1.).
- El espesor del acuífero, en este caso, no es constante al tratarse de una superficie libre.

Según la ley de Darcy, el caudal radial que atraviesa una sección circular de radio r es constante, igual a Q_0 , caudal de bombeo:

$$Q_0 = 2 \pi r h \frac{dh}{dr} K$$

de aquí se deduce:

$$h dh = \frac{Q_0}{2 \pi K} \frac{dr}{r}$$

Las condiciones límites son: $r=R$ para $h=H$, siendo r y H valores conocidos (si el acuífero es realmente infinito $r=\infty$ para $h=H$, siendo H el nivel libre sin bombeo).

La integración de la ecuación da:

$$H^2 - h^2 = \frac{Q_0}{\pi K} \ln \frac{R}{r}$$

siendo H y R constantes de integración.

Por la razón antes aludida, y como se indicó en II.3.1. no puede existir un acuífero libre de extensión infinita con una depresión $H-h$ finita en régimen permanente.

En los acuíferos reales lo que ocurre es que se alcanzan límites de alimentación a nivel más o menos constantes, H , a distancias finitas R .

NOTA.—En el caso de mantos libres de gran espesor saturado y con depresiones muy pequeñas en comparación, se puede escribir:

$$H^2 - h^2 = (H + h)(H - h) = \frac{Q_0}{\pi K} \ln \frac{R}{r}$$

$$H - h = \frac{Q_0}{\pi K (H + h)} \ln \frac{R}{r}$$

y, haciendo:

$$K(H + h) \approx 2KH = 2T$$

con lo cual la fórmula queda:

$$H - h = \frac{Q_0}{2 \pi T} \ln \frac{R}{r}$$

idéntica a la obtenida para acuífero cautivo en II.3.1.

II.3.4. Acuífero libre sobre lecho semipermeable con alimentación uniforme por infiltración de lluvia (fig. 5).

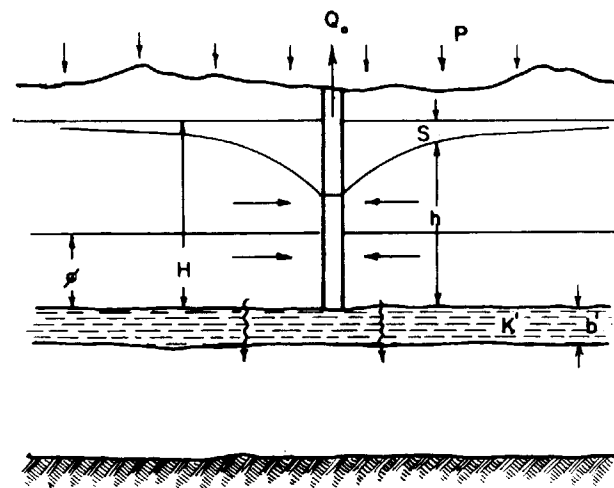


Figura 5

Exponemos este caso para mostrar cómo se maneja la coincidencia de varias hipótesis de alimentación y descarga sobre un acuífero en bombeo.

Hipótesis:

- Acuífero libre de extensión infinita, homogéneo e isótropo, de permeabilidad K , y nivel libre inicial (sin bombeo), H .
- La base de este acuífero es una capa semipermeable o semiconfinante, de espesor b' y permeabilidad vertical K' .
- Por debajo de esta capa existe un acuífero cautivo de altura piezométrica ϕ , que permanece constante en el tiempo, y que intercambia agua con el acuífero libre superior a través de la capa semipermeable.
- Existe una infiltración eficaz uniforme, de valor P por unidad de superficie, valor que se mantiene constante.

- La circulación en el acuífero libre tiene lugar de acuerdo con las hipótesis establecidas en II.3.3.
- La circulación a través de la capa semipermeable tiene lugar de acuerdo con las hipótesis establecidas II.3.2.
- La transmisividad del acuífero libre, T , se supone conocida y constante, debido a que se considera la depresión muy pequeña en comparación con el espesor saturado.

Planteando la ecuación general por unidad de prisma de superficie unidad:

$$T \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + T \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = 0$$

hay que añadirle los términos debidos a la alimentación P y el drenaje vertical, con lo cual queda:

$$T \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + T \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} + P - \frac{h - \phi}{b'} K' = 0$$

La solución de esta ecuación es de la forma general:

$$h = c_1 I_0 \left(\frac{r}{B} \right) + c_2 K_0 \left(\frac{r}{B} \right) + \frac{P b'}{K'} + \phi$$

que, en nuestro caso de acuífero infinito y Q_0 constante:

$$\begin{aligned} r = \infty & \text{ para } h = H \\ r = r_w & \text{ para } Q = Q_0 \end{aligned}$$

de donde

$$\begin{aligned} c_1 &= 0 \\ c_2 &= - \frac{Q_0}{2 \pi T} \end{aligned}$$

II.4. Régimen transitorio.

II.4.1. Acuífero cautivo. Q_0 constante (fig. 6).

Hipótesis:

- Acuífero cautivo, de extensión infinita, coeficiente de almacenamiento S , permeabilidad K y espesor b constantes en tiempo y espacio.
- Pozo de bombeo perfecto, en el que, a partir del instante $t=0$ se bombea un caudal constante Q_0 .

- El agua abandona instantáneamente la formación. La circulación es exclusivamente horizontal.

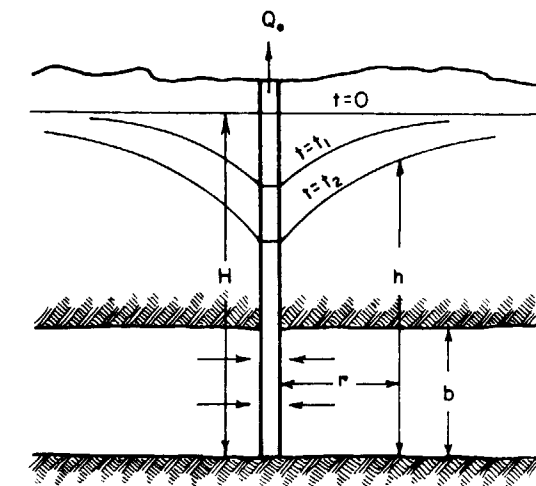


Figura 6

La ecuación general es:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

— condiciones iniciales:

$$h(r, 0) = H \quad \text{para } t \leq 0,$$

es decir, la altura piezométrica en el acuífero es uniforme antes de comenzar el bombeo;

— condiciones en el límite:

$$h = H \quad \text{para } r \rightarrow \infty, \text{ siendo } t > 0$$

$$\lim_{r \rightarrow 0} \left(r \frac{\partial h}{\partial r} \right) = \frac{Q_0}{2 \pi T} \quad (\text{ley de Darcy})$$

La solución para esta ecuación y condiciones es (Theis, 1935):

$$H - h = s = \frac{Q_0}{4 \pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du, \quad \text{siendo } u = \frac{r^2 S}{4 t T}$$

que se puede escribir:

$$s = \frac{Q_0}{4 \pi T} W(u),$$

siendo $W(u)$ la función exponencial integral de Theis, que aparece tabulada en la tabla I.

TABLA I. Valores de $W(u)$ para valores de u comprendidos entre 10^{-15} y $9,9$

u	$N \times 10^{-15}$	$N \times 10^{-14}$	$N \times 10^{-13}$	$N \times 10^{-12}$	$N \times 10^{-11}$	$N \times 10^{-10}$	$N \times 10^{-9}$	$N \times 10^{-8}$	$N \times 10^{-7}$	$N \times 10^{-6}$	$N \times 10^{-5}$	$N \times 10^{-4}$	$N \times 10^{-3}$	$N \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-1}$	N
1,0	33,9616	31,6590	29,3564	27,0538	24,7512	22,4486	20,1460	17,8435	15,5400	13,2383	10,9357	8,6332	6,3315	4,0379	1,8229	0,2194
1,1	33,8662	31,5637	29,2611	26,9585	24,6559	22,3533	20,0507	17,7482	15,4456	13,1430	10,8404	8,5379	6,2363	3,9436	1,7371	0,1860
1,2	33,7792	31,4767	29,1741	26,8715	24,5689	22,2663	19,9637	17,6611	15,3586	13,0560	10,7534	8,4509	6,1494	3,8576	1,6595	0,1584
1,3	33,6992	31,3966	29,0940	26,7914	24,4889	22,1863	19,8837	17,5811	15,2786	12,9759	10,6734	8,3709	6,0695	3,7785	1,5889	0,1355
1,4	33,6251	31,3225	29,0199	26,7173	24,4147	22,1122	19,8096	17,5070	15,2044	12,9018	10,5993	8,2968	5,9955	3,7054	1,5241	0,1162
1,5	33,5561	31,2535	28,9509	26,6483	24,3458	22,0432	19,7406	17,4380	15,1354	12,8328	10,5303	8,2278	5,9266	3,6374	1,4645	0,1000
1,6	33,4916	31,1890	28,8864	26,5838	24,2812	21,9786	19,6760	17,3735	15,0709	12,7683	10,4657	8,1634	5,8621	3,5739	1,4092	0,08631
1,7	33,4309	31,1283	28,8258	26,5232	24,2206	21,9180	19,6154	17,3128	15,0103	12,7077	10,4051	8,1027	5,8016	3,5143	1,3578	0,07465
1,8	33,3738	31,0712	28,7686	26,4660	24,1634	21,8608	19,5583	17,2557	14,9531	12,6505	10,3479	8,0455	5,7446	3,4581	1,3089	0,06741
1,9	33,3197	31,0171	28,7145	26,4119	24,1094	21,8068	19,5042	17,2016	14,8990	12,5964	10,2939	7,9915	5,6906	3,4050	1,2649	0,06260
2,0	33,2684	30,9658	28,6632	26,3607	24,0581	21,7555	19,4529	17,1503	14,8477	12,5451	10,2426	7,9402	5,6394	3,3547	1,2227	0,04890
2,1	33,2196	30,9170	28,6145	26,3119	24,0093	21,7067	19,4041	17,1015	14,7989	12,4964	10,1938	7,8914	5,5907	3,3069	1,1829	0,04261
2,2	33,1731	30,8705	28,5679	26,2653	23,9628	21,6602	19,3576	17,0550	14,7524	12,4498	10,1473	7,8449	5,5443	3,2614	1,1454	0,03719
2,3	33,1286	30,8261	28,5235	26,2209	23,9183	21,6157	19,3131	17,0106	14,7080	12,4054	10,1028	7,8004	5,4999	3,2179	1,1099	0,03250
2,4	33,0861	30,7835	28,4809	26,1783	23,8758	21,5732	19,2706	16,9680	14,6654	12,3628	10,0603	7,7579	5,4575	3,1763	1,0762	0,02844
2,5	33,0453	30,7427	28,4401	26,1375	23,8349	21,5323	19,2298	16,9272	14,6246	12,3220	10,0194	7,7172	5,4176	3,1365	1,0443	0,02491
2,6	33,0060	30,7035	28,4009	26,0983	23,7957	21,4931	19,1905	16,8880	14,5854	12,2828	9,9802	7,6779	5,3776	3,0983	1,0139	0,02185
2,7	32,9683	30,6657	28,3631	26,0606	23,7580	21,4554	19,1528	16,8502	14,5476	12,2450	9,9425	7,6401	5,3400	3,0615	0,9849	0,01918
2,8	32,9319	30,6294	28,3268	26,0242	23,7216	21,4190	19,1164	16,8138	14,5113	12,2087	9,9061	7,6038	5,3037	3,0261	0,9573	0,01686
2,9	32,8968	30,5943	28,2917	25,9891	23,6865	21,3839	19,0813	16,7788	14,4762	12,1736	9,8710	7,5687	5,2687	2,9920	0,9309	0,01482
3,0	32,8629	30,5604	28,2578	25,9552	23,6526	21,3500	19,0474	16,7449	14,4423	12,1397	9,8371	7,5348	5,2349	2,9591	0,9057	0,01305
3,1	32,8302	30,5276	28,2250	25,9224	23,6198	21,3172	19,0146	16,7121	14,4095	12,1069	9,8043	7,5020	5,2022	2,9273	0,8815	0,01149
3,2	32,7984	30,4958	28,1932	25,8907	23,5880	21,2855	18,9829	16,6803	14,3777	12,0751	9,7726	7,4703	5,1706	2,8965	0,8583	0,01013
3,3	32,7676	30,4651	28,1625	25,8599	23,5573	21,2547	18,9521	16,6495	14,3470	12,0444	9,7418	7,4395	5,1399	2,8668	0,8361	0,008939
3,4	32,7378	30,4352	28,1326	25,8300	23,5274	21,2249	18,9223	16,6197	14,3171	12,0145	9,7120	7,4097	5,1102	2,8379	0,8147	0,007891
3,5	32,7088	30,4062	28,1036	25,8010	23,4985	21,1959	18,8933	16,5907	14,2881	11,9855	9,6830	7,3807	5,0813	2,8099	0,7942	0,006970
3,6	32,6806	30,3780	28,0755	25,7729	23,4703	21,1677	18,8651	16,5625	14,2599	11,9574	9,6548	7,3526	5,0532	2,7828	0,7745	0,006160
3,7	32,6532	30,3506	28,0481	25,7455	23,4429	21,1403	18,8377	16,5351	14,2325	11,9300	9,6274	7,3252	5,0259	2,7563	0,7554	0,005448
3,8	32,6266	30,3240	28,0214	25,7188	23,4162	21,1136	18,8110	16,5085	14,2059	11,9033	9,6007	7,2985	4,9993	2,7306	0,7371	0,004820
3,9	32,6006	30,2980	27,9954	25,6928	23,3902	21,0877	18,7851	16,4825	14,1799	11,8773	9,5748	7,2725	4,9735	2,7056	0,7194	0,004267
4,0	32,5753	30,2727	27,9701	25,6675	23,3649	21,0623	18,7598	16,4572	14,1546	11,8520	9,5495	7,2472	4,9482	2,6813	0,7024	0,003779
4,1	32,5506	30,2480	27,9454	25,6428	23,3402	21,0376	18,7351	16,4325	14,1299	11,8273	9,5248	7,2225	4,9236	2,6576	0,6859	0,003349
4,2	32,5265	30,2239	27,9213	25,6187	23,3161	21,0136	18,7110	16,4084	14,1058	11,8032	9,5007	7,1985	4,8997	2,6344	0,6700	0,002969
4,3	32,5029	30,2004	27,8978	25,5952	23,2926	20,9900	18,6874	16,3884	14,0823	11,7797	9,4771	7,1749	4,8762	2,6119	0,6546	0,002633
4,4	32,4800	30,1774	27,8748	25,5722	23,2696	20,9670	18,6644	16,3619	14,0593	11,7567	9,4541	7,1520	4,8533	2,5899	0,6397	0,002336
4,5	32,4575	30,1549	27,8523	25,5497	23,2471	20,9446	18,6420	16,3394	14,0368	11,7342	9,4317	7,1295	4,8310	2,5684	0,6253	0,002073
4,6	32,4355	30,1329	27,8303	25,5277	23,2252	20,9226	18,6200	16,3174	14,0148	11,7122	9,4097	7,1075	4,8091	2,5474	0,6114	0,001841
4,7	32,4140	30,1114	27,8088	25,5062	23,2037	20,9011	18,5985	16,2959	13,9933	11,6907	9,3882	7,0860	4,7877	2,5268	0,5979	0,001635
4,8	32,3929	30,0904	27,7878	25,4852	23,1826	20,8800	18,5774	16,2748	13,9723	11,6697	9,3671	7,0650	4,7667	2,5068	0,5848	0,001453
4,9	32,3723	30,0697	27,7672	25,4646	23,1620	20,8594	18,5568	16,2542	13,9516	11,6491	9,3465	7,0444	4,7462	2,4871	0,5721	0,001291

TABLA I. Continuación

u	$N \times 10^{-15}$	$N \times 10^{-14}$	$N \times 10^{-13}$	$N \times 10^{-12}$	$N \times 10^{-11}$	$N \times 10^{-10}$	$N \times 10^{-9}$	$N \times 10^{-8}$	$N \times 10^{-7}$	$N \times 10^{-6}$	$N \times 10^{-5}$	$N \times 10^{-4}$	$N \times 10^{-3}$	$N \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-1}$	N
5,0	32,3521	30,0495	27,7470	25,4444	23,1418	20,8392	18,5366	16,2340	13,9314	11,6289	9,3263	7,0242	4,7261	2,4679	0,5598	0,001148
5,1	32,3323	30,0297	27,7271	25,4246	23,1220	20,8194	18,5168	16,2142	13,9116	11,6091	9,3065	7,0044	4,7064	2,4491	0,5478	0,001021
5,2	32,3129	30,0103	27,7077	25,4051	23,1026	20,8000	18,4974	16,1948	13,8922	11,5896	9,2871	6,9850	4,6871	2,4306	0,5362	0,0009086
5,3	32,2939	29,9913	27,6887	25,3861	23,0835	20,7809	18,4783	16,1758	13,8732	11,5706	9,2681	6,9659	4,6681	2,4126	0,5250	0,0008086
5,4	32,2752	29,9726	27,6700	25,3674	23,0648	20,7622	18,4596	16,1571	13,8545	11,5519	9,2494	6,9473	4,6495	2,3948	0,5140	0,0007198
5,5	32,2568	29,9542	27,6516	25,3491	23,0465	20,7439	18,4413	16,1387	13,8361	11,5336	9,2310	6,9289	4,6313	2,3775	0,5034	0,0006409
5,6	32,2388	29,9362	27,6336	25,3310	23,0285	20,7259	18,4233	16,1207	13,8181	11,5155	9,2130	6,9109	4,6134	2,3604	0,4930	0,0005708
5,7	32,2211	29,9185	27,6159	25,3133	23,0108	20,7082	18,4056	16,1030	13,8004	11,4978	9,1953	6,8932	4,5958	2,3437	0,4830	0,0005085
5,8	32,2037	29,9011	27,5985	25,2959	22,9934	20,6908	18,3882	16,0856	13,7830	11,4804	9,1779	6,8758	4,5785	2,3273	0,4732	0,0004532
5,9	32,1866	29,8840	27,5814	25,2789	22,9763	20,6737	18,3711	16,0685	13,7659	11,4633	9,1608	6,8588	4,5615	2,3111	0,4637	0,0004039
6,0	32,1698	29,8672	27,5646	25,2620	22,9595	20,6569	18,3543	16,0517	13,7491	11,4465	9,1440	6,8420	4,5448	2,2953	0,4544	0,0003601
6,1	32,1533	29,8507	27,5481	25,2455	22,9429	20,6403	18,3378	16,0352	13,7326	11,4300	9,1275	6,8254	4,5283	2,2797	0,4454	0,0003211
6,2	32,1370	29,8344	27,5318	25,2293	22,9267	20,6241	18,3215	16,0189	13,7163	11,4138	9,1112	6,8092	4,5122	2,2645	0,4366	0,0002864
6,3	32,1210	29,8184	27,5158	25,2133	22,9107	20,6081	18,3055	16,0029	13,7003	11,3978	9,0952	6,7932	4,4963	2,2494	0,4280	0,0002555
6,4	32,1053	29,8027	27,5001	25,1975	22,8949	20,5923	18,2898	15,9872	13,6846	11,3820	9,0795	6,7775	4,4806	2,2346	0,4197	0,0002279
6,5	32,0898	29,7872	27,4846	25,1820	22,8794	20,5768	18,2742	15,9717	13,6691	11,3665	9,0640	6,7620	4,4652	2,2201	0,4115	0,0002034
6,6	32,0745	29,7719	27,4693	25,1667	22,8641	20,5616	18,2590	15,9564	13,6538	11,3512	9,0487	6,7467	4,4501	2,2058	0,4036	0,0001816
6,7	32,0595	29,7569	27,4543	25,1517	22,8491	20,5465	18,2439	15,9414	13,6388	11,						

Para valores pequeños de u , o sea, cerca del pozo y después de bastante tiempo de bombeo, se puede considerar:

$$W(u) = \ln\left(\frac{0,562}{u}\right)$$

con error menor del: 1% 2% 5% 10%
para u inferior a: 0,03 0,05 0,1 0,15

NOTA.—Sobre el concepto de "radio de acción" o "radio de influencia".

En la fórmula obtenida para régimen transitorio se comprueba que, para valores de t muy grandes, es decir, al cabo de un largo tiempo de bombeo, las variaciones en la depresión son muy pequeñas, o sea, se alcanza teóricamente un régimen casi permanente. La ecuación se puede escribir:

$$s = \frac{Q_0}{2\pi T} \ln\left(\frac{\sqrt{4 \cdot 0,562 \cdot \frac{Tt}{S}}}{r}\right)$$

Comparando esta ecuación con la obtenida para régimen permanente:

$$s = \frac{Q_0}{2\pi T} \ln \frac{R}{r}$$

se observa que existe una correspondencia entre R y $1,13\sqrt{Tt/S}$.

Por otra parte, se suele llamar "radio de acción" en régimen transitorio a aquella distancia al pozo, en un instante dado, para la cual, la depresión observada es prácticamente despreciable. En la práctica este concepto se suele aplicar con frecuencia, aunque en realidad no tiene una definición muy precisa. De la correspondencia entre R y $1,13\sqrt{Tt/S}$ diversos autores establecen fórmulas para su "radio de acción", definiéndolo como

$$R_A = C \sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

donde C es una constante, a la que se atribuyen valores desde 1,5 a 2,45.

El valor $C=1,5$ es uno de los más empleados.

II.4.2. Acuífero cautivo con drenaje vertical. Q_0 constante (fig. 7).

Hipótesis:

— Las establecidas en II.3.2, con la salvedad de que en el instante $t=0$ los dos acuíferos se encuentran en reposo, coincidiendo superficie libre y superficie piezométrica, que son

horizontales y uniformes. A partir de ese instante se comienza a bombear en el pozo el caudal Q_0 constante.

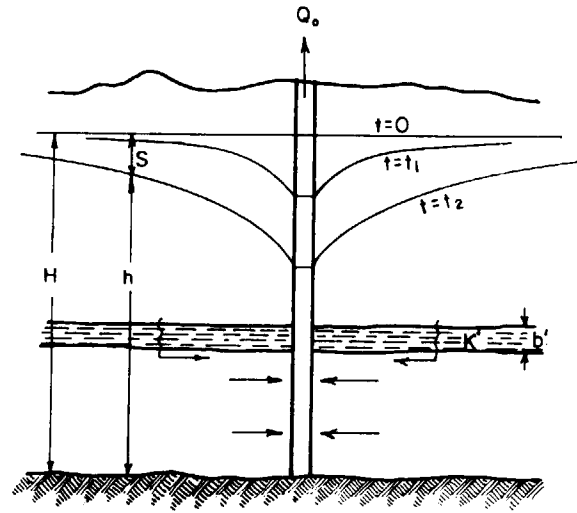


Figura 7

A la ecuación general en régimen transitorio:

$$T \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + T \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = S \frac{\partial h}{\partial t}$$

que, así escrita, representa el equilibrio para un prisma del acuífero cautivo de espesor b (el del acuífero) y área unidad, habrá que añadirle el término

$$\frac{H-h}{b'} K'$$

que representa, de acuerdo con la ley de Darcy, el aporte vertical de agua, a partir del acuífero libre por unidad de área.

Expresando la ecuación en función de $s=H-h$, en lugar de h :

$$\frac{\partial^2 s}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial s}{\partial r} - \frac{s K'}{b' T} = \frac{S}{T} \frac{\partial s}{\partial t}$$

La solución de esta ecuación es (Hantush y Jacob, 1955)

$$s = \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(u, \frac{r}{B}\right)$$

en la que

$$W\left(u, \frac{r}{B}\right) = \int_u^\infty \frac{1}{x} e^{-x - \frac{r^2}{4B^2x}} dx$$

habiéndose definido ya en apartados anteriores u y B .

La función $W\left(u, \frac{r}{B}\right)$ está tabulada (tabla 2).

Tabla 2. Valores de $W(u, r/B)$

r/B	u	0	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01
0	∞	14,0474	13,0031	12,4417	11,8502	11,2748	10,8286	10,4640	10,1557	9,8887	9,6532	9,4425
0,000001	13,2383	12,4240	12,1013	11,8322	11,6168	11,4384	11,2866	11,1545	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525
0,000002	12,5451	12,0581	11,8322	11,6168	11,4384	11,2866	11,1545	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666
0,000003	12,1397	11,7905	11,6168	11,4384	11,2866	11,1545	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806
0,000004	11,8520	11,5795	11,4384	11,2866	11,1545	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946
0,000005	11,6289	11,4053	11,2866	11,1545	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946	10,4086
0,000006	11,4465	11,2570	11,1545	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946	10,4086	10,3226
0,000007	11,2924	11,1279	11,0377	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946	10,4086	10,3226	10,2366
0,000008	11,1589	11,0135	10,9330	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946	10,4086	10,3226	10,2366	10,1506
0,000009	11,0411	10,9109	10,8382	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946	10,4086	10,3226	10,2366	10,1506	10,0646
0,00001	10,9357	10,8201	10,7525	10,6666	10,5806	10,4946	10,4086	10,3226	10,2366	10,1506	10,0646	9,9786
0,00002	10,2426	9,8288	9,8041	9,7635	9,7081	9,6452	9,5752	9,5000	9,4200	9,3350	9,2450	9,1500
0,00003	9,8371	9,5432	9,5246	9,4940	9,4520	9,4000	9,3480	9,2960	9,2440	9,1920	9,1400	9,0880
0,00004	9,5495	9,3213	9,3064	9,2818	9,2480	9,2052	9,1542	9,1032	9,0522	8,9992	8,9462	8,8932
0,00005	9,3263	9,1398	9,1274	9,1069	9,0785	9,0426	8,9996	8,9566	8,9136	8,8706	8,8276	8,7846
0,00006	9,1440	8,9863	8,9756	8,9580	8,9336	8,9027	8,8654	8,8282	8,7910	8,7538	8,7166	8,6794
0,00007	8,9899	8,8532	8,8439	8,8284	8,8070	8,7798	8,7470	8,7090	8,6710	8,6330	8,5950	8,5570
0,00008	8,8563	8,7358	8,7375	8,7138	8,6947	8,6703	8,6411	8,6071	8,5731	8,5391	8,5051	8,4711
0,00009	8,7386	8,6308	8,6333	8,6109	8,5937	8,5717	8,5453	8,5145	8,4837	8,4529	8,4221	8,3913
0,0001	8,6332	8,5390	8,5426	8,5216	8,5006	8,4796	8,4543	8,4245	8,3947	8,3649	8,3351	8,3053
0,0002	7,9402	7,5340	7,5315	7,5274	7,5216	7,5141	7,5051	7,4945	7,4823	7,4686	7,4534	7,4376
0,0003	7,5348	7,2466	7,2447	7,2416	7,2373	7,2317	7,2249	7,2169	7,2078	7,1974	7,1859	7,1737
0,0004	7,2472	7,0237	7,0222	7,0197	7,0163	7,0118	7,0063	6,9999	6,9926	6,9843	6,9750	6,9657
0,0005	7,0242	6,8416	6,8403	6,8383	6,8353	6,8316	6,8271	6,8218	6,8156	6,8086	6,8009	6,7926
0,0006	6,8420	6,6879	6,6865	6,6848	6,6823	6,6790	6,6752	6,6653	6,6594	6,6527	6,6454	6,6376
0,0007	6,6879	6,5542	6,5532	6,5517	6,5495	6,5467	6,5433	6,5393	6,5347	6,5295	6,5237	6,5174
0,0008	6,5545	6,4365	6,4357	6,4344	6,4324	6,4299	6,4269	6,4233	6,4192	6,4146	6,4094	6,4042
0,0009	6,4368	6,3326	6,3320	6,3306	6,3286	6,3261	6,3231	6,3196	6,3156	6,3111	6,3066	6,3021

TABLA 2. Continuación (1)

r/B u	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,095	0,10
0	9,4425	8,6319	8,0569	7,6111	7,2471	6,9394	6,6731	6,4383	6,2285	6,0388	5,8658	5,7067	5,5596	5,4226	5,2950	5,1750	5,0620	4,9553	4,8541
0,000001																			
0,000002																			
0,000003	9,4425																		
0,000004	9,4422																		
0,000005	9,4413																		
0,000006	9,4394																		
0,000007	9,4361	8,6319																	
0,000008	9,4313	8,6318																	
0,000009	9,4251	8,6316																	
0,00001	9,4176	8,6313	8,0569																
0,00002	9,2961	8,6152	8,0558	7,6111	7,2471														
0,00003	9,1499	8,5737	8,0483	7,6101	7,2470														
0,00004	9,0102	8,5168	8,0320	7,6069	7,2465	6,9394	6,6731												
0,00005	8,8827	8,4533	8,0080	7,6000	7,2450	6,9391	6,6730												
0,00006	8,7673	8,3880	7,9786	7,5894	7,2419	6,9384	6,6729	6,4383											
0,00007	8,6625	8,3233	7,9456	7,5754	7,2371	6,9370	6,6726	6,4382	6,2285										
0,00008	8,5669	8,2603	7,9105	7,5589	7,2305	6,9347	6,6719	6,4381	6,2284										
0,00009	8,4792	8,1996	7,8743	7,5402	7,2222	6,9316	6,6709	6,4378	6,2283										
0,0001	8,3983	8,1414	7,8375	7,5199	7,2122	6,9273	6,6693	6,4372	6,2282	6,0388	5,8658	5,7067	5,5596	5,4228	5,2950				
0,0002	7,8192	7,6780	7,4972	7,2898	7,0685	6,8439	6,6242	6,4143	6,2173	6,0338	5,8637	5,7059	5,5593	5,4227	5,2949	5,1750	5,0620	4,9553	
0,0003	7,4534	7,3562	7,2281	7,0759	6,9068	6,7276	6,5444	6,3623	6,1848	6,0145	5,8527	5,6999	5,5562	5,4212	5,2942	5,1747	5,0619	4,9552	4,8541
0,0004	7,1859	7,1119	7,0128	6,8929	6,7567	6,6088	6,4538	6,2955	6,1373	5,9818	5,8309	5,6860	5,5476	5,4160	5,2912	5,1730	5,0610	4,9547	4,8539
0,0005	6,9750	6,9152	6,8346	6,7357	6,6219	6,4964	6,3626	6,2236	6,0821	5,9406	5,8011	5,6648	5,5330	5,4062	5,2848	5,1689	5,0585	4,9532	4,8530
0,0006	6,8009	6,7508	6,6828	6,5988	6,5011	6,3923	6,2748	6,1512	6,0239	5,8948	5,7658	5,6383	5,5134	5,3921	5,2749	5,1621	5,0539	4,9502	4,8510
0,0007	6,6527	6,6096	6,5508	6,4777	6,3923	6,2962	6,1917	6,0807	5,9652	5,8468	5,7274	5,6081	5,4902	5,3745	5,2618	5,1526	5,0471	4,9454	4,8478
0,0008	6,5237	6,4858	6,4340	6,3695	6,2935	6,2076	6,1136	6,0129	5,9073	5,7982	5,6873	5,5755	5,4642	5,3542	5,2461	5,1406	5,0381	4,9388	4,8430
0,0009	6,4094	6,3757	6,3294	6,2716	6,2032	6,1256	6,0401	5,9481	5,8509	5,7500	5,6465	5,5416	5,4364	5,3317	5,2282	5,1266	5,0272	4,9306	4,8368

TABLA 2. Continuación (2)

r/B u	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
0	4,8541	4,0601	3,5054	3,0830	2,7449	2,4654	2,2291	2,0258	1,8488	1,6931	1,5550	1,4317	1,3210	1,2212	1,1307	1,0485	0,9735	0,9049	0,8420
0,0001																			
0,0002																			
0,0003	4,8541																		
0,0004	4,8539																		
0,0005	4,8530																		
0,0006	4,8510	4,0601																	
0,0007	4,8478	4,0600																	
0,0008	4,8430	4,0599																	
0,0009	4,8368	4,0598																	
0,001	4,8292	4,0595	3,5054																
0,002	4,7079	4,0435	3,5043	3,0830	2,7449														
0,003	4,5622	4,0092	3,4969	3,0821	2,7448														
0,004	4,4230	3,9551	3,4806	3,0788	2,7444	2,4654	2,2291												
0,005	4,2960	3,8821	3,4567	3,0719	2,7428	2,4651	2,2290	2,0253											
0,006	4,1812	3,8384	3,4274	3,0614	2,7398	2,4644	2,2289	2,0258											
0,007	4,0771	3,7529	3,3947	3,0476	2,7350	2,4630	2,2286	2,0257											
0,008	3,9822	3,6903	3,3598	3,0311	2,7284	2,4608	2,2279	2,0256	1,8488										
0,009	3,8952	3,6302	3,3239	3,0126	2,7202	2,4576	2,2269	2,0253	1,8487										
0,01	3,8150	3,5725	3,2875	2,9925	2,7104	2,4534	2,2253	2,0246	1,8486	1,6931	1,5550	1,4317	1,3210	1,2212	1,1307	1,0485	0,9735	0,9049	0,8420
0,02	3,2442	3,1158	2,9521	2,7658	2,5688	2,3713	2,1809	2,0023	1,8379	1,6883	1,5530	1,4309	1,3207	1,2210	1,1306	1,0484	0,9735	0,9048	0,8418
0,03	2,8873	2,8017	2,6896	2,5711	2,4110	2,2578	2,1031	1,9515	1,8062	1,6695	1,5423	1,4251	1,3177	1,2195	1,1299	1,0481	0,9733	0,9044	0,8418
0,04	2,6288	2,5655	2,4816	2,3802	2,2661	2,1431	2,0155	1,8869	1,7603	1,6379	1,5213	1,4117	1,3094	1,2146	1,1270	1,0465	0,9724	0,9044	0,8418
0,05	2,4271	2,3776	2,3110	2,2299	2,1371	2,0356	1,9283	1,8181	1,7075	1,5985	1,4927	1,3914	1,2955	1,2052	1,1210	1,0426	0,9700	0,9029	0,8409
0,06	2,2622	2,2218	2,1673	2,1002	2,0227	1,9369	1,8452	1,7497	1,6524	1,5551	1,4593	1,3663	1,2770	1,1919	1,1116	1,0362	0,9657	0,9001	0,8391
0,07	2,1232	2,0894	2,0435	1,9867	1,9206	1,8469	1,7673	1,6835	1,5973	1,5101	1,4232	1,3380	1,2551	1,1754	1,0993	1,0272	0,9593	0,8956	0,8360
0,08	2,0034	1,9745	1,9351	1,8861	1,8290	1,7646	1,6947	1,6206	1,5436	1,4650	1,3860	1,3078	1,2310	1,1564	1,0847	1,0161	0,9510	0,8895	0,8316
0,09	1,8983	1,8732	1,8389	1,7961	1,7460	1,6892	1,6272	1,5609	1,4918	1,4206	1,3486	1,2766	1,2054	1,1358	1,0682	1,0032	0,9411	0,8819	0,8259
0,1	1,8050	1,7829	1,7527	1,7149	1,6704	1,6198	1,5644	1,5048	1,4422	1,3774	1,3115	1,2451	1,1791	1,1140	1,0505	0,9890	0,9297	0,8730	0,8190
0,2	1,2155	1,2066	1,1944	1,1789	1,1602	1,1387	1,1145	1,0879	1,0592	1,0286	0,9964	0,9629	0,9284	0,8932	0,8575	0,8216	0,7857	0,7501	0,7148
0,3	0,9018	0,8969	0,8902	0,8817	0,8713	0,8593	0,8457	0,8306	0,8142	0,7964	0,7775	0,7577	0,7369	0,7154	0,6932	0,6706	0,6476	0,6244	0,6010
0,4	0,7000	0,6969	0,6927	0,6874	0,6809	0,6733	0,6647	0,6551	0,6446	0,6332	0,6209	0,6080	0,5943	0,5801	0,5653	0,5501	0,5345	0,5186	0,5024
0,5	0,5581	0,5561	0,5532	0,5496	0,5453	0,5402	0,5344	0,5278	0,5206	0,5128	0,5044	0,4955	0,4860	0,4761	0,4658	0,4550	0,4440	0,4326	0,4210
0,6	0,4532	0,4518	0,4498	0,4472	0,4441	0,4405	0,4364	0,4317	0,4266	0,4210	0,4150	0,4086	0,4018	0,3946	0,3871	0,3793	0,3712	0,3629	0,3543
0,7	0,3729	0,3719	0,3704	0,3685	0,3663	0,3636	0,3606	0,3572	0,3534	0,3493	0,3449	0,3401	0,3351	0,3297	0,3242	0,3183	0,3123	0,3060	0,2996
0,8	0,3100	0,3092	0,30																

II.4.3. Acuífero libre. Q_0 constante (fig. 8).

Hipótesis:

— En un principio, idénticas a las II.3.3, salvo que el caudal Q_0 constante se extrae en régimen transitorio a partir del instante $t=0$, y que se supone constante la transmisividad $T=KH$. (Se supone que H varía muy poco).

fero libre, que, en realidad, es la porosidad eficaz del material permeable.

T es el producto KH , siendo H el espesor saturado inicial, que suponemos varía muy poco (es decir, que la depresión s es muy pequeña respecto a H).

En la realidad, tal como estableció Boulton, estas hipótesis son demasiado simplificadoras, ya que, sobre todo al comienzo del bombeo, existe una componente vertical importante en el movimiento del agua hacia el pozo, sin tener en cuenta el retardo en la cesión del agua por el material poroso cuando existe un gradiente hidráulico, sobre todo cuando el acuífero es libre.

Según el citado autor, existe un factor de tiempo:

$$\tau = \frac{K t}{S H}$$

tal que si $\tau > 5$ la exponencial integral puede dar una buena aproximación. Para valores inferiores, Boulton obtiene la ecuación:

$$H - h = s = \frac{Q_0}{2 \pi K H} V(\rho, \tau),$$

donde

$$\rho = \frac{r}{H}$$

y la función

$$V(\rho, \tau) = \int_0^\infty \frac{J_0(\rho x)}{x} [1 - e^{-x^2 \tau / \rho^2}] dx.$$

Una pequeña serie de valores de esta función se expresan en la tabla 3.

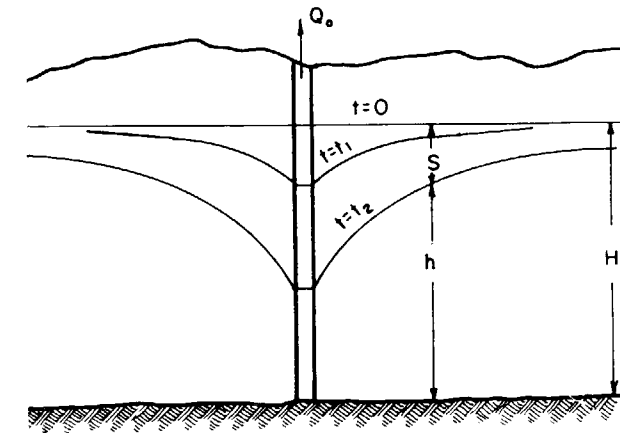


Figura 8

La ecuación que se obtiene a partir de estas hipótesis; es, teóricamente, la misma que para un acuífero cautivo; es decir:

$$s = \frac{Q_0}{4 \pi T} W(u),$$

donde

$$u = \frac{r^2 S}{4 t T},$$

siendo S el coeficiente de almacenamiento del acuí-

TABLA 2. Continuación (5)

r/B	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
u	0,8420	0,4276	0,2278	0,1247	0,0695	0,0392	0,0223	0,0128	0,0074	0,0025	0,0008	0,0003	0,0001
0													
0,01													
0,02													
0,03	0,8420	0,4276	0,2278	0,1247	0,0695	0,0392	0,0223	0,0128	0,0074	0,0025	0,0008	0,0003	0,0001
0,04	0,8418	0,4275	0,2277	0,1246	0,0694	0,0391	0,0222	0,0127	0,0073	0,0024	0,0007	0,0002	0,0001
0,05	0,8409	0,4274	0,2276	0,1245	0,0681	0,0390	0,0221	0,0126	0,0072	0,0023	0,0006	0,0001	0,0001
0,06	0,8391	0,4271	0,2275	0,1244	0,0664	0,0386	0,0220	0,0125	0,0071	0,0022	0,0005	0,0001	0,0001
0,07	0,8360	0,4268	0,2274	0,1243	0,0647	0,0379	0,0219	0,0124	0,0070	0,0021	0,0004	0,0001	0,0001
0,08	0,8316	0,4265	0,2273	0,1242	0,0630	0,0372	0,0218	0,0123	0,0069	0,0020	0,0003	0,0001	0,0001
0,09	0,8259	0,4262	0,2272	0,1241	0,0613	0,0365	0,0217	0,0122	0,0068	0,0019	0,0002	0,0001	0,0001
0,1	0,8190	0,4259	0,2271	0,1240	0,0596	0,0358	0,0216	0,0121	0,0067	0,0018	0,0001	0,0001	0,0001
0,2	0,7148	0,4135	0,2268	0,1240	0,0639	0,0379	0,0221	0,0127	0,0074	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,3	0,6010	0,3812	0,2211	0,1240	0,0607	0,0368	0,0218	0,0127	0,0074	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,4	0,5024	0,3411	0,2096	0,1217	0,0572	0,0354	0,0213	0,0125	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,5	0,4210	0,3007	0,1944	0,1174	0,0534	0,0338	0,0207	0,0123	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,6	0,3543	0,2630	0,1774	0,1112	0,0534	0,0338	0,0207	0,0123	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,7	0,2996	0,2292	0,1602	0,1040	0,0534	0,0338	0,0207	0,0123	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,8	0,2543	0,1994	0,1436	0,0961	0,0534	0,0338	0,0207	0,0123	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
0,9	0,2168	0,1734	0,1281	0,0881	0,0534	0,0338	0,0207	0,0123	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
1,0	0,1855	0,1509	0,1139	0,0803	0,0534	0,0338	0,0207	0,0123	0,0073	0,0025	0,0006	0,0002	0,0001
2,0	0,0444	0,0394	0,0335	0,0271	0,0210	0,0156	0,0112	0,0077	0,0051	0,0021	0,0006	0,0002	0,0001
3,0	0,0122	0,0112	0,0100	0,0086	0,0071	0,0057	0,0045	0,0034	0,0025	0,0012	0,0006	0,0002	0,0001
4,0	0,0036	0,0034	0,0031	0,0027	0,0024	0,0020	0,0016	0,0013	0,0010	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001
5,0	0,0011	0,0010	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
6,0	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
7,0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
8,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

TABLA 3. Valores de $V(\rho, \tau)$

τ	$\rho=0,2$	$\rho=0,4$	$\rho=0,6$	$\rho=0,8$	$\rho=1,0$	$\rho=1,5$
0,05	0,214	0,092	0,051	0,032	0,021	0,008
0,20	0,756	0,358	0,207	0,132	0,088	0,035
1,00	1,844	1,183	0,826	0,599	0,443	0,220
5,00	2,785	2,096	1,696	1,416	1,203	0,832

II.4.4. Acuífero cautivo. Q variable (fig. 9).

Hipótesis:

- Análogas a las establecidas en II.4.1 salvo que, en este caso, la hipótesis de bombeo Q_0 constante se sustituye por:
- Inicialmente, el pozo se encuentra completamente cerrado. La superficie piezométrica

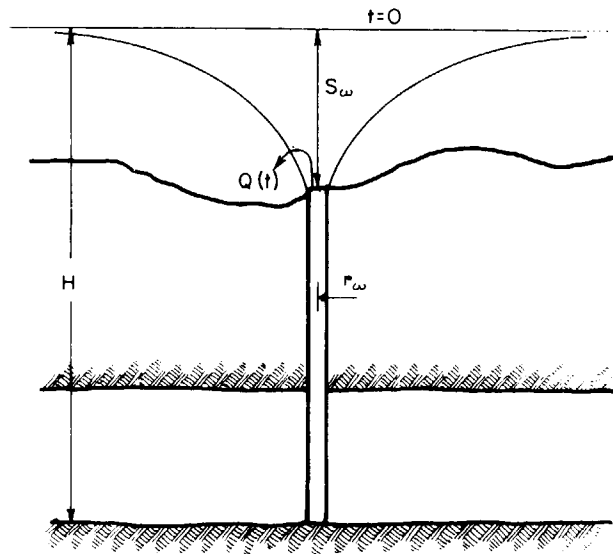


Figura 9

está situada por encima del terreno, a una altura s_w de la boca de salida del pozo. En el instante $t=0$ se abre el pozo, con lo cual e instantáneamente, el nivel sufre una depresión s_w , que permanece constante. Por el pozo sale, naturalmente, un caudal Q decreciente con el tiempo. La superficie piezométrica, con un punto fijo (la boca del pozo) forma un cono de depresión que se va extendiendo hacia los límites del acuífero con el transcurso del tiempo.

La ecuación general es:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

con unas condiciones en los límites:

$$h \rightarrow H \text{ cuando } r \rightarrow \infty$$

$$h = H - s_w \text{ cuando } r = r_w \text{ (radio del pozo)}$$

La solución a esta ecuación, expresando el caudal Q en función del tiempo es (Jacob-Lohman, 1952):

$$Q(t) = 2\pi T \cdot s_w \cdot G(\alpha), \quad \text{siendo } \alpha = \frac{Tt}{Sr_w^2}$$

y la función

$$G(\alpha) = \frac{4\alpha}{\pi} \int_0^\infty x e^{-\alpha x^2} \left[\frac{\pi}{2} + \text{arc tg} \left(\frac{Y_0(x)}{J_0(x)} \right) \right] dx$$

Para valores elevados de α (después de tener el pozo surgente abierto largo tiempo), la función $G(\alpha)$ puede aproximarse:

$$G(\alpha) \approx \frac{2}{W(u)}$$

siendo $W(u)$ la exponencial integral de Theis definida en II.4.1.

La función $G(\alpha)$ se encuentra tabulada en la tabla 4.

II.4.5. Acuífero cautivo surgente con drenaje. Q variable (fig. 10).

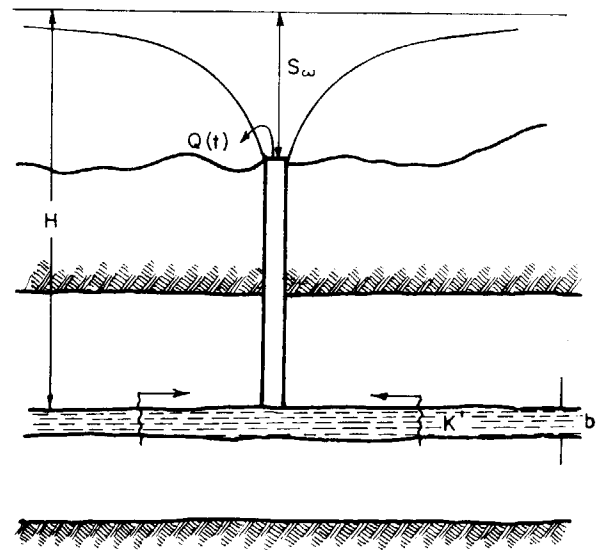


Figura 10

Hipótesis:

- Acuífero cautivo con las hipótesis usuales, separado de otro acuífero inferior, también cautivo, por una capa semipermeable, de espesor b' y permeabilidad vertical K' .

Tabla 4. Valores de $G(\alpha)$ (según Jacob y Lohman, 1952) $\alpha = Tt/Sr_w^2$

α	$N \times 10^{-4}$	$N \times 10^{-3}$	$N \times 10^{-2}$	$N \times 10^{-1}$	$N \times 1$	$N \times 10$	$N \times 10^2$	$N \times 10^3$	$N \times 10^4$	$N \times 10^5$	$N \times 10^6$	$N \times 10^7$	$N \times 10^8$	$N \times 10^9$	$N \times 10^{10}$	$N \times 10^{11}$
1	56,9	18,34	6,13	2,249	0,985	0,534	0,346	0,251	0,1964	0,1608	0,1360	0,1177	0,1037	0,0927	0,0838	0,0764
2	40,4	13,11	4,47	1,716	0,903	0,461	0,311	0,232	0,1841	0,1524	0,1299	0,1131	0,1002	0,0899	0,0814	0,0744
3	33,1	10,79	3,74	1,477	0,719	0,427	0,294	0,222	0,1777	0,1479	0,1266	0,1106	0,0982	0,0883	0,0801	0,0733
4	28,7	9,41	3,30	1,333	0,667	0,405	0,283	0,215	0,1733	0,1449	0,1244	0,1089	0,0968	0,0872	0,0792	0,0726
5	25,7	8,47	3,00	1,234	0,630	0,389	0,274	0,210	0,1701	0,1426	0,1227	0,1076	0,0958	0,0864	0,0785	0,0720
6	23,5	7,77	2,78	1,160	0,602	0,377	0,268	0,206	0,1675	0,1408	0,1213	0,1066	0,0950	0,0857	0,0779	0,0716
7	21,8	7,23	2,60	1,103	0,580	0,367	0,263	0,203	0,1654	0,1393	0,1202	0,1057	0,0943	0,0851	0,0774	0,0712
8	20,4	6,79	2,46	1,057	0,562	0,359	0,258	0,200	0,1636	0,1380	0,1192	0,1049	0,0937	0,0846	0,0770	0,0709
9	19,3	6,43	2,35	1,018	0,547	0,352	0,254	0,198	0,1621	0,1369	0,1184	0,1043	0,0932	0,0842	0,0767	0,0706
10	18,3	6,13	2,25	0,985	0,534	0,346	0,251	0,196	0,1608	0,1360	0,1177	0,1037	0,0927	0,0838	0,0764	0,0704

II.5.2. Recuperación en un pozo.

Supongamos que en un acuífero cautivo, infinito, etc, en el instante $t=0$ se comienza a bombear un caudal Q_0 constante en un pozo perfecto. La ecuación de la depresión en un punto a distancia r sería la ya estudiada.

$$s = \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r^2 S}{4tT}\right)$$

Si en el instante $t=t_1$ se interrumpe el bombeo, los niveles irán volviendo a su estado inicial, es decir, tendrá lugar lo que, generalmente, se denomina como recuperación.

El efecto de anular el caudal de bombeo es equivalente, si aplicamos el teorema de superposición, a una inyección de caudal Q_0 en el instante $t=t_1$, suponiendo que se continúa, por otra parte, el bombeo de Q_0 .

La combinación de los dos efectos produce un caudal nulo, y la depresión s en un punto a distancia r irá variando (disminuyendo) con el tiempo t (tiempo desde el comienzo del bombeo) de acuerdo con

$$s_r = \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r^2 S}{4tT}\right) - \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r^2 S}{4(t-t_1)T}\right)$$

válida para $t > t_1$.

II.6. Método de las imágenes.

Hasta ahora habíamos supuesto que los acuíferos tenían una extensión infinita, ya que era la única manera de establecer condiciones en los límites sencillas para poder integrar las ecuaciones. Sin embargo, aplicando el método de superposición se pueden obtener los efectos de una serie de límites sencillos, aplicando las fórmulas obtenidas para acuíferos infinitos. Se trata del llamado método de las imágenes.

II.6.1. Límite rectilíneo impermeable (fig. 12).

Supongamos un pozo A cerca de un límite impermeable rectilíneo y de longitud infinita, que di-

vide el acuífero cautivo establecido en II.4.1., y lo convierte en semiinfinito (fig. 12 a)).

La depresión en un punto cualquiera del acuífero se calculará suponiendo que, imaginariamente, el acuífero es infinito, pero que existe otro pozo A', imagen del A respecto al límite impermeable, en el que se bombea exactamente el mismo caudal Q_0 .

Se demuestra fácilmente, aunque no lo haremos aquí, que la condición de límite impermeable (o sea $\partial h/\partial r=0$ en todo el límite) se cumple a lo largo de dicho límite con sólo suponer la existencia del pozo imagen.

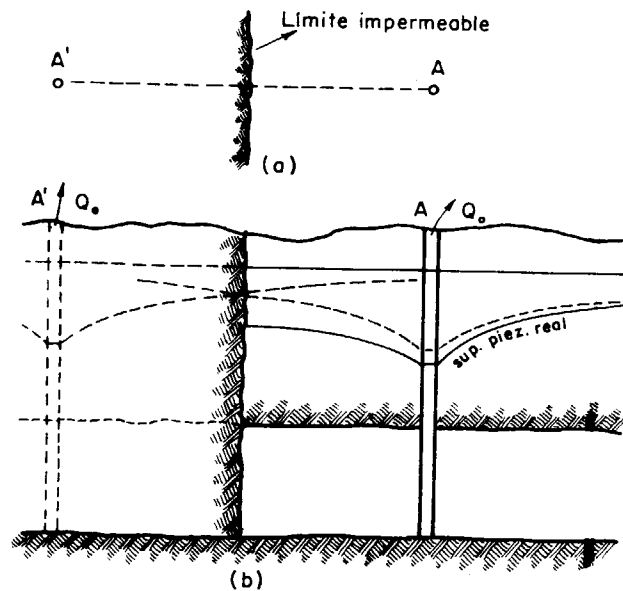


Figura 12

El resultado de la superposición aparece en la figura 12 b), donde, en líneas de trazos se han representado las condiciones imaginarias.

La depresión en un punto cualquiera P, del acuífero real vendrá dada por (aplicando el principio de superposición):

$$s_p = \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r^2 S}{4tT}\right) + \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r'^2 S}{4tT}\right)$$

Válida para $r' \gg r$, o sea, dentro del acuífero.

II.6.2. Límite rectilíneo a nivel constante (fig. 13).

Supongamos un caso semejante al anterior, pero en el que el límite rectilíneo es un nivel constante, por ejemplo el nivel de un lago que alimenta al acuífero y cuyo nivel no varía, o bien un río completamente penetrante.

Se demuestra que esta condición límite equivale a suponer que, siendo el acuífero infinito, existe otro pozo, A', imagen del primero respecto a la línea límite, en el que se inyecta un caudal Q_0 .

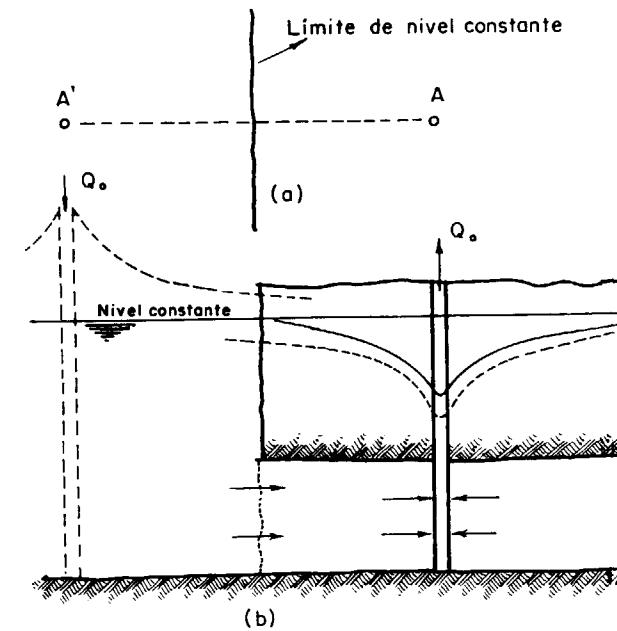


Figura 13

La depresión en un punto cualquiera P será (figura 12 a)):

$$s_p = \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r^2 S}{4tT}\right) - \frac{Q_0}{4\pi T} W\left(\frac{r'^2 S}{4tT}\right)$$

Válida para el interior del acuífero, o sea, para $r' \gg r$; como se puede comprobar, en el límite $r'=r$ y $s=0$, que era la condición establecida.

II.7. Resumen.

En los epígrafes precedentes hemos estudiado las principales fórmulas teóricas sobre las que se basan la mayor parte de los trabajos realizados sobre hidráulica de pozos.

En el empleo de estas fórmulas habrá que tener siempre presente que han sido deducidas a partir de esquemas muy simplificados, y que los pozos reales, debido precisamente a desviaciones de dichas hipótesis, no se comportan nunca exactamente como las fórmulas indican. Las causas de desviación son evidentes:

- Los acuíferos nunca son homogéneos ni de espesor constante y, por supuesto, no son de extensión infinita, aunque esta última condición puede olvidarse tranquilamente en pozos muy lejanos (del orden de centenares y a veces de decenas de kilómetros) a los límites reales.
- Los sondeos de captación, aun en el caso de que penetren hasta el fondo impermeable, tienen siempre unas pérdidas de carga apreciables, e introducen generalmente alteraciones, (por desarrollo) en la formación acuífera. Si la depresión s se observa en un piezómetro o pozo testigo a una cierta distancia del pozo de bombeo, esta circunstancia disminuye en importancia.
- Se ha supuesto que el agua que satura una formación acuífera responde instantáneamente a los gradientes hidráulicos, lo que es prácticamente cierto en los acuíferos cautivos o en carga; sin embargo, en los acuíferos libres, existe una cierta inercia del agua gravífica que satura los poros de la formación permeable al movimiento, lo cual implica, sobre todo en las proximidades del pozo de bombeo, y al comienzo de éste, un retardo en la circulación del agua, considerado por algunos autores (Boulton).

Entre las hipótesis matemáticas figura implícitamente la de considerar al pozo de bombeo como un elemento puntual (en dos dimensiones), lo que en teoría de campos vectoriales se llama una fuente (o un sumidero). Las fórmulas, cuando se aplican para el radio del pozo o en las proximidades del mismo, y debido, además, a las pérdidas de carga, tienen un valor muy relativo, y requerirán correcciones más importantes, a igualdad de otras condiciones, que en puntos más alejados.

Todas estas reflexiones y muchas otras que aún podrían hacerse no significan que la utilidad de las fórmulas obtenidas sea escasa. Al contrario, en muchas ocasiones, donde las circunstancias son fa-

vorables, las desviaciones de los valores proporcionados por dichas fórmulas con respecto a los valores medidos sobre el terreno apenas sobrepasan los errores de los aparatos de medida.

Como en todos los campos de la Física aplicada, y aún más en éste, donde intervienen los factores geológicos en una medida preponderante, son el sentido común y la experiencia los que deben presidir el empleo de dichas fórmulas.

BIBLIOGRAFIA

HUISMAN, L.: *Groundwater Recovery*. McMillan Press, London (1972).

WALTON: *Groundwater Resource Evaluation* (1).

THEIS CH., V.: *The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate duration of discharge of a well using ground water storage*. Trans, Amer.

(1) Mc Graw Hill (1970).

Geoph. Union. Nat. Research Council 16 th. ann. meetin págs. 519-524 (1935).

JACOB, C. E.; LOHMAN, S. W.: *Nonsteady flow to a well of constant drawdown in an extensive aquifer*. Trans. Am. Geoph. Unión. Aug. 1952, 33, pág. 559 (1952).

BOULTON, N. S.: *Unsteady radial flow to a pumped well allowing for delayed yield from storage*. A.I.H.S., t. 2, publ. 37 (Roma), págs. 472-477 (1954).

BOULTON, N. S.: *The drawdown of the water table under non-steady conditions near a pumped well in an unconfined formation*. Proc. Inst. Civil Engineers, paper 5979, vol. 3 (1954).

HANTUSH M. S.; JACOB, C. E.: *Non-steady radial flow in an infinite leaky aquifer*. Trans. Amer. Geoph. Unión, Washington, Nat. Research Council, vol. 36, núm. 1, páginas 95-100 (1955).

HANTUSH, M. S.: *Nosteady flow to flowing wells in leaky aquifer*. Journal of Geophysical Research, vol. 64, número 8, agosto 1959, págs. 1043-1052.

Bulletin du B. R. G. M. Section III, núm. 1, 1970.

Recibido: 15-VII-1972

INFORMACION

Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XVII Campamento para Prácticas de Geología "Bielsa 1971"

Por: Adriano García-Loygorri, Fernando Bodega Barahona, Luis Granados y Humberto Pérez Domínguez.

1. INTRODUCCION

Durante los días 5 al 23 de julio de 1971 se ha venido desarrollando el XVII Campamento para Prácticas de Geología organizado por la Cátedra de Geología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, y la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A., y bajo la dirección del profesor don José María Ríos García.

El Campamento, al igual que en los últimos años, ha tenido su base en Bielsa (provincia de Huesca) y al mismo ha asistido un total de 17 participantes de la siguiente procedencia: Ocho alumnos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, cuatro de la de Granada, uno de la de Salamanca, uno de la Escuela Técnica Minera de Belmez, uno de la de Cartagena, uno de la Universidad Técnica de Aquisgrán (Alemania) y, finalmente, un alumno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Instructores fueron F. Bodega Barahona y Antonio Obis Salinas, Ingenieros de Minas, Luis Granados y H. Pérez Domínguez, Licenciados en Ciencias Geológicas, y Adriano García-Loygorri, Dr. Ingeniero de Minas, Codirector y Jefe del Campamento; todos ellos de la Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A. Las funciones de Secretario fueron asumidas por J. Vega Esteban, Ingeniero Técnico de Minas y Maestro de Laboratorio de la Cátedra de Geología de la Escuela.

2. DESARROLLO DEL CAMPAMENTO

El desarrollo del presente Campamento estuvo dirigido a la continuación del estudio de la cuenca del río Cinqueta, ya iniciado el año anterior, y en particular a su margen izquierda, desde el Paleozoico del Sein-Barbarisa al Norte, hasta el Mesozoico y Terciario del Circo de Armeña, al Sur.

Tras las primeras excursiones de entrenamiento físico y geológico de los participantes, a través de las cuales les fueron mostradas las características geológicas generales de la zona, quedaron constituidos los equipos de trabajo.

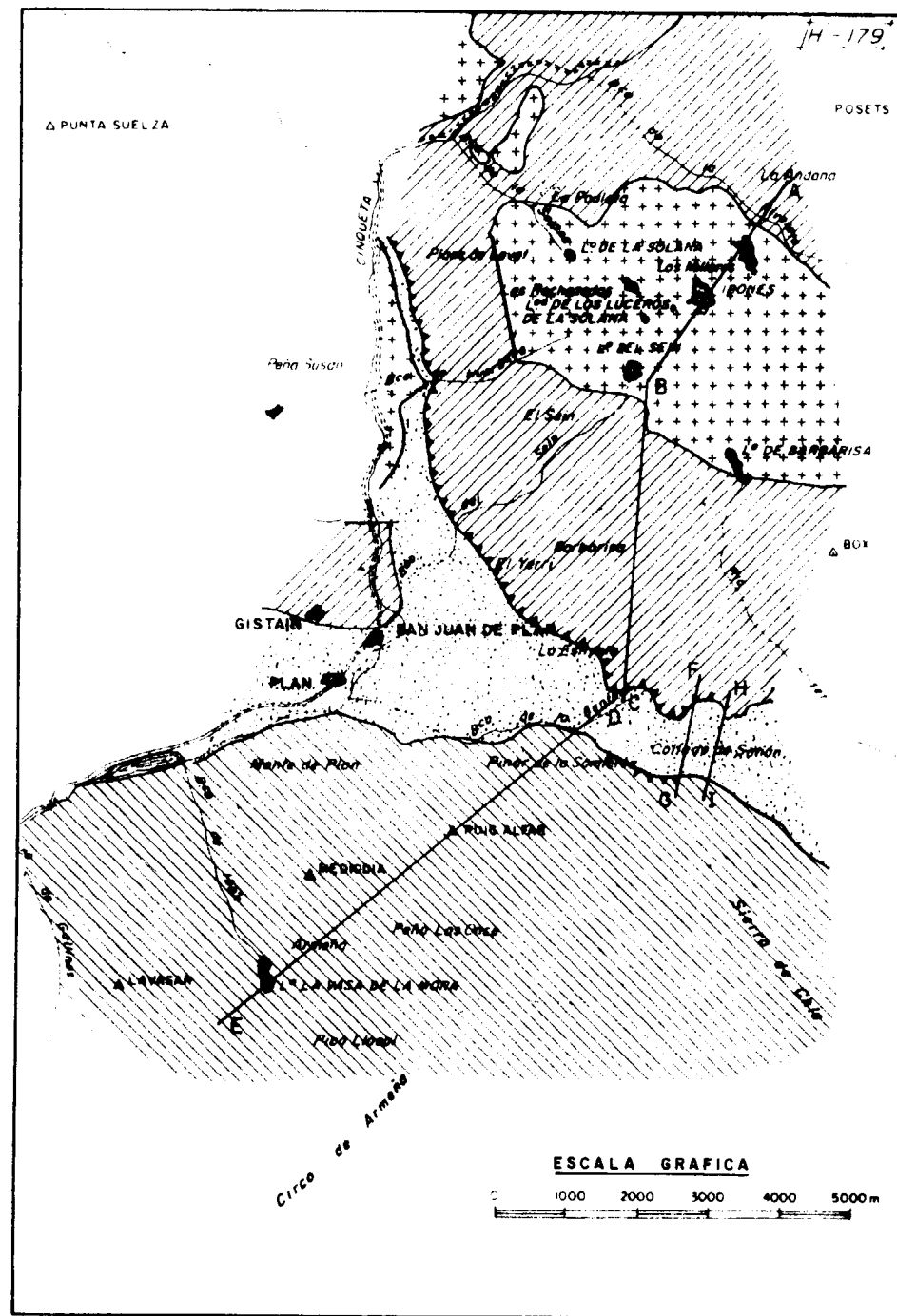
Los estudios micropaleontológicos y la cronoestratigrafía del Secundario y Terciario han sido realizados por L. Granados, y los petrográficos por la señorita de las Heras.

3. DESCRIPCION GEOLOGICA DEL AREA ESTUDIADA

Area paleozoica comprendida entre el río Cinqueta y el arroyo Llisat.

El ángulo NE de la Hoja de Bielsa que encuadra el área referida, se encuentra dividida en dos secciones por una línea de elevadas cumbres que, constituyendo la divisoria entre los ríos Cinqueta y Esera, forma un arco general cóncavo dirigido hacia el SE y partido en dos a la altura de la Collada de Eriste, cuyas cotas van en progresivo aumento desde los 1.969 m. del Collado de Sahún, por el Sur, hasta los 3.375 m. del Posets, uno de los picos más altos del Pirineo, pasando por el monte Barbarisa (2.672 m.) y por cimas de 2.700 m., 2.852 m., 3.007 m. en las inmediaciones de la citada Collada de Eriste, 3.332 metros, y 3.329 m. en las Espadas. De esta alineación principal parten cordales secundarios que originan una individualización de zonas cerradas en muchas de las cuales quedan encerrados lagos. Tal ocurre con los lagos primero y segundo de los Millares, Sein, Barbarisa, Bargüña, Llardaneta y Turmo, como principales. A su vez estas zonas, como un reflejo del conjunto, se subdividen en otras de menores dimensiones, en las que se ubican lagos más pequeños subordinados a los principales.

Las cimas de la cadena muestran formas piramidadas



LEYENDA

	PALEOZOICO		PERMOTRIAS Y KEUPER
	GRANITO		SECUNDARIO - TERCARIO

Figura 1

con escarpadas laderas y abundantes abanicos de derrubios que hacen poco accesibles los reconocimientos geológicos.

Dentro del granito, allí donde son más frecuentes los lagos, encajan éstos en circos con formas generalmente de semiembudos o semicilindros (primer lago de Los Millares), con su fondo excavado por el hielo y ahora ocupado por lagos tranquilos alimentados por neveros o por otros circos de menor entidad situados a mayor altura.

Los valles aparecen muchas veces en situación escalonada, desaguando cada uno mediante rápidas cascadas en los de cota inferior. Estos valles presentan su fondo cubierto por cantos no clasificados de tamaños diversos, entre los que es fácil distinguir bloques graníticos de grandes proporciones, con claras muestras de haber sufrido un transporte glaciario.

En ocasiones, como puede observarse en el segundo tramo del arroyo del Sein después de la confluencia de las dos cascadas, se evidencia en la margen izquierda la morrena lateral que origina colinas alargadas integradas por materiales plásticos, con perfiles rejuvenecidos por la erosión de las aguas, que tallan en ellas barranqueras una vez fundido el hielo.

El carácter glaciario de la erosión y sedimentación está también patente en la forma de U de los valles que, con abruptas paredes y fondos planos rellenos por material rodado, presentan a veces áreas aptas para el cultivo. En algunas ocasiones, como ocurre en el salto del río Cinqueta a la altura del puente de Pecadores, estos valles presentan escalonamientos de origen glaciario y señales de existencia del antiguo torrente subglaciario, que el paso de las aguas va acentuando al rejuvenecer en algunos puntos el perfil transversal.

Otra característica morfológica observada en la zona, aunque con menos frecuencia que las anteriores, es la presencia de zonas kársticas en algunos puntos. Los Plans de Lavet constituyen una plataforma en la que no se manifiesta la erosión fluvial, apareciendo dividida en varias depresiones cerradas. La mayor parte de su superficie se halla ocupada por grandes bloques graníticos redondeados procedentes del próximo macizo de Los Millares, que muestran acumulaciones máximas en una hoya aislada situada en su parte centro-oriental, al pie de las fracturas en que se inician las laderas graníticas de Las Rechanzadas. Al Noroeste de la misma se pueden encontrar dos lagunas pantanosas con aguas estancadas y vegetación acuática, la mayor de las cuales, que comunica con la segunda mediante un pequeño canal natural, no presenta en su perímetro evidencia alguna de aportes de agua del exterior. Se trata, pues, de una surgencia, cuyo caudal proviene de la depresión descrita que actúa de sumidero y donde las aguas frías procedentes de la fusión de la nieve actúan con gran poder de disolución en las calizas que integran la zona.

Otra manifestación kárstica aparece en la margen derecha del primer tramo del arroyo del Sein, donde de una pequeña oquedad de unos cuatro metros cuadrados de

sección, fluyen aguas que provienen de la fusión de nieves situadas en las cotas más altas del cordal Sein-Barbarisa.

En líneas generales, se puede decir que dentro de esta zona paleozoica y granítica destacan tres direcciones principales seguidas por arroyos y barrancos. Una primera N-S, seguida por el río Cinqueta entre Hospital de Gistain y San Juan de Plan y por el antepenúltimo y último tramo del barranco del Sein. Una segunda dirección, NO-SE, viene marcada por los barrancos de la Rivereta y la Solana, los últimos tramos de los barrancos de la Sallena y Vicielo, el arroyo de Tabernes en su confluencia con el Cinqueta, el segundo tramo del arroyo Llisat y por los circos de los lagos mayores de Millares, la Solana, Luceros de la Solana y Barbarisa. Finalmente, la tercera dirección predominante, NE-SO, es la seguida por dos tramos del río Cinqueta al NE de Hospital de Gistain, el primero de los del arroyo de la Huérbena, el segundo, cuarto y sexto del arroyo del Sein, el último del barranco Sabavil, la línea que une los lagos del Sein y los Millares, y los lagos pequeños de Barbarisa, Llardaneta, Turmo y varias "Balsas".

En cuanto a su constitución geológica, comprende este área los materiales paleozoicos y graníticos alóctonos que, cubriendo gran parte de su superficie, cabalgan sobre formaciones permotriásicas y otras primarias.

No es fácil establecer con precisión la composición del Paleozoico alóctono, aunque sí es posible afirmar que en su gran mayoría se halla integrado por materiales devonianos, principalmente pizarrosos y menos calizos, por cuanto que debiendo formar numerosos pliegues acostados con vergencia Norte, únicamente nos ha sido dado observar algunos de ellos, en los que se constatan repeticiones de estratos con buzamientos muy similares, difícilmente deducibles en otros lugares, en los que las charnelas no son visibles. A esta circunstancia, que contribuye a enmascarar la composición total de la serie, se une el metamorfismo de contacto producido por la presencia del granito de Los Millares, que constituye el núcleo del área, así como la abundancia de derrubios y formaciones fluvio-glaciarias que cubren laderas y barranqueras complicando notablemente la observación directa de las rocas.

Resulta, pues, necesario recurrir a otras zonas próximas para intentar, con probabilidades de éxito, el estudio estratigráfico de la serie paleozoica, para luego identificar con ella, con las precauciones debidas por las conocidas variaciones laterales de facies que presentan algunas formaciones primarias —especialmente las del Devoniano—, las secciones parciales reconocidas en los XVI y XVII Campeonatos de 1970 y 1971. A ello van dirigidos nuestros deseos para el que hace el número XVIII, cuya sede se halla programada en Benasque, en el valle del próximo río Esera.

No obstante lo que se acaba de señalar, los materiales alóctonos, de los que se ha obtenido un corte parcial de unos 150 metros en el frente de cabalgamiento al norte del collado de Sahun, y que se han reconocido también más detenidamente en la margen izquierda del arroyo Llisat y en el barranco del Sein, que vierte aguas al río Cinqueta,

cación correcta ha sido imposible de establecer por la mala calidad de los fósiles recogidos. La escasez de fósiles característicos es un fenómeno extendido en general al área devoniana de los Pirineos Centrales, así como las variaciones laterales de facies y de potencias de las formaciones de este Sistema. En la literatura moderna, las alternancias centimétricas de calizas y pizarras se suelen venir datando dentro del Gedinense (Devoniano inferior) y a ella remitimos, a falta de argumentos mejores, y al menos en parte, los materiales alóctonos que acabamos de discutir. No aparecen en la unidad cabalgante las series detríticas superiores, no habiendo encontrado tampoco hasta ahora vestigios de la caliza griota.

Formando parte también del conjunto alóctono, se halla el macizo granítico de Los Millares, de composición granodiorítica y textura hipautomórfica granular de grano medio. Sus componentes principales son: andesina, hornblenda, biotita, cuarzo y microclino; accesorios, apatito, circón y algún mineral metálico opaco; y secundarios, sericita, sausruta, esfena, clorita y epidota.

Los contactos del granito con las series devonianas no son netos, pudiéndose constatar la presencia de intercalaciones ígneas entre niveles metamórficos que no han llegado a ser digeridos. En general, es un fenómeno comprobado en varios de los macizos graníticos la presencia de alineaciones que son prolongación de los planos de estratificación de las series paleozoicas inmediatas, así como la aparición de isleos calizos dentro del granito. Estos hechos se suelen producir en las zonas periféricas graníticas, en las que la roca ígnea muestra una composición algo más básica que en las interiores.

Los materiales devonianos citados sufren, como es natural, los efectos metamórficos de contacto por la proximidad del granito. Así, la presencia de pizarras mosqueadas, corneanas, mármoles de serpentina, esquistos, calcosquistos, filitas, etc., en los alrededores del granito de Los Millares.

La edad del granito debe ser post-westfaliense, relacionada con la fase astúrica del plegamiento herciniano, aunque como no se han encontrado materiales carboníferos en el área a que nos estamos refiriendo, no podemos, por

tanto, precisar con exactitud su posición en el tiempo. El metamorfismo de contacto afecta a cuantas rocas paleozoicas se hallan en sus inmediaciones, no ocurriendo lo mismo con las series permotriásicas que son las post-devonianas más antiguas.

Otras rocas ígneas, que aparecen en forma de diques, se encuentran más frecuentemente en el barranco del Sein, próximas al antiguo lavadero de una mina de cobalto abandonada. Generalmente son pórfidos cuarcíticos o cuarzo-dioríticos, aunque también se pueden hallar otras rocas de composición más básica, con colores verdosos y dentritas de manganeso.

En la margen derecha del Llisat y próximo al lago Pequeño de Barbarisa se encuentra un afloramiento de una roca ígnea de composición originalmente magnesiánica, que ha sido metamorfizada por la acción del granito inmediato. En su composición entran clorita, serpentina, biotita y apatito, observándose grandes cristales cloritizados que posiblemente, en un principio, fueron piroxenos, restos de plagioclasas transformadas en zeolita y mica blanca. La biotita aparece como residual, mostrando inclusiones prismáticas de apatito.

Al Devoniano autóctono deben pertenecer las calizas algo arenosas, que se manifiestan en un escarpe espectacular en el Puente de Pecadores, sobre el río Cinqueta. Su espesor en este punto puede alcanzar los 250 metros y se hallan estratificadas en bancos potentes, y en ocasiones algo tabeados, como ocurre en la pista que discurre por la margen derecha del río.

Pudiera ser que a la unidad cabalgada pertenezcan también los materiales de pizarras ampelíticas, de posible edad gothlandiense, negras, que se observan en los barrancos de la Rivereta y Llisat, con alguna cuarcita intercalada, aunque su cartografía es prácticamente imposible de realizar, dadas las pequeñas dimensiones de los afloramientos. Este punto no está suficientemente claro aún, aunque por su plasticidad, estos materiales hubieran podido constituir la superficie de despegue y deslizamiento del manto superior.

Como ya quedó expuesto en la Memoria correspondiente al XVI Campamento, el accidente estructural más im-

Número 1
Brecha de la falla de La Poma, en la margen izquierda del Cinqueta.

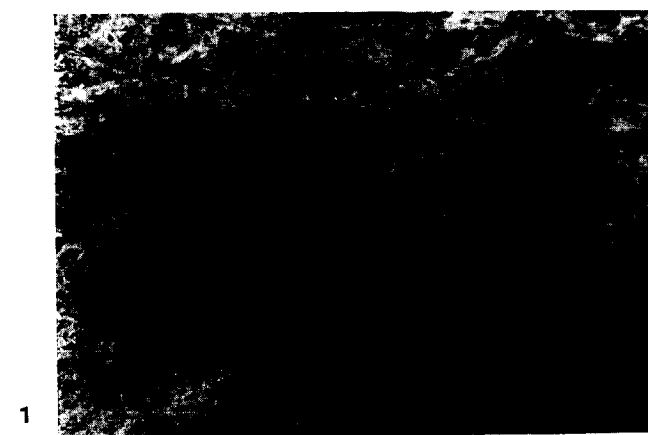
Número 2
Contacto del granito de Los Millares, con materiales devonianos. Obsérvense las intrusiones de las apófisis graníticas entre los estratos paleozoicos.

Número 3
Margen derecha del arroyo del Sein. Dique de pórfidos atravesando materiales devonianos.

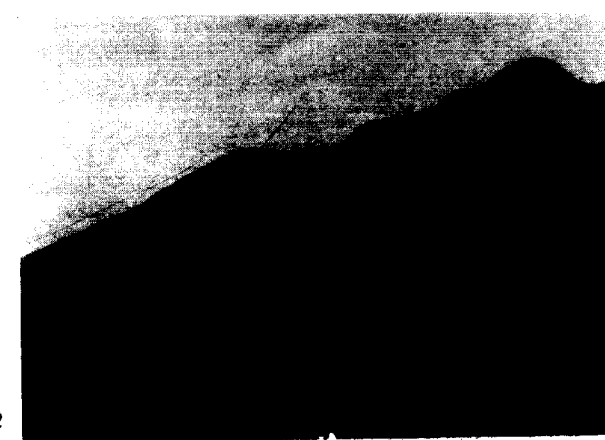
Número 4
Frente del cabalgamiento de las pizarras devonianas sobre el Permotriás, en las inmediaciones del Sahún.

Número 5
Fractura en las calizas del Devoniano inferior, al sur del lago del Sein.

Número 6
Barranco del arroyo Llisat. Al fondo, en la parte superior, se observa el pliegue volcado del vértice Box, en pizarras y calizas devonianas.



1



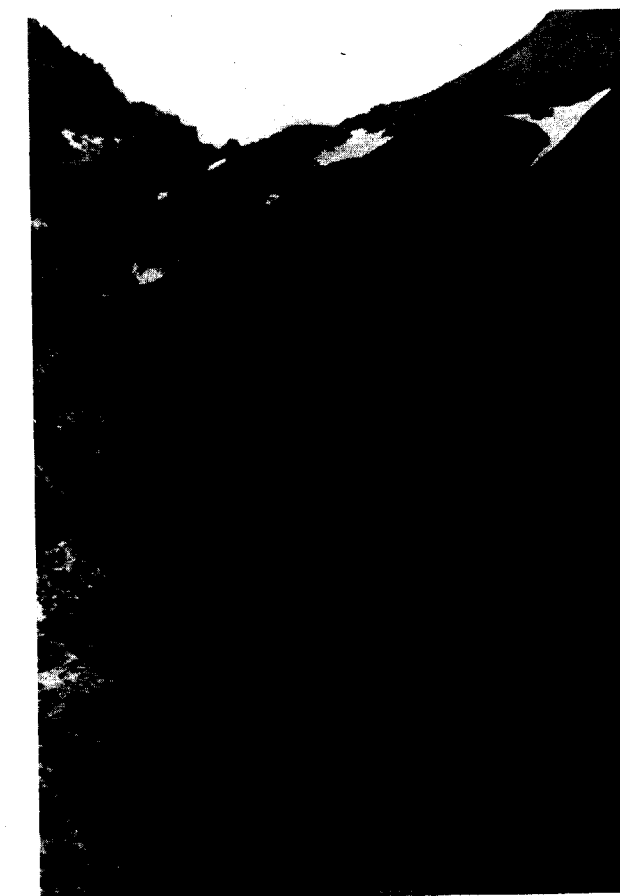
2



3



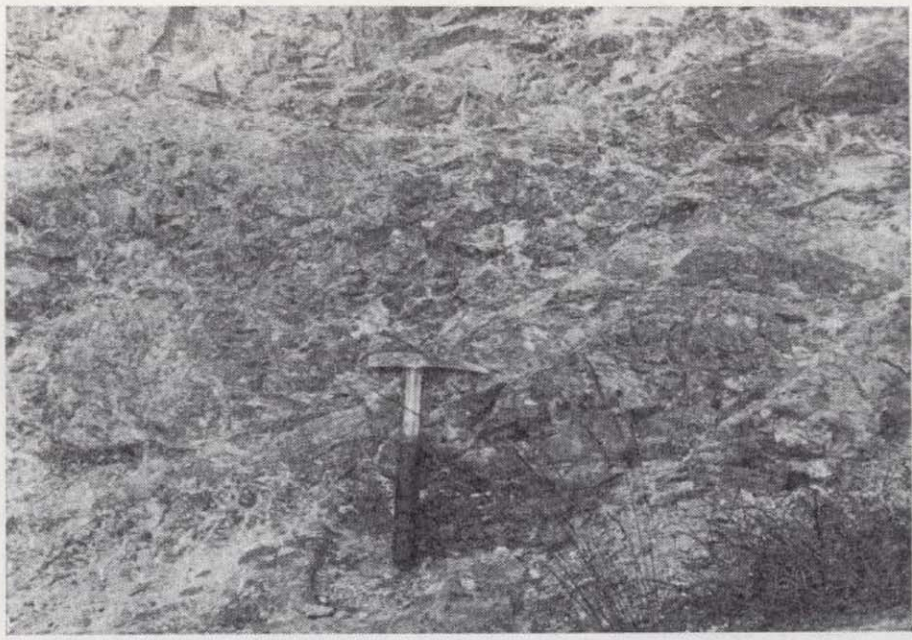
4



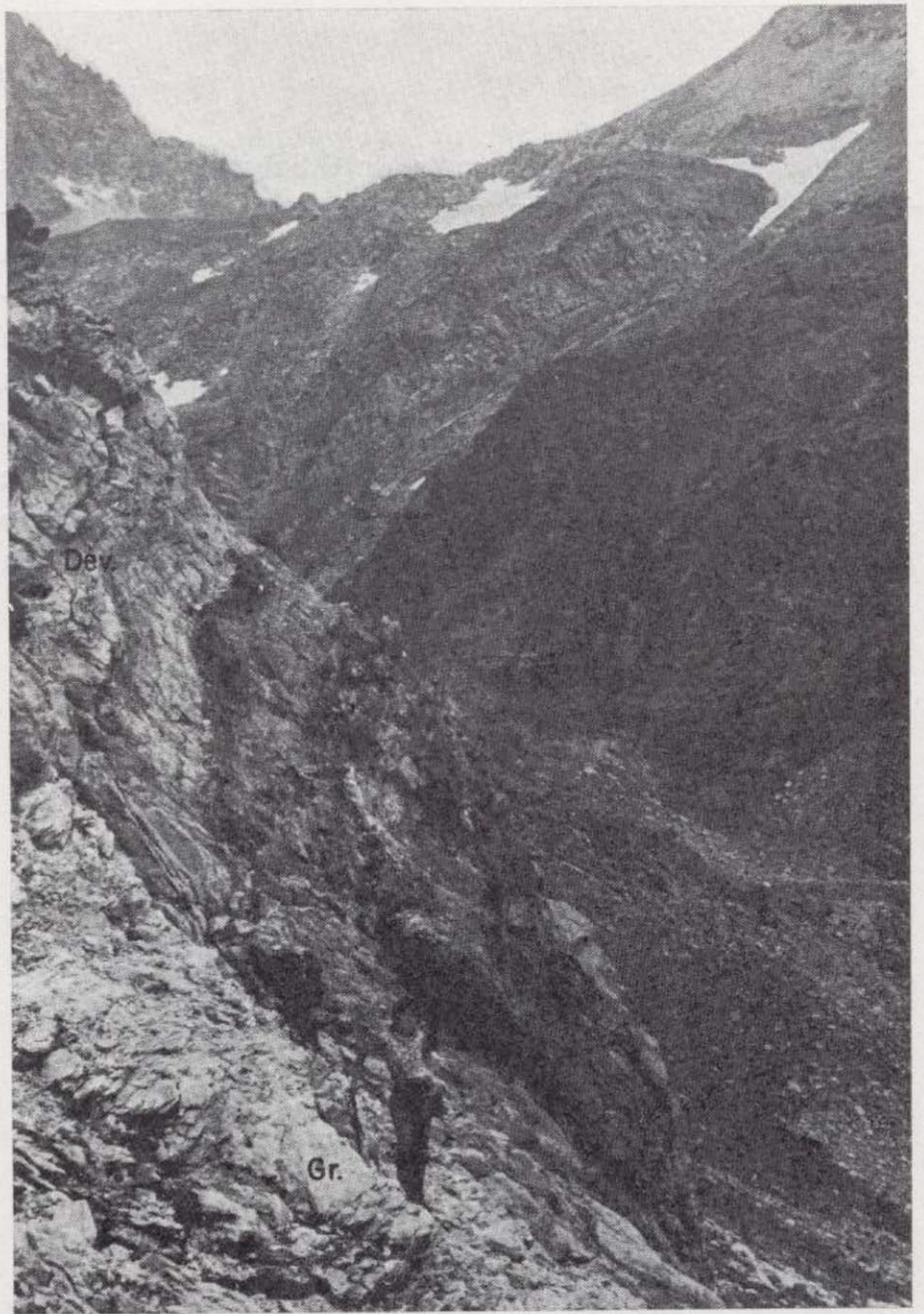
5



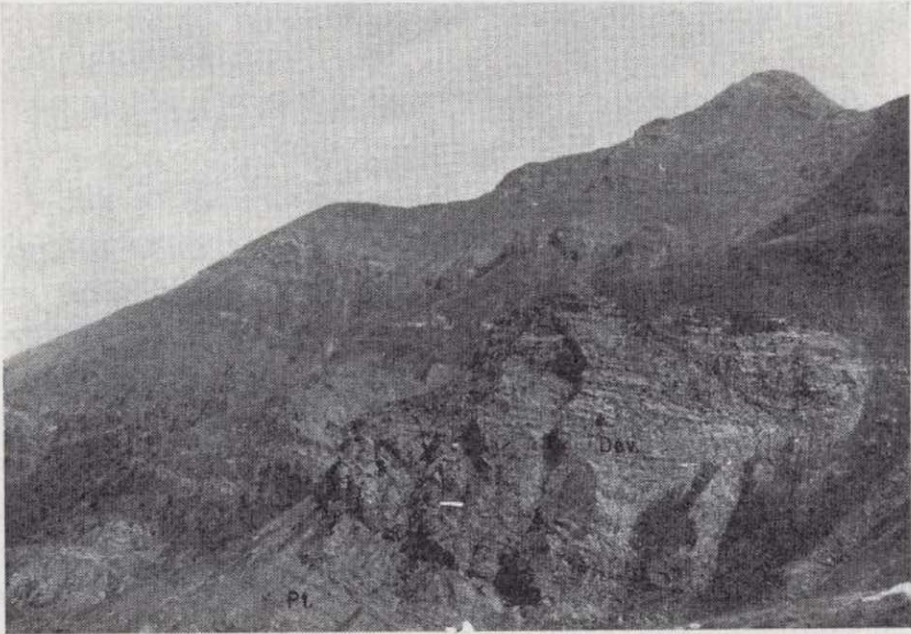
6



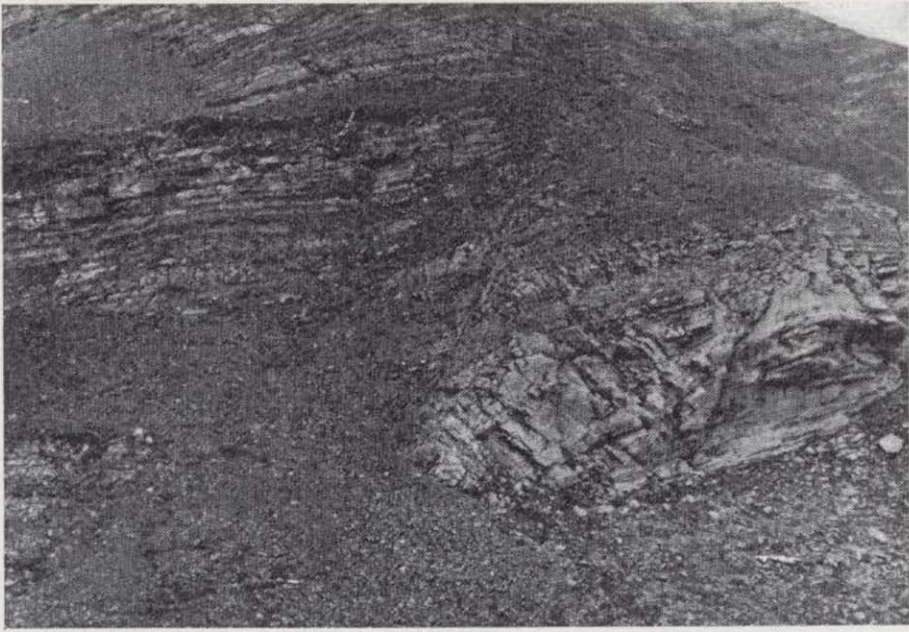
1



5



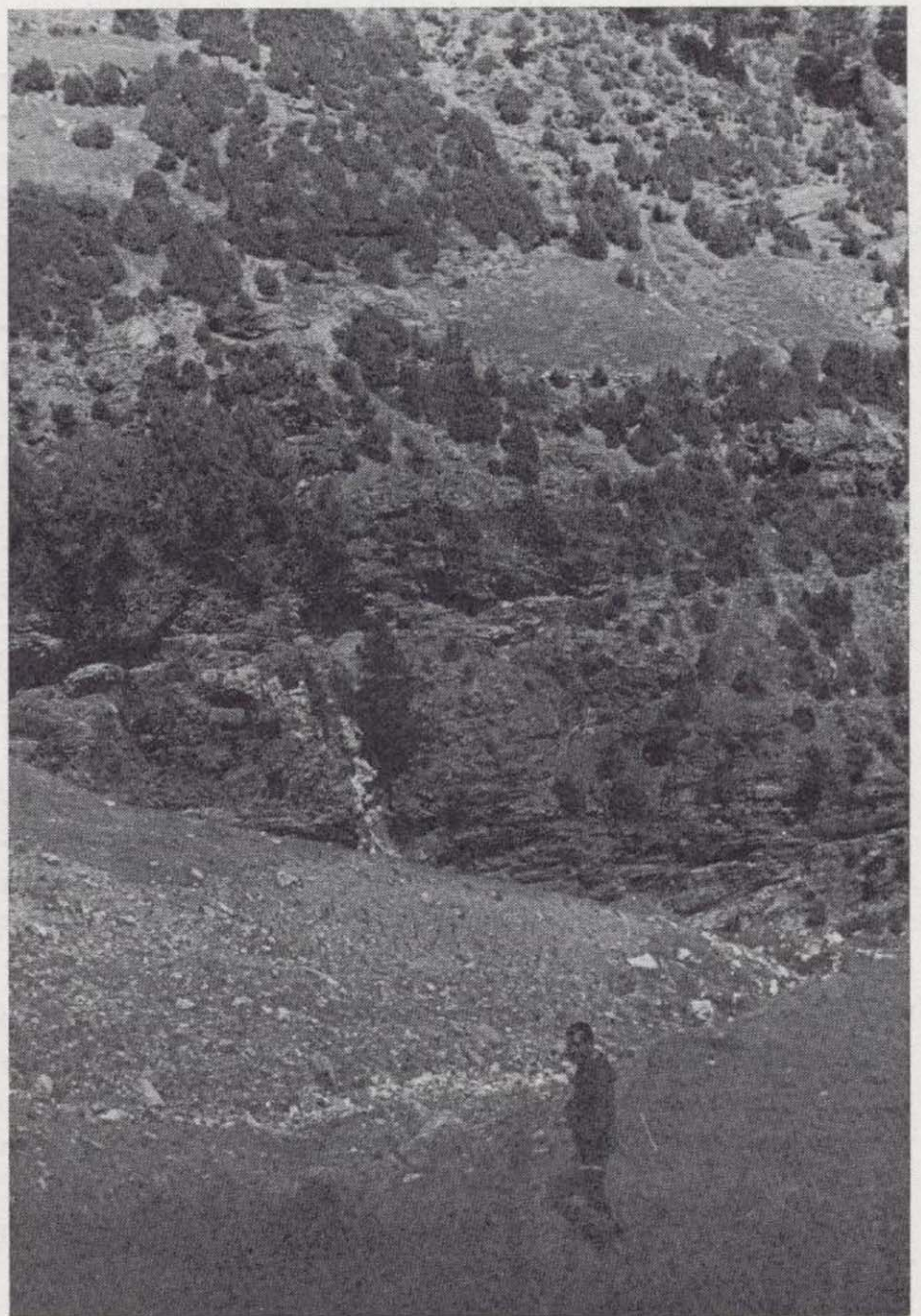
2



3



4



6

portante de la zona es el frente de cabalgamiento del Paleozoico sobre Permotrias, que se extiende desde el collado de Sahún por las faldas del Yerri y Sein. En general, los buzamientos de la serie paleozoica alóctona en las proximidades del frente son muy reducidos y dirigidos hacia el Norte y Noroeste, mientras que los de Permotrias lo son igualmente reducidos, pero dirigidos hacia el Sur.

En el collado de Sahún, allí donde el Paleozoico se encuentra más próximo a las calizas cretáceas, separado de ellas por Permotrias y Keuper, se observa que de la

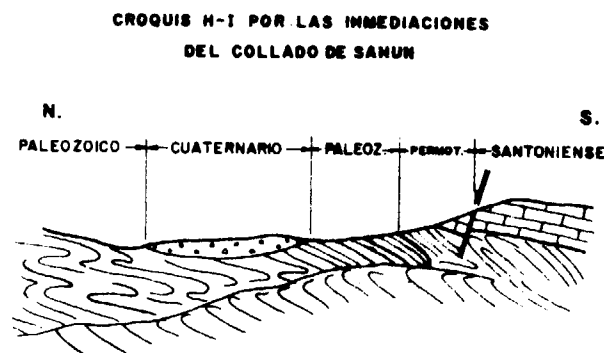


Figura 4

gran unidad paleozoica cabalgante se ha desprendido un retazo de pizarras que queda aislado en mitad del Permotrias.

La dirección del empuje queda marcada por las estrías de deslizamiento observables en las areniscas triásicas, aproximándose todas ellas a la dirección N-10°-E, y quedando los planos que las contienen buzando algo al Sur. También en las inmediaciones del collado de Sahún se puede comprobar la presencia de pliegues de arrastre, de eje oblicuo al principal de plegamiento, y la existencia hasta de cuatro planos diferentes de esquistosidad en las pizarras paleozoicas.

El Triás muestra en las proximidades del contacto con el cabalgamiento una serie de apretados pliegues con vergencia Sur, que se amortiguan a medida que se avanza en esta dirección. El contacto entre estas formaciones y las calizas cretáceas, que buzan también hacia el Sur del orden de 30° a 40°, parece mecánico, ya que a lo largo del mismo se pueden observar planos de deslizamiento de las calizas, así como todo un conjunto de fracturas normales al mismo. Como, por un lado, hemos deducido la presencia de inversiones en la serie permotriásica próxima al mencionado contacto, mediante criterios sedimentológicos —estratificaciones entrecruzadas y marcas de corriente— no hay que descartar la posibilidad de que ese Cretáceo pueda ser también alóctono.

Ya se ha señalado el carácter estructural general de la unidad paleozoica alóctona, de pliegues isoclinales con vergencia Norte. Ejemplos de los mismos se pueden ver

en la Ardana, en un apretado sinclinal, situado al norte del macizo granítico de Los Millares; en la vertiente occidental próxima a la línea de cumbres del Sein-Barbarisa, con la presencia de un anticlinal, cuyo núcleo está integrado por calizas y calcoesquistos; poco más al sur en la cima de Barbarisa, donde aparece un sinclinal formado por los mismos materiales que en el caso anterior; y finalmente en el vértice Box, en la otra vertiente ya del arroyo Llisat. Estos ejemplos y el hecho de que por toda la zona se repitan prácticamente los mismos materiales devónicos apoyan la generalización que del estilo tectónico hemos esbozado.

Area mesozoica y terciaria situada entre el circo de Armeña y Plan

Este área, cuyo estudio fue iniciado en el XVI Campamento, será objeto de varios itinerarios geológicos en 1972, a fin de precisar la serie estratificada de las formaciones que la integran, como punto de partida para establecer sus principales rasgos estructurales.

El Permotrias se encuentra integrado por paquetes de margas y areniscas más o menos micáceas de colores rojizos. Se halla localizado en una banda que corre al sur del frente de cabalgamiento paleozoico, desde el collado de Sahún y hasta Plan.

Al Muschelkalk hemos atribuido unas calizas micrít-

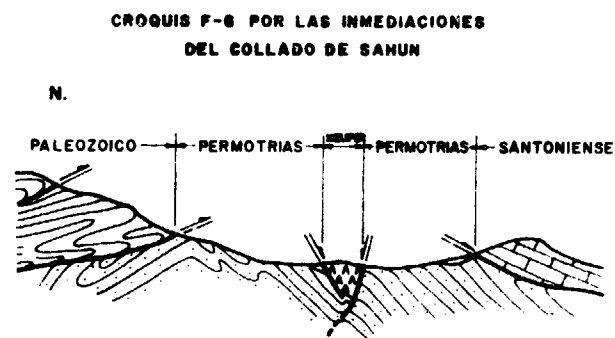


Figura 5

cas arcillosas y negras, muy tableadas, que aparecen situadas conjuntamente con el Keuper en un pequeño afloramiento al NE del largo de la Vasa de la Mora. Con el mismo aspecto aparece en el collado de Aibón, pasado el cual, junto con las calizas negras, se hallan otras calizas de tonos ocreos incluyendo restos de gasterópodos y ostrácodos.

El Keuper se presenta en sus facies características de margas y arcillas abigarradas con yesos intercalados y, en algunos puntos, con afloramientos ofíticos. Entre Plan

y el Collado de Sahún aparece adosado al Permotrias (collado de Sahún, barranco de La Sentina, etc.). Se puede localizar también en la zona del lago de la Vasa de la Mora, cuya depresión debe estar formada en estos materiales, aunque únicamente se observan algunos afloramientos entre los sedimentos cuaternarios, cuando existen arroyos que se han abierto paso entre ellos.

En el collado de Aibón es posible ver cómo el agua se abre paso por los paquetes de yesos, originando dolinas, para volver a aparecer más abajo, donde posiblemente debe encontrar niveles más arcillosos. Achacamos a este mismo efecto las dolinas que aparecen al NE del lago de la Vasa de la Mora y probablemente el mismo lago, así como otras depresiones visibles en lo alto del collado de Sahún.

Los estudios de sedimentos del Secundario y Terciario son esbozados en los cortes de los itinerarios realizados en este Campamento, siendo necesaria la ejecución de nuevos itinerarios para un total y completo estudio de los problemas que se planteen, y la obtención de unos resultados más definitivos.

Los sedimentos post-triásicos más antiguos que hemos encontrado en el área estudiada pertenecen al Cenomanense. Son aquéllos, unas calizas de color gris claro con pátina blanquecina, en bancos de aspecto masivo, con grandes cristales de calcita y frecuentes niveles que contienen restos de braquiópodos. Su contenido micropaleontológico es el siguiente: *Praealveolina*, *Orbitolina*, *Orbitolinopsis*, *Miliólidos*, briozoos, fragmentos de braquiópodos, equinodermos y lamelibranquios. Únicamente hemos localizado esta serie, cuyos límites no podemos precisar

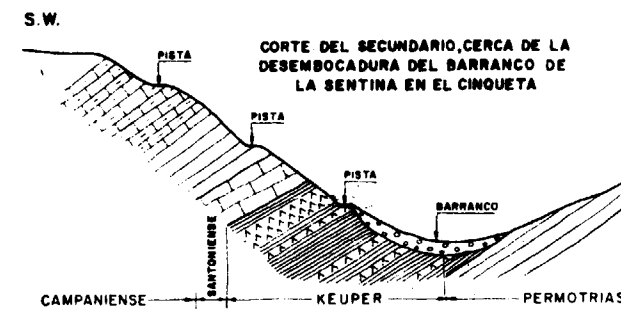


Figura 6

con exactitud, al SE de Puig Alfar, aguas arriba del barranco de Ordices, junto con el Santoniense y el Maestrichtiense.

El Coniaciense aparece circunscrito al área comprendida en la parte Norte del Pinar de la Somiere y al Sur del barranco de la Sentina y aunque su datación por la microfaua que encierra no es muy precisa, intercala unos niveles de calizas dolomíticas y dolomías recristalizadas, cuya microfacies ha sido atribuida, en el Pirineo, a este

piso. En la zona mencionada parece presentar una potencia de 200 metros, aunque por la tectonización, que aquí es elevada, pudiera producir repeticiones de estratos, que quedasen enmascaradas por el denso bosque de pinos.

De muro a techo se pueden distinguir:

- Calizas oscuras, recristalizadas, de aspecto masivo, con intercalaciones de bancos más claros. Sin fósiles.
- Calizas con coralarios, en paquetes que contienen fragmentos de lamelibranquios, pudistos y gasteró-

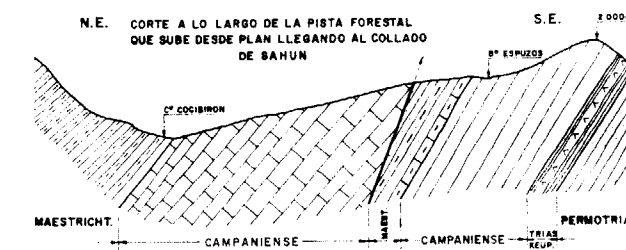


Figura 7

podos y la siguiente microfauna: *Idalina*, *Quinqueloculina*, *Dorothia*, *Gaudryina*, *Ammodiscus*, *Dictyopsella*, *Bolivinopsis*, *Cuneolina*, *Halimeda* y *Peneroplis*.

- Calizas de color oscuro, fétidas, en facies marino-lagunal.
- Calizas dolomíticas recristalizadas, sin fósiles.

Las calizas del Santoniense cubren una buena extensión del área cartografiada. Constituyen gran parte del Pinar de la Somiere, hallándose por el Norte en contacto con las calizas coniacienses, al Oeste, y con el Permotrias del collado de Sahún, al Este, y, por el Sur, con las formaciones campano-maestrichtienses. Una segunda mancha santoniense es la que aparece en la falda septentrional de la Peña Mediodía, que se extiende hacia Poniente por la Collada de Aibón y hacia Levante, hasta Puig Alfar. En esta parte el Santoniense se halla en contacto mecánico por medio de una falla inversa que puede haber jugado un corrimiento horizontal de importancia, con el Paleoceno y el Campaniense-Maestrichtiense, sobre los que, en su caso, se encontraría cabalgante.

Los paquetes calizos subverticales que forman el borde septentrional del macizo de Cotiella, pertenecientes al Santoniense, se presentan en potentes bancos, de color gris oscuro y pátina blanquecina, conteniendo fragmentos de lamelibranquios, *Nummofallotia*, *Goupillaudina*.

Las calizas sobre las que descansa el Triás del lago de la Vasa de la Mora, se hallan bastante tectonizadas y rompen con fractura menos coincida, lo que las comunica un cierto aspecto de calizas nodulosas. Hacia el Poniente de Peña Mediodía las calizas se encuentran más

recristalizadas, adquiriendo sus granos un tamaño mayor. Su fauna es abundante: restos de equínidos, lamelibranquios, *Lithotamnium*, *Miliólidos*, *Nummofallotia*, *Halimeda*, *Dictyopsella*, *Siderolites*, *Cuneolina*, *Globotruncana* aff. *coronata* BOLLI.

Las primeras calizas santonienses que aparecen en la pista de Plan al collado de Sahún, son de color gris oscuro, casi negras, de aspecto masivo, con fragmentos de lamelibranquios, nódulos de sílex y manchas arcillosas y arenosas. Contienen *Idalina*, *Goupillaudina*, *Nummofallotia*, *Marssonella*, *Minouxia*.

Parecidas a estas últimas son las que se apoyan sobre el Conaciense del pinar de la Somierre, aunque parecen pertenecer a un nivel algo más bajo, incluyendo además de la fauna citada, *Globotruncana* sp. y *Dicyclina*?

Por último, este tramo está también representado entre los paquetes de calizas del Campaniense-Maestrichtiense, antes de las fallas del barranco de los Espuzos, por calizas arenosas con fragmentos de equínidos, lamelibranquios y briozoos, junto con *Vidalina*, *Idalina*, *Ortitooides*, *Siderolites*, *Cuneolina*, *Marssonella* y *Accordiella* cónica FARINACCI.

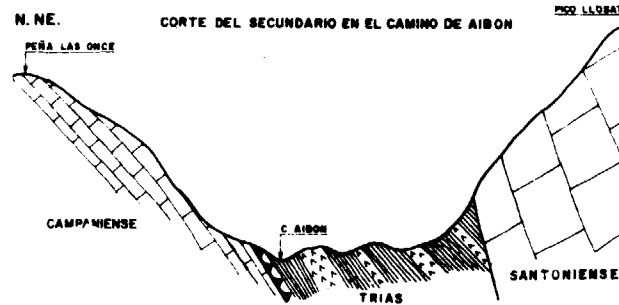


Figura 8

Conjuntamente hemos de tratar del *Campaniense-Maestrichtiense* aunque en algunos puntos parecen distinguirse entre sí —como ocurre en el collado de Cocibirón, en el que bajo las areniscas de facies de Arén, aparecen las calizas microbrechíticas del Campaniense, y en la pista que accede al collado de las Coronas—, porque en general no se diferencian bien, al menos donde no se pueden observar esas areniscas.

Las formaciones campano-maestrichtienses constituyen la alineación de crestas de la Peña Mediodía y Peña Las Once, y se prolonga hacia La Barana, y el barranco de

Pino Negro, por el Oeste, y hacia los collados de Cocibirón y de las Coronas, por el Norte, hasta alcanzar el Santoniense del Pilar de la Somierre.

Las calizas superiores a las santonienses del borde Norte de Cotiella, son más tableadas; mostrando las mismas características litológicas y faunísticas, las que se ven en la Peña Las Once y Peña Mediodía. Son éstas, calizas pardo grisáceas, recristalizadas, con tramos más arenosos que contienen grandes ostreidos —entre ellos, *Exogyra* de gran tamaño—. La microfauna encontrada no es muy representativa de estos pisos, aunque sí es senonense, incluyéndola nosotros dentro del Campaniense-Maestrichtiense por aparecer en niveles que descansan sobre el Santoniense; ostrácodos, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Nummofallotia*, *Ataxopharagmidos*, *Dictyopsella*, *Lithomnium*, *Rotálidos*, *Textuláridos* y espículas.

Entre la Peña Las Once y el collado de Pino Negro, se observa la presencia de unas capas de areniscas limosas, calizas margosas, calizas arenosas y otras calizas, que pertenecen claramente al Campaniense-Maestrichtiense. Contienen *Globotruncana arca* (CUSHMAN), *Globotruncana lapparenti* BOLLI, algunas *Hedbergellas*, *Reophax*, *Pithotella sphaerica* (KAUFMANN), ostrácodos y fragmentos de equínidos y lamelibranquios.

Desde el collado de Pino Negro hasta el de las Coronas, se sigue una serie de areniscas con facies parecida a las de Arén, entre las que se intercalan algunos tramos margosos, que aparenta una mayor potencia de la que realmente posee, por reptaciones debidas a repliegues y a fracturas. Pasado el collado de las Coronas hacia el cruce con la pista que lleva a Sahún, la serie se presenta monoclinial con buzamientos dirigidos hacia el SO. Unos 200 metros antes de llegar al citado cruce se localiza el contacto con las calizas microconglomeráticas que corresponden ya a niveles del Santoniense, con *Siderolites calcitrapoides* (LAMARCK), *Idalina*, *Quinqueloculina*, *Orbitoides medius* (D'ARCHIAC), *Rotálidos*, gasterópodos, equínidos, ostreídos y briozoos.

A partir del cruce mencionado hacia el collado de Sahún se siguen estos niveles de calizas microconglomeráticas que pasan a calizas arenosas recristalizadas con parecida fauna a la descrita, y buzamiento general de 30° al SO. Encima de ellas, por la pista, vuelven a aparecer los tramos superiores de areniscas que muestran unas características litológicas y sedimentarias típicas, con estilolitos que aparentan ser huellas de restos vegetales aunque no muestran estructura alguna. Se siguen estos niveles hasta el collado de Cocibirón, donde vuelven a hacer acto de presencia las calizas microbrechíticas santonien-

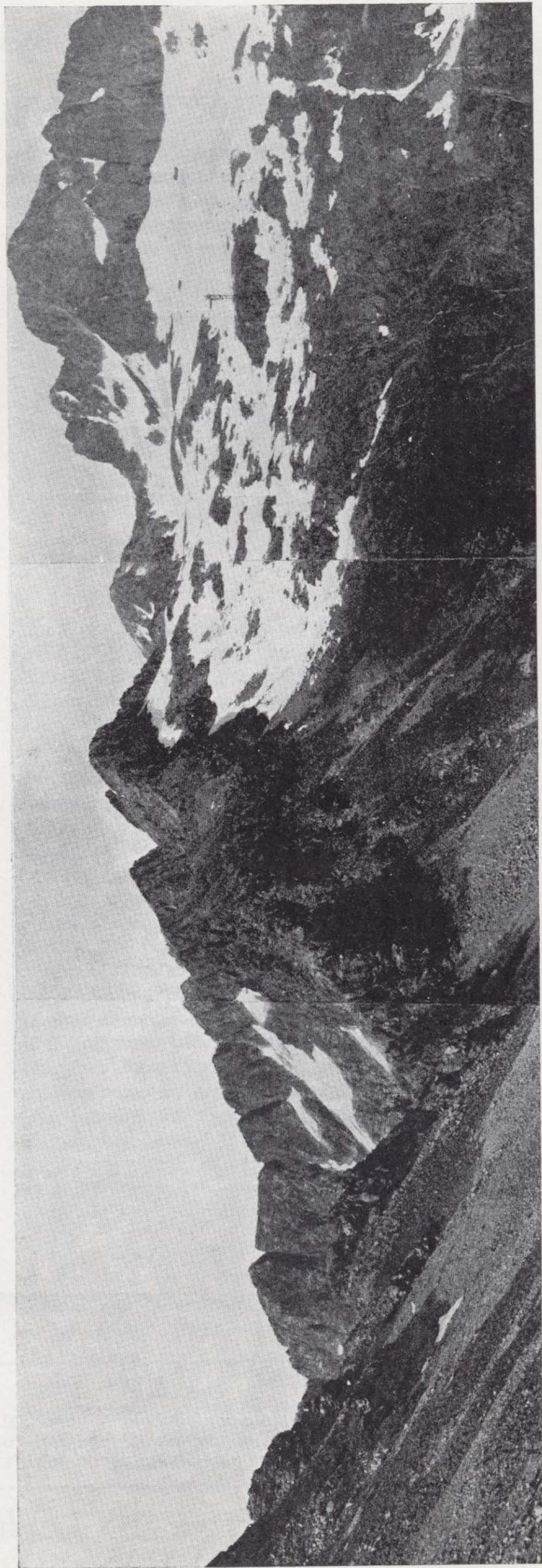
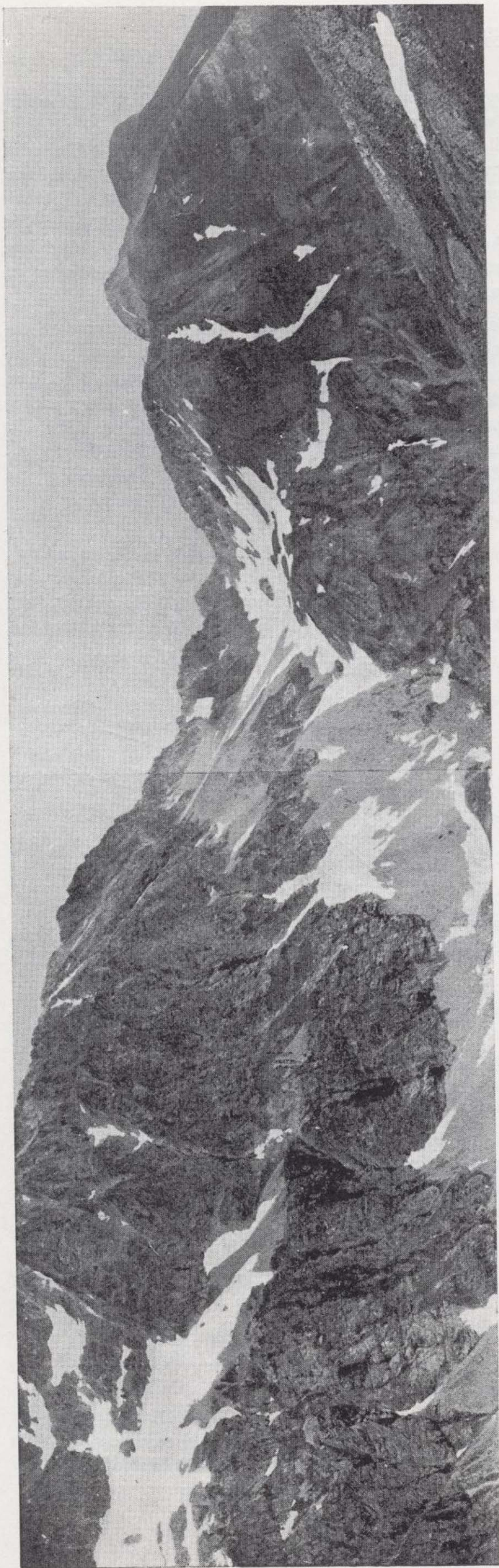
Número 7

Contacto del granito de Los Millares, con el Paleozoico entre los lagos de Barbarisa y de Peñasolana.

Número 8

Macizo granítico de Los Millares. A la izquierda de la zona nevada se encuentra el "horn" (2.850 m.), que marca las divisorias de los lagos de Seín, Millares y Barbarisa.





ses, bajo las que se encuentran calizas margosas algo arenosas, en bancos finos.

Pasado el barranco de los Espuzos, la facies cambia un tanto, pasando a encontrarse calizas margosas, algo arenosas, tableadas, con nódulos de sílex, que se transforman en calizas más masivas, primero y en calizas arenosas fracturadas, de colores negros y rojizos, después.

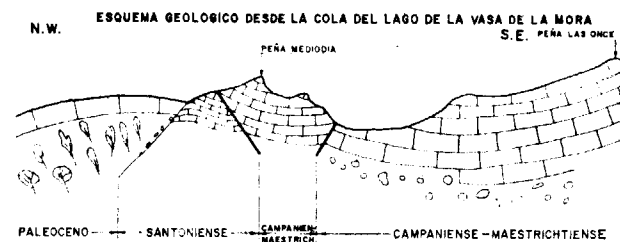


Figura 9

Las calizas arenosas que aparecen encima del Santoniense subiendo hacia Sahún, poco después de la salida de Plan, pertenecen también al Campaniense-Maestrichtiense y se presentan en bancos con algunas intercalaciones de calizas arcillosas, más frecuentes a medida que se asciende por la pista.

Parece bastante claro el Maestrichtiense, probablemente superior, que se encuentra en la carretera de Plan, entre el pueblo y el puente que se halla aguas abajo de la presa de Plandescún. Los niveles más altos están formados por calizas arenosas de color pardo oscuro con patina rojiza, dispuestas en bancos métricos, que contienen *Hellenocyclina beotica* REICHEL, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Lepidorbitoides socialis* (LEYMERIE), *Clypeorbis mamillata* (SCHLUMBERGER), *Rotálidos*, briozoos, equinodermos. Debajo y frente al eje de la presa, se encuentran unas calizas cristalinas, de aspecto tableado con abundantes lamelibranquios (ostreidos), a las que siguen unos tramos más arcillosos, y más tarde calizas arcillosas y margas calcáreas, con moluscos mal conservados. Su microfauna se compone de: *Navarella*, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), *Rotálidos*, *Ataxophragmidos*, *Goblotruncada* aff. *arca* (CUSHMAN), *Globotruncana* aff. *stuarti* (DE LAPARENT), algunos grandes *Lagénidos*, *Melobesias*, *Chilo-*

gumbelina, *Lepidorbitoides socialis* (LEYMERIE), *Clypeorbis mamillata* (SCHLUMBERGER).

El Paleoceno está presente en el valle del Cinqueta, formando sus calizas el encajamiento del río, desde el puente mencionado poco más arriba, casi hasta Saravillo, y prolongándose a las alturas de las Peñas del Sin y Artiés, en la margen derecha del río, y a las faldas Norte y Oeste de la Peña Mediodía, por los montes de Plan, en la margen izquierda.

Se encuentra constituido por una potente serie de calizas masivas, algo fértidas, arenosas en su base, y rematadas en su parte terminal por unos paquetes de calizas arcillosas de unos 10 metros de espesor. En estas calizas se han encontrado: *Kathina*, *Microcodium elegans* (GLUCK) *Distichoplax biserialis* (DIETRICH), *Ethelia alba* (PFENDER), *Cosquinolina liburnica* (STACHE), *Alveolinas*, *Articulina*, *Globorotálidos*, *Lithotamnium*, *Corallina*, fragmentos de Moluscos y Equinodermos.

El Eoceno no se halla representado en la zona más que escasamente por el Ypresiense, formando las paredes del primer túnel de la carretera de Saravillo a Plan. Está constituido por calizas micríticas, algo recristalizadas, que contienen *Discocyclina*, *Operculina*, *Globigerinas*,

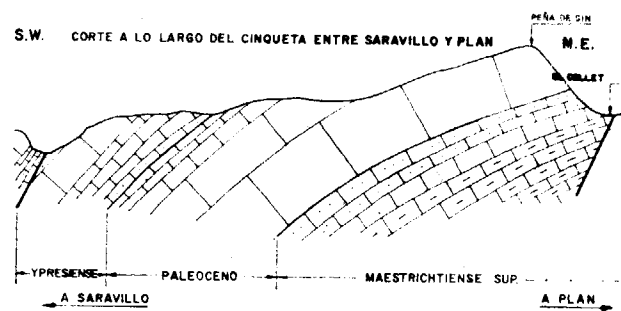


Figura 10

Globorotalias, *Orbitolites*, *Opertopbitolites*, *Alveolinas*, *Miliólidos*, *Anomalínidos*, fragmentos de espongiarios, moluscos y equinodermos.

El Cuaternario comprende los derrumbios de pie de monte, muy importantes en el área del lago de la Vasa de la Mora; los aluviones del barranco de la Sentina y las morrenas glaciales de la parte Norte de Puig Alfàr.

Fe de errata.

En nuestro número anterior (fascículo IV, tomo 83) y por error contenido en el original, en la página 109 de la INFORMACION y en el apartado «Investigación de recursos de agua subterránea», se dan como capacidades de embalse 220 Hm.³ y 65 Hm.³, cuando debería decir 220.000 Hm.³ y 65.000 Hm.³, respectivamente.

Noticias

GEOLOGIA

NUEVAS HOJAS Y MEMORIAS DEL MAPA DE SINTESIS GEOLOGICA, E. 1:200.000

Como continuación a la labor de edición emprendida por el Instituto Geológico y Minero de España se ha puesto a la venta, para aquellos que interese, las Hojas y Memorias siguientes:

Número 37, Salamanca; núm. 42, Tarragona; núm. 44, Avila; núm. 47, Teruel; núm. 77, Jaén; núm. 86, Cádiz.

Sucesivamente se irán editando las que faltan, esperándose que al término del presente año queden finalizadas las 87 Hojas y Memorias de que consta la publicación de este Mapa.

NUEVAS HOJAS Y MEMORIAS DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA, E. 1:50.000 (1.ª SERIE)

Continuando la marcha normal de publicación de estas Hojas, se ponen a la venta las siguientes:

Número 217, Puigcerdá; núm. 524, Grañén; núm. 588, Zafrilla.

HOJAS Y MEMORIAS DEL MAGNA EN PERIODO DE IMPRESION

Finalizados los trabajos de campo y de gabinete, se encuentran en período de impresión las siguientes Hojas y Memorias:

Número 159, Bembibre; núm. 419, Villafranca del Panadés; núm. 446, Valls; núm. 447, Villanueva y Geltrú; núm. 473, Tarragona.

Con las cinco citadas son ya diez el número de Hojas y Memorias en curso de impresión y cuya aparición se prevé para finales de año.

GEOLOGIA MARINA

EXPLORACION Y EXPLOTACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Se ha creado en Mónaco la "Asociación Européene Oceanographique", cuya finalidad es la explotación de las riquezas marinas. Se trata del mayor consorcio privado de Europa, ya que las empresas adheridas a él emplean en total a un millón de personas y alcanza en conjunto una cifra de transacciones de más de 20.000 mills. \$. Este

consorcio ha contratado a un notable número de investigadores para trabajar con los últimos sistemas de exploración y de explotación de la plataforma continental de los mares.

EL IGME PRESENTE EN LAS INVESTIGACIONES SUBMARINAS

El Instituto Geológico y Minero inició sus actividades relacionadas con la Geología Marina en enero de 1970, con ocasión de una reunión internacional convocada en Montecarlo por la "Commission Internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée" (C. I. E. S. M.), y en la que participó dicho Instituto.

Aquella reunión, cuyo objeto era examinar un anteproyecto del plan americano JOIDES de sondeos profundos en el Mediterráneo, sirvió para establecer un primer contacto con personalidades y Centros dedicados a investigaciones marinas. Poco después, en febrero de 1970, tuvo lugar otra reunión en Zürich para perfilar el citado plan, y en la que se llegó a acuerdos sobre participación de nuestro Centro en campañas de investigación geofísica y geológica en el Mediterráneo. En consecuencia, el Instituto intervino, a lo largo de 1970, en cuatro misiones oceanográficas en el Mediterráneo occidental, dirigidas por Centros franceses y por el Museo Oceanográfico de Mónaco.

Al propio tiempo se entabló correspondencia con los Servicios Geológicos de Francia, Inglaterra, Suecia, Estados Unidos y Japón, para adquirir información acerca de sus actividades y proyectos futuros en Geología Marina. Hubo también conversaciones directas con representantes del B. R. G. M. francés y del I. G. S. británico, sobre formación de nuestros técnicos en sus Centros y sobre posibles colaboraciones en proyectos de estudio de nuestra plataforma continental. Paralelamente a estas actividades iba reuniendo una copiosa documentación que recibió importantes aportaciones con ocasión de la asistencia de un representante del Instituto al Colloque International sur l'exploitation des Océans, celebrado en Burdeos, en marzo de 1971.

Desde mediados de 1970 se iba, asimismo, preparando, por orden de la Superioridad, un amplio programa sectorial sobre investigación de los fondos marinos para ser presentado al Tercer Plan de Desarrollo. Se último este Programa, con la denominación de FOMAR, en noviembre de 1970. Su presupuesto ascendía a 294 millones de pesetas, y su desarrollo preveía una serie de proyectos acerca de cuya preparación y realización iremos informando sucesivamente.

MINERIA

GRAN YACIMIENTO DE MINERAL DE HIERRO AUSTRALIANO

La Hamersley Mining Co. halló un depósito de 700 millones de toneladas de mineral a 70 kilómetros al Nordeste de Mt. Tom Price, en Australia Occidental. La ley en hierro excede de 62 por 100, con lo cual quedan aumentadas en 70 por 100 las reservas de la compañía, de 1.000 millones. Sin embargo, el contenido en hierro no es suficientemente elevado para satisfacer los requisitos de las acerías japonesas, cuyos contratos especifican mineral con 64 por 100 de hierro.

GRANDES RESERVAS DE HIERRO EN EL VALLE DEL AMAZONAS

Según la Agencia Informativa Brasileña Nacional, la investigación de los depósitos de mineral de hierro del valle del Amazonas se encuentra en "fase de conclusión" y confirma las estimaciones previas, con arreglo a las cuales las reservas de hierro existentes en esa región se consideran de las mayores del mundo. Se dan las cifras de 1.600 millones de toneladas para las reservas comprobadas, 2.900 millones para las posibles y 6.600 millones para las probables.

MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA, E. 1:1.500.000

Se ha publicado por el Instituto Geológico y Minero de España un conjunto de diecisiete Mapas Metalogenéticos de España, E. 1:1.500.000.

Cada Mapa es previsor de mineralización de una de las siguientes sustancias: aluminio, azufre, bismuto, cobre, plomo-cinc, estaño, fluorita, fosfatos, hierro, hulla, manganeso, mercurio, níquel, oro, potasa-sal común, titanio y wolframio.

Estos Mapas van acompañados de su correspondiente memoria explicativa.

MINERALURGIA

PRODUCCION SIDERURGICA EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO

La producción de acero en el semestre se estima en 4,6 millones de toneladas con un aumento de la media mensual del 15 por 100 con respecto a la registrada en 1971, superándose en el mes de junio por vez primera la cota de las 800.000 t/mes.

COMERCIO EXTERIOR EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO

En base a la estadísticas de la Dirección General de Aduanas, España ha importado en el semestre un volumen de productos siderúrgicos equivalentes a 717.000 toneladas en acero, con una media mensual que supera en un 23,8 por 100 a la de 1971. A su vez, las exportaciones en el semestre han ascendido a 806.000 toneladas en acero equivalente, con un incremento de la media mensual del 36,1 por 100 con respecto a la registrada el año anterior.

CONSUMO APARENTE SIDERURGICO EN ESTE PRIMER SEMESTRE

La estimación del consumo aparente para la primera mitad del año da una cifra de 4,7 millones de toneladas, resultando una media mensual que se sitúa en 19,5 por 100 por encima de la de 1971.

GEOTECNIA

MAPA GEOTECNICO DE ESPAÑA, E. 1:200.000

Como consecuencia del estudio cartográfico iniciado por el IGME de la totalidad del área Nacional, se han publicado las dos primeras Hojas de este Mapa que corresponden a Santiago y Valladolid. Ambas Hojas —como lo irán todas las sucesivas— van acompañadas de una amplia Memoria en las que se recogen —entre otras informaciones de interés— los Mapas en E. 1:400.000 siguientes: de formaciones superficiales y sustrato, de características geomorfológicas, de características hidrogeológicas, y de características geotécnicas. Todos ellos referidos a la Hoja E. 1:200.000 correspondiente.

REUNIONES CIENTIFICAS

I SIMPOSIUM NACIONAL SOBRE COMBUSTION

En Valencia, del 7 al 10 de mayo de 1973, coincidiendo con la Feria Internacional de Muestras, se celebrará el I Simposium Nacional sobre Combustión, organizado por la Asociación Nacional de Químicos Españoles.

El Simposium constará de:

- Conferencias plenarias.
- Comunicaciones de trabajos científicos.
- Presentación de avances tecnológicos.
- Coloquios sobre temas de interés común.

Habrán preimpresiones y se publicarán actas y resúmenes. Traducción simultánea.

Epígrafes de temas a tratar serán:

- COMBUSTIBLES. Características. Evolución del consumo. Política de precios.
- COMBUSTION. Hogares. Refractarios. Control.
- QUEMADORES Y ELEMENTOS AUXILIARES. Normalización.
- UTILIZACION DE LA ENERGIA. Hornos. Calderas. Intercambiadores.
- PROBLEMAS DE CONTAMINACION. Humos. Depuradores. Combustión interna. Legislación.

EL XXIV CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

Del 21 al 30 de agosto se celebró en Montreal (Canadá) el XXIV Congreso Geológico Internacional, precedido de una serie de excursiones técnicas y seguido también de varias excursiones, tanto unas como otras, en número inferior a las proyectadas por no alcanzar el número mínimo de inscripciones.

Las comunicaciones científicas se agruparon en las secciones siguientes: 1.^a La geología del precámbrico; 2.^a Petrología; 3.^a Tectónica; 4.^a Yacimientos minerales; 5.^a Combustibles minerales; 6.^a Estratigrafía y sedimentología; 7.^a Paleontología; 8.^a Geología y geofísica del medio marino; 9.^a Exploración geofísica; 10.^a Geoquímica; 11.^a Hidrogeología; 12.^a Geología del cuaternario; 13.^a Geología del ingeniero; 14.^a Mineralogía; 15.^a Planetología; 16.^a Datos geológicos; 17.^a Enseñanza de la geología.

Simultáneamente con el Congreso tuvieron lugar los dos coloquios siguientes: 1.^o La condición humana y las ciencias de la tierra. 2.^o Ayuda a los países en vías de desarrollo en el campo de las ciencias de la tierra.

Con ocasión de estas reuniones, tuvo lugar una exposición denominada GEORAMA 72, con la participación de entidades oficiales y estatales y de empresas particulares. Las primeras presentaron principalmente cartografía y fotografías interesantes, las segundas material de laboratorio y de exploración de minerales por técnicas geofísicas y geoquímicas, así como equipos de sondeos.

Los organismos asociados a la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, celebraron sus sesiones de consejo y las comunicaciones científicas se distribuyeron entre las 17 secciones del Congreso.

El Consejo de Congresos Geológicos celebró sesiones plenarias y de mesa. Los puntos fundamentales tratados fueron estatutos, designación de Australia para el próximo congreso en 1976, propuestas a título informativo de países para el XXVI Congreso de 1980, que fueron: España, Francia y EE. UU.

La Unión Internacional celebró también sus sesiones plenarias y de mesa. Entre éstas destaca la renovación del

consejo, con la ampliación de dos vicepresidencias, una para los países árabes asiáticos y otra pendiente de cubrir, la pidió España para un país de América del Sur. Se apreció en general un acentuado disgusto, por ser siempre los mismos países los que forman parte del Consejo de la U. I. de C. G., así como de las entidades por ella subvencionadas.

La Delegación Oficial española estaba constituida por: Gómez Angulo, Izaguirre Rimmel, Cantos Figuerola, López de Azcona, Fontboté Musoles, Fúster Casas (no participó), Sierra López y Alvarado Arrillaga.

Los delegados con voto fueron: Comisión Nacional de Geología, Gómez Angulo.—Comisión Nacional de Geografía, Cantos Figuerola.—Real Academia de Farmacia, López de Azcona.—Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Font Altaba.—Real Academia Gallega, López de Azcona.—Academia de Doctores, Mingarro Martín.—Facultades de Ciencias de Madrid Complutense, Alía Medina.—de Madrid Autónoma Coij Ell.—de Granada, Fontboté Musoles.—de Oviedo, Julivert Casagualda.—Instituto Geológico y Minero de España, Izaguirre Rimmel.—Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Aguirre.—Dirección General de Minas, Minguet Melian.—Asociación de Ingenieros de Minas, García Loygorri.—Colegio de Ingenieros de Minas, Rey Jorissen.—Empresa Nacional Adaro, Sierra López.

Para la participación en este congreso se organizó una expedición de miembros portugueses y españoles en un total de 67 personas, además de 12 que acudieron en vuelos diferentes a los del grupo.

Es de destacar la completa compenetración entre los congresistas españoles y portugueses, así como las magníficas relaciones con los de los restantes países de habla española y portuguesa.

Los acuerdos de reuniones para el próximo cuatrienio que afectan a España son:

1973.—Reunión de trabajo por el S. de la Península Ibérica y N. de Marruecos, de la Comisión de la Carta de Europa.

1974.—V Reunión de la Comisión de la Historia de las Ciencias Geológicas (INHIEGO) en Madrid y Almadén con tema "Historia de la enseñanza de las Ciencias Geológicas".

1976.—Sesión Plenaria de la Carta de Europa, en Madrid.

LA COMISION NACIONAL DE GEOLOGIA DURANTE EL AÑO 1971

Se ha publicado la Memoria Anual de la Comisión Nacional de Geología correspondiente a 1971. En ella se destaca la reorganización de la misma de acuerdo con el Decreto 347/1971, por el que se amplian las representaciones con los ministerios de Obras Públicas y Agricultura.

Participó la C. N. G. en los siguientes trabajos inter-

nacionales: Mapa Geológico de Europa, Mapa Tectónico de Europa, Mapa Metalogénico, Mapa Cuaternario, Mapa Hidrogeológico y Mapa Metamórfico de Europa.

Organizó el primer Congreso Hispano-luso-americano de geología económica, así como la Organización iberoamericana de geología económica. Participó en 34 reuniones nacionales e internacionales.

Dio la conformidad a trabajos a realizar en España por centros de investigación de nueve países, y tuvo intercambio de información con once.

Publica un croquis de las zonas de trabajo de los geólogos extranjeros y otro de las zonas de tesis o tesinas nacionales, con el fin de que se tenga información de los trabajos en curso de toda España.

COLOQUIO INTERNACIONAL SOBRE EL LIMITE NEOGENO-CUATERNARIO URSS 20-V a 5-VI-1972

La necesidad para la cartografía geológica internacional de ponerse de acuerdo de una vez, para que en los mapas geológicos de todos los países el límite entre Plioceno y Pleistoceno significara lo mismo, se ha hecho urgente e imperiosa.

La duración del cuaternario era para unos de medio millón o de seiscientos mil años, y para otros de cuatro millones o más: es decir, el margen de error era de siete veces la duración mínima atribuida, y dos o tres veces la duración media de este período o era.

El equívoco provenía de la misma fuente que la primera indicación y convenido en un límite claro y preciso.

Dieciséis años después de que se planteara por primera vez en un plano internacional la cuestión en II Congreso de INQUA, Leningrado, la célebre XVIII Sesión del Congreso Geológico Internacional, Londres, 1948, adoptó dos resoluciones al respecto: 1.ª, que se fijara el límite en la base del Calabriense, como la primera deterioración del clima terciario, 2.ª que se tomara como indicador del mismo límite en medios continentales la aparición en Europa del trío *Equus*, *Elephas* y *Leptobos*, como característico del "Villafranchense". De ahí el equívoco: la entrada del caballo parece ser más tardía—al menos en Europa Oriental—que la del mamut meridional, y la de *Leptobos* es muy anterior a ambos; además tanto el caballo como el elefante meridional no están representados en la fauna tipo de la trinchera del ferrocarril de San Paolo en Villafranca, tipo del "Villafranchense", Plioceno superior, y no aparece sino en faunas más tardías. El "Villafranchense" así definido no es, pues, sino una quimera de "piso" geológico que forma parte de dos eras distintas, y de ninguna manera equivale al Calabriense, pues la edad de Villafranca se remonta a unos cuatro millones de años y las faunas con *Mammuthus meridionalis* llegan al Siciliense y al Cromeriense.

Puede atribuirse este error al conocimiento deficiente de la época, pero también nos alecciona sobre el incon-

veniente de organizar el trabajo de los Congresos en Secciones independientes, en vez de hacerlo en Seminarios interdisciplinarios sobre problemas concretos.

Una subcomisión sobre el Límite Plio-Pleistoceno se creó en el V Congreso de INQUA, Madrid-Barcelona 1957, y en el VIII Congreso, París, 1969, presentó una resolución recomendando se mantuviera como límite la base del Calabriense, de acuerdo con la XVIII Sesión, y señalada en el doble estratotipo de Santa María in Catanzaro y Castella, según una única comunicación de R. SEILLI.

Al Comité Internacional de INQUA en aquella ocasión le pareció deficientemente fundada esta resolución, por faltar el necesario estudio y discusión interdisciplinar e interregional, porque el "acuerdo" con la XVIII Sesión seguiría prestándose al equívoco, y porque el criterio climático señalado en Londres en 1948 no puede fijarse en todo el mundo unívocamente y se presta también a falsas correlaciones. Por ello encargó a la Delegación Soviética el formar una nueva Subcomisión y organizar un coloquio internacional sobre este límite N/Q.

El coloquio se ha celebrado, en plan de conferencia de campo, en Moldavia y Transcaucasia. Primera parte, tres días de presentación de comunicaciones en Kishiniev, capital de Moldavia (MSSR), y cuatro de excursiones a las series del Dniester y sobre todo del Prut, afluente fronterizo del Danubio, que permiten relacionar el Ruscinense de Moldavia con las terrazas superiores del sistema danubiano. La segunda parte se desarrolló en Georgia y Azerbaiján, con visitas a las series Akcheguilense y Acheroniense en la depresión del Kura, tributario del Mar Caspio, terminándose con una Sesión de la Subcomisión y una Asamblea final en Tbilisi (Tiflis), capital de la GSSR.

En la Asamblea se adoptaron unas conclusiones, cuyo texto definitivo no nos ha llegado aún, pero que, en espera de poder comunicarlas textualmente, se resumen a continuación:

- Se precisa la conclusión de la XVIII Sesión del Congreso Geológico Internacional, Londres, 1948, adoptando como límite la base del Calabriense, pero definida con criterio biostratigráfico y precisada con otros criterios (paleomagnético, etc.).
- El próximo año se celebrará un segundo coloquio en Italia para un estudio más completo e internacional de la Sección tipo del Calabriense.
- Cada uno de los asistentes asume el deber de comunicar estas resoluciones a los organismos competentes del propio país, y divulgarlas, para que el Límite sea entendido y señalado en la cartografía geológica mundial de manera unívoca.
- Por lo que toca a las series continentales, los estadios faunísticos correspondientes al Plioceno y Pleistoceno inferior deben subdividirse biostratigráficamente, en especial por la secuencia de faunas representativas de Mamíferos y debe precisarse a cuál de estas subdivisiones corresponde la base del Calabriense.

Se recomendó que esta subdivisión a zonación según las faunas de mamíferos se hiciera en el Centro-Sur de Francia y Levante español (Sistema Ibérico).

VIII COLOQUIO SOBRE ANALISIS POR ESPECTROMETRIA DE RAYOS X

Durante los días 11 al 15 de septiembre ha tenido lugar en Birmingham, Inglaterra, la celebración del VIII Coloquio sobre Análisis por Espectrometría de Rayos X.

El Coloquio, organizado por el Departamento de Instrumentación Analítica de Philips y Pye-Unicam, con la colaboración del Departamento de Geología de la Universidad de Birmingham, ha revestido especial brillantez desde el triple aspecto de organización, número de asistentes e importancia de las materias del programa y comunicaciones presentadas.

Este Coloquio ha sido la continuación de los celebrados en años anteriores en diversas ciudades de la Gran Bretaña, iniciados en el Imperial College de Londres en 1959. El propósito perseguido en estas reuniones ha sido la promoción del Análisis por Espectrometría de Rayos X.

La técnica empleada en esta rama del análisis químico es ampliamente conocida y aceptada en la Industria e Investigación, pero cada año surgen a la luz nuevas aplicaciones y problemas. Los límites de detección continúan siendo mejorados, pero al mismo tiempo otros procedimientos siguen también desarrollándose y complementando, en algunos casos, el proceso de análisis.

En el VIII Coloquio de Birmingham se han discutido aspectos teóricos y prácticos de la Espectrometría de Rayos X, colocándose esta técnica en perspectiva con los demás métodos analíticos. De forma particularmente destacada se han abordado temas específicos como: Instrumentación, Aplicaciones, Procedimientos de corrección del Efecto Matriz, Preparación de Muestras, Espectrometría por Rayos X no dispersivos, Sistemas de recuento, Precisión y Comparación con otras técnicas, etc.

VI CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA

Organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y por la Empresa Nacional "Adaro", se impartirá el VI Curso de Hidrogeología Aplicada. Dará comienzo el 17 de noviembre y se prolongará hasta el 5 de mayo de 1973. El plazo de matrícula se cerrará el próximo 30 de octubre. A lo largo del Curso se tratarán las materias siguientes:

Primera parte. Principios básicos.—Conceptos básicos en hidrogeología. El ciclo del agua en la naturaleza. El manto acuífero subterráneo. Hidrodinámica subterránea. Estructuras hidrogeológicas.

Segunda parte. Hidrogeología aplicada.—La realización de un estudio regional. Estudios hidrogeológicos de reco-

nocimiento. Síntesis de trabajos previos. La geofísica como auxiliar del hidrogeólogo. Sondeos de investigación. Bombas de ensayo. Cálculos cuantitativos. Balances. Modelos analógicos y matemáticos. Sondeos de captación. Aprovechamiento conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Calidad de las aguas. Precio del agua. Cartografía hidrogeológica.

Tercera parte. Problemas especiales.—Manantiales minero-medicinales. Hidrogeología de zonas kársticas. Recarga artificial. Contaminación de acuíferos. Acuíferos en contacto con el mar. Evacuación subterránea de residuos industriales.

CONTAMINACION

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTAMINACION

Se espera que concurrirán unos 20.000 visitantes, procedentes de una treintena de países, a la Exposición y Congreso Internacional sobre Ingeniería de la Contaminación, a celebrarse en Cleveland, EE. UU., del 4 al 7 de diciembre de 1972. Será la primera exhibición internacional sobre equipo para control de la contaminación a realizarse en EE. UU.

LEY HOLANDESA CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

En el otoño de 1971 ha entrado en vigor en Holanda una nueva ley contra la contaminación atmosférica. Faculta a las autoridades holandesas al cierre total o parcial de todas aquellas industrias cuya actividad contamine seriamente la atmósfera de la zona en que se encuentren enclavadas. Tanto en Rotterdam como en otras zonas holandesas de concentración industrial grande, se han establecido comisiones de vigilancia para llamar la atención de las autoridades sobre las contravenciones que se produzcan a dicha ley.

APARATOS DE LABORATORIO

NUEVO MICROSCOPIO ELECTRONICO.

Un microscopio electrónico de alta resolución, denominado EM-301, que sustituye al famoso EM-300, ha sido presentado recientemente por Philips.

El microscopio EM-301, que inaugura lo que podríamos llamar "tercera generación" de instrumentos, debido a su avanzada tecnología, incorpora la versatilidad y precisión de su predecesor, consiguiendo resoluciones

de 2 Å con un grado de amplificación de 500.000 aumentos sobre pantalla.

La mayoría de las innovaciones introducidas en el EM-301 tienen por objeto facilitar la labor del microscopista, hasta tal punto que el nuevo microscopio, a pesar de estar diseñado para su empleo en el campo de la investigación avanzada, carece de la complejidad de otros instrumentos y permite un gran rendimiento en el trabajo.

El EM-301 va provisto de un sistema de exposición y transporte de la película fotográfica totalmente automáticos. La presentación digital del grado de ampliación, no sólo de la imagen de la pantalla, sino también de la correspondiente a las cámaras fotográficas y monitor de TV cuando se emplea, convierte al EM-301 en el único instrumento que no requiere efectuar ningún cálculo para determinar la ampliación real de la imagen.

A fin de poder efectuar comparaciones con los resultados conseguidos al emplear microscopios ópticos convencionales, se ha reducido el límite inferior de ampliaciones a 100 veces.

Considerables avances se han introducido en los sistemas de vacío y alta tensión, así como en la estabilidad mecánica y térmica de la columna. Los circuitos electrónicos son de estado sólido, empleándose circuitos integrados para garantizar una mayor seguridad de funcionamiento.

ORGANIZACION Y PERSONAL

REORGANIZACION DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

La estructura orgánica de este Ministerio será la siguiente, según Decreto de 30 de junio ("B. O. del E." 8-7).

- Subsecretaría.
- Secretaría General Técnica.
- Dirección General de Minas.
- Dirección General de Energía.
- Dirección General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales.
- Dirección General de Industrias Químicas y de la Construcción.
- Dirección General de Industrias Textiles, Alimentarias y Diversas.
- Dirección General de Promoción Industrial y Tecnología.
- Consejo Superior.
- Delegaciones Provinciales.

El Instituto Nacional de Industria, con su régimen específico, está adscrito a este Departamento bajo la dependencia directa del titular.

Están también adscritos los siguientes organismos autónomos, con el régimen previsto en la Ley de 26-12-1958.

- Junta de Energía Nuclear, que dependa del titular.
- Patronato de Casas para funcionarios de este Ministerio, que dependerá de la Subsecretaría.
- Servicio de Publicaciones, que dependerá de la Secretaría General Técnica.

Podrán crearse agregadurías industriales en las representaciones diplomáticas que se estime conveniente.

Existirá un Consejo de Dirección que asistirá al Ministro en la elaboración de la política del Departamento. Estará presidido por el propio Ministro; su Vicepresidente será el Subsecretario, y formarán parte del mismo el Secretario General Técnico y los Directores Generales del Departamento.

Un Gabinete Técnico asistirá al Ministro en los asuntos que éste le encomiende y bajo su directa dependencia. Tendrá el rango de Subdirección General.

El Instituto Geológico y Minero pasa a ser Subdirección General dependiente de la Dirección General de Minas, con la estructura siguiente:

1. División 1.ª: Subdirección.
 2. División 2.ª: Secretaría General.
 - Departamento de Asuntos Generales.
 - Departamento de Documentación y Proyectos.
 - Departamento de Adquisiciones y Suministros.
 3. División 3.ª: Laboratorios y Servicios comunes.
 - Departamento de Geofísica.
 - Departamento de Laboratorios.
 - Departamento de Sondeos y Transportes.
 4. División 4.ª: Estudios y Cartografía Geológica.
 - Departamento de Cartografía.
 - Departamento de Paleontología.
 - Departamento de Estudios Geológicos.
 5. División 5.ª: Investigación Minera.
 - Departamento de Prospección de Minerales e Hidrocarburos y Combustibles Sólidos.
 - Departamento de Preparación de Minerales.
 - Departamento de Geoquímica.
 6. División 6.ª: Aguas Subterráneas.
 - Departamento de Estudios Hidrogeológicos.
 - Departamento de Aforos.
 7. División 7.ª: Geotecnia.
 - Departamento de Rocas Industriales.
 - Departamento de Mecánica de Suelos.
 - Departamento de Mecánica de Rocas.
 8. Comisión Nacional de Geología.
- Las Divisiones y Departamentos tienen nivel orgánico de Sección y Negociado, respectivamente.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

PRODUCTOS	1971 Diciembre	1972 Enero	1972 Abril	1972 Julio
ALUMINIO				
Nueva York (Centavos por libra)	29,—	29,—	29,—	25,—
Londres (Libras por Tm.)	261,80	261,80	261,80	220/225
CINCO				
Nueva York (Centavos por libra)	17,85	17,85	18/19	17/18
Londres (Libras por Tm.)	58/65	58/65	60/70	65/70
COBRE				
Nueva York (Centavos por libra)	46,—	49,50	52,75	49,90
Londres (Libras por Tm.)	395/403	411/412	412,—	417,—
ESTAÑO				
Nueva York (Centavos por libra)	175,—	172,—	184,50	180,—
MERCURIO				
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg.)	266,—	238,—	170/185	165/190
Londres (Libras por frasco de 34,5 kg.)	93/95	80/83	60/63	66/70
PLOMO				
Nueva York (Centavos por libra)	14,50	14,50	14,50/15,50	15/16
Londres (Libras por Tm.)	132,50	136,—	169,—	169,—
VOLFRAMIO				
Londres (Libras por Tm.)	19,75/21,50	16/17,50	15,50/16,50	15,50/16,25

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
174	13107	21-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Murcia.
177	13381	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de concesión de explotación minera, en la Delegación Provincial de Huesca.
177	13380	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Albacete.
177	13380	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Cáceres.
177	13381	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permisos de investigación, de la Delegación Provincial de Cádiz.
177	13381	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Córdoba.
177	13381	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Granada.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
177	13381	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación minera, en la Delegación Provincial de Madrid.
177	13381	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación, de la Delegación Provincial de Sevilla.
177	13382	25-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Teruel.
178	13419	26-VII-72	Ind.	ORDEN sobre renuncia de "Shell España, N. V." y "Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S. A." (CAMPESA) a cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en la Zona I (Península).
178	13420	26-VII-72	Ind.	RESOLUCIONES haciendo públicas cancelaciones de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Orense.
180	13588	28-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando la caducidad de concesiones de explotación minera, de la Delegación Provincial de Madrid.
180	13578	28-VII-72	Ind.	RESOLUCIONES publicando quedan suspendidos los derechos de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en los perímetros indicados, comprendidos en la provincia de Badajoz.
182	13785	31-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando la cancelación de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de León.
182	13785	31-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando el otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Salamanca.
182	13785	31-VII-72	Ind.	RESOLUCION publicando la cancelación de permisos de investigación, de la Delegación Provincial de Soria.
183	13874	1-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de concesiones de explotación minera.
183	13874	1-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación, de la Delegación Provincial de La Coruña.
183	13874	1-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permisos de investigación minera.
184	13969	2-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de concesión minera, de la Delegación Provincial de Oviedo.
184	13970	2-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de concesión de explotación minera, de la Delegación Provincial de Teruel.
184	13968	2-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación, de la Delegación Provincial de Jaén.
184	13969	2-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Lérida.
184	13970	2-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Pontevedra.
184	13971	2-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Zamora.
195	15008	15-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Ciudad Real.
196	15055	16-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Zamora.
197	15140	17-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Avila.
197	15141	17-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Burgos.
197	15141	17-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de La Coruña.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
197	15141	17-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Lugo.
197	15141	17-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Navarra.
197	15141	17-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Zaragoza.
198	15239	18-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de concesiones de explotación minera, de la Delegación Provincial de Salamanca.
198	15238	18-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Barcelona.
198	15239	18-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Toledo.
198	15239	18-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Valencia.
199	15322	19-VIII-72	Ind.	ORDEN concediendo la primera prórroga para el permiso de investigación de hidrocarburos situado en Zona I (Península), denominado "Villasante".
200	15399	21-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Burgos.
200	15399	21-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando otorgamiento de permisos de investigación, de la Delegación Provincial de Cuenca.
200	15399	21-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando caducidad de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Murcia.
208	15944	30-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando cancelación de permiso de investigación minera, de la Delegación Provincial de Pontevedra.
208	15943	30-VIII-72	Ind.	RESOLUCION publicando queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en perímetro indicado, comprendido en la provincia de La Coruña.
214	16355	6-IX-72	Ind.	ORDEN adjudicando a la Empresa Nacional "Minas de Almagrera, Sociedad Anónima", la explotación de minerales de plomo y espato flúor de la reserva definitiva a favor del Estado "Laujar I", comprendida en el área de reserva provisional "Sierra de Gádor" (Almería).
V A R I O S				
179	13476	27-VII-72	O. P.	RESOLUCION autorizando al Ayuntamiento de Jimena de la Frontera (Cádiz) para aprovechar aguas subálveas del río Guadiaro, en su término municipal, con destino al abastecimiento de la barriada de San Martín de Tesorillo.
179	13476	27-VII-72	O. P.	RESOLUCION autorizando a don Felipe Cruzado Mancera para aprovechar aguas subálveas del río Guadalhorce, en término municipal de Alora (Málaga), con destino a riegos.
181	13666	29-VII-72	O. P.	RESOLUCION publicando la autorización de un alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de montes de propios del Ayuntamiento de Guía de Isora (Tenerife) a favor de la Comunidad de Aguas "Salto Gutiérrez".
192	14696	11-VIII-72	O. P.	POLICIA de Aguas y sus Cauces. Reglamento.—Corrección de errores del Decreto 1375/1972, de 25 de mayo, por el que se modifican los capítulos IV y V del Reglamento de Policía de Aguas y sus Cauces de 14 de noviembre de 1958.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
197	15139	17-VIII-72	Ind.	DECRETO constituyendo la Sociedad para el Desarrollo Industrial de Galicia (SODIGA).
198	15237	18-VIII-72	Ind.	RESOLUCION autorizando la inclusión en la Lista Oficial de Explosivos Industriales para Usos Civiles de productos y artificios explosivos fabricados por "Explosivos Alaveses, S. A."
203	15595	24-VIII-72	O. P.	RESOLUCION publicando la rehabilitación otorgada al Ayuntamiento de Tarragona de una concesión que le fue otorgada para aprovechar aguas subálveas del río Francolí, en término municipal de Tarragona, con destino al abastecimiento de la citada población.
204	15675	25-VIII-72	O. P.	RESOLUCION publicando la concesión otorgada a doña Luisa Birkinshaw Nieto e hijos de un aprovechamiento de aguas subálveas del arroyo del Chopo, en término municipal de Marbella (Málaga), con destino a abastecimiento.
204	15693	25-VIII-72	Com.	DECRETO concediendo a la firma "Marítima Comercial, S. A.", el régimen de admisión temporal para la importación de preconcentrados de mineral a utilizar en la obtención de concentrados de estaño y volframio con destino a la exportación.
209	16005	31-VIII-72	O. P.	RESOLUCION concediendo autorización a la "Compañía Urbanizadora Costa Brava, S. A.", para aprovechar el caudal continuo de 3,47 litros por segundo de subálveo de la riera de Canyellas, con destino al riego y usos domésticos, en término de Lloret de Mar (Gerona).
210	16061	1-IX-72	O. P.	RESOLUCION concediendo autorización al Ayuntamiento de Zurgena (Almería) para aprovechar aguas subálveas del río Almanzora, en su término municipal, con destino al abastecimiento de la población.
210	16062	1-IX-72	O. P.	RESOLUCION publicando concesión otorgada a don José Lleopart Adam para aprovechar aguas subálveas del río Gurri, en el término municipal de Santa Eugenia de Berga (Barcelona), con destino a atenciones ganaderas de una granja sita en tierras de su propiedad.
210	16063	1-IX-72	O. P.	RESOLUCION concediendo autorización al Ayuntamiento de Manilva (Málaga) para aprovechar aguas subálveas del río Manilva, en tu término municipal, con destino a abastecimiento.
210	16063	1-IX-72	O. P.	RESOLUCION concediendo autorización a don Jesús Tristany Reig para aprovechar aguas subálveas de un torrente innominado, en término municipal de Naves (Lérida), con destino a usos domésticos, excepto bebidas, y atenciones de ganado.
RESERVAS				
174	13105	21-VII-72	Ind.	ORDEN subdividiendo en bloques el denominado "F" en la Orden ministerial de 17 de junio de 1971 ("Boletín Oficial del Estado" de 3 de agosto) de la reserva a favor del Estado "Málaga".
178	13419	26-VII-72	Ind.	ORDEN prorrogando la reserva provisional a favor del Estado "Ampliación a 530" (Avila), para minerales radiactivos, con reducción de la superficie inicial y con la nueva denominación de "Avila 530-4", a petición de la Junta de Energía Nuclear.
198	15237	18-VIII-72	Ind.	CORRECCION de erratas de la Orden de 22 de junio de 1972 por la que se subdivide en bloques el denominado "F" en la Orden ministerial de 17 de junio de 1971 ("Boletín Oficial del Estado" de 3 de agosto) de la reserva a favor del Estado "Málaga".
211	16124	2-IX-72	Ind.	ORDEN autorizando la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el perímetro denominado "Zona Gijón", de la provincia de Oviedo.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

PIERRE FEUILLÉE: *Las calcaires biogeniques de L'Albien et du cenomanien pyreneo-cantabrique: problemes d'environnement sedimentaire*. Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology Elsevier Publishing Company, Amsterdam, IX, 1971, págs. 277 a 311.

Intenta el autor, dar una interpretación de las condiciones de formación y de los medios de sedimentación, de los conjuntos carbonatados del Albense y del Cenomanense de la zona pireneo-cantábrica, planteando importantes problemas paleogeográficos y sedimentológicos.

El contenido biogénico de estos conjuntos, una variada gama de organismos y de restos bioclásticos, rudistos, políperos, algas, orbitolinas, prealveolinas, así como la textura de la matriz o del cemento que lo engloban, obligan a un estudio crítico de la apelación dada de recifal o de pararecifal, generalmente de una manera un poco prematura y sin transferencia a este tipo de calizas.

La interpretación paleogeográfica y sedimentológica reposa aquí sobre todo sobre un estudio de la distribución y disposición de las diferentes facies carbonatadas, en relación con las formaciones vecinas. La arquitectura del conjunto está definida, el análisis de las principales microfacies permite definir el papel de los organismos en la formación de las calizas biogénicas, deducir las condiciones dinámicas del depósito y por comparación con las formaciones actuales, intentar de encontrar un "modelo sedimentológico".

El autor llega así a las conclusiones siguientes: 1.ª) En el Albense los constituyentes bióticos (rudistos, algas litotamiadas, estromatoporides) han sido capaces de erigir estructuras durables: crestas arrecifales o bancos arrecifales (asimilables a una barrera de arrecifes o fragmentos de arrecifes, según el caso). Este tipo de sedimentación, réplica exacta de la sedimentación "urgoniana" del Cretáceo, inferior, ha quedado estable mientras que no fueron modificados los factores climáticos, motor de aporte terrígeno continental. 2.ª) Un Cenomanense, instaura una unidad inestable sedimentaria, que ha dado conjuntos diferentes. Los factores tectónicos (movimientos tectónicos antecenomanenses) no han permitido en los Pirineos vascos más que la sola conservación de brechas arrecifales de rudistos; han provocado así la diseminación del material carbonatado en las series más profundas de las facies flysch. Sobre los bordes del viejo continente de la Meseta, los organismos jamás han conducido a "construcciones", pero ellos solamente han estado acumulándose bajo forma de detritus, sobre plataformas marginales (rudistos, prealveolinidos, algas). Esto es una prueba más de la influencia de los factores "edáficos": la trasgresión marina ma-

yor del Cenomanense modifica el efecto sin cesar las condiciones batimétricas y dinámicas.

Se desarrollan los conjuntos diversificados a partir de constituyentes bióticos casi idénticos y todos ellos activos y numerosos.—L.

LUIS SOLÉ SUGRAÑÉS: *Nota sobre una discordancia en el Eoceno medio del prepireneo oriental*. Acta Geológica Hispánica, año VII, núm. 1, págs. 1-6, enero-febrero 1972.

Describe el autor las características estratigráficas del Eoceno del borde sur prepirenaico en el sector de los valles del Llobregat, Berga, Cardoner, Sant Lorenzo de Morunys en la provincia de Barcelona, caracterizándose una importante discordancia angular en el Eoceno medio, de edad biarrizense, que separaría dos fases tectónicas distintas. Una fase luteciense con pliegues orientados NE-SW y una fase priaboniense-oligoceno con pliegues orientados EW con fuerte vergencia al S.—L.

P. FEUILLÉE y P. RAT: *Structures et paleogeographies pyreneo-cantabriques*. Extrait de l'ouvrage histoire structurale du golfe de Gascogne. Paris, 1972.

El sistema pirinaico se continúa netamente hacia el oeste en el País Vasco de España y no forman el límite la desaparición de los afloramientos bajo el mar al noroeste de Bilbao. La estructura actual debe ser considerada a la luz de los acontecimientos que han creado las geografías sucesivas; así, siguiendo la evolución paleogeográfica a partir del jurásico superior, se ve el dominio pirenaico occidental (situado a caballo sobre la frontera franco-española al oeste del desmantelamiento de la zona axial) se individualiza progresivamente y se somete a las influencias asturienses y celtibéricas. En esta evolución el papel del subasamento herciniano es siempre sensible; su fracturación en bloques (eventualmente con direcciones longitudinales pireneo-ibéricas y accidentes transversos) ha condicionado los dispositivos paleogeográficos, así como la estructuración pirenaica. Todo esto, ha dado lugar al nacimiento de una serie de movimientos verticales (fin del Jurásico, Cretáceo medio, y fin de Cretáceo) que parecen haber sido definitivamente adquiridos en tres fases de compresión: Eoceno superior, ante-Aquitaniense y ante-Vindoboniense. Los dos últimos reagrupan, en un edificio montañoso único (cadena pireneo-cantábrica) los dos sistemas pirenaicos y asturienses con una historia y estilo diferentes.—L.

FERNANDO MELÉNDEZ HEVIA: *El cretácico superior-terciario inferior de la serranía de Cuenca y la sierra de Altomira. Ensayo de correlación.* Acta Geológica Hispánica, año VII, núm. 1, págs. 12-14, enero-febrero 1972.

Describe los caracteres generales del cretácico superior terciario inferior de esta región, realizando su correlación litoestratigráfica.—L.

TELASCO GARCÍA CASTELLANOS: *Influencia de los conocimientos geológicos en la cultura europea del siglo XIII.* Academia Nacional de Ciencias, "Miscelánea", núm. 50, Córdoba (Argentina), 1972.

El autor pretende destacar la influencia que han tenido los estudios geológicos ejecutados hasta el siglo XVIII inclusive, sobre las manifestaciones culturales de la Europa de aquella centuria, cuyas publicaciones efectuadas por notables personalidades de las ciencias y de las letras, puede decirse que han tenido el carácter de trascendentes.

Sólo ha elegido aquellos autores que no fueron propiamente especialistas en el conocimiento de la ciencia de la Tierra, pero sí, en cambio, pertenecen al grupo de distinguidos pensadores o cultivadores de las letras. Por este motivo no figuran los nombres de algunos investigadores, que en un sentido amplio, puede titularse como "profesionales" de la geología.

Concluye el trabajo con el siguiente párrafo: Pero este cuadro descarnado, aunque sólido, no es más que la calavera de una hermosa concepción humana. Faltaba darle a la Tierra, lo que el siglo XVIII hizo, un ropaje y un espíritu. Todo ello completado por los pensadores, literatos y vates que ha analizado el autor. Sólo así se ha podido asegurar que es el género humano el propietario de nuestro amado planeta.

Completa el trabajo una reseña bibliográfica de quince citas.—L. DE A.

E. WALTER: *La formation et la recherche intégrées en géologie appliquée en Arabie Saoudite.* Nature et resources, vol. VIII, núm. 1, págs. 15-20, enero 1972.

El autor llega a las conclusiones que debe reunir un Centro de Información y de Investigación de geología aplicada, en un país en vías de desarrollo y por ello consideramos interesante reproducirlas.

1.º Ofrecerá posibilidades diversificadas de estudio de las investigaciones muy avanzadas en las principales subdisciplinas de la geología aplicada. Su estructura y su personal, deberán estar adaptados a las necesidades particulares del punto en que se establece dicho Instituto.

2.º Las actividades serán integradas de tal suerte, que el provecho que llevará una subdisciplina de investigación y de formación, esté sistemáticamente enlazadas con las otras.

3.º Su articulación administrativa será de tal manera que no se limiten sus actividades en materia de formación y de investigación, gracias a su enlace con la Escuela de Petróleo y Minerales y con los mineros conducirá a asegurar una formación y servicios correspondientes a los intereses principales de los utilizadores y del conjunto de la economía del país. Los principales utilizadores de sus disciplinas o beneficiarios de entidades, serán representados adecuadamente en su órgano director.

4.º El Centro será al menos parcialmente financiado autónomamente.—L. DE A.

PALEONTOLOGÍA

JUANA MARÍA GOLPE POSSE: *Suiiformes del terciario español y sus yacimientos* (Resumen). Acta Geológica Hispánica, año VII, núm. 1, págs. 18-21, enero-febrero 1972.

Presenta este trabajo, como el primer estudio de conjunto de los Suiiformes en España. Ha consultado el autor alrededor de unos mil doscientos ejemplares repartidos en ochenta yacimientos dentro del ámbito nacional, que se sitúan desde el Cuisiense (Eoceno) hasta el Plioceno.—L.

Origine de l'homme moderne. Publicación en inglés y francés, con resúmenes en francés e inglés. Colección Ecologie et conservation, núm. 3, 1972.

La cuestión del origen del hombre y las relaciones con los cambios del ambiente, constituye entre todos los problemas ecológicos, probablemente el que despierta más curiosidad. Se carece de una idea moderna clara de la manera como el hombre moderno ha aparecido, después de investigaciones realizadas durante largo tiempo y de los descubrimientos importantes en el dominio de la antropología, de la geología cuaternaria, de la prehistoria, etc. En la celebración del VIII Congreso de la Unión Internacional del Cuaternario (INQUA), ha dado a la UNESCO la ocasión de aportar una contribución a estos trabajos, organizando con el concurso de INQUA un coloquio sobre el origen del hombre moderno, que tuvo lugar en la sede de la UNESCO del 2 al 5 de septiembre de 1969.

El objeto que se perseguía con él, era triple: poseer exactamente el problema sobre el plan científico, entender sobre lo que nosotros sabemos y sobre lo que ignoramos y ensayar de conciliar los puntos de vista a veces divergentes de la paleontología humana, de la prehistoria

y de la geología cuaternaria. En dichas reuniones se presentaron 31 comunicaciones encuadradas en las tres secciones siguientes: Evolución física del hombre, Evolución cultural, Ambiente natural y datación.

La publicación a que nos referimos recoge los trabajos presentados con ocasión de esta reunión, así como las discusiones mantenidas durante la misma.—L. DE A.

LUIS VÍA BOADA: *Crustáceos decápodos del eoceno español.* Pirineos, núms. 91-94, 479 págs. y 39 láminas. Jaca, 1969.

La memoria que reseñamos, es la tesis doctoral de don Luis Vía Boada, fue premiada con el premio Alonso Herrera del curso 1959 y publicada diez años después en la Revista Pirineos.

Consta de dos partes: Descripción, determinación y estudio del material español. La fauna carcínica del Eoceno español en relación con la fauna carcínica de las demás cuencas eocénicas.

En la primera parte describe, determina y revisa todos los materiales carcínicos del eoceno español que ha podido reunir o que de un modo u otro han llegado a su alcance.

Las conclusiones de los resultados de sus investigaciones de la parte primera se pueden resumir en los cinco apartados siguientes:

a) De la revisión de todas las referencias o determinaciones sistemáticas anteriores resultan 19 formas válidas a las que se añaden 23 más.

b) Del total de las 42 formas reconocidas y que ha descrito y estudiado detenidamente, 23 son nuevas para la ciencia. Tres de estas nuevas formas—Lobocarcinus catalaunicus, Menippe almerai y Neptunus catalaunicus—habían sido descritos con anterioridad, pero las 20 restantes las describe ahora por primera vez.

c) De los 27 géneros representados por la totalidad de las formas, tres son de nueva creación—Eocalcinus, Harpactoxanthopsis y Retrocyopoda—y también les describe detenidamente por primera vez.

d) De los restantes géneros ya conocidos ha realizado una revalorización taxonómica y paleogeográfica por el simple hecho de atribuirles las numerosas nuevas especies descritas y por la localización de restos españoles de las formas ya existentes, anteriormente reconocidas en otros países.

e) Ha resumido y revisado la diagnosis de cada uno de dichos géneros a la luz de nuevos materiales—generalmente abundantes y en buen estado de conservación—y con un amplio criterio sistemático basado, en lo posible, en la comparación de los restos fósiles con las formas actualmente vivientes. A este respecto considera como de sumo interés objetivo las aportaciones hechas al estudio de los géneros Callianassa, Ctenochele, Lophora-

nina, Stenodromia, Hepaticiscus, Typilobus, Micromaia, Periacanthus, Colneptunus, Menippe, Xanthopsis Ommatocarcinus y Retropluma.

Para la investigación de la segunda parte aprovecha los datos contenidos en la copiosa literatura carcinológica consultada por el autor para la elaboración de un catálogo con el que completa y pone al día el correspondiente al general de Glaessner aparecido en 1929.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

a) Resumen del desarrollo en el tiempo y en el espacio de los 104 géneros representados por dichas formas.

b) Repartición geográfica, según las grandes cuencas eocénicas mundiales de los restos de decapodos hasta el presente reconocidos.

c) Encuadramiento de la fauna carcínica española en el marco de la fauna carcínica mundial, con el objeto de determinar sus posibles analogías o diferencias en relación con la representación carcínica de los restantes países, especialmente de los más inmediatos a la Península.

Son muchas las conclusiones que pueden derivarse de los resultados enumerados, desde el punto de vista de la repartición y migración de faunas, destacando las siguientes:

1. Nuestra zona Norte correspondería a una expansión meridional—cántabro-vasco-navarro-aragonesa-catalana—de la gran cuenca eocénica atlántica de Aquitania.

2. Las zonas NE y E están integradas por una fauna carcínica típicamente mediterránea, constituida por géneros y especies que suelen coincidir en las zonas clásicas del Vicentino, Hungría, Alpes Nórdicos, etc., pero que en dichas dos zonas españolas tienen una repartición cuantitativa y cualitativa bastante desigual.

3. Esta desigualdad de la fauna carcínica parece también traducirse en las demás faunas e incluso en los caracteres litológicos predominantes, como se indicó en la primera parte al tratar del género Lophoranina.

4. Sugiere la idea de que durante los tiempos eocénicos las dos zonas catalana y levantina constituyan en un determinado momento, dos dependencias distintas—dos biótopos distintos, con sendas biocenosis y litofacies—de una misma gran cuenca mediterránea.

Completan la obra una amplia bibliografía, 39 láminas y una interesantísima aportación de gráficos y dibujos paleontológicos.—L. DE A.

ESTRATIGRAFIA

J. ROSSELL SANUY, A. OBRADOR y J. M. PONS: *Significación sedimentológica y paleogeográfica del nivel arcilloso con corales del senoniense superior de los alrededores de Pobla de Segur* (provincia de Lérida). Acta

Geológica Hispánica, año VII, núm. 1, págs. 7-11, enero-febrero 1972.

Describen las facies del nivel arcilloso con corales del Cretácico superior de los alrededores de Poblá de Segur y dan una interpretación a la génesis sedimentológica del mismo, encuadrada en la evolución paleogeográfica regional.—L.

G. FLOR: *Estudio de las microfacies entre Puente-Viesgo y Ontaneda (Santander)*. Acta Geológica Hispánica, año VII, núm. 1, págs. 15-17, enero-febrero 1972.

Estudia el autor las microfacies del Jurásico marino entre Puente-Viesgo y Ontaneda, así como las del tránsito Jurásico-Cretácico en una amplia zona, con la reconstrucción paleogeográfica. Destaca una identidad marina durante dicho tránsito, que en el resto de la región está representada por facies típicamente salobres.—L.

CRIADEROS

JUAN ANTONIO CAMPÁ-VIÑETA, CARLOS CUADRAS-AVELLANA y JOAQUÍN MONTORIOL POUS: *Aplicación del análisis canónico al estudio de la mineralización del yacimiento de Osor (Gerona)*. Acta Geológica Hispánica, Año VII, núm. 1, págs. 29-32, enero-febrero 1972.

Los autores efectuaron el análisis canónico de la mineralización de Osor con 78 muestras de 7 variables (las cantidades en ppm de los elementos menores siguientes: Ba, Y, Fe, Zn, Cu, Mn, Si). El estudio les ha permitido establecer: 1) la mineralización en apariencia homogénea, presenta zonas de génesis diferentes; 2) en cada filón las condiciones de deposición varían con la profundidad; 3) dos filones, aparentemente iguales, muestran diferentes procesos genéticos.—L.

HIDROLOGIA

AGUSTÍN JANSÁ CLAR: *Investigación del máximo pluviométrico de España peninsular*. Revista de Geofísica. Vol. XXX, núms. 3 y 4, págs. 173-250, 1971.

Expone el autor las teorías referentes a las influencias orográficas en la precipitación, selecciona zonas de precipitación abundante en España Peninsular y describe el método estadístico-climatológico utilizado en la segunda parte (homogeneización, correlación, precipitación-altura, mapas de isonómalas, etc.).

En la segunda parte investiga los valores máximos de precipitación correspondientes a nueve zonas seleccionadas. En cada una de ellas hace una reseña geográfica y climatológica y describe la aplicación a ella del método estadístico, así como la elaboración de los mapas correspondientes.

En la tercera parte, entresaca como conclusión, los lugares más lluviosos de España Peninsular y los valores de estos máximos.—L. DE A.

VULCANOGRAFIA

DR. P. BAKER: *Arcos de islas volcánicas*. Revista de Geofísica, vol. XXX, núms. 3 y 4, págs. 277-284, 1971.

Las cadenas de arcos volcánicos y sus vecinas fosas submarinas son una de las características estructurales más notables de la corteza terrestre. Aunque son mayormente típicas de las márgenes del Océano Pacífico, se extienden también por toda Indonesia y existen algunas en el Caribe, en el Mediterráneo y en los mares de Escocia. Desde el punto de vista geológico, estos archipiélagos están agrupados junto con las montañas de plegamiento jóvenes, tales como los Andes, en los modernos cinturones orogénicos, donde la corteza terrestre está experimentando grandes transformaciones y en los que están apareciendo nuevas cadenas de montañas.—L.

GEONUCLEONICA

J. DELHAL y D. LEDENT: *Agés U/Pb et Bb/Sr et rapports Initiaux du strontium du complexe gabbro noritique et charnockitique du bouclier du kasai (Republique Democratique du Congo et Angola)*. Annales de la Société Geologique de Belgique. T. 94, págs. 211-221, 1971.

La charnoquitización está datada por la técnica U/Pb (2865 m.a.) del zircón y de la monazita de gneises enderbíticos y charnoquíticos y por la técnica Rb/Sr (2850 ± 120 m.a.) de rocas hololeucocratas a mesopertitas asociadas a los gneises.

La relación Sr^{87}/Sr^{86} inicial de las rocas hololeucocratas (0,6976 ± 0,0054) es inferior a la de los gneises enderbíticos y charnoquíticos y las paragneis con granate (0,709 a 0,703). Esto sugiere que las rocas hololeucocratas resultan de un aporte juvenil en la época de la charnoquitización, mientras que los diversos gneises tienen un origen más antiguo de los 2850 m.a.

Esta distinción entre materiales persistente y juvenil, está de acuerdo con la textura geológica general y especialmente con la presencia de rocas de al menos

3300 m.a. en una región vecina del complejo charnoquítico. Una edad de 2350 ± 50 m.a. obtenida sobre dos biotitas de charnoquitas data una etapa del ascenso del complejo.—L. DE A.

J. DELHAL, D. LEDENT, P. PASTEELS y J. VENIER: *Etude du comportement isotopique des systemes Rb/Sr et U/Pb dans le granite hyperalcalin de noqui (Republique Democratique du Congo et Angola)*. Annales de la Société Geologique de Belgique. T. 94, págs. 223-236, 1971.

La edad de la formación del granito hiper-alcalino de Noqui no puede ser precisada por análisis de tres fracciones de zircón rico en plomo común. Tiene un mínimo de alrededor de 760 m.a.

Las isocronas establecidas por el método Rb/Sr ponen en evidencia dos fases importantes de rehomogeneización isotópica del estroncio que no se traducen por ningún fenómeno discernible petrográficamente. La una de 533 ± 11 m.a. (R.i. 0,8633) afecta completamente el conjunto de rocas del macizo. La otra de 450 ± 9 m.a. (R.i. 1,2864) afecta los diferentes minerales (argilita y feldespato) de la muestra, la más alcalina.

Por relación a la orogenesis congoliana oeste que es la última afecto a la región y donde la última fase tectónica es un poco anterior a 620 m.a. sus dos fases de rehomogeneización y los estados de movilidad intermedia, son posiblemente jalones de un lento ascenso post-tectónico del conjunto de la región que marca para las diferentes muestras de granito, un cierre del sistema Rb/Sr tanto más tardío cuanto sus caracteres hiper-alcalinos son más acentuados. La edad de 450 m.a. coincide con la edad más moderna registrada por las biotitas en toda la región sometida a la orogenesis oeste congoliana.—L. DE A.

L. CAHEN, A. FRANÇOIS y D. LEDENT: *Sur l'age des uraninites de kambove ouest et de kamoto principal et revision des connaissances relatives aux mineralisations uraniferes du Katanga et du copperbelt de Zambia*. Annales de la Société Geologique de Belgique. T. 94, páginas 185-198, 1971.

Dos especies de óxido de uranio, uno de Kambove del Oeste y el otro de Kamoto "principal" han conducido respectivamente a edades de 555 ± 10 m.a. y de ≥ 582 ± 15 m.a. Estos nuevos resultados permiten una mejor interpretación de los datos ya publicados (Cahen y otros, 1961). En una zona norte coexisten varias generaciones (≥ 706 m.a., 670 ± 20 m.a., 620 ± 10 m.a., 555 ± 10 m.a. y 520 ± 20 m.a.) derivadas unas de otras por removilización. Esta de ≥ 706 m.a. no es necesariamente original pero su localización primera podría haber sido muy profunda; la de 620 m.a. es la principal mientras que la de

520 m.a. es accesoria. En una zona sur, las generaciones siguientes coexisten: 520 ± 20 m.a., 468 ± 15 m.a., 365 ± 40 m.a. y 235 ± 30 m.a. La principal es la de 520 m.a. que es acompañada de numerosos sulfuros y donde el foco se encuentra con el similar de la frontera Congo-Zambia. En las capas de la parte occidental de la "zona del cobre" las mineralizaciones de ≥ 582 m.a. y de 520 m.a. deben ser consideradas como removilizadas a partir de las mineralizaciones anteriores a los acarreo. En el conjunto de las mineralizaciones uraníferas corresponden a dos elevaciones momentáneas y parcialmente locales de temperatura en un contexto regional en curso de enfriamiento.—L. DE A.

L. CAHEN y N. J. SNELLING: *Donnees radiometriques nouvelles par la Methode potassium-argon existence d'une importante elevation post-tectonique de la temperature dans les couches katangiennes du sud du Katanga et du copperbelt de la Zambia*. Annales de la Société Geologique de Belgique. T. 94, págs. 199-209, 1971.

Obtienen una edad aparente de 483 ± 15 m.a. para las lavas de Katanga central, que son anteriores al "Petit Conglomerat" de la base del Kundelungue medio. Esta edad aparente es inferior y difícil de interpretar, dado que en esta región, ningún acontecimiento es conocido que explique una pérdida de argón de esta importancia.

Las edades aparentes de 510 ± 10 m.a. se obtienen sobre hornablendas de gabros y de otras rocas postectónicas de Katanga meridional, sobre manifestaciones gabroicas pre-tectónicas de Zambia y sobre biotitas de rocas diversas en Katanga y en Zambia.

Consideradas simultáneamente la existencia de una mineralización uranífera datada en 520 ± 20 m.a. en la misma región (Cahen, François, Ledent, 1971) y la de un metamorfismo postectónico (Belliere 1961) los datos argón-potasio indican la existencia de una elevación de temperatura que afecta la mayor parte de Katanga meridional y del Copperbelt de Zambia. Discuten brevemente la naturaleza de estos fenómenos.—L. DE A.

J. M. LEGRAND: *Precisions sur l'evolution du cycle birrimien obtenues par de nouvelles mesures d'ages par la methode U/Pb sur des zircons de granites eburneens de haute volta*. Annales de la Société Geologique de Belgique. T. 94, págs. 237-248, 1971.

Por relación a la edad Rb/Sr reconocida precedentemente de 2.100 m.a. máximo para la orogénesis birrimense, el autor pone en evidencia una fase preorogénica de 2.170 m.a. caracterizada por la puesta en sitio de plutones dioríticos y granodioríticos (tipo Bondoukou) que pueden en las zonas de débiles metamorfismos, haber resistido la gneisificación birrimense.

Un estudio morfológico de los zircones muestran que esta intrusión (granito de Nobere) pueden asimilar material antebirriense.

La comparación con los resultados obtenidos en Nigeria, conducen a pensar que pueden haber un desplazamiento del geosinclinal del Este al Oeste sobre 100 m. a. L. DE A.

L. CAHEN, J. DELHAL y S. DEUSCH: *Nouvelles donnees sur l'age et la petrogenese des granites post-tectoniques de la chaîne kibarienne, republique democratique du Congo*. Annales de la Societé Geologique de Belgique. T. 94, págs. 179-183, 1971.

Con motivo de trabajos anteriores (Cahen, Delhal, Deutsch, 1967) estudiaron tres tipos de granitos de la cadena Kibariana de Katanga central: A) los granitos precoces gneisificados (1294 ± 39 m. a.; Ri: 0,707). B) los gneises graníticos sintectónicos (1300 ± 127 m. a.; Ri: 0,704). E) los granitos postectónicos (947 ± 26 m. a. y 906 ± 3 m. a.; Ri: 0,726 y 0,722).

Los datos nuevos concernientes al Macizo de los Montes Bia, muestran en una gráfica de Nicolaysen, que los puntos representativos de una muestra de tipo A no modificado mineralógicamente (roca total, microclino, plagioclasa) y de una muestra del mismo tipo afectada por un hidrotermalismo ulterior (roca total, microclino), se alinean con los (roca total microclino) de un granito postectónico de tipo C sobre un isocromo de 921 ± 24 m.a. con un Ri de $0,7277 \pm 0,0018$.

Estos resultados ilustran la hipótesis dada anteriormente, según la cual, la relación inicial relativamente elevada de granitos postectónicos puede proceder enteramente o en parte de gneises del tipo A. Esto pone en evidencia un caso de migración y de reomogneización isotópica sin modificaciones texturales o mineralógicas.—L. DE A.

GEOFISICA

C. GAIBAR-PUERTAS: *Algunas características y periodos evidenciados en el W. de Europa para la variación secular de la dirección geomagnética*. Vrania, núm. 273. Tarragona, 1971.

Diversas fuentes de información indirecta han permitido recapitular para la declinación geomagnética de San Fernando (España) una serie de valores adecuadamente

escalonados entre los siglos xv y xix. Con ellas se establece con bastante precisión, las épocas inherentes a las principales efemérides de la variación secular: paso de la línea agónica máximas elongaciones oriental y occidental alcanzadas por el extremo N. de la aguja imanada, etc.

Lo mismo que en los casos de París y Londres, la magnitud de los gradientes medios anuales de la variación secular experimenta en San Fernando una ostensible disminución durante los períodos en que presentan signo positivo (es decir cuando, durante su lento desplazamiento secular el extremo N. de la aguja imanada se dirige desde el W. hacia el E.); con muy ligeras discrepancias individuales, su valor medio es de +6,9 frente al de -8,9 alcanzado cuando aquel extremo de la aguja se dirige desde el E. hacia el W. Concomitantemente, en los tres observatorios se advierte que la variación secular es occidental o negativa durante períodos equivalentes al duplo de los caracterizados por el signo oriental positivo. Todo ello parece sugerir que en el bloque norteamericano el Polo surmagnético encuentra mayor receptividad que en el bloque siberiano.

Entre los siglos xv y xix, las principales efemérides para la variación secular de la declinación geomagnética fueron registradas en primer lugar por el observatorio más occidental (San Fernando) y en último término por el observatorio más oriental (París); contrariamente, desde la segunda mitad del siglo xix, tales efemérides se desplazan en sentido contrario alcanzando primeramente a París y en último lugar a San Fernando. La interpretación de esta inversión parece obvia admitiendo que el foco isopórico euroasiático experimentó una contracción o sístole durante los siglos xv a xix mientras que, hace poco más de un siglo, inició un proceso de expansión o diástole.

La amplitud o discrepancia total entre las máximas elongaciones oriental y occidental registradas por la declinación geomagnética no parece vinculada a las longitudes geográficas o geomagnéticas en que se ubican los observatorios. Contrariamente, las máximas elongaciones boreal y austral alcanzadas por la inclinación geomagnética parecen vinculadas con las latitudes geográficas o geomagnéticas pues sus amplitudes aumentan paralelamente a las colatitudes de los correspondientes observatorios.

La totalidad de las referencias disponibles para la Declinación e Inclinación geomagnética sugieren periodos de quinientos tres años en París, de quinientos sesenta y un años en Londres y de quinientos ochenta y tres años en San Fernando. Claramente representativos para el borde occidental de Europa, estos valores indican para la variación secular de la dirección geomagnética un período muy próximo a quinientos cincuenta años.—L.

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

Espectrometría de absorción atómica.

Espectrografía mediante placas fotográficas.

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 Micropalontología.

Geotecnia.

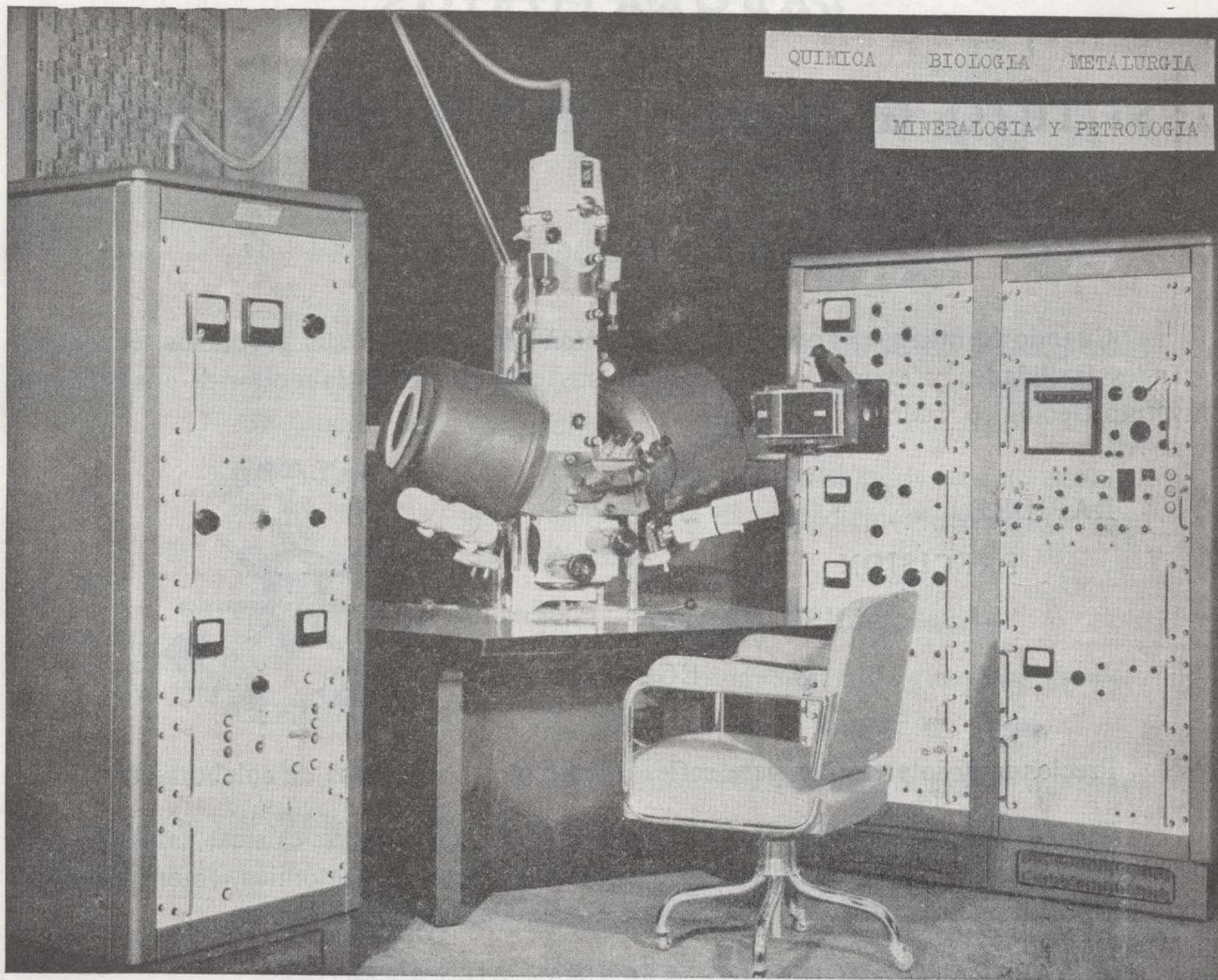
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELEF. 254 22 00

MADRID - 3

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