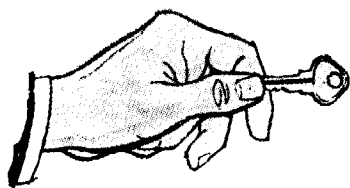




**McKEE - CTIP LLEVA A CABO ESTOS SERVICIOS**

- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD
- DISEÑO DE LA INSTALACION
- INGENIERIA DE DETALLE
- COMPRAS Y EXPEDICION
- CONSTRUCCION
- PUESTA EN MARCHA

**EN INSTALACIONES COMO ESTA**



**...y al terminar le entregamos las llaves**

**McKEE SIRVE ESTAS SIETE INDUSTRIAS:**

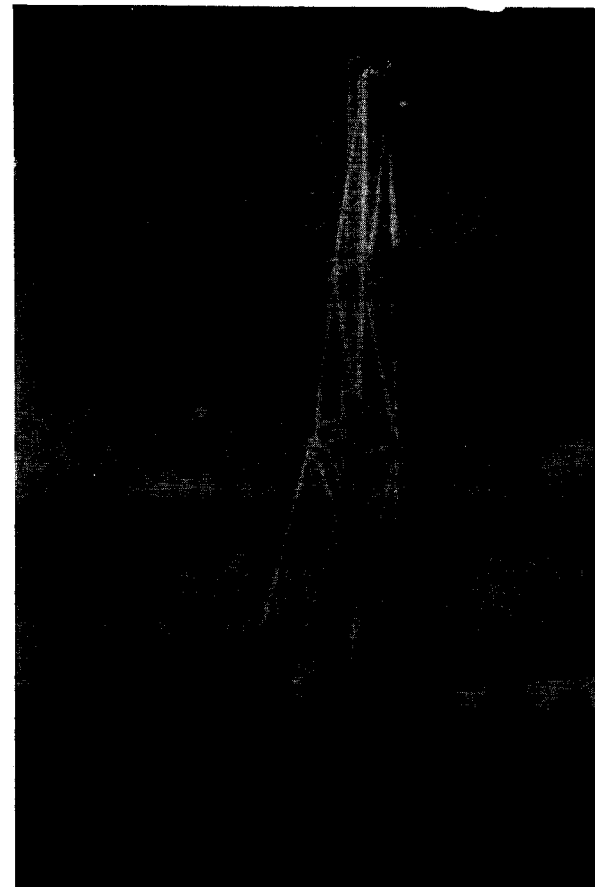
- SIDERURGIA
- MINERIA
- PETROQUIMICA
- ALIMENTACION
- METALES NO FERREOS
- QUIMICA
- FARMACEUTICA

Cuando todas las fases de su proyecto son ejecutadas por McKEE-CTIP, bajo un contrato llave en mano de responsabilidad única, usted obtiene acción coordinada dentro de una sola organización. No existe duplicación de esfuerzos o de gastos, ni retrasos debidos a múltiples responsabilidades, ni tiempo perdido en negociaciones con numerosos subcontratistas y suministradores.

Los resultados de los servicios de McKEE-CTIP son inmediatos. Cada paso de su proyecto se da de acuerdo con un programa en manos de técnicos expertos. Los equipos de ingeniería, compras y construcción de McKEE-CTIP operan como un mecanismo de precisión para darle resultados eficaces y económicos. Hemos hecho esto muchas veces con compañías como la suya. Podemos hacerlo por usted. Llámenos.

**McKEE - CTIP**

**McKEE-CTIP Ibérica, S. A. - Avda. del Generalísimo, 71-A - Teléf. 270 28 00 - MADRID - 16**



## ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

## AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

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

MADRID - 16

### SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

Testigueso 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.

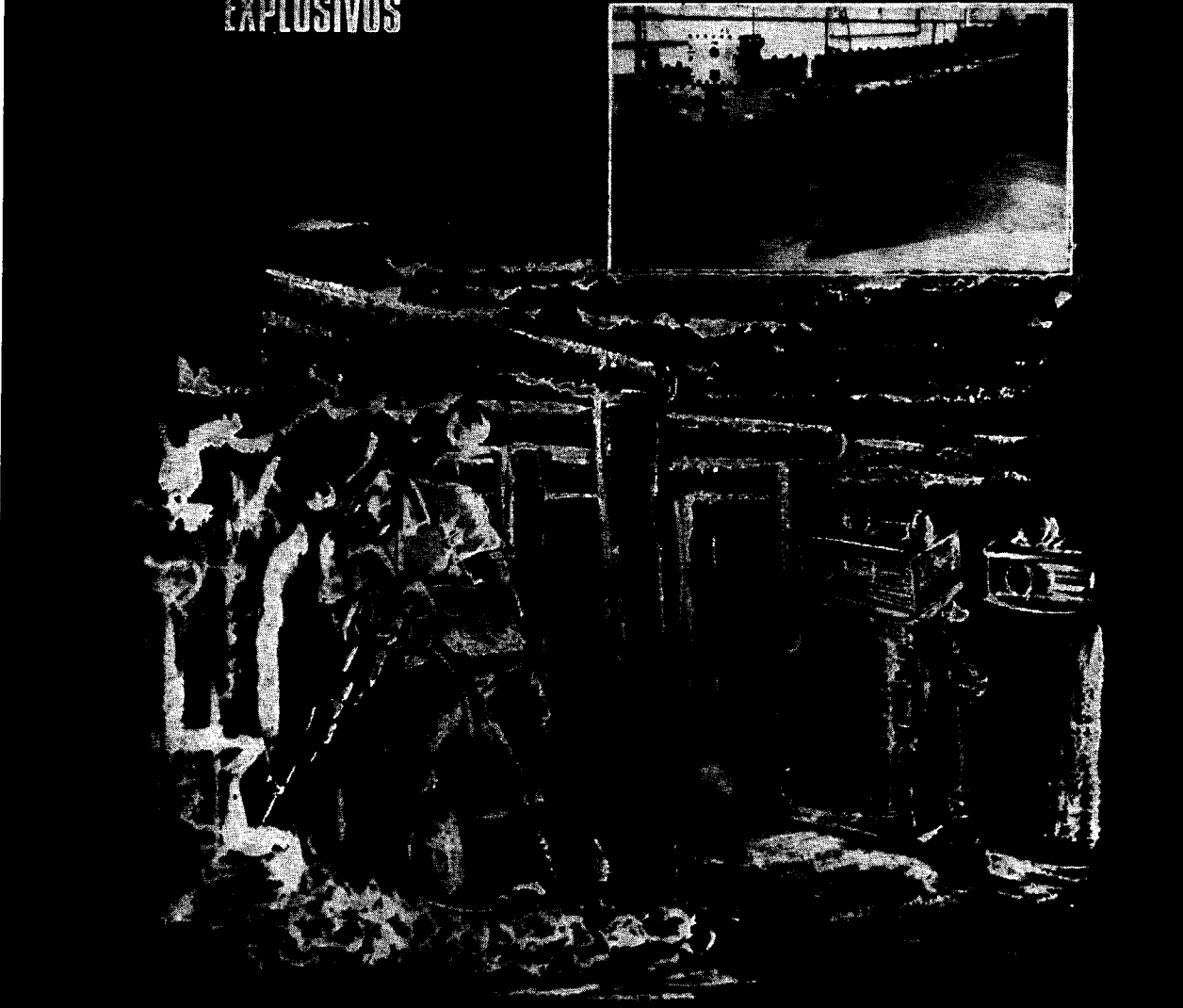
**PERKIN-ELMER** HISPANIA

**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

**APARATURA ANTIDEFLAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS**



APARATOS DIVERSOS DE  
 SEGURIDAD  
 SENALIZACION  
 ALUMBRADO  
 DISTRIBUCION Y MANDO  
 MATERIAL DE CONEXION  
 CABLES MEDIA TENSION  
 CABLES DE BAJA TENSION  
 CABLES DE ALTA TENSION  
 CABLES DE FIBRA OPTICA

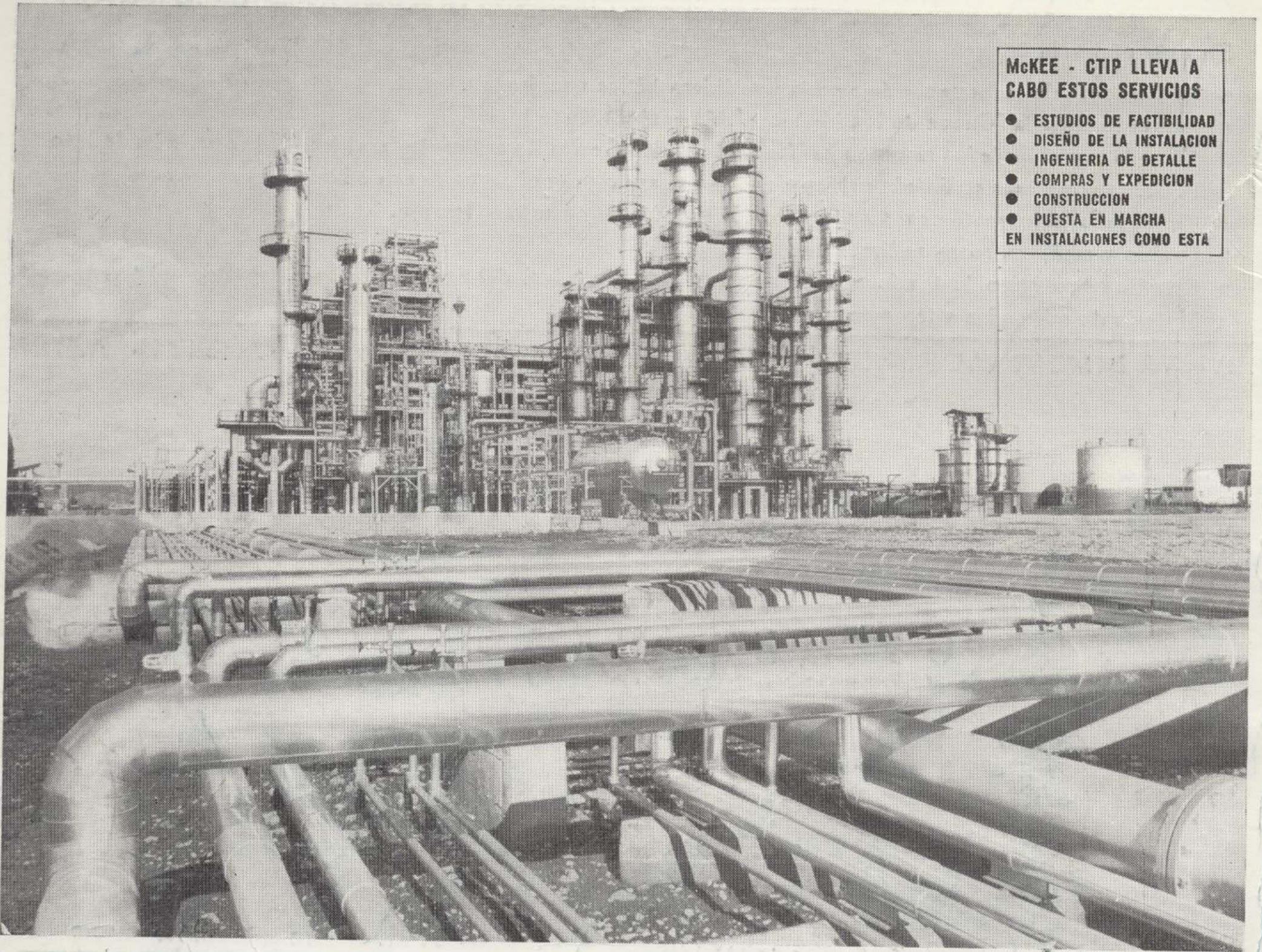
  


**ISODEL SPRECHER, S. A.**  
 Madrid - Mendez Alvaro, 62 - Apartado 7.087



**McKEE - CTIP LLEVA A CABO ESTOS SERVICIOS**

- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD
- DISEÑO DE LA INSTALACION
- INGENIERIA DE DETALLE
- COMPRAS Y EXPEDICION
- CONSTRUCCION
- PUESTA EN MARCHA
- EN INSTALACIONES COMO ESTA



**...y al terminar le entregamos las llaves**

**McKEE SIRVE ESTAS SIETE INDUSTRIAS:**

SIDERURGIA

MINERIA

PETROQUIMICA

ALIMENTACION

METALES NO FERREOS

QUIMICA

FARMACEUTICA

Cuando todas las fases de su proyecto son ejecutadas por McKEE-CTIP, bajo un contrato llave en mano de responsabilidad única, usted obtiene acción coordinada dentro de una sola organización. No existe duplicación de esfuerzos o de gastos, ni retrasos debidos a múltiples responsabilidades, ni tiempo perdido en negociaciones con numerosos subcontratistas y suministradores.

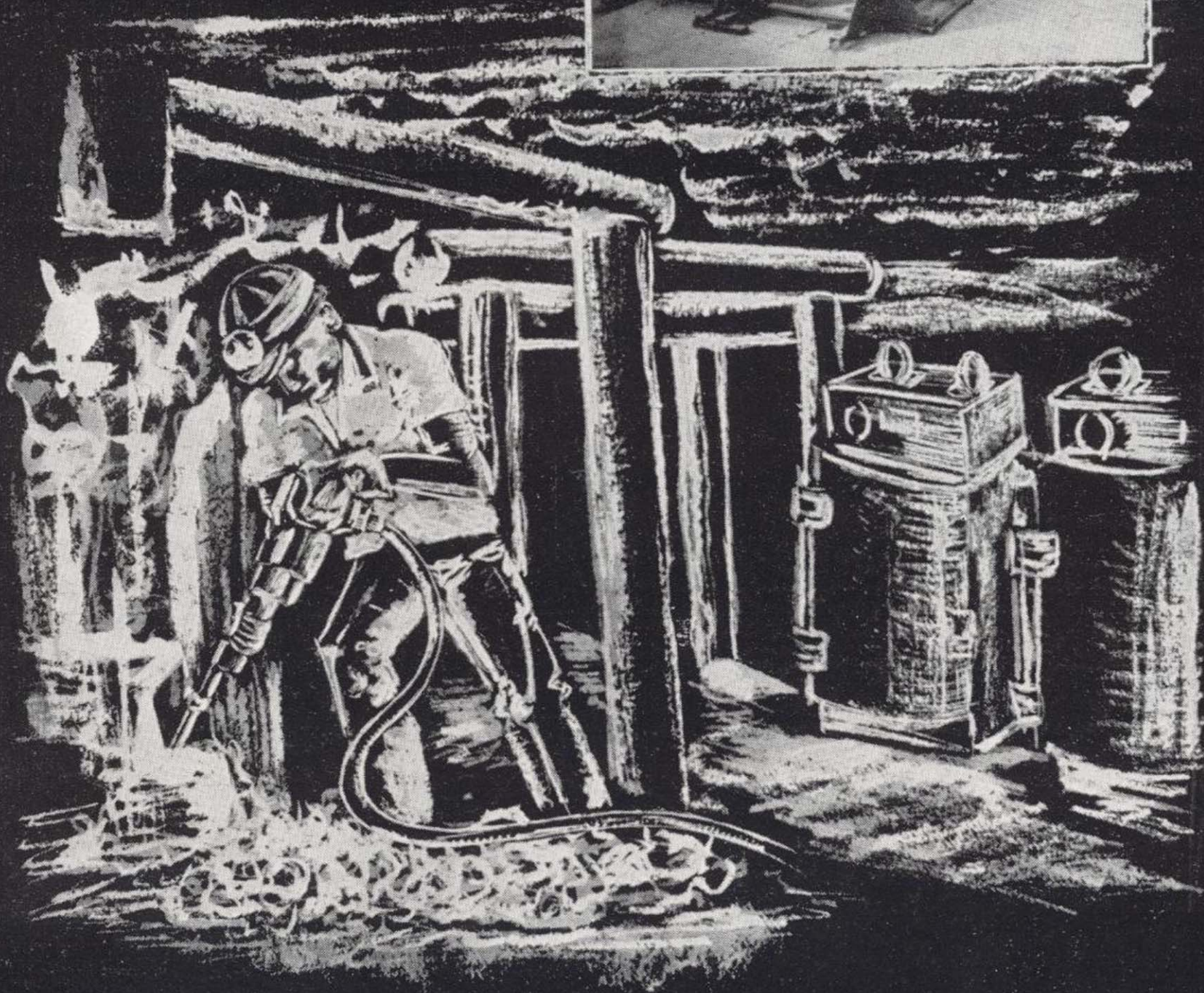
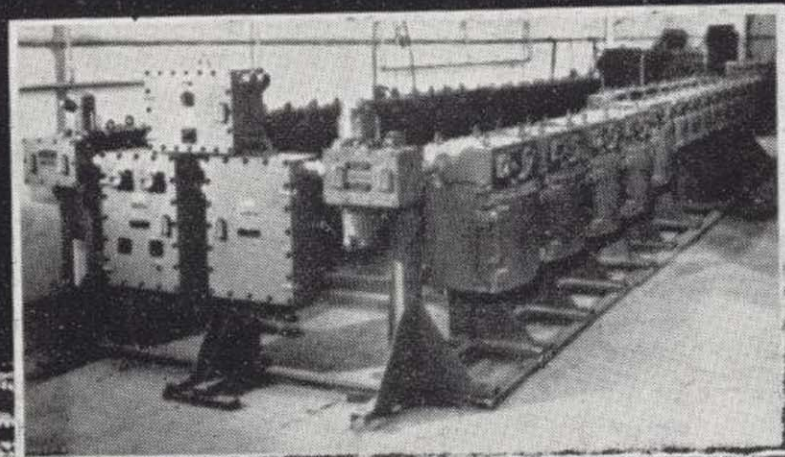
Los resultados de los servicios de McKEE-CTIP son inmediatos. Cada paso de su proyecto se da de acuerdo con un programa en manos de técnicos expertos. Los equipos de ingeniería, compras y construcción de McKEE-CTIP operan como un mecanismo de precisión para darle resultados eficaces y económicos. Hemos hecho esto muchas veces con compañías como la suya. Podemos hacerlo por usted. Llámenos.

**McKEE - CTIP**

**McKEE-CTIP Ibérica, S. A. - Avda. del Generalísimo, 71 - A - Teléf. 270 28 00 - MADRID - 16**



# APARAMENTA ANTIDEFAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS



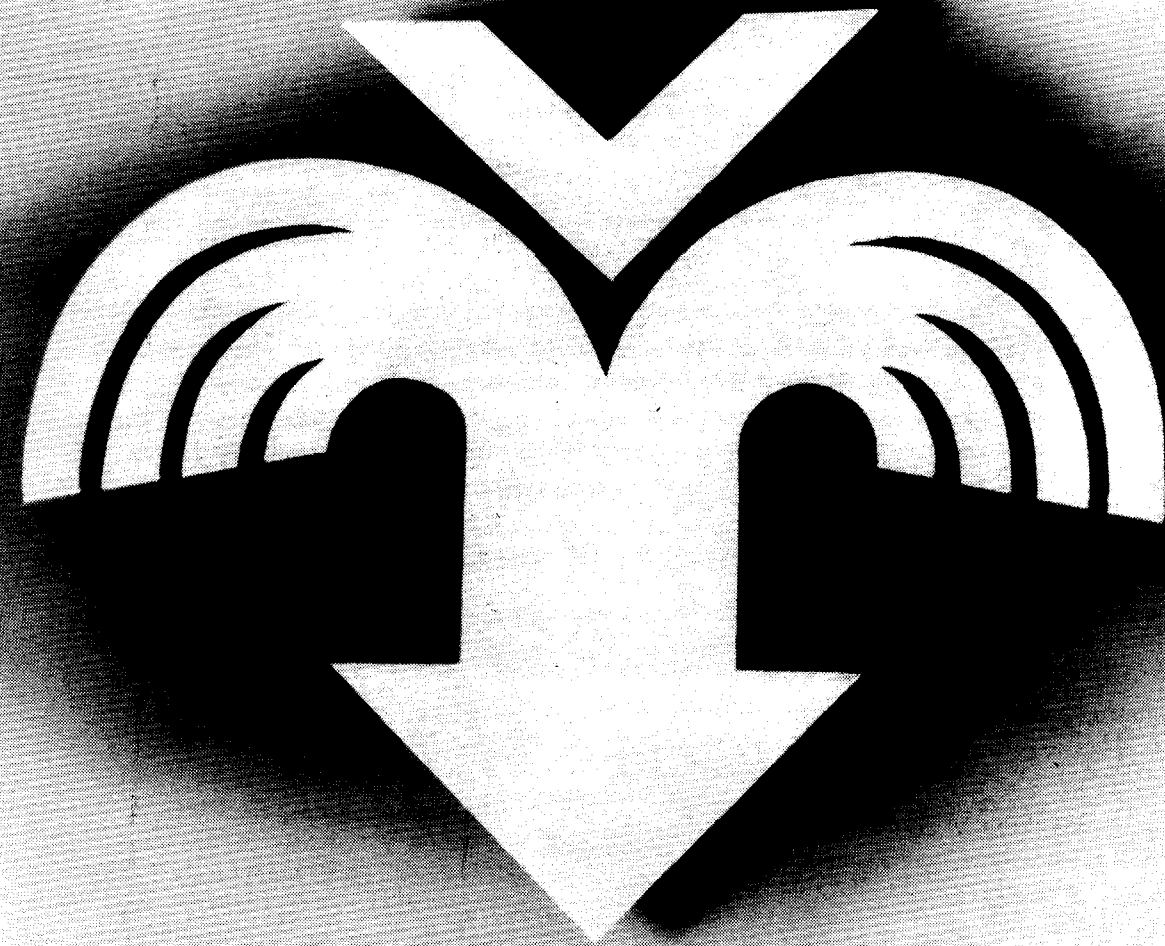
APARATOS DIVERSOS DE  
SEGURIDAD  
SEÑALIZACION  
ALUMBRADO  
DISTRIBUCION Y MANDO  
MATERIAL DE CONEXION  
CELDAS MEDIA TENSION  
CONTACTORES  
TRANSFORMADORES  
CORTACIRCUITOS



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



LA EMPRESA  
DE HOY  
PARA LA VIDA  
DEL FUTURO



**Vegarada**

● PERFORACIONES ● RIEGO POR ASPERSION ● TRANSFORMACION DE FINCAS  
DOMICILIO SOCIAL: GUZMAN EL BUENO, 121 "PARQUE DE LAS NACIONES" - MADRID - TEL. 253 42 00

TOMO LXXXII

Fascículo I

ENERO - FEBRERO, 1971

# boletín geológico y minero

revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 - 4.<sup>a</sup> serie

## SUMARIO

	PÁGINAS
<b>Geología</b>	
• ✕ F. MAUTHÉ: La Geología de la Serranía de Ronda (cordillera bética occidental) ... ..	1
• - T. TORRES PEREZ HIDALGO: Fauna fósil de la «Cueva de los Muñecos», Abenojar (Ciudad Real) ... ..	37
• ✕ A. C. LÓPEZ-GARRIDO: Sobre la posición de los terrenos de «facies de Utrillas» en la Zona Prebética, al NE. de la provincia de Jaén ... ..	47
• ✕ C. MONTENAT et G. TRUC: Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante) ... ..	52
<b>Aguas subterráneas</b>	
• ✕ J. PORRAS MARTÍN: Cartografía hidrogeológica. Introducción al estudio de su normalización ... ..	59
<b>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</b>	
• ✕ A. MARTÍN y L. GARCÍA-ROSELL: Uranio y renio en rocas sedimentarias. II. Cuenca Miocena de Granada ... ..	65
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	
• - R. MARFIL PÉREZ y M. GUTIÉRREZ ELORZA: Estudio petrológico de una formación de grauwacas cámbricas del norte de la provincia de Huelva ... ..	70
• ✕ J. LINARES y F. HUERTAS: Síntesis de minerales a temperatura ordinaria. I. Estudio preliminar ... ..	77
<b>Información</b>	
Inauguración del V Curso de Hidrogeología Aplicada. Fallo del Premio de Periodismo «Santa Bárbara» 1970.—Programa de Investigación de Aguas Subterráneas.—Balance hídrico mundial.—Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas ... ..	87

DIRECCION, REDACCION  
Y ADMINISTRACION

Departamento de Publicaciones  
del IGME

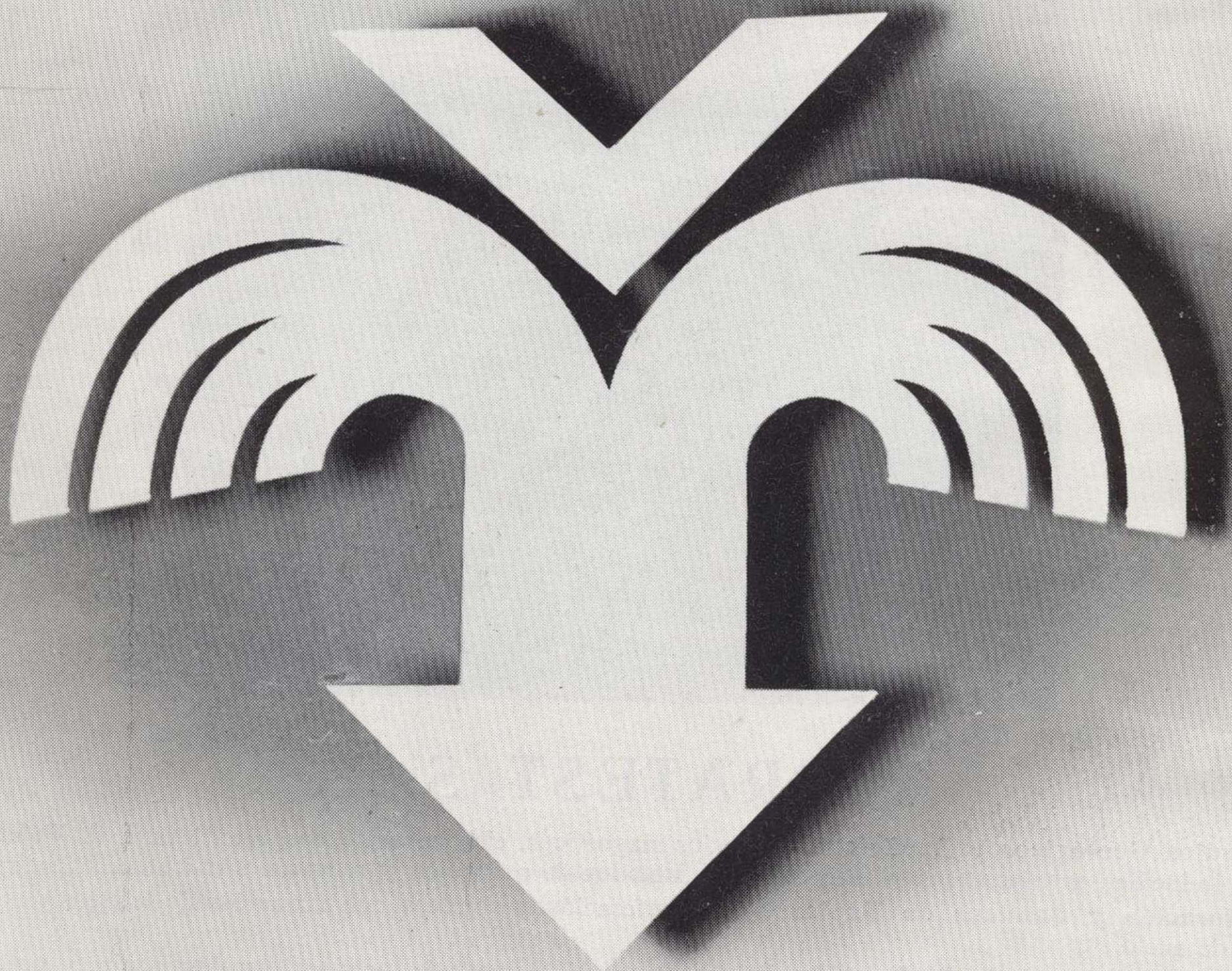
Los Rosas, n.º 23 - Madrid - 3

Editado por el

Instituto Geológico y Minero de España



LA EMPRESA  
DE HOY  
PARA LA VIDA  
DEL FUTURO



**Vegarada**

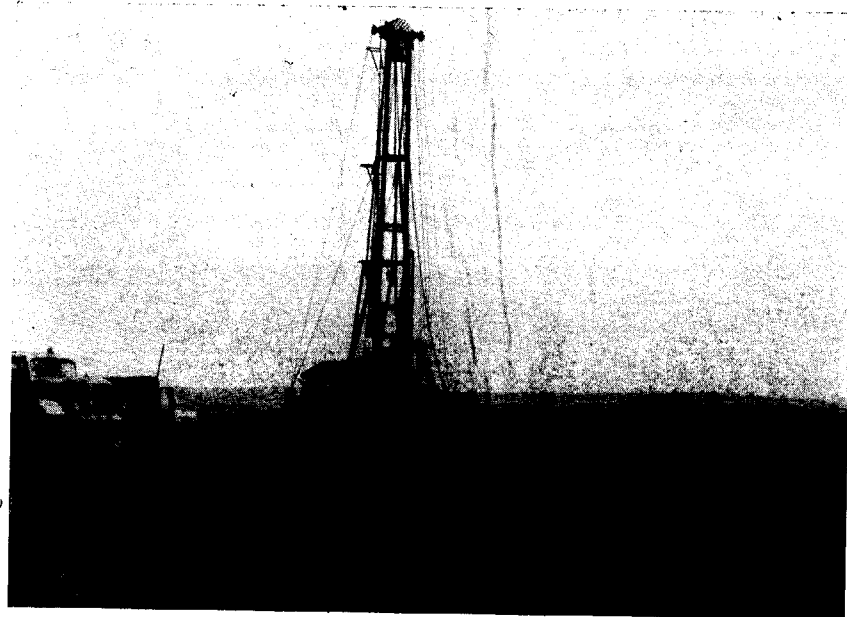
● PERFORACIONES ● RIEGO POR ASPERSION ● TRANSFORMACION DE FINCAS  
DOMICILIO SOCIAL: GUZMAN EL BUENO, 121 "PARQUE DE LAS NACIONES" - MADRID - TEL. 253 42 00



# ¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

**C. G. S. HACE EL RESTO**



## C. G. S.

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

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,  
NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

### COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66  
Teléfono 22 36 04  
VITORIA

PADRE XIFRE, 5  
Teléfono 415 60 54  
MADRID



## CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.

### AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

- Coronas y demás útiles de diamante para sondeos y perforaciones.
- Equipos y material de sondeos «Longyear», sondas, bombas, accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Security», triconos de aire para grandes voladuras. Perforadoras de tiro hacia arriba, grandes diámetros.
- 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 2617902  
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12. getafe (madrid)  
teléfonos: 2171700-01-02



# 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.

Míneralogía.

Macro y Micropaléntología.

Geotecnia.

---

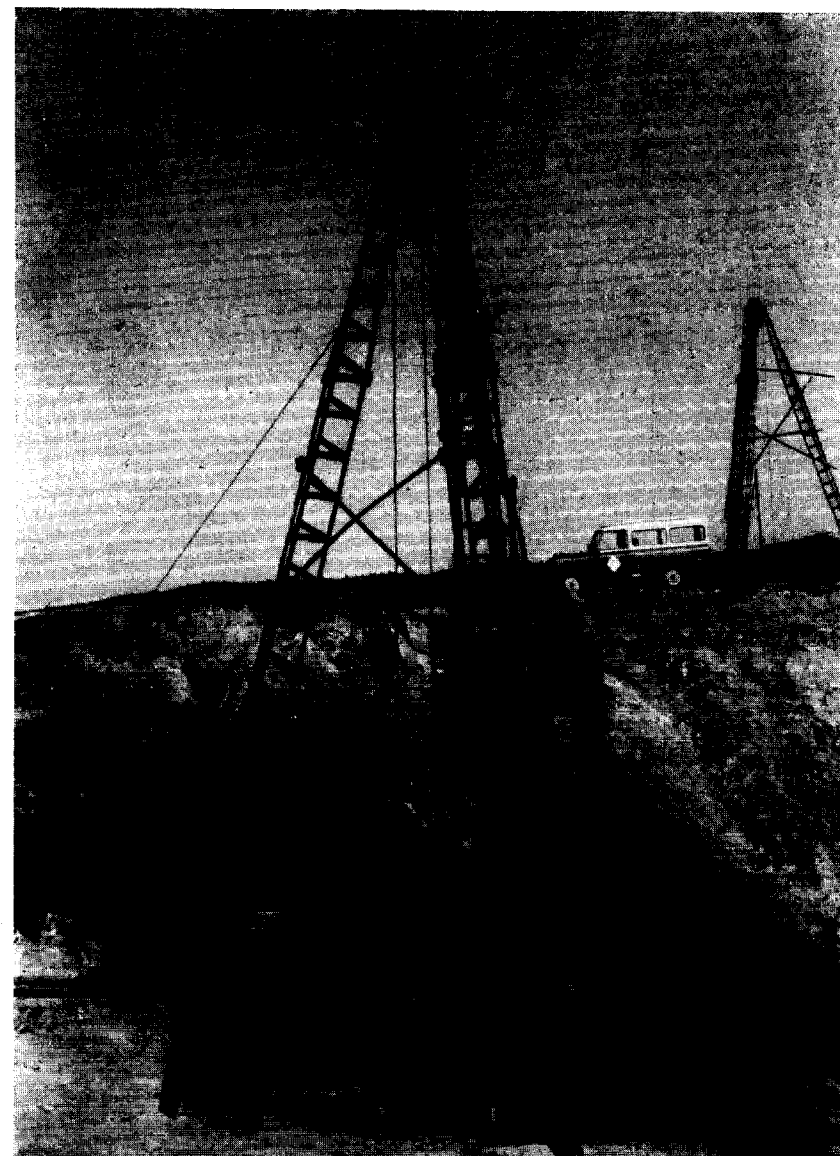
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELÉF. 254 22 00

MADRID-3

## ¿QUE ES TERRATEST...?



### 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.

**Estudio 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.

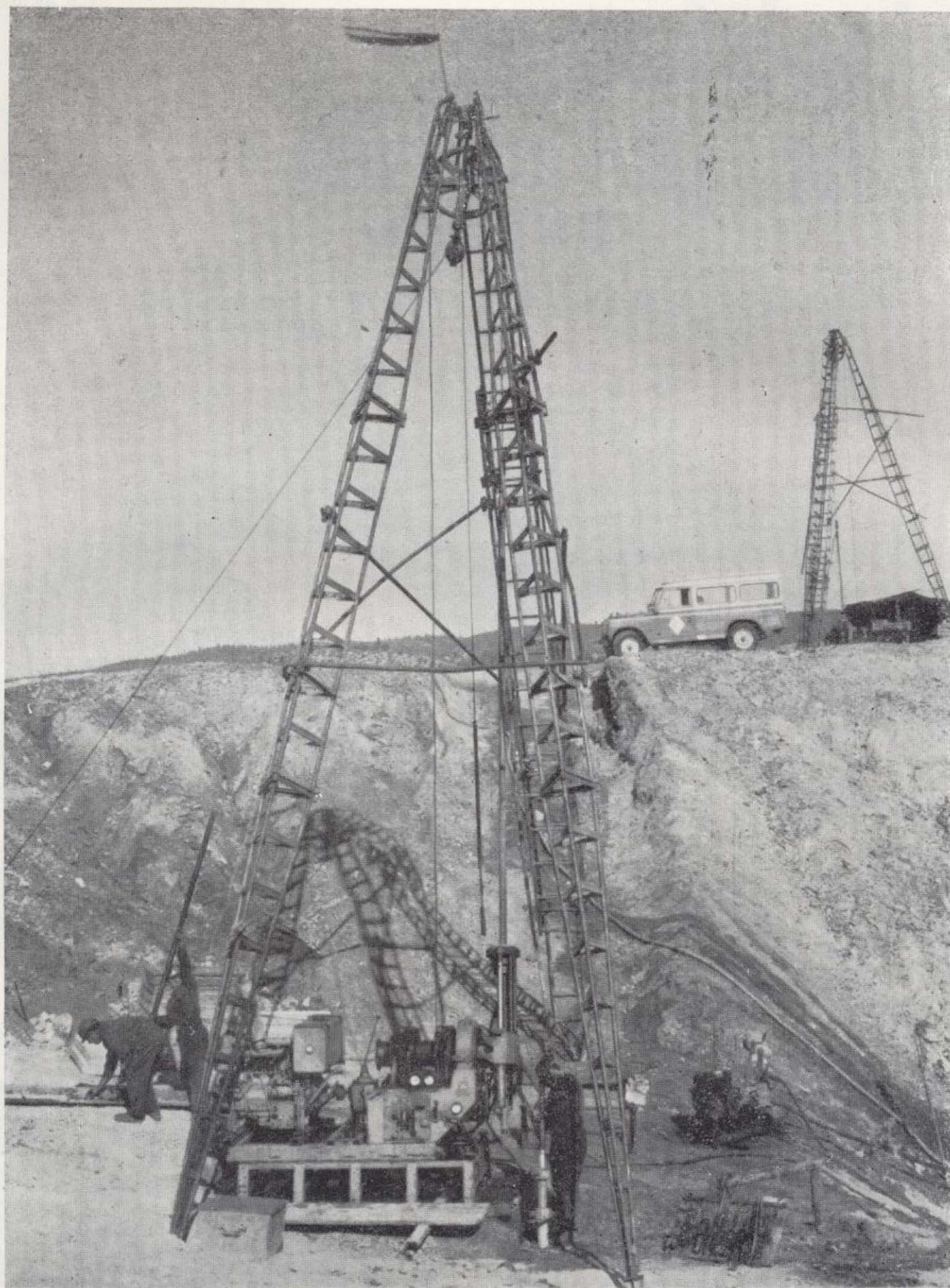
**Servicios a la Industria de la Construcción.** - Estudios sísmicos, perforación de investigación cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos, otros servicios como muestras de suelo, tamizado de rocas, corte y aserrado de materiales de construcción, etc.

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



# ¿QUE ES TERRATEST...?



## TERRATEST S. A.

**Estudios Geológicos y Geofísicos.** - Métodos magnéticos, electromagnéticos, electricos, 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.

**Estudio 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 de suelo, tamizado de rocas, corte y aserrado de materiales de construcción. etc.

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

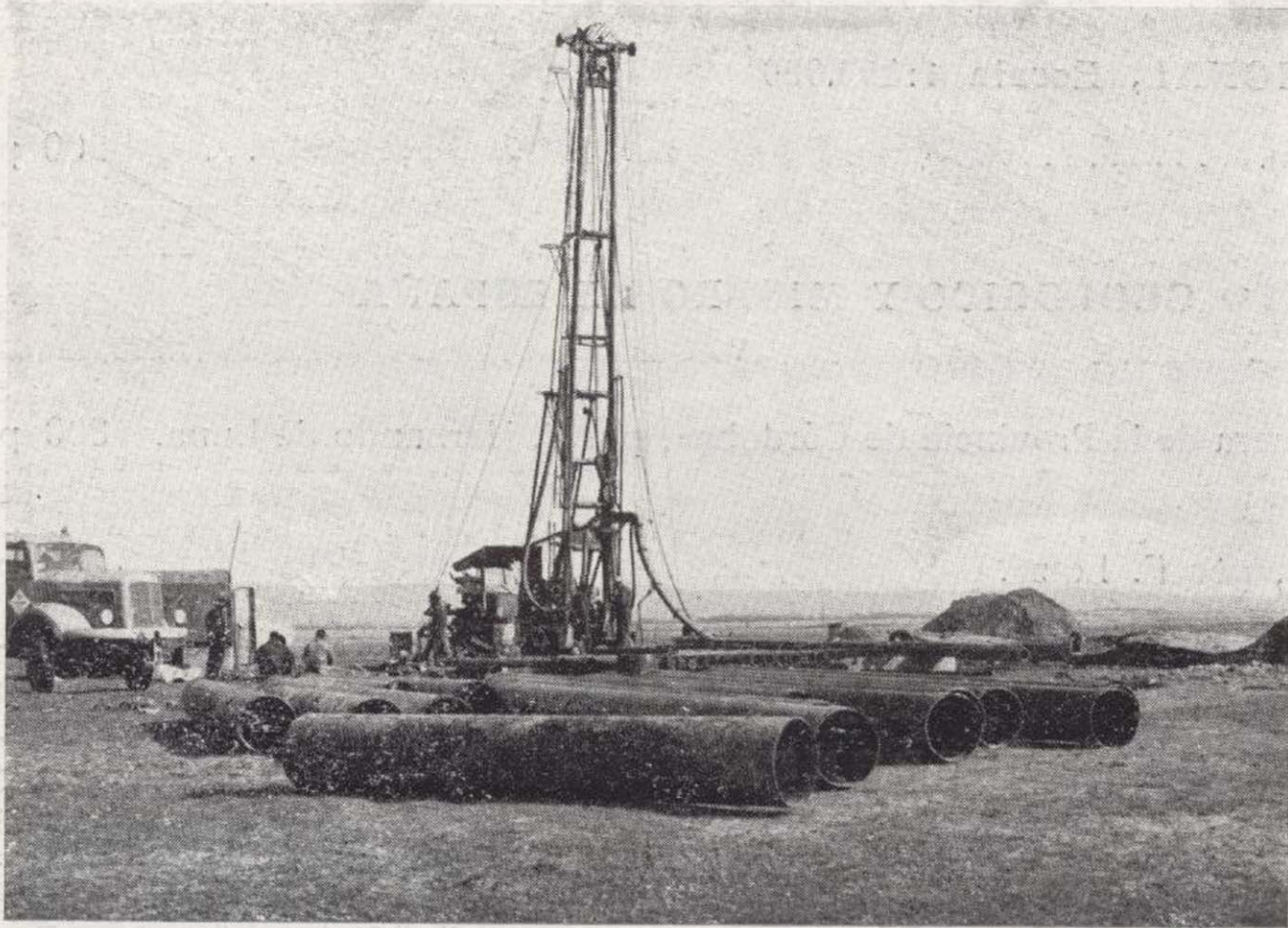
**TERRATEST S. A.** Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13



# ¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

**C. G. S. HACE EL RESTO**



**C. G. S.**

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

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,

NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

---

## COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66  
Teléfono 22 36 04  
VITORIA

PADRE XIFRE, 5  
Teléfono 415 60 66  
MADRID



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**

Investigación de los Yacimientos de Sales Sódicas en Ubeda (Jaen)  
con Equipo de Prospección Eléctrica.

*(Foto: Sección de Geofísica del IGME.)*

Depósito Legal M. 8.279.-1958

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



# La Geología de la Serranía de Ronda (cordillera bética occidental)

por F. MAUTHE (\*)

## RESUMEN

El presente trabajo es la síntesis de seis disertaciones geológicas hechas por doctorandos de la Universidad de Bochum (Alemania), bajo la dirección del Prof. Dr. R. Hoepfener, durante los años comprendidos entre 1960 y 1967. Los autores se han distribuido el estudio de las distintas regiones abarcadas por la dilatada amplitud de la Serranía de Ronda en zonas a las que denominan «unidades» «internas» y «externas». En conjunto resultan así trece regiones.

Los autores y los años en que realizaron sus investigaciones son los siguientes:

Franz Kockel, 1960; Stefan Dürr, 1963; Hartmut Mollet, 1965; Peter Hoppe, 1965; Jürgen Buntfuss, 1967; Friedrich Mauthe, 1967.

A Friedrich Mauthe debemos esta síntesis geológica de la Serranía de Ronda, merced a los datos suministrados por sus compañeros, que presentamos aquí por mí traducida.

Además de los resultados detallados de cada una de las unidades distinguidas se han obtenido otros generales de especial interés, sobre todo tectónico.

En el paleozoico predominan los depósitos clásticos; es pobre en fósiles y en gran parte metamórfico. Como un gran manto de corrimiento (Bético de Málaga), el paleozoico yace sobre las unidades mesozoicas.

El mesozoico es rico en rocas carbonatadas y se pueden obtener en él resultados estratigráficos de interés. Se comprueba una lenta marcha de la fosa sedimentaria desde el triásico por el Sur hasta el cretácico por el Norte.

En el terciario vuelven a dominar los depósitos clásticos, en parte de facies flysch.

Tectónicamente, se distinguen otros corrimientos, además de los ya reconocidos por anteriores autores.

Los fenómenos diapíricos del triás salino motivan una caótica disposición en bloques de los terrenos afectados.

El gran batolito de peridotita debe haber ascendido en una época comprendida entre el triásico superior y el jurásico medio.

## ZUSAMMENFASSUNG

Vorliegende Arbeit ist die Synthese von sechs geologischen Dissertationen, die durch Doktoranden der Universität Bochum (Deutschland) unter der Leitung von Prof. Dr. Hoepfener während der Jahre 1960 bis 1967 gemacht wurden. Die Verfasser haben sich die Untersuchung der verschiedenen Regionen der weiten Gegend der Serranía de Ronda, in Zonen eingeteilt, vorgenommen, die Namen von «unidades» tragen und die im ganzem dreizehn Gebiete umfassen.

Namen der Verfasser und Jahre der Untersuchungen werden hier angegeben.

Franz Kockel, 1960; Stefan Dürr, 1963; Hartmut Mollat, 1965; Peter Hoppe, 1965; Jürgen Buntfuss, 1967; Friedrich Mauthe, 1967.

Diese geologische Synthese der Serranía de Ronda verdanken wir Herrn Dr. F. Mauthe, der auch die Angaben seiner eben genannten Kollegen für seine eigene Arbeit verwendet hat.

Ausser der allgemeinen Ergebnissen bezüglich der verschiedenen «Einheiten» hat man solche von besonderem Interesse, vorwiegend tektonischen Charakters erhalten.

Im Paläozoikum herrschen klastische Ablagerungen vor. Es ist arm an Fossilien und vorwiegend metamorph. Als eine grosse Überschiebungsdecke (Bético de Málaga) liegt das Paläozoikum über den mesozoischen Einheiten.

Das Mesozoikum ist reich an Karbonatgesteinen, und man kann feine stratigraphisch Profile erhalten

(\*) Universidad de Bochum (Alemania Occidental). Trabajo inédito traducido del alemán (Prof. J. Gómez de Llarena).



Man kann das Wandern des Trogtiefsten von der Trias im Süden bis zur Kreide im Norden bestätigen.

Das Tertiär ist wieder vorwiegend klastisch gebildet, teilweise in Flysch Fazies.

Ausser der altbekannten Überschiebungen sind andere neuerdings erkannt worden.

Die diapyrischen Vorgänge der salinaren Trias haben eine chaotische Struktur an manchen Stellen der Serranía verursacht.

Das grosse peridotitische Batholit soll zwischen der oberen Trias und dem mittleren Jura aufgestiegen sein.

## PRÓLOGO

La Serranía de Ronda, extremo occidental de la Cordillera Bética, del Sur de España, que abarca una extensión de unos 3.500 kilómetros cuadrados, la presentamos aquí por primera vez en un mapa geológico completo (lám. 4.<sup>a</sup>); como base para su confección, nos han servido seis disertaciones doctorales de geología regional, emprendidas bajo la dirección del Prof. Dr. R. Hoepfener, entonces en Bonn, durante los años 1960 a 1967.

El Prof. D. Joaquín Gómez de Llarena (Madrid) se ha hecho cargo de la traducción de nuestra obra, haciendo así más accesibles los resultados por nosotros obtenidos a los interesados en su conocimiento. Le expresamos desde aquí nuestro agradecimiento, así como por las valiosas indicaciones que nos ha dado en el curso de su trabajo.

Agradecemos a la «Asociación Alemana para Investigaciones Científicas» (DFG) el generoso apoyo que nos ha prestado en la realización de estos estudios, mediante las subvenciones concedidas para los viajes y preparativos necesarios, así como mediante la compra de mapas y fotografías aéreas y la obtención de varios cientos de secciones delgadas petrográficas y la ayuda económica para proseguir los trabajos en el laboratorio.

La cartografía aérea la hemos hecho mediante el empleo del «Zeiss-Aerotopo», que consiste en un aparato rectificador de las fotografías verticales, lo que nos ha permitido obtener mapas geológicos.

En el presente trabajo están contenidos los resultados obtenidos en cada una de las disertaciones, tanto estratigráficas como tectónicas, dando así una síntesis (completa) de la historia geológica de la región estudiada. Para lograrlo era necesario exponer en un primer esquema una descripción geológica homogénea en donde figuraran las grandes divisiones tectónicas y zonas faciales (tabla 1).

Esta gran división en unidades internas y externas tiene así un carácter ecléctico, neutral, no utilizado hasta ahora y ofrece la ventaja de no recargar la nomenclatura con ideas y términos por el momento innecesarios. Las subdivisiones se rigen, en parte, en conceptos relacionables entre sí, tanto estratigráficos como tectónicos o, aún más simplemente, en una división en zonas nórdicas o septentrionales y súdcas o meridionales.

La columna estratigráfica en la Serranía de Ronda comprende desde el Paleozoico hasta el Terciario superior.

En el *Paleozoico* predominan los sedimentos clásticos; es pobre en fósiles y en gran parte metamórfico. Para obtener su división nos hemos servido de sus diferencias petrográficas. En las series paleozoicas parece que la facies flysch pertenece a una orogénesis más antigua. Constituyendo un manto alóctono (Bético de Málaga, *sensu stricto*), este paleozoico reposa sobre unidades tectónicas mesozoicas.

El *Mesozoico* es bastante más rico en rocas carbonatadas. Basándonos en las diversas disertaciones, que más adelante serán expuestas, la división estratigráfica, fuera del espacio afectado por el metamorfismo en la parte meridional, es tan seguramente deslindada, que se pueden obtener conclusiones paleogeográficas, así como se hace posible establecer la sucesión estratigráfica original de los ámbitos sedimentarios. En síntesis, diremos que se puede reconstruir el camino llevado por la zona más profunda de las cuencas sedimentarias desde el Triásico por el sur hasta el Cretácico por el norte.

En el *Terciario* vuelven a dominar los depósitos clásticos, en parte con carácter de facies flysch. El estado de las investigaciones micropaleontológicas permite ya hacer una filiación estratigráfica de precisión, si bien es necesario recoger aún más datos a fin de establecer una seriación detallada de los horizontes de la molasa miocénica para obtener de ellos una mayor exactitud, prometedora además, en la interpretación de los fenómenos tectónicos.

Las *investigaciones tectónicas* confirman las estructuras de mantos alóctonos, de corrimientos, de estas cordilleras, y ofrecen además nuevos resultados, necesarios para el mejor conocimiento de la constitución tectónica y la ordenación en el tiempo de los movimientos orogénicos. Podemos considerar ya como seguros los episodios acaecidos que nos permiten dividir las unidades internas en un complejo tectónico inferior mesozoico (Unidades Alpujarridas), y otro tectónicamente superior paleozoico (Bético de Málaga, en sentido estricto). Además, se han realizado muchos hallazgos de un manto de corrimiento, que iniciado en el Jurásico, ha vuelto a revivir en el Terciario. Este

corrimiento ha hecho sobreponer unas sobre otras, estas unidades internas, hasta montar también sobre las unidades externas. Esta interpretación se halla en plena contradicción con la tesis mantenida por autores holandeses y franceses, según la cual sólo han existido movimientos orogénicos terciarios.

Las unidades externas, en su estructura tectónica, no son aceptadas unánimemente por todos los autores del presente trabajo. Se enfrentan, en efecto, la hipótesis de la autoctonía amplia de esta parte de las Cadenas Béticas con la de los mantos alóctonos. Lo mismo una que otra de ambas hipótesis son objeto de discusión en esta obra.

Dentro de las distintas unidades, el estilo tectónico es diferente de unas a otras. En las unidades internas hay indicios de una presión orogénica con ejes tectónicos de N. a S., que, en parte, parece estar relacionada con la erupción del gran macizo peridotítico. Los movimientos orogénicos de rumbo NW. se han sobrepuesto a las estructuras antiguas, dominando la tectónica de las unidades externas y han producido una orientación general de SW a NE de toda la cordillera.

De un modo bien evidente, sobre todo en las unidades externas, se comprueba la dependencia de sus formas tectónicas, con sus diferencias mecánicas, que poseen las rocas afectadas por las orogénesis. En la zona meridional, aparecen diapiros de trias salino en los anticlinales de sedimentos plegados de gran longitud. Por el norte —acaso ya a partir del Jurásico— dominaba la tectónica salina, que, acompañada por deslizamientos lentos, vergentes al norte, motivó una estructura caótica y guió los fenómenos de erosión y sedimentación.

Una gran extensión de las unidades internas ha sido ocupada por la peridotita. Los contactos primarios con la roca encajante cristalina permiten suponer la erupción a elevada temperatura de un magma ultrabásico. El ascenso de la masa peridotítica ha debido realizarse en un tiempo comprendido entre el Triásico superior y el Jurásico medio.

Con la terminación, provisional, de nuestros propósitos de investigación en el Sur de España, estimamos de interés destacar la importancia que tiene la estratigrafía y la tectónica de la Serranía de Ronda. La cartografía geológica detallada de las disertaciones y el mapa geológico general que acompaña a estas páginas habrán de ser de especial utilidad para investigaciones de detalle. Las cuestiones petrográficas, paleontológicas y tectónicas no se han podido llevar a fondo, ya que era necesario, ante todo, obtener una base general sobre la cual afirmar aquéllas. La continuación de las investigaciones, sin embargo, está planeada y nos habrá de servir, junto a los resultados generales,

como una continuación de la historia geológica de la región estudiada.

## A. INTRODUCCIÓN

La Cordillera Bética se desarrolla a lo largo de la costa meridional de la Península Ibérica en una extensión de más de 500 kilómetros. Por su altitud y por su compleja estructura geológica y tectónica muestra su carácter alpino típico, a lo que se suma el saberla constituida por una serie de escamas alóctonas con un rumbo general que varía desde el Norte hasta el Noroeste. Limitándonos al segundo punto, objeto de nuestros estudios, los cuales hemos de ir exponiendo aquí, diremos que el nombre más acertado para denominar este segmento de la «Cordillera Bética Occidental» es el clásico ya usado por los geógrafos españoles de «Serranía de Ronda», que indica la serie de ramales en que se desarrollan, dando este conjunto montañoso, en el que hay cumbres que alcanzan altitudes superiores a los 1.500 metros (Pinar, 1.664 m.; Torrecilla, 1.919 m.), en macizos separados por profundas hoces también de carácter típico montañoso.

Este segmento de la Cordillera Bética se alza pujante desde la misma costa mediterránea y alcanza una profundidad, tierra adentro, de 150 kilómetros a partir de aquélla. La cordillera se continúa hacia el E., rumbo hacia las Baleares; por el O. forma el clásico arco Gibraltar-Ceuta de constitución geológica y tectónica casi simétrica y pasa a continuar la Cordillera del Rif, de vergencia SW. a S. en Marruecos (Hoepfener y otros, 1964 a).

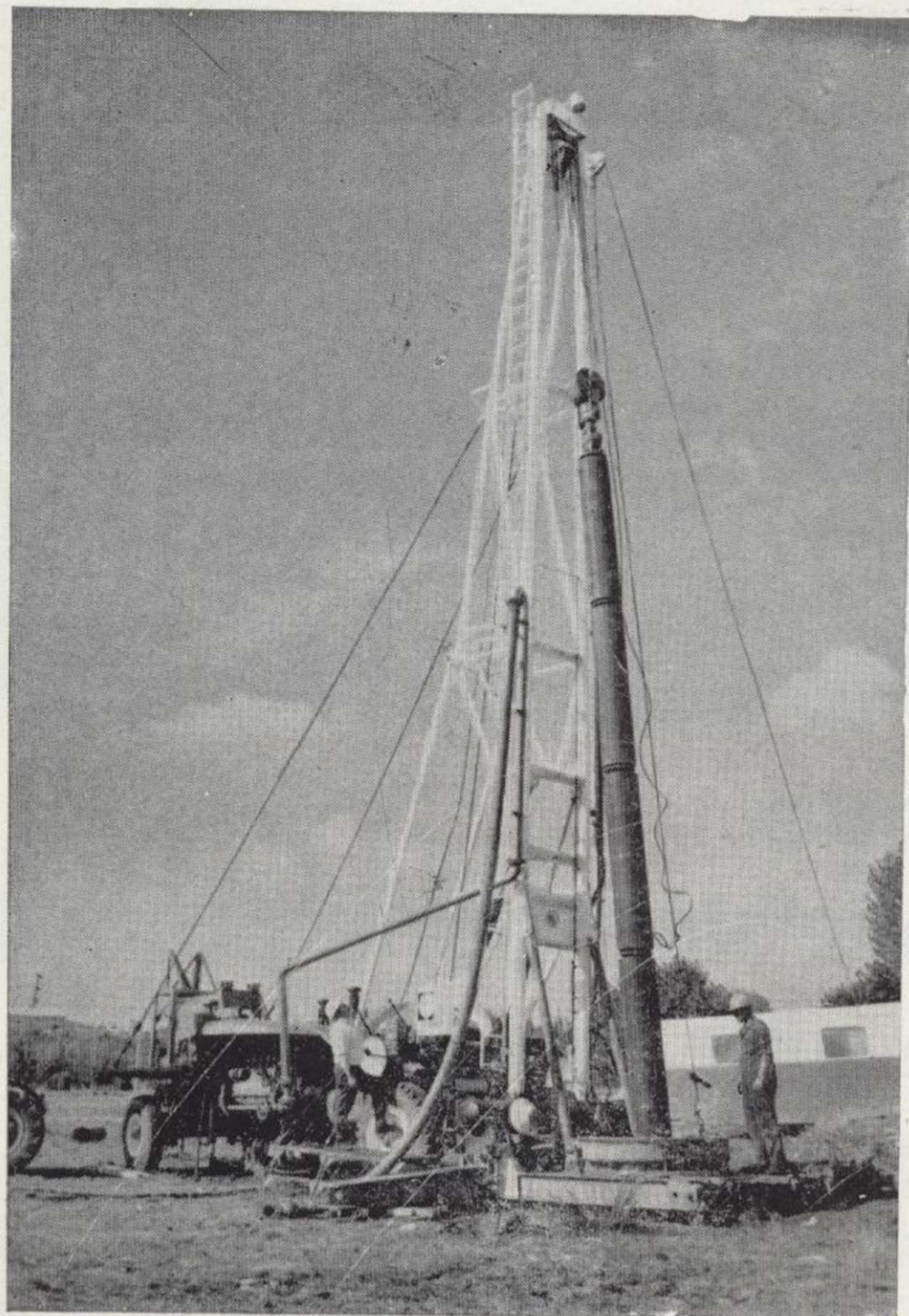
Por el NW., la Cordillera Bética va acompañada por una fosa marginal, la cuenca del Guadalquivir; por el NE. falta esta fosa marginal. Aquí las cadenas de la Cordillera Bética cortan las estructuras NW.-SE. del mesozoico epicontinental de las Cadenas Celtibéricas.

### 1. DIVISIÓN DE LA CORDILLERA BÉTICA

Basándonos en las grandes separaciones establecidas por Fallot (1948) dividimos la Cordillera Central («Bético», s. 1.) en tres grandes Unidades, que forman a modo de un apilamiento de mantos alóctonos (fig. 1). El núcleo de la montaña y la unidad tectónica más profunda es el «bético de la Sierra Nevada» (más o menos dice lo mismo este término que el de Nevádidos y Filábridos de Egeler, 1964). Consiste en pizarras cristalinas en su interior y anfibolitas triásicas (?), mármoles y yesos de la llamada «zona de mezcla» que lo envuelve.

Sobre este núcleo siguen luego varias escamas





## ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

# AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

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

MADRID-16

## SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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



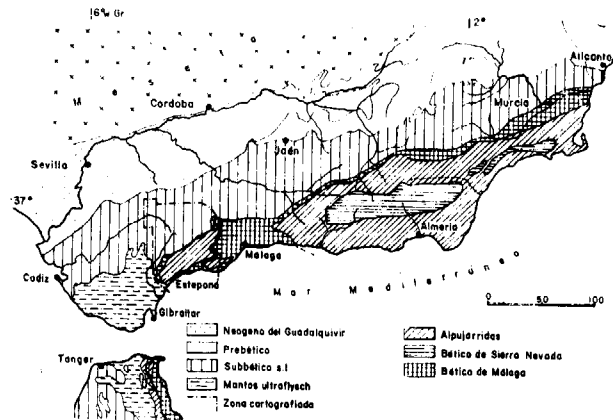


Fig. 1.—División de la Serranía de Ronda (según Fallot, 1948), y situación de la zona investigada en el presente trabajo.

de corrimiento, que se sustituyen unas a otras, según el rumbo (Copponex, 1955), que podremos agrupar bajo el nombre de *Alpujarridas*. Están constituidas por rocas cristalinas paleozoicas (?), a las que suceden probables cuarcitas del Triás inferior y filitas con yeso y una potente serie de rocas carbonatadas del Triás superior. Por el W. las Alpujarridas son metamórficas y aparecen atravesadas por las peridotitas.

Sobre las Alpujarridas y como unidad tectónica más alta se encuentra el *Bético de Málaga*. Este manto se compone de neises basales, paleozoico no metamórfico, permotrias terrestre y escasos restos, poco potentes, aún conservados, de mesozoico. El Bético de Málaga sólo se conserva como un potente manto en una faja de unos 70 kilómetros de anchura, a uno y otro lado de Málaga. En las restantes zonas de la Cordillera Bética sólo se encuentran depósitos de amplitud limitada.

Estas tres grandes unidades (Bético, s. l.), que acabamos de citar, formando un conjunto de terrenos apilados unos sobre otros (Bético, s. l.) están corridas hacia el norte y montadas sobre el «*Subbético*» (s. l.), que es una zona de más de 60 ki-

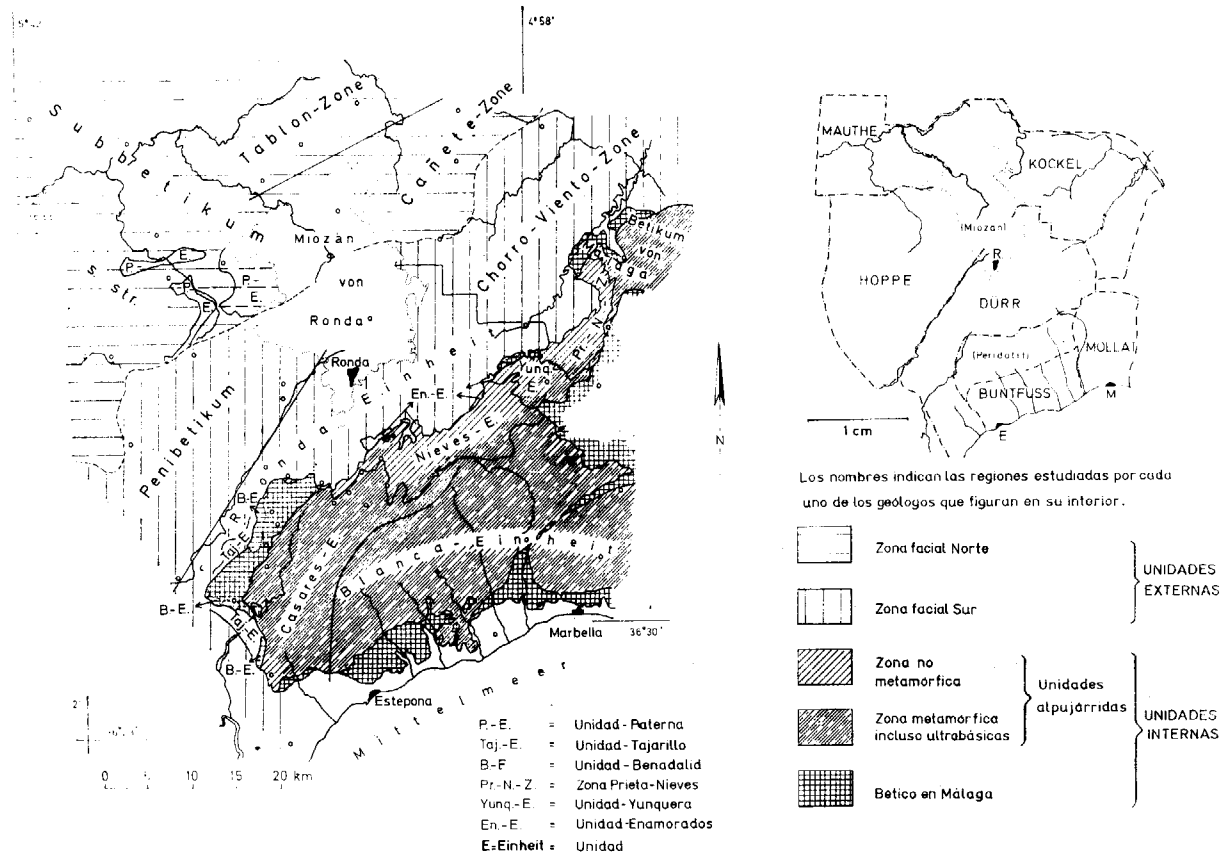


Fig. 2.—Mapa esquemático de la Serranía de Ronda, con las divisiones que delimitan las regiones estudiadas

lómetros de anchura del Triás de facies germánica, acompañado por rocas jurásicas, marinas y cretácicas, también marinas, ricas en carbonatos y por Terciario antiguo en facies flysch. Por el NW., el Sub-bético se oculta bajo el neógeno transgresivo de la fosa del Guadalquivir; por el NE. limita con la zona de facies «prebética», en donde se encuentra una serie de margas neocomienses de unos 1.000 metros de espesor y otra serie de calizas cenomanenses neríticas de igual potencia.

2. DIVISIÓN DE LA SERRANÍA DE RONDA

El presente trabajo se dedica al estudio del extremo occidental de la cordillera Bética; esta cordillera abarca una zona de unos 60 kilómetros de ancho y unos 75 kilómetros de largo, que desde el Mediterráneo llega hasta el margen meridional de la fosa del Guadalquivir. Este trabajo se basa sobre las seis disertaciones ya citadas de Bonn (Kockel, 1960; publicada en 1963; Dürr 1963, publicada en 1963; Mollat, 1965 (en prensa); Hoppe, 1965,

publicada en 1968; Buntfuss, 1967, en prensa; Mauthe, 1967, en prensa) y constituye una síntesis de las observaciones y un ensayo descriptivo de la evolución geohistórica de la cordillera.

El mapa geológico adjunto (lám. 4), que está compuesto de ocho mapas en escalas de 1:25.000 a 1:60.000 y luego ensamblados unos con otros, sirve para orientación general y para usarlo en las excursiones. Para cuestiones especiales, véanse láminas 3 y 4, los cortes estratigráficos y la indicación de los trabajos originales.

En cuanto a los nombres de los puntos de interés, diremos que se deben a los autores para designar zonas faciales y unidades tectónicas (véase el mapa sintético de la fig. 2).

Los datos geológicos hasta ahora reunidos permiten agrupar estas zonas locales en complejos de mayor amplitud, para obtener así una visión más completa (tabla 1). Los nombres escogidos por los autores para designar unidades y zonas, pueden usarse aquí, ocasionalmente, en sentido geográfico o para referirse a los trabajos originales.

	Unidad tectónica inferior					Unidad tectónica superior			SUR	
BLUMEN- THAL 1927-1935	Subbético	Citra bético Trias	Externas Penibético	Medianas	Internas	Rondaidas	Bético de Málaga			
FALLOT 1948	Subbético				Penibé- tico s.str.	Rondaidas	Bético de Málaga			
KOCKEL 1960	Zona Tablon	Zona Cañete	Zona Chorro-Viento		Zona- Prieta-Nieves		Bético de Málaga			
DÜRR 1963	Unidad Ronda				Unidad Enamorados	Unidad-Nieves	Unidad Yunquera	Unidad Casares	B-E* Bético de Málaga s.str.	
MOLLAT 1965							Unidad-Blanca	Bético de Málaga s.str.		
BUNTFUSS 1967							Unidad-Blanca	Bético de Málaga s.str.		
HOPPE 1965	Subbético s.str.	Unidad Paterna	Penibético			* = Unidad Benadaliid				
MAUTHE 1967	Subbético s.str.									
DESCRIPCION SINETICA	Unidades Externas					Unidades Internas				
	Zona facial Norte		Zona facial Sur			Unidades-Alpujarridas Zona no meta- mórfica		Zona meta- mórfica		Bético de Málaga s.str.

Tabla 1.—Divisiones hechas para el estudio de la Serranía de Ronda.



En las divisiones orográficas que aquí usamos, la ordenación de los términos descriptivos corresponde a la probable sucesión sedimentaria de Sur a Norte y nos lleva así, en la región de los mantos de cobijadura o corrimiento, desde las unidades tectónicas más altas hasta las más profundas.

## I. Unidades internas

### 1. Bético de Málaga s. str.

El Bético de Málaga es la unidad tectónica más alta de toda la montaña. Este manto alóctono se fue desplazando algunos 10 kilómetros en dirección al Norte y NW., pasando por encima de las unidades Alpujarridas, y avanzó hasta tropezar con la zona de facies meridional de las unidades externas. El Bético de Málaga s. str. contiene las rocas más antiguas, datadas de toda la región:

Mesozoico en retazos:

Permotrias: facies terrestre.

Paleozoico: grauwacas, pizarras, calizas.

Serie de pizarras metamórficas.

Neis basal.

### 2. Unidades Alpujarridas

En forma de varios mantos parciales, estas unidades forman el núcleo de la parte de mesozoico visible de la Cordillera Bética Occidental. Para mayor claridad, las dividiremos en dos zonas, enlazadas por transiciones:

a) Parte sur, metamórfica:

Triásico: mármoles, cuarcitas, filitas, peridotita en masa.

b) Parte norte, no metamórfica:

Jurásico: calizas margosas y facies calcárea; brechas.

Triásico: marino, dolomitas en gran potencia.

Es posible que el mesozoico de ambas partes esté sobre filitas y neises de edad paleozoica (?). Sin embargo, en la parte norte, estos terrenos infra-yacentes sólo afloran aquí y allá en pequeña extensión.

## II. Unidades externas

(En gran parte, coincidentes con el Sub-bético de Fallot s. l., 1948).

a) Zona facial del sur:

Cretácico superior: facies caliza.

Cretácico inferior: en general, falta.

Jurásico: predomina la facies caliza

Triásico: bastante más marino que en el norte.

b) Zona facial del norte:

Jurásico y Cretácico: sobre todo, de facies margocalcárea.

Triásico: facies clástico-salina.

## B. ESTRATIGRAFÍA

La descripción de los terrenos se hace conforme a su ordenación estratigráfica. Si al mismo tiempo aparecen en distintas zonas o unidades, terrenos de igual edad pero de distinta facies, el estudio comienza en las regiones del Sur y termina en las del Norte. Lo mismo aquí que en las descripciones sinópticas de las diferentes formaciones geológicas partiremos de la idea de que el orden en que se presentan las zonas faciales, de Sur a Norte, corresponde a la misma sucesión en que se han ido constituyendo las cuencas de sedimentación. Las hipótesis contrarias, desarrolladas por Hoppe, serán tratadas en la página 22 de este trabajo.

### 1. PALEOZOICO

#### 1.1. Paleozoico del Bético de Málaga s. str.

El Paleozoico «seguro» (en el sentido de Lotze, 1955, es decir, demostrable por sus fósiles, tiene una extensión limitada, la que se define con el manto alóctono de Málaga. Los componentes de estas unidades van desde el Silúrico hasta el límite pérmico-triásico. Es posible que haya terrenos más antiguos, formando las series basales metamórficas, que describiremos más abajo.

Los datos estratigráficos los hemos obtenido de Kockel (1963), Mollat (1965) y Buntfuss (1967). Sin embargo, el primero incorpora en su Bético de Málaga, resultados de las rocas metamórficas, que según recientes investigaciones tectónicas, deben situarse en las unidades alpujarridas. En el mapa que acompaña a este capítulo, al establecer el límite entre el Bético de Málaga s. str. y las unidades alpujarridas se ha corregido la cartografía de Kockel del año 1963.

Dürr, en su campo de trabajo sólo señala el Paleozoico según sus itinerarios por la región y lo separa en el yacente o muro de las metamorfitas alpujarridas.

De las descripciones se deduce el siguiente corte normal del Bético de Málaga s. str. de muro a techo:

1. *Neis basal*.—Es un neis diaclasado, en masa, de color gris claro, que al meteorizarse, se vuelve rojo oscuro, blastomilonítico, a menudo bandeado, de composición granulítica.

Son a veces frecuentes los granates de varios centímetros de  $\emptyset$ . Incluidos en el neis aparecen lentejones de mármol de hasta 8 metros de potencia, concordantes. El espesor máximo, demostrable de 100 a 200 metros, que alcanza esta serie (en otros sitios) como roca basal del manto de Málaga está a menudo reducida, probablemente, merced al corrimiento tectónico.

2. *Serie filítica*.—La llamada serie filítica, debido a esta transición fluida tectónica, sucede insensiblemente al neis. Se compone de *pizarras micáceas* (cuarzo, muscovita, biotita, subordinados, feldespato, andalucita, granate); *filitas* (gris-azuladas a negras, a trechos nudosas, agavilladas, con intercalaciones de banquitos de cuarcita azul negruzcas); *pizarras filíticas* (oscuras, a menudo con intercalaciones veteadas de arena o arcilla finas; con sedimentación graduada ocasionalmente, lo mismo que con estratificación cruzada e intercalaciones de banquitos de cuarcita.

A unos 40 a 60 metros del estrato terminal se encuentra un conglomerado de cuarzo de unos 15 metros de espesor, en horizontes fijos, que contiene cantos rodados de hasta 6 cm de  $\emptyset$ .

El espesor total de la serie es de unos 350 metros.

3. *Calizas alabeadas*.—Las calizas alabeadas son un importante horizonte-guía con el cual termina la serie de pizarras metamórficas. La base se compone de una caliza cristalina de grano grueso, en bancos potentes, con intercalaciones de corneanas. Le sigue una serie de calizas tableadas, de color oscuro, azul negras, con intercalaciones de pizarras filíticas, pizarras areniscosas y grauwacas. Por el NE. aparecen también pizarras aluminosas. La caliza de la serie reduce su potencia de NE. a SW.; de vez en cuando, las calizas tableadas son sustituidas en gran parte por pizarras rojizas arenosas. El espesor de esta serie es de unos 500 metros por el NE. y de unos 200 metros por el SW.

Hasta ahora no se ha hallado fósil alguno en las calizas tableadas; en cambio, en las series clásicas, aparecen a veces calizas veteadas brechosas con una fauna de conodontos y ortoceras. En estos lentejones se ha encontrado silúrico y devónico inferior (Blumenthal, 1930; Kockel, 1959-1963).

4. *Serie de las pizarras y grauwacas*.—Comienza sobre las últimas hiladas de calizas alabeadas con una pizarra silícea de 10 a 15 metros de espesor, de color verde oliva al meteorizarse. Intercaladas en ellas se presentan grauwacas de sedimentación graduada y pizarras areniscosas con escasas inclusiones y de poco espesor, de conglomerados, calizas y pizarras tableadas silíceas. Los conglomerados se componen, sobre todo, de cuarzo y pizarras silíceas ( $\emptyset$  hasta 2 cm.) y forman lentejones y bancos en horizontes variables. El espesor total de la serie es de unos 200 metros.

Los únicos fósiles hallados se encuentran en las escasas intercalaciones de calizas compactas azulgrises de Almogía («Almogía-Kalk», Michelau, 1941), en las que Kockel y Stoppel encuentran conodontos (1962). Estos hallazgos proceden de diversos horizontes entre el Gedinense y el Carbonífero inferior. Además Michelau encuentra braquiópodos (1941) del Carbonífero inferior.

5. *Conglomerado poligénico*.—Típico conglomerado cuyos componentes son tan variados, que es uno de los mejores ejemplos que merecen este adjetivo de poligénico, ya que, en un cemento pizarroso-areniscoso se encuentran entrelazados cantos rodados de grauwaca, pizarra, filita, cuarcita, pizarra-micácea, aplita, granito, sienita, cuarzo y calcita fosilífera, Blumenthal (1960) le da el nombre de «conglomerado de Marbella» porque, en efecto, aquí se encuentra uno de los mejores sitios donde poder estudiarlo. La caliza fosilífera llega a ser el 80 por 100 de los componentes, según Mollat, y procede en su mayor parte de las intercalaciones calizas de la serie de las grauwacas y pizarras. La aplita procede de los diques del Paleozoico del Bético de Málaga s. str. Los pórfidos de granito y sienita no se conocen en el Bético de Málaga s. str. Los cantos, poco rodados, llegan a tener más de un dm. de grueso y algunos pasan de los 2 metros de  $\emptyset$ . El espesor del conglomerado es de unos 100 metros. En los cantos de caliza se han encontrado conodontos del Devónico superior (Kockel, 1962) y corales del Viseense (Michelau, 1941).

6. *Permotrias*.—Sobre el Paleozoico antiguo, yace discordante una serie terrestre, constituida por arenisca rojo violeta, pizarra areniscosa, pizarras arcillosas que alternan con conglomerados de cantos rodados de cuarzo y pizarras silíceas, de un tamaño medio de 1 a 3 cm. de  $\emptyset$ . En algunos sitios se encuentran también areniscas con cantos de feldespato y cuarzo lácteo.

Sobre estos terrenos aparecen rocas carbonatadas marinas probablemente triásicas. El deslinde del Permotrias respecto a sus terrenos infra-yacentes es difícil establecerlo porque la discordancia se halla mal aflorada y alterada tectónicamente. La escasez de fósiles demuestra estas dificultades. *Lebachia (Walchia) piniformis* Schloth. fue hallada en rocas de aspecto semejante al del Rif (Milliaro, 1959); *Voltzia heterophylla* Brong. de la serie superior al Norte de Málaga (Michelau, 1941), indica el *röt* (Buntsandstein superior).

#### 1.2. ¿Paleozoico? en las unidades alpujarridas

Se pueden considerar de edad paleozoica las filitas, pizarras micáceas y neises en las cercanías de Casares (Dürr «Unidad de Casares»); estas rocas yacen bajo una serie de otras de tipo permotriásico.



Bunntfuss señala el parentesco de las rocas basales de la Unidad de Casares con las del Bético de Málaga s. str.; cree reconocer algunos horizontes (p. e. «las calizas alabeadas») en la Unidad de Casares y supone para el Paleozoico un desarrollo paralelo en las cuencas donde se formaron ambos segmentos, próximos vecinos ahora.

Las series de neises de la Unidad Blanca, según Bunntfuss y Mollat, son paleozoicas. Aquí el argumento principal es la posición en el yacente o muro estratigráfico respecto a la Unidad alpujarrida de los mármoles, considerada como triásica. Estos neises se distinguen de las pizarras cristalinas del Bético de Málaga s. str. por su variedad petrográfica, riqueza en biotita y presencia de rocas eruptivas (ortoanfíbolitas).

En el trabajo de Kockel no se ha hecho todavía la separación de las partes internas paleozoicas en una Unidad alpujarrida y un Bético de Málaga s. str. En su Bético de Málaga s. l., las pizarras cristalinas son llamadas «paraneises» superiores que pueden compararse con las antes citadas y que del mismo modo, se pueden considerar alpujarridas-paleozoicas.

Las siguientes rocas se consideran como paleozoicas en los componentes de las unidades Alpujarridas:

#### 1. Filitas, pizarras micáceas y neises de la «Unidad Casares» (Dürr)

Son éstas las rocas que forman la envoltura del macizo peridótico de la Sierra Bermeja en la parte occidental. El metamorfismo aparece hacia el contacto con la roca eruptiva: los neises cordieríticos pasan a otros materiales caóticos, ricos en feldespato, que contienen inclusiones de neises oscuros; en el contacto con la peridotita predominan los neises con granates.

#### 2. Neises cordieríticos y neises andalucíticos de la Unidad Blanca (Bunntfuss, Mollat)

Estos dos tipos de rocas no corresponden a distintos niveles estratigráficos. Los neises cordieríticos están ligados al contacto con la peridotita y pasan con transición fluida a los neises andalucíticos, los cuales poseen una pronunciada estructura paralela, que atraviesa al cuarzo replegado y en proporciones variables cruza la roca finamente estratificada. Los minerales son: Andalucita, silimanita, biotita, cordierita, plagioclasa, turmalina, y ocasionalmente, también granate por la parte este. La andalucita se concentra en roca andalucítica y a veces llega a tener cristales de hasta 6 cm. de grueso. La biotita, plagioclasa y cordierita están muy transformadas en mica clara.

Los neises cordieríticos, por lo general, son de grano heterogéneo grueso, gris-oscuro, y más exactamente debemos llamarlo corneana (Bunntfuss). Contienen cordierita, plagioclasa y cuarzo. Las glándulas idiomorfas de feldespato alcanzan diámetros de hasta 4 cm. La cordierita y el feldespato están en gran parte transformados en mica clara. Los lentejones con estructura estratificada se pueden considerar como reliquias texturales de los neises andalucíticos.

#### 1.3. Paleozoico en síntesis

De los bien escasos datos estratigráficos seguros que podamos obtener en nuestro sector de la Cordillera no se deduce en modo alguno una clara idea de la marcha de la sedimentación paleozoica. Además, una buena parte de ella se ha alterado pasando a metamórfica. Su datación debemos tratar de obtenerla estableciendo comparaciones con rocas fosilíferas o por semejanzas regionales con otras.

Los dos campos sedimentarios, es decir, las cuencas donde se formaron el Bético de Málaga s. str. y las Unidades Alpujarridas, muestran afinidades evidentes en aquel período. Se constituyeron depósitos, de unos 1.000 metros de potencia, integrados principalmente por rocas clásticas, formando series de arcillas, areniscas y grauvacas con intercalación de calizas tableadas. Las rocas clásticas muestran sedimentación graduada, estratificación cruzada y a menudo alternancia de lechos de material grueso con otros de material fino, típicos de la facies flysch. A tal facies corresponde también la falta de fósiles.

Solamente son fosilíferos los cantos de caliza y los lentejones de este material. Excepto las cobijaduras y escamas tectónicas de intensidad grande, hay motivos para suponer que estas series de placas calizas se habrían deslizado como bloques sueltos a modo de flysch caótico en las cuencas de sedimentación.

La demostración paleontológica de los distintos niveles estratigráficos a los cuales pertenecen estos materiales de las inclusiones calizas «exóticas», que aparecen lo mismo en las Series clásticas y la riqueza en cantos rodados y horizontes de conglomerados, nos dice que en la génesis de estos materiales han intervenido solamente la denudación y el transporte de los fragmentos, grandes o pequeños de rocas consolidadas.

Con tal interpretación, el fijar la época de este «flysch paleozoico», es inseguro del todo. Solamente el permotriás terrestre, molásico, discordante, que reposa sobre tales materiales, nos puede asegurar la edad paleozoica de ellos.

#### 2. TRIÁSICO (véase lám. 1).

##### 2.1. Triás en las unidades internas

##### 2.1.1. Triás del Bético de Málaga s. str.

Con igual inseguridad, respecto a su edad, que el permio «trias» y enlazado estratigráficamente con él, tenemos las dolomitas, que en el exconvento de las Nieves (al sur de El Burgo, Dürr) alcanzan 200 metros y en el pantano Andrade (al W. de Carratraca, Kockel) llegan a 80 metros de espesor. Son de constitución sacaroidea, arenosas, grises, que en el pantano de Andrade suceden a una serie de areniscas y arcillas rojas con intercalaciones de yesos, cuya potencia es de unos 50 metros (Kockel). De su comparación con unas dolomitas semejantes, de unos 10 metros de espesor, que entre Almogía y Málaga se intercalan en una serie clásica, en la cual hay fósiles (restos de *Gyroporella*) (Blumenthal, 1930, pág. 90), se deduce que esta serie carbonatada del Bético de Málaga s. str. es de edad triásica media a superior.

##### 2.1.2. Triás en las Unidades Alpujarridas

Se compone, en la zona no metamórfica, de unos 1 000 metros de rocas carbonatadas, sobre todo dolomitas; y en la zona metamorfizada de mármoles, cuarcitas, pizarras.

##### 2.1.2.1. Triás de las Unidades Alpujarridas metamórficas

A esta zona pertenecen las potentes series de mármoles de la parte oriental y otras de material más clástico, cuarcítico y filítico con intercalaciones marmóreas de la occidental. No se puede establecer una ordenación estratificada de las rocas componentes de ella pero se comprueban las conexiones sedimentarias con las cuarcitas, filitas y mármoles y su alternancia.

Su filiación estratigráfica, triásica, se basa en la gradual transición, comprobada, de las rocas carbonatadas triásicas no metamórficas a los mármoles del borde sur del dominio no metamórfico; en la presencia de yeso y filitas alpujarridas de la Sierra Blanquilla en Ardales (Kockel) y en las comparaciones regionales con rocas de igual composición, mejor datadas, de las alpujarridas poco metamórficas en la región central (Fallot y otros, 1959; Copponex, 1959) y del Rif (Durand Delga y otros, 1962).

Según esto, en las Unidades Alpujarridas las rocas que a continuación se describen, quedan consideradas como triásicas. La ordenación descriptiva está solamente condicionada por su correspondiente estratigráfica.

#### 1. Pizarras metamórficas

En los sitios en donde se encuentran las filitas y los neises con los mármoles, éstos se pueden considerar, con reserva, como triásicos. En la Sierra Blanca hay neises biotíticos en la zona límite entre el complejo neis-mármoles y los neises en su mayor parte cuarcíticos infrayacentes estratigráficamente (Mollat). En la región aneja occidental, de facies clásica más intensa, la separación de las pizarras paleozoicas y de las mesozoicas es más insegura. Parte de los neises cordieríticos que aparecen junto con las cuarcitas y mármoles deben de ser triásicos (Bunntfuss)

En Casares aparecen filitas de color violeta a azul claro (filitas azules ásperas de Blumenthal, 1931-33), que pueden alternar con mármoles y cuarcitas. La edad triásica de todo este conjunto se deduce de la alternancia de la filita con la dolomita triásica (Dürr). Las bandas de yeso, de hasta 1 metro de espesor, que tienen las filitas de Ardales (Kockel) permiten datar como triásicas estas capas (la facies salina del Mediterráneo occidental sólo se conoce del Triás y del Terciario).

#### 2. Cuarcita

Por su posición estratigráfica, tan bien situada, en el yacente de los mármoles, y alternando con éstos, lo mismo que con los neises basales y filitas, se encuentran las cuarcitas, en bancos gruesos o en placas pizarreñas finas, con su clásico color rojo de meteorización. En las cuarcitas se forman bandas néisicas de estratificación delgada, que contienen cristales deformados pero bien cristalizados de cuarzo, acompañados por los siguientes minerales: plagioclasa, cordierita, biotita, silimanita, diópsido, titanita, turmalina y zircón. Bunntfuss describe de Monte Mayor el paso de los neises cordieríticos, tanto en sentido vertical como lateral, a la cuarcita y lo mismo observa Mollat en el centro de la Sierra Blanca y de su borde oriental

#### 3. Mármoles

La Sierra Blanca es el centro de dispersión principal de las rocas carbonatadas metamorfizadas.

Se encuentran mármoles calcáreos claros y otros dolomíticos, de formas más blandas y meteorizables. Lo mismo en unos que en otros aparecen vetas metalíferas (Skarn) con minerales abundantes. Próximos al contacto con la peridotita parecen enriquecerse aún más las rocas con silicato calizo (Bunntfuss). Los mármoles dolomíticos y calizos están enlazados por transiciones y parece que se



sustituyen facialmente. Con reserva, Mollat supone una sucesión estratigráfica de unos a otros en la parte este de la Sierra Blanca.

Según esto, comienza, en posición invertida, la «Serie triásica encima de los neises superiores» con una capa de *mármol calizo*, que pasa a una serie de *mármoles dolomíticos impuros*, y cuyo espesor es de varias decenas de metros, la cual alcanza una gran extensión al SW. de Monda. La meteorización de esta roca, no alterada, de color azul-gris oscuro, le da un tono pardusco y deja exentas numerosas vetas de silicato (Skarn). Siguen, con transición poco definida, *mármoles calizos puros*, en bancos, con frecuencia de 0,50 a 1 metro de grueso, macrocristalinos, blancos con bandas azules y vetas delgadas, no muy frecuentes, de Skarn. Por último siguen *mármoles dolomíticos* con abundante  $SH_2$ , ricos en silicatos calizos, de grano fino, color rosa, blanco puro a azul claro.

En la zona de Casares, las capas de mármoles dolomíticos que se intercalan en las cuarcitas y filitas muestran tapices de algas ya apenas conservadas. En el lecho del Arroyo de la Vieja (SE. de Casares) contienen restos de plantas, moluscos univalvos y bivalvos, afines a los fósiles de la dolomita principal alpina, lo que induce a Dürr a considerar este tramo como noriense.

Los mármoles dolomíticos de la región de Yunquera pasan de una potente serie de dolomitas con algas, de varios cientos de metros, con restos de *Megalodontos* y con rumbo al SE. aumenta su metamorfismo. Hacia el NE., en Casarabonela y Carratraca, hay mármoles bandeados y macrocristalinos con mucho  $SH_2$  («Serie Capellán» de Kockel), idénticos a los de la Sierra Blanca.

Los filones de anfibolita acordillada son frecuentes en el mármol de Sierra Blanca, sobre todo al norte de Ojén. A 4 kilómetros al S. de Monda y en el Arroyo de los Nogeles, al W. de Marbella, se encuentra la anfibolita con gruesos cristales de hornblenda y plagioclasa. Su origen lo suponemos de una roca gabroide.

El espesor de los mármoles disminuye rápidamente desde el E. (varios cientos de metros en la Sierra Blanca) hacia el W. (varias decenas de metros que en Casares por excepción llega a los cien).

La filiación triásica de todas estas series metamórficas de carbonatos no está asegurada en la región por carecer de la fauna correspondiente, pero por su afinidad petrográfica y estructural y por la cartografía, se muestra muy posible.

#### 2.1.2.2. Triás en las Unidades alpujarridas no metamórficas

El término estratigráfico más importante lo forman los cerca de 1.100 metros de potencia que

tienen las dolomitas de la Sierra de las Nieves (Unidad de las Nieves, Rondaidas), que son de color pardusco o gris oscuro, a menudo bituminosas. Los bancos, con espesores medibles de varios decímetros a varios metros, forman paquetes de 10 a 30 metros de potencia. Rocas dolomíticas margosas en placas delgadas separan los paquetes. En la parte superior hay intercalaciones de calizas en placas, margosas, oscuras, cuyo espesor total llega a los 150 metros.

En toda esta serie son frecuentes estructuras semejantes a las algas que a veces pueden identificarse como dasicladáceas (*Gyroporella* sp.). A unos 200 metros por debajo del techo de la serie de dolomitas se presentan bancos con una rica fauna de megalodontos pero mal conservados.

Lo mismo hallamos en el Triásico del SW. de nuestra región, en la Sierra de Algotocín y en el Hacho de Gaucín se encuentra una constitución semejante (Dürr, Unidad de Benadalid). Aquí se han formado unos 300 metros de dolomita, que luego quedaron cubiertos por calizas tableadas margosas, del retiene fosilífero, de unos 100 metros como máximo de espesor.

En la parte E. de nuestra región, en la Sierra Prieta y en la Sierra de Abeaparcín (Zona Prieta-Nieves, Kockel), las rocas triásicas se corresponden igualmente con las de la sierra de las Nieves. Se desarrolla una alternancia de placas negras con dolomitas bituminosas en bancos o en masa, cuyo espesor es de unos 650 metros. En el yacente o muro asoma una serie de unos 200 metros de potencia (que Kockel llama «Serie de Mogajores»), constituida por calizas en placas, negras, pizarreñas, con estratos de espesor máximo de unos 8 metros que alterna con areniscas y arcillas parduscas finamente hojosas.

Basándose en la comparación con el desarrollo del Triásico en el NE. de las Alpujarridas (Fallot y otros, 1954), Dürr supone en esta serie la presencia del Carniense y en las dolomitas con algas el Noriense.

El retiene fosilífero de las calizas margosas en el techo de la dolomita de algas (Sierra de las Nieves, Sierra de Algotocín) nos lleva a suponer para toda la masa principal de dolomitas la edad noriense.

### 2.2. Triás de las Unidades externas

#### 2.2.1. Triás de la zona facial del Sur.

La parte en donde más desarrollo adquiere el Triás de esta zona la tenemos en S. y SE. de Ronda. La serie comienza con rocas clásticas y salinas que

asoman de un diapiro en el valle al SE. de Ronda. Este diapiro se compone de areniscas verdosas y pardas, con mica y fragmentos de plantas, limonitas y arcillitas oscuras, dolomías cavernosas, yeso fajeado y brechoide impuro, y por último, de dolomitas margosas tableadas como parte final o techo. Estas últimas contienen pequeños moluscos univalvos y bivalvos del muschelkalk (inferior?) (Dürr). La serie clástico-salina, según éstos debe ser de *röt* (Buntsandstein superior) (?). Los yesos y dolomías al E. del Pantano del Chorro, en el núcleo del pliegue de Huma (Kockel) los consideramos por las mismas razones, como del Triás inferior.

En Ronda, la serie clástico-salina está cubierta por unos 180 metros de placas, calizas oscuras y dolomitas subordinadas a las que siguen, hacia arriba, calizas de fucoides (calizas de pseudofucoides, M. Schmidt, 1937). En el Chorro (Kockel) el Triás calizo consta de 150 metros de dolomita tableada con una fauna del Ladinense medio (Schmidt, 1937).

En las calizas triásicas del Arroyo Negro, al SE. de Ronda, Dürr encontró fósiles del Anisiense y en otros sitios una rica fauna del Ladinense.

El Triás superior de la región de Ronda, sobre todo al norte de la Sierra de Hidaiga, está bien desarrollado. Las calizas y dolomitas margosas del Carniense (?) pasan a dolomitas norienses (?) en gruesos bancos. Sigue luego un retiene regresivo con arcillas magras, carniolas, areniscas y algunos bancos de yeso. Como indicadores de la proximidad de la costa y a veces de la sierra emergida, son testigos los retazos de carbón en las areniscas y a trechos en las carniolas cavernosas las concreciones de pisolitas ferruginosas (Bohnerz).

Hoppe describe rocas semejantes en los afloramientos diapíricos de las sierras de Libar y Blanquilla. Hoppe encontró más afloramientos triásicos en el borde N. de la zona facial meridional en Grazalema («Penibetikum»): Alternan placas de varios dm. de grueso, de caliza gris-oscuro, conteniendo pistas de gusanos y conchuelas (Ladinense?) con margas de color semejante. Siguen 10 metros de dolomitas del noriense (?) y una serie de areniscas, margas y arcillas del Retiene regresivo. El Triás termina con las carniolas reto-liásicas, que forman la introducción del Jurásico marino.

#### 2.2.2. Triás en la zona facial norte

Característica del Triás de esta zona es la variedad de series muy potentes, de carácter clástico-salino, movibles, que en un sondeo cerca de Bornos, por repetición sedimentaria, llegan a alcanzar el enorme espesor de más de 3.000 metros (Per-

conig, 1962). Según M. Schmidt (1937) este sorprendente espesor podría corresponder a dos horizontes estratigráficos: arenisca abigarrada (Buntsandstein) y keuper. Ambas series, las dos clástico-salinas, separadas estratigráficamente por calizas anisienses? —ladinienses, en facies de muschelkalk, están casualmente mezcladas y forman la base móvil de las montañas. En el interior de este Triás clástico-salino no se puede establecer una sucesión estratigráfica. Se encuentran aquí los siguientes materiales rocosos:

**Areniscas.**—Las areniscas triásicas son, por lo general, amarillas, deleznales, en bancos gruesos o en masa. Sus cuarzos son esquinados y llegan a tener hasta 1,5 mm. Los fragmentos más gruesos de esta arenisca alcanzan unos 80 metros. Son frecuentes en las caras de los estratos los lechos de mica. La glauconita no es rara. La estratificación cruzada se reconoce bien a trechos. Se observa a veces la alternancia de areniscas rojas con otras verdes.

**Arcillas.**—Predomina el color rojo; subordinadamente, el amarillo o el verde; son plásticas y constituyen así el material que alcanza mayor extensión entre los triásicos. Por lo común carecen de arena; en cambio, contienen concreciones o cristales entrecruzados de yeso, pequeños cristales de cuarzo, banquitos de dolomita o carniola y separadas por pequeñas distancias, las capas están unas veces formando bandas, otras veces, con estratos deslizados o sin dejar ver su estratificación original.

**Yeso y cal.**—Se explota el yeso en zonas en donde sus estratos alcanzan un espesor total de más de 50 metros. En algunos sitios aparecen intercalaciones de arcilla (p. e., al E. de Coripe). La sal común se obtiene de fuentes saladas, p. e., al SE. de Zahara (cuenca del Guadalete) y al S. de Morón de la Frontera en la carretera de Coripe.

**Brechas.**—Al N. de la región existen brechas, de varias decenas de varios metros de espesor que constan de una pasta o matriz arcilloso-yesosa, en la que están sólidamente cementados fragmentos de toda clase de rocas triásicas.

**Calizas triásicas.**—El muschelkalk se encuentra, sobre todo, en el NW. de la región. Forma bloques de extensión variable, desde los de pocos metros cuadrados hasta las series que alcanzan kilómetros cuadrados sobre el Triás detrítico o entremezclado con los materiales de éste último. En la parte inferior de la serie, las calizas son negras, en bancos o placas; hacia arriba se hacen nodulosas («calizas de pseudofucoides»); contienen crinoideos (Los Castellares) o lumaquela (conchuela) y a veces son ricas en pistas (p. e., cantera al SE. de Morón de la Frontera). Su espesor más proba-



ble pasa de los 150 metros. Hasta ahora no se conocen fósiles guías fósiles. La similitud de facies con el Triásico calizo de Ronda (Dürr), datado como anisiense y ladiniense hace muy probable la edad muschelkalk de estas rocas.

### 2.3. Retiense-liásico (Serie de las carniolas)

El paso del Triásico al Jurásico tiene lugar en el interior de una serie, en su mayor parte dolomítica, azoica, muy extendida en España a la que se le da el nombre de carniola, que según M. Schmidt (1937) yace «transgresiva sobre la mayor parte del Triás español». En la región cartografiada, son dolomíticas en masa o en bancos, con una típica superficie áspera de meteorización en la que sobresalen fragmentos esquinados, más duros y oscuros de dolomita; el interior es cavernoso, lleno de los agujeros resultantes de la disolución de la dolomita, de la calcita o de las arcillas, todo lo cual le da un aspecto brechoide a conglomerático.

En el Bético de Málaga s. str. yacen unas cuantas decenas de metros de dolomitas claras y grises que corresponden a la unidad tectónica del Bético de Málaga s. str. En las Unidades alpujarridas no metamórficas están representadas por una serie de calizas, de espesor semejante (Dürr, Sierra de las Nieves, Sierra Crestellina). Hacia el N. vuelven a ser cada vez más dolomíticas y en su superficie conservan costras margosas.

En la zona facial nórdica de las unidades externas, las dolomitas en masa tienen varios cientos de metros de potencia; su color es gris. Esta es la zona de su máxima extensión.

El límite de las carniolas con las series liásicas de su techo, lo forman calizas en bancos; pero es por completo indefinible. Partiendo de las carniolas, hay zonas dolomitizadas, que llegan hasta el Liás medio (zona norte) o hasta el Titónico (zona sur). Unas veces, las carniolas del límite aparecen en nidos, otras, formando bancos (vertiente W. de La Ventana, Hoppe), o bien por último, constituyen columnas que pueden atravesar las capas sedimentarias (Sierra de los Pinos, en Cortes de la Frontera, Hoppe). Es posible que este último tipo de dolomita granuda sea debido a una diagénesis tardía. La forma de yacimiento de la dolomita macrogranuda corresponde a una dolomitización después del depósito de las rocas jurásicas, acaso por ascensión de soluciones magnesianas.

En cambio, consideramos que la formación de la dolomita de grano fino, compacta, se ha realizado después del depósito o poco después del sedimento de los bancos.

En el mapa geológico adjunto, no es fácil separar las dolomitas que, estratigráficamente, pertenecen al horizonte de las carniolas, de las calizas dolomitizadas del jurásico o de las dolomitas triásicas de niveles más bajos (por ejemplo, de las dolomitas norienses de las unidades alpujarridas, Dürr). Todas las dolomitas del Triás superior y del Jurásico aparecen, por tanto, bajo el mismo signo, en el mapa.

### 2.4. Triás en síntesis

Durante el Triásico superior parece que han debido reinar condiciones faciales homogéneas en todas las montañas de la Serranía de Ronda. Procediendo de las cuencas de sedimentación del permotriás terrestre, de areniscas y conglomerados, del Bético de Málaga s. str., por el Sur, quedaron abarcados en el episodio sedimentario, los países que se extendían por el Norte, al paso del Pérmico al Triásico. Probablemente se sedimentaron la arena, la arcilla, la escasa formación dolomítica, el yeso, con espesores cada vez más crecientes según el mismo rumbo. En las Unidades alpujarridas, estas rocas están en su mayor parte ocultas o con límites no fáciles de deslindar por hallarse incluidas en las Series holometamórficas. En las unidades externas, estas rocas forman parte de la serie clástico-salina.

En el Anisiense y Ladiniense, las ingresiones marinas depositaron las calizas onduladas negras con zonas de pseudofucoides (facies epicontinentales del muschelkalk). Solamente en las unidades externas se puede demostrar la presencia del muschelkalk. Todavía se ignora si este horizonte estratigráfico se oculta en las zonas más bajas de las unidades internas, convertido en masas carbonatadas, en parte recristalizadas.

Después de las ingresiones mesotriásicas, se reanudó la sedimentación clástica en toda la región. En la cuenca de recepción de los materiales que formaron el Bético de Málaga s. str., se constituyó una serie clástica, de poco espesor, sobre todo de facies clásticas con escasa proporción de la salina.

En el dominio de las alpujarridas, la base del Triás superior se ha constituido en la facies arcilloso-arenoso-dolomítica (carniense)? que forma la serie «Mogajores», pero al llegar al noriense, la facies pasó de la germánica a la alpina, depositándose así más de 1.000 metros de dolomitas, cuya transición hacia el Sur está ligada a cambios metamórficos, como se observa en el mármol de la Sierra Blanca, buen ejemplo de esta recristalización.

En el dominio de las unidades externas se repitió el mismo proceso en el triás superior, depositán-

dose una potente serie clástico-salina que, probablemente, alcanza hasta el Retiense, y que por el borde Sur permite deducir la existencia de regresiones y emersiones. Al paso del Triásico al Jurásico los depósitos son todos marinos. Se formaron calizas y dolomitas (serie de las carniolas), cuyo espesor varía desde varias decenas de metros por el Sur hasta varios centenares de metros por el Norte indicando la prolongación de un traslado del eje de la fosa hacia el mismo rumbo.

### 2.5. Apéndice. Peridotitas y ofitas

Las peridotitas forman grandes macizos en las unidades internas, mientras que las ofitas están envueltas en las arcillas y areniscas del Triásico salino-clástico de las unidades externas. Ni en una ni en otra de estas rocas se puede decir con seguridad su génesis. Como acompañantes, sobre todo, del Triás, les dedicamos aquí este apéndice.

#### 2.5.1. Peridotita

Las rocas ultrabásicas ocupan una extensión considerable en el ámbito de las unidades internas. Las peridotitas constituyen ingentes macizos montañosos en las cadenas Béticas occidentales (Serranía de Ronda).

En los últimos tiempos no ha vuelto a ser estudiada petrográficamente la peridotita. Orueta (1917) señala las siguientes rocas: dunita, y harzburgita como principales y subordinadamente piroxenita, lherzolita, piroxenita de dialaga, websterita, norita y gabro. Orueta supone que las variedades más ácidas de la Sierra Bermeja están ordenadas como formando una aureola alrededor de un núcleo más básico.

La peridotita está fuertemente dolomitizada en su superficie, y fuertemente tectonizada, en las zonas en el interior también muy serpentizada. En los afloramientos más accesibles, como sucede en la carretera San Pedro de Alcántara-Ronda se observa una clara disyunción en bancos y un bandeado acentuado (Buntfuss). Es posible que los granos minerales se hayan ordenado en ángulo agudo respecto a este bandeo y muestren una especie de pizarrosidad (Buntfuss).

Las peridotitas limitan con rocas de las unidades Alpujarridas y del Bético de Málaga s. str. Constituyen grandes plutones o forman lentejones de serpentina desde pocos a varios cientos de metros de longitud, que se han deslizado como material lubricante adheridos a los mantos alóctonos entre el Bético de Málaga s. str. y las unidades alpujarridas.

Entre la peridotita y el Bético de Málaga, s. str. hay contactos pero solamente de carácter tectónico

intenso. Nunca se ha podido observar una penetración de las ultrabásicas en las rocas del Bético de Málaga s. str. En cambio, entre la peridotita y las rocas alpujarridas, a veces apenas hay contactos tectónicos (Mollat).

La intrusión de la peridotita actuó con cierta intensidad en la roca encajante: en Casares hay pizarras paleozoicas? con una aureola de metamorfismo progresivo en torno del contacto con la peridotita (Dürr). En el SE. de nuestra región los neises próximos al contacto son cordieríticos, que se entrecruzan con los neises andalucíticos bastante alejados de aquí. Las observaciones nos indican que ha habido una transformación por metamorfismo de contacto, al ascender un magma ultrabásico caliente.

De este hecho resulta que la peridotita pertenece a las unidades alpujarridas. Es difícil precisar el momento en que tuvo lugar la intrusión. Los pequeños bloques de mármoles y cuarcitas triásicas, que yacen en la masa de la roca eruptiva o que la rodean como parte de la serie alpujarrida, inducen a considerar la época de la intrusión como tardo-triásica o posttriásica. En todo caso, su encajamiento atravesando los terrenos sedimentarios ha tenido que ocurrir antes del corrimiento del Bético de Málaga s. str. entre el Liásico y el Titónico, como lo demuestran los lentejones de serpentina que han facilitado el arrastre.

#### 2.5.2. Ofita

Las ofitas son rocas clásicas acompañantes del Triás español (Viennot, 1930). En nuestra región se encuentran en el Triás clástico-salino de la zona facial nórdica de las unidades externas y forman bloques aislados de algunos cientos de metros cuadrados de extensión hasta otros de pocos metros cúbicos de volumen. Además de mostrar una estructura de grano fino, en general de color negro, hay rocas ofíticas doleríticas y porfídicas con romboedros feldespatícos de 2 cm. de longitud máxima. Faltan los signos que pudieran atribuirse a fenómenos de contacto con el Triás envolvente. El abancalado que a veces tiene, no guarda relación con estas superficies de contacto; y lo mismo ocurre en cuanto a la relación entre el tamaño de los granos de la roca y el grado de enfriamiento ni tampoco se puede definir una evidente superficie de contacto matizada por fenómenos endógenos, de tal modo que estas vulcanitas debemos considerarlas como fragmentos sueltos sin raíz, procedentes de diques filonianos básicos.

En nuestra región, estos diques deben haberse intruido en el Triás inferior, puesto que nunca se han descubierto ni en el Muschelkalk ni en el Keuper, ni en rocas más recientes, Más al E., según



Bertrand y Kilian (1889) y Fallot (1948), han atravesado estratos del Toarciense y del Cretácico superior.

### 3. JURÁSICO (véase lámina 2).

#### 3.1. Jurásico de las unidades internas

##### 3.1.1. Jurásico del Bético de Málaga s. str.

En el manto de sedimentación mesozoico, de escaso espesor y lleno de lagunas del Bético de Málaga s. str. se encuentran depósitos jurásicos, sobre todo fuera de la región por nosotros estudiada, en las cercanías de Málaga (Cerro de San Antón, norte de El Palo, Azema, 1961). Los yacimientos son pequeños y, por lo general, sólo representan breves secciones estratigráficas del Jurásico. Son características de este terreno en nuestra región, tanto las lagunas como las condensaciones estratigráficas.

Son pocos metros de potencia los estratos de caliza arenosa con ooides ferruginosos y ammonites del Lías medio a superior; siguen luego 30 metros de calizas oolíticas y calizas con secciones finas de bivalvos menudos, que probablemente pertenecen al Jurásico medio y, por último hay varios metros de caliza glauconífera, en masa, con ammonites y microfósiles del Jurásico superior al terminal.

Aún con la duda de su clara pertenencia paleogeográfica, diremos que estos yacimientos jurásicos, que se encuentran en el borde norte actual de las unidades internas, pertenecen por su facies, coincidiendo con la cuenca de sedimentación del Bético de Málaga s. str., que está rodeada por calizas en bancos o en masa del Pliensbaquiense superior con intercalaciones de calizas con nódulos silíceos (Kockel). Restos de ammonites del Jurásico superior se encontraron en las brechas calizas, que yacían sobre pizarras paleozoicas al E. de Ardales (Blumenthal, 1930; Kockel).

En la zona Casares-Gaucin-Benadadid se encuentran algunos macizos jurásicos («Unidad Benadadid», Dürr) delante y encima del Paleozoico. Se componen de calizas en masa o en placas; también hay otras calizas arenosas, conglomeradas y nodulosas. En esta serie se ha demostrado la presencia de Lías inferior, Lías superior y Malm (Dürr). Fácilmente, estas rocas se asemejan al Jura del borde sur de la zona de Unidades externas, pero también muestran paralelismo con el Jurásico de El Palo de Málaga (Azema, 1961) Siguiendo la concepción de Blumenthal (1931-33), de modo provisional consideramos estas rocas, paleogeográficamente hablando, como cubiertas sedimentarias del Paleozoico del manto de Málaga (Dürr).

##### 3.1.2. Jurásico de las Unidades alpujarridas

Las calizas y corneanas tableadas de varios cientos de metros de espesor son características para el Jurásico en las Unidades Alpujarridas. Hacia el S. y SE. en dirección hacia la zona metamórfica, estas rocas aparecen cada vez más recristalizadas y ya no pueden separarse de los mármoles triásicos (?). En el contorno lejano de la Sierra de las Nieves, sobre una base, nodulosa, a menudo rojiza, reposa una serie de placas de calizas y corneanas que llegan a medir 300 metros de potencia; hacia arriba se hacen cada vez más margosas. En las capas basales se ha encontrado hetangiense y sinemuriense (Dürr). Kockel halló pliensbaquiense superior en una formación idéntica pero más potente y más metamorfizada en las Sierras Prieta y Alcaparain. Faunas jurásicas más recientes no se han hallado.

Esta laguna estratigráfica aquí presente, que va desde el Lías superior hasta el cretácico inferior es un dato de gran importancia en la interpretación de la evolución paleogeográfica y orogénica.

Características del Lías de las Unidades Alpujarridas son las brechas potentes que contienen. Según Dürr («Brecha de Nava») estas brechas forman el techo o pendiente de la serie de calizas y corneanas antes citadas; según Kockel, se entreveran unas con otras, junto con lentejones calizos en masa; sin embargo, según Kockel estas brechas han quedado separadas tectónicamente sobre las corneanas.

El material componente de las brechas consta de fragmentos de las rocas del Lías alpujarrido; más raramente en la parte W. de la zona (Dürr) hay también cantos de filitas y cuarcitas; todo ello empastado en una matriz caliza y dolomítica de color gris claro, de textura sacaroidea, a trechos con sedimentación rítmica.

El espesor de esta brecha es de varias decenas de metros (Dürr); de menor espesor, acaso también con carácter de brecha tectónica, se encuentra este material al borde de los lentejones de caliza en masa en las Sierras Prieta y Alcaparain.

La brecha es azoica. Por razones tectónicas, Dürr la considera de edad jurásica.

#### 3.2. Jurásico de las Unidades externas

##### 3.2.1. Jurásico de la zona facial del Sur.

El Jurásico de las unidades externas de la facies meridional se caracteriza por sus bancos calizos, oolíticos y nodulosos, cuyo espesor total llega a los 400 metros. Forman las crestas divisorias de las

cadenas calizas y las que sobresalen en los macizos del flysch en una faja de unos 20 kilómetros de anchura entre Ubrique y Teba.

En el corte típico de esta serie, al SW. y E. de Ronda (Dürr) pasan de las carniolas dolomíticas mediante una transición insensible a los bancos calizos claros, oolíticos y pseudoolíticos. En el techo o pendiente se presentan intercalaciones margosas, el color pasa a pardo amarillento, se intercalan bancos brechosos o de conglomerado barroso y como fósiles aparecen nódulos de conchuela y tallos de crinoideos. Algunos restos de gasterópodos de las capas altas hacen suponer a esta serie una edad posliásica.

Siguen calizas en masa, dominantes, que hacia arriba se hacen más puras. Los ooides existen doquier; a veces también la estratificación cruzada y los bancos de oolitas llegan a tener varias decenas de metros.

Sobre esta serie sigue el Titónico en su típica facies batial. Las calizas nodulosas rojas y gris amarillas a verdes (falsa brecha de Fallot), a las que se agrega una pasta débilmente margosa, son ricas en ammonites y muestran formas de subsolución. Sobre las calizas nodulosas, por último, se encuentran calizas oolíticas en bancos, con intercalaciones margosas y finalmente, la serie se termina con un horizonte noduloso que forma el paso a las calizas margosas del neocomiense.

Los últimos tramos de calizas en bancos y calizas nodulosas deben situarse, con su rica fauna de Ammonites y su microfauna, en el tiempo comprendido entre el Titónico superior y el herriasiense.

En la región del Pantano del Chorro, la sucesión de terrenos varía y contiene también liásico fosilífero (Kockel). Sobre un conglomerado basal de cantos rodados de carniolas y dolomitas siguen calizas de equinodermos con nódulos de corneana y ammonites del Pliensbaquiense. Luego siguen areniscas calcáreas amarillentas del Toarciense inferior alto. Después aparece una brecha, con bloques a veces de enorme tamaño, de caliza y caliza oolítica de hasta 5 metros de  $\emptyset$ , que se entrecruzan con las calizas oolíticas y sobre las cuales siguen calizas nodulosas cuya fauna de braquiópodos indica que las brechas pertenecen, probablemente, al Dogger bajo y medio. El Jurásico superior del Chorro corresponde al de la región de Ronda.

Hoppe describe el terreno que se extiende por el borde N. de la zona de estudio, hasta Grazalema, en donde encuentra la caliza oolítica del Oxfordiense inferior, con grietas y diaclasas de varios metros de profundidad y medio metro de anchura, que en parte están rellenas por fragmentos de material oolítico o de la caliza compacta del Jurásico superior. Además, en las grietas se encuentran ammonites del Oxfordiense superior. La «falsa brecha»,

es decir, las calizas nodulosas, que parten de la Sierra Blanquilla, pierden su espesor hacia el N. En Grazalema no existen. Las calizas oolíticas agrietadas, quedan cubiertas por bancos calizos que terminan aquí la formación del Jurásico de la región en el malm medio.

Un miembro de enlace entre las facies oolíticas y la nodulosa por un lado y el Jurásico alpujarrico, rico en margas y brechas, que se enlaza por el S., por otro lado, se encuentra en la estrecha faja jurásica del Tajo de los Enamorados, en el Peñón de Ronda y más al W. en la Almola y Sierra del Oreganal. A este tramo pertenecen también los anticlinales de Perella y el Tajo de Cabrilla («Unidad Enamorados», Dürr). Aquí, el Jurásico inferior está representado por las calizas claras en masa que tienen en parte un espesor de más de 100 metros y que se entreveran con las calizas tableadas de corneanas o con los conglomerados de cantos gruesos calizos. Sigue, probablemente después de una laguna estratigráfica, que comprende el Jurásico medio, un pequeño espesor de Jurásico superior calizo con su típica facies nodulosa.

Los macizos que sobresalen del flysch, llamado por Dürr «Unidad Tajarillo», están constituidos por calizas nodulosas, calizas de corneanas con capas de brechas y calizas margosas tableadas. Los ammonites y braquiópodos demuestran su pertenencia al tramo que va desde el Sinemuriense hasta el Toarciense. Falta el Jurásico superior. Estos yacimientos liásicos, que ahora por su posición tectónica se consideran pertenecientes a las unidades externas, son afines, facialmente, al Jurásico de las unidades internas.

##### 3.2.2. Jurásico en la zona facial del Norte.

Característico del Jurásico de la zona facial del norte, es por un lado la alternancia de las calizas en bancos con las calizas silíceas nodulosas y margosas tableadas y las calizas nodulosas abigarradas, y por otro lado, su gran potencia, que pasa mucho más de los mil metros. Esta serie jurásica forma la Sierra del Pinar (1.654 m. de altitud), que es la cumbre más alta de la parte occidental de la Serranía de Ronda entre Grazalema y Zahara. Constituye también los cordales montañosos en torno a Cañete la Real y las escamas alóctonas aisladas al norte de la región, entre Montellano, Zahara y Almargen.

Sin una neta separación estratigráfica, a las carniolas reto-liásicas siguen calizas en masa y en bancos, de color claro, a menudo oolíticas y más raramente glauconíticas, con abundante material fosilífero, como son los nidos de braquiópodos, las impresiones vegetales de algas, las acumulaciones



tanatocenósicas (campos de batalla y cementerios de los belemnites), los depósitos de restos de ammonites, las losas constituidas por conchas de braquiópodos (1,5 km. al S. de Bonamahoma, Hoppe). Estratigráficamente, estas calizas llegan hasta el Pliensbaquiense.

Lo mismo que en el Jurásico de las zonas meridionales, sobre las calizas y dolomitas se desarrollan brechas calizas de elementos gruesos, trabados por un cemento margoso (vertiente S. de Lagarin, Hoppe; vertiente N. del Atalayón, Kockel).

Al complejo calco-dolomítico se superpone de un modo bastante abrupto, una serie de bancos de calizas y corneanas ricas en margas de color oscuro, blandas. Este cambio facial, no podemos probar que se halla realizado al mismo tiempo en toda la banda N.; prescindiendo de la frecuencia y tamaño grande de los nódulos silíceos y de las variaciones en la proporción de la marga, esta serie de margas calcáreas oscuras, es bastante homogénea, si bien su potencia varía mucho. Facialmente se asemeja al Liásico meridional en El Burgo-Teba Cañete (Kockel), en el cual pueden hallarse adicionalmente intercalaciones oolíticas, capas de caliza arenosa y de brechas.

En la serie de calizas de corneanas en losas, sobre todo, la parte superior, rica en margas y pobre en calizas silíceas nodulosas, contiene ammonites y braquiópodos del Pliensbaquiense y Toarciense.

En la parte W. de la zona nórdica se desarrolla el Jurásico medio en facies nodulosas; se constituye un horizonte bien definido de calizas nodulosas, de color violeta rojizo y verdoso, con películas margosas, que tienen un espesor de 65 metros. A juzgar por la rica fauna de ammonites, se trata del Toarciense inferior (al S. de Zahara y N. de la Silla, Hoppe; Sierra Esparteros, al S. de Morón, Mauthe) y llega hasta el Batoniense (Mauthe), incluso es posible que en algunos sitios suba más arriba. En estas calizas nodulosas se observan fenómenos de subsolución (Sierra de Montellano, Mauthe), que parecen ser una causa de fuertes variaciones regionales de espesor.

Un desarrollo especial en su facies tenemos de esta serie en las radiolaritas pardo-violetas del bloque tectónico de La Silla (Hoppe). Las capas limítrofes entre el Lías margoso y las radiolaritas están constituidas por calizas margosas pardas o rojo-abigarradas, con pequeños deslizamientos y plegamientos sinsedimentarios. A esta facies pertenecen también las alternancias de calizas margosas y capas de brechas finas, en parte también oolíticas, que afloran en pequeños bloques al E. de Zahara (Hoppe), y que se entrecruzan con las calizas nodulosas del Jurásico medio al superior.

El próximo miembro sedimentario más notable de esta región, que también se halla formado en la

zona facial del S., está constituido por las «falsas brechas» (calizas nodulosas) del Titónico. Se puede comprobar que siguen concordantes, sin lagunas perceptibles a las calizas nodulosas mesojurásicas (bloque del Picacho, Mauthe; Sierra Margarita, Hoppe). De vez en cuando se encuentran también calizas silíceas nodulosas, bancos calizos o calizas margosas, que representan al Jurásico superior bajo (Sierra de Montellano, Mauthe; Benamahoma, Zahara, Hoppe).

El horizonte de la falsa brecha se caracteriza por sus calizas sin margas, por sus colores claros, con manchas rojas o amarillo-abigarradas, en masa o nodulosas, a veces en nódulos sueltos, que por sus ammonites, braquiópodos y calpionellas son del Titónico superior; como el más alto Jurásico y base del cretácico inferior se encuentra en muchos sitios un horizonte con ammonites y calpionellas que indican al piso Berriasiense. Por lo general, se trata de calizas en placas o calizas tableadas, margosas, claras a veces nodulosas (Sierra de Montellano, Picacho, Mauthe; Sierra de las Harinas, Kockel) o calizas claras con corneanas (El Bosque, Hoppe).

Muy problemática es la atribución que debe hacerse, tanto facial como estratigráfica a los terrenos que en el mapa geológico se llaman Jurásicos de Malaver en Montecorto (Hoppe). Aquí se desarrollan de las dolomitas y calizas de la serie de las carniolas, unas brechas de elementos gruesos, conglomerados de 20 a 30 metros de espesor, con fragmentos de caliza y dolomita de hasta 0,50 metros de  $\phi$ , empastados en un cemento calcáreo, a veces dolomitizado, en donde los fragmentos de ammonites nos dan la edad jurásica.

Siguen calizas margosas de corneanas, que pueden pasar lateralmente a brechas con componentes de caliza oolítica, cuyo espesor es de varias decenas de metros. El corte de Malaver se termina con una brecha conglomerada, de pequeños elementos de hasta 10 cm. de largo, trabados con un cemento margoso, que puede entrecruzarse con calizas tableadas, estratos con carácter de flysch y brechas finas. La intercalación de lentejones de brechas del tipo ahora citado en un pequeño bloque de flysch con capas de nummulites al E. y S. de Montecorto, indica, según Hoppe, una edad cretácica o terciaria para la brecha superior de Malaver.

En la zona facial nórdica y sobre todo en los bloques sueltos, las series jurásicas tienen lagunas estratigráficas; no son sincrónicas en todas las series, sino que varían de uno a otro yacimiento. Así, por ejemplo, en la Sierra de la Nava (W. de Algodonales; faltan las calizas nodulosas mesojurásicas; en la Sierra de Lijar, el Jurásico medio y el Titónico; en la Sierra de Esparteros, al N. fuera del mapa, a 4 km. al SW. de Morón de la Fron-

tera, falta la caliza margosa liásica y en la Sierra de Pozo Amargo, N. de Corope, toda la serie desde el Liásico hasta el Mesojurásico alto).

### 3.3. Jurásico en síntesis

Con las carniolas retojurásicas se inicia la serie marina, que se mantiene hasta mucho más allá del Jurásico. Este terreno de las Cadenas Béticas Occidentales, en cuanto a su componente calizo varía poco; en cambio, el margoso es variable; en algunas zonas contiene intercalaciones brechosas y clásticas.

El Jurásico del Bético de Málaga s. str. con sus calizas, arenosas, oolitas, oolitas ferruginosas y glauconita se formó «en una zona facial de umbral que emergía de tiempo en tiempo» (Azema, 1961). La cuenca sedimentaria alpujarrida contigua, que ya en el Triás se distinguió por el gran espesor de sus depósitos norienses, recibió en el Liásico terrenos de facies margocaliza de 300 a 700 metros de espesor y se distingue de la cuenca del Bético de Málaga s. str., como una fosa de subsidencia positiva. En esta fosa se termina entonces la sedimentación.

Al borde N. de la fosa alpujarrida, la facies margo-caliza eojurásica pasa a la facies de umbral, oolítica, de la zona meridional de las unidades externas. La transición se realiza en la cuenca sedimentaria que Dürr llama «zona Enamorados», en la cual se entrecruzan ambas series de depósitos.

En la facies de umbral (zona S. de las unidades externas) sólo existe el jurásico inferior, con lagunas.

Al N. de la zona umbral seguía una cuenca (zona N. de las unidades externas), con una sedimentación calco-margosa muy semejante a la de las alpujarridas, durante el Jurásico inferior.

En el Jurásico medio la situación paleogeográfica cambia de modo decisivo (en algunos sitios). En el dominio alpujarrido faltan los sedimentos postliásicos. Esta laguna estratigráfica, según las hipótesis tectónicas de varios autores, parece atribuirse al corrimiento del manto aloctono del Bético de Málaga s. str. Se supone que el arrastre ha debido realizarse durante el período jurásico y que, como frente del manto ha formado la «brecha de Nava», con la que se termina el Jurásico alpujarrido.

En el Bético de Málaga, que, entretanto se había desplazado, se han formado, a trechos, localmente sedimentos de poco espesor de agua somera. La zona de los Enamorados, que en el Jurásico inferior enlaza facialmente las unidades alpujarridas con las externas, se sitúa luego entre las unidades ex-

ternas y el Bético de Málaga s. str., formándose así una cuenca sedimentaria, de poco espesor, de la serie de calizas nodulosas.

En la zona meridional de las unidades externas no se altera la facies en el transcurso del Jura medio al superior, permaneciendo los mismos depósitos monótonos, oolíticos del agua nerítica. En la zona N. de las unidades externas, esta facies margo-caliza del Jurásico inferior es sustituida luego por una abigarrada serie de calizas nodulosas y en bancos del Jurásico medio y superior. Por último, en el Titónico se establece un equilibrio entre ambas facies, nórdica y súdica: la falsa brecha es el horizonte más típico de las unidades externas.

En los bloques más frecuentemente aislados, el Jurásico que los integra en la zona N., se observan lagunas, cuya duración y posición estratigráfica varía de uno a otro de aquéllos. Lo mismo ocurre respecto a las discordancias angulares, de carácter local y no sincrónicas del Jurásico alto, así como depósitos transgresivos de paquetes de estratos mesojurásicos y terrenos más modernos, los cuales reposan sobre el Triás salino-clástico e indican movimientos corticales, que si bien en general, no interrumpieron la sedimentación, la dirigieron y establecieron sus límites. Las intercalaciones de calizas brechosas finas en Grazalema significan el principio de una facies flysch de denudación que se inicia ya localmente en el Jurásico.

## 4. CRETÁCICO

### 4.1. Cretácico de las unidades internas

Los depósitos cretácicos de las unidades internas tienen un carácter muy local y en general con lagunas. Sobre el Bético de Málaga tienen como espesor máximo unos 150 metros, de calizas margosas, de corneanas y en poca extensión, conteniendo margas veteadas grises, yacen sobre el paleozoico del Permotriás, sobre el Lías (p. e., del Pantano del Chorro) o sobre el Titónico. Falta un conglomerado basal (Kockel). Los ápticos y ammonites indican un Cretácico bajo (Kockel, Dürr).

El Cretácico superior, con sus «calizas rojas margosas de superficie mate y con manchas», ricas en globotruncanas, que alternan con las «margas escamosas rojas», pertenece a la facies de las «capas rojas típicas» (Kockel). Hacia el techo, la serie se hace más margosa y en el Bético de Málaga s. str. llega desde el Maestrichtiense hasta el Eoceno.

En las unidades alpujarridas apenas hay sedimentos cretácicos. Kockel describe restos de una brecha transgresiva del Cretácico bajo en Perella, en el borde N. de esta Unidad.



#### 4.2. Cretácico de las unidades externas

##### 4.2.1. Cretácico de la zona facial meridional

Salvo algunas excepciones, en toda esta serie hay una gran laguna que va desde el Neocomiense hasta el Aptiense. Algunos metros de Cretácico inferior se encuentran al NE. de Comenar como techo o pendiente del Titónico, en forma de calizas margosas tableadas y nodulosas. En la vertiente sur de la Almola hay calizas margosas pizarrañas. Estos dos yacimientos son ricos en *Nannocomus* sp., y por tanto, «pueden ser neocomienses» (Dürr). En la región del Chorro se ha encontrado también Cretácico inferior con calizas veteadas de *ápticus* (Kockel).

El Cretácico superior de las facies de las «capas rojas» se extiende con gran potencia por la banda montañosa entre El Colmenar y Teba, que tiene una orientación SW.-NE. y una anchura de unos 20 kilómetros. Consta de calizas más o menos ricas en margas, de fuerte color rojo abigarrado, de fractura astillosa a concoidea, acompañadas por otras calizas próximas a la base, portadoras de corneanas. La serie alcanza una potencia que va de 200 metros (orilla NW. del río Guadiaro, Hoppe) hasta más de 350 metros en la vertiente E. de la Mesa Juan, al N. de El Burgo (Kockel), o se estrecha hasta quedar reducida a unos 70 metros en el Hacho de Montejaque, al W. de Ronda (Hoppe), pero conservando toda la columna estratigráfica.

En la parte N. de esta zona existen desviaciones de la facies normal, apareciendo otras como son las «brechas finas de tipo flysch» (Hoppe) al norte de Grazalema, que forman la transición del Cretácico superior al Terciario inferior.

El Cretácico superior yace, completamente concordante, sobre las calizas jurásicas, karstificadas, que a veces están recubiertas por una película limonítica (Hoppe) (p. e., Hacho de Montejaque, o en la región del Conio al SW. de Ronda). En las calizas margosas glauconíticas se encuentran cantos rodados de caliza jurásica y nódulos de calizas de algas, rellenando los hoyos de la base de esta serie cretácica. Faltan los signos de una meteorización subaérea, lo que nos permite suponer que las formas cársticas se deben a la almirolisis (Dürr).

Localmente, el Cretácico superior también yace discordante sobre la caliza jurásica (W. de Grazalema, Hoppe; Sierra de los Merinos, Dürr). En otros sitios (Grazalema, Hoppe) parece como si se hubiera depositado sobre un relieve precretácico y se hubiera amoldado a las formas topográficas por éste creadas.

La edad de la base del Cretácico superior no es la misma por todos sitios. Por el W., el Albense y más frecuentemente el Cenomanense, reposan sobre el Jura superior (Hoppe, Dürr); por el E., son el Coniaciense, Campaniense y Maestrichtiense los tramos iniciales (Kockel). En el techo, las capas rojas llegan hasta el Terciario antiguo.

##### 4.2.2. Cretácico de la zona facial nórdica

A diferencia de lo que ocurre en el S., en el N. la serie cretácica inferior está completa. Consta de calizas margosas, de color gris claro. a menudo con manchas de limonita, que al meteorizarse dan un color blanco brillante (p. e., Sierra de las Harinas). Los abundantes ammonites nos dan la edad valendiniense a barremiense (p. e., vertiente W. de la Sierra de la Nava; W. de Algodonales, fauna barremiense Mauthe).

El Cretácico inferior alto se encuentra en el N. de la región en la facies de margas oscuras, que contiene microfauna de terrenos que van del Aptiense al Cenomanense y que forma la base del Cretácico superior en facies flysch.

El Albense sólo se encuentra en un pequeño yacimiento de 40 metros de potencia; son calizas negras con ammonites (lecho del Arroyo del Francés, Sierra de Santa Lucía, S. de Puerto Serrano, Mauthe).

No es fácil calcular la potencia de las capas blandas del Cretácico inferior. Se estiman en unos cuantos cientos de metros.

La transición, concordante, del Jurásico superior calizo al Cretácico inferior margoso se encuentra en el Albarracín y El Bosque (Hoppe). Además hay Cretácico inferior discordante sobre Titónico (cementerio de El Bosque, Hoppe) o transgresivo con brecha basal, sobre las dolomitas de las carniolas (cerro del Castillo en Pruna, Kockel) y, sobre todo, al N. de la región, en donde es transgresivo, reposando sobre el Trías salino y clástico. Los yacimientos del Cretácico inferior, en general, abarcan estratigráficamente, escasos pisos y se presentan como domos o cúpulas aisladas sobre el Trías o quedan adyacentes al borde de los bloques jurásicos.

Diferenciándose del Cretácico inferior, en el superior toma una parte de él el material macroclástico. Se compone de una serie de calizas de color gris claro a rojizo y de calizas margosas con intercalaciones de areniscas calizas con cuarzo y de brechas calizas finas, que sin una clara diferencia pasan a formar la serie flysch del Terciario inferior.

En la región al N. de la línea Zahara-Sierra de Santa Lucía, se han podido deslindar los tramos del

Cretácico superior con microfauna y separarlos del Cretácico inferior bajo el Terciario antiguo (Mauthe):

Las margas blandas, untuosas, de color verde oscuro forman la base y comprenden los tramos que van del Aptense al Cenomanense; desde el Turonense hasta el Campanense medio tenemos calizas bastante compactas, de color gris a violeta (Sierra de Santa Lucía, Sierra de Pozo Amargo). Entre el Campanense y el Maestrichtiense se formaron las calizas tableadas y (de color «rojo salmón») con globotruncanas (entre Sierra de Montellano y Morón de la Frontera, fuera del mapa).

Estos tres miembros estratigráficos nunca aparecen juntos en un solo corte, sino que lo mismo que el Jura y el Cretácico inferior forman yacimientos aislados, si bien de gran extensión, que reposan sobre el Trías clástico-salino.

La parte clástica de las series alcanza un 10 por 100 de todo el espesor, que se estimó en unos 200 a 300 metros. Una aportación importante al material clástico la recibe con el Paleocero.

#### 4.3. Cretácico en síntesis

En el Bético de Málaga s. str. pequeños yacimientos, con lagunas estratigráficas, del Cretácico inferior reposan sobre el Paleozoico y sobre el Mesozoico antiguo y partiendo de aquí llegan hasta el dominio de las unidades externas (p. e., hasta El Chorro). En las unidades alpujarridas, tectónicamente subyacentes, falta el Cretácico, probablemente debido al corrimiento del manto Bético, que tuvo lugar durante el Jurásico.

En la zona S. de las unidades externas, que durante el Jurásico eran facies de umbral, el Cretácico inferior falta, en general. El Cretácico superior se desarrolla en la facies de las calizas margosas o «capas rojas» sobre una base de diversa edad, pero concordante sobre las calizas del Jurásico superior carstificado. Por sus caracteres faciales concuerda con el pequeño depósito de Cretácico superior del Bético de Málaga s. str.

La evolución estratigráfica más completa del Cretácico y, además, la que alcanza mayor potencia se encuentra en la zona norte de las unidades externas. A diferencia de lo que ocurre en el sur, aquí se puede demostrar la existencia de casi todos los subpisos, si bien su depósito muestra una intranquilidad evidente. En la zona sur, el Cretácico superior ocupa una gran extensión y sus depósitos tienen una continuidad grande, mientras que en la zona norte, las series reducen su anchura y sólo muestran uno o pocos subpisos. Raramente aparecen los distintos tramos reunidos en una serie con-

tinua, sino que forman masas aisladas, reposando sobre el Trías clástico salino.

Las brechas, calizas finas y las capas de arenisca caliza están limitadas al Cretácico superior. En la zona sur se intercalan localmente entre el Campaniense y el Maestrichtiense (Hoppe); por el norte, se hacen más frecuentes a partir del Turonense y marcan los indicios del cambio de facies hacia el Terciario en facies flysch.

#### 5. TERCIARIO ANTIGUO («FLYSCH»)

Todo cuanto hasta ahora llevamos escrito, ha sido guiado por la idea de establecer una división regional en unidades internas y externas impuestas por las circunstancias fisiográficas y geológicas del territorio estudiado. Visto en conjunto, en la Serranía de Ronda podremos distinguir dos zonas faciales del Terciario antiguo separadas por la divisoria principal Sierra Bermeja-Sierra Real-Sierra de Tolox.

En la zona sur se desenvuelve paralela a la costa mediterránea y por el oeste se prolonga hasta el flysch del Campo de Gibraltar. Los sedimentos de tipo flysch del Terciario antiguo, situados al norte de la cresta divisoria principal penetran por el sur y el este hasta las unidades internas; lo mismo ocurre por el oeste por hallarse en conexión con el flysch del Campo de Gibraltar, suben por el norte hasta más allá de los límites de nuestro mapa y desaparecen bajo el Neógeno de la antefosa montañosa, es decir, de la cuenca del Guadalquivir.

El flysch del sur tiene una parte carbonatada escasa, mientras que el del norte, en cambio, lo posee abundante. Por el norte, junto a un Terciario antiguo calizo hay una serie de flysch arenoso-arcilloso que describiremos como «serie de pizarras arcillosas».

##### 5.1. Flysch al sur de la cresta divisoria principal

Las rocas terciarias de facies flysch recubren, a lo largo de la costa mediterránea, el Cristalino y el Paleozoico de las unidades internas. Son areniscas, en parte, glauconíticas, arcillas y margas subordinadas. Aquí y allá se intercalan calizas de litotamnios o de grandes foraminíferos. Es difícil su estudio paleontológico por la escasez de fósiles, la pequeñez de los yacimientos y su recubrimiento por el Plioceno, así como, finalmente, por hallarse formando parte de las unidades tectónicas recientes del substrato.

El mejor corte lo tenemos entre el río Guadalmanza y al río Guadalmina, que se encuentra en medio de la formación del flysch meridional (al W. de San Pedro de Alcántara, Buntfuss):



e) *Flysch*:

Margas arenosas, gris-verdosas en parte, arcillas, pizarras arenosas amarillas; intercalados, se encuentran bancos areniscosos de 10 cm. de grueso con bultos de fluxión y marcas de corriente.

Arenisca caliza, margas y nódulos de mineral de manganeso como intercalaciones delgadas.

Lentejones y bloques de algas calizas y calizas brechoideas de grandes foraminíferos (posiblemente alóctonos, Buntfuss).

d) *Capas de transición*:

Pizarras arenosas, margas, arcillas, areniscas; hacia el techo disminuyen las intercalaciones macroclásticas. Las areniscas, por lo general, forman como masas lenticulares de hasta 1 metro de espesor.

Es típica la sedimentación rítmica: macroclastos graduados-pizarra arenosa-arcilla-macroclastos.

c) *Brechas de*:

Pizarras paleozoicas en parte sueltas, en parte compactas, brechas de grauvacas, cascós y trozos de filitas; en bancos, con graduación interna; máximo de los granos: 3 cm. hacia el techo, decreciendo.

b) *Escombros conglomerado macroclástico*:

En general redondeado, bloques de varios metros cúbicos, de serpentina, bloques de permotrias y otros, del tamaño de la cabeza, de pizarras paleozoicas y cantos de neís.

a) *Brecha basal*:

Muy irregular, en escombros toscos y enormes bloques del substrato (en este corte: serpentina).

La composición de estas brechas anteriores al flysch está determinada por el substrato. Los cantos más frecuentes de neís y serpentinas provienen de las Unidades alpujarridas metamórficas. Las brechas precursoras del flysch no deben considerarse como conglomerados transgresivos, sino que forman parte de corrientes de escombros (Buntfuss), que según los casos de su substrato, pueden ser mono o polimícticos, los cuales durante el tiempo de su génesis, se adosaron al relieve ya existente. En el centro de la costa forman siempre la base del flysch transgresivo que se le superpone.

La brecha pre-flysch está sin datar porque no tiene fósiles. En el flysch de esta región se ha podido datar con seguridad por la microfauna, su edad oligocena media y superior y el Aquitaniense con probabilidad (Buntfuss).

Los flysch a uno y otro lado (W. y E.) del corte antes descrito son bastante diferentes. En la región al W. de Estepona, que hace el paso a la gran mancha de flysch del Campo de Gibraltar, se encuentran margas y arcillas con lentejones de areniscas. Faltan los detritos de las unidades internas. Los contactos entre el flysch y el substrato son tectónicos. Según los geólogos que han estudiado el flysch del Campo de Gibraltar, se trata aquí del «flysch de Estepona» (Didon, 1960), basal, autóctono, que está recubierto por otros flysch alóctonos más antiguos «ultrabéticos». Según Didon (1960), este flysch de Estepona es del Oligoceno superior y llega, probablemente, hasta el Mioceno inferior.

Al este del corte antes descrito, en Marbella y Monda, el flysch se compone de areniscas glauconíticas y margas. Son raras en la base las calizas de lithamnios y macroforaminíferos, como ocurre en Monda. Lo más general es ver que las capas basales, transgresivas del flysch estén atravesadas por cantos rodados del substrato yacente, pero en esta parte faltan las potentes brechas precedentes al flysch, ya indicadas al hablar del sector medio de la costa.

A juzgar por las faunas en la caliza de lithamnios, el flysch de Marbella y Monda es del Eoceno superior. Las muestras de las margas arenosas de Marbella indicaban «Eoceno probable» y «Oligoceno probable» (Mollat). Este autor pone en esta región una «transgresión del flysch, en conjunto, del Eoceno superior».

No es imposible (Buntfuss) que en el sector medio de la costa sean las brechas pre-flysch las que representen al Eoceno superior y Oligoceno inferior.

5.2. *El flysch al norte de la divisoria principal*5.2.1. *Serie flysch rica en caliza*

La extensión ocupada por el flysch terciario antiguo, calizo predominante, comienza en el frente del manto, que lleva un rumbo SW.-NE., de las unidades internas entre El Colmenar y el Pantano del Chorro. A trechos, el flysch pasa al S. de este frente, mientras que sigue por el N. y NW., fuera ya del mapa, y no desaparece hasta la línea Morón de la Frontera-Osuna, bajo el neógeno de la cuenca del Guadalquivir.

En la región del Cretácico superior, en la facies

de las capas rojas (esto es, sobre todo, en la zona sur de las unidades externas), el flysch se desarrolla procediendo de las capas rojas primero por el aumento de la marga (Hoppe) e intercalación de las calizas arenoso-brechosas a conglomeradas y areniscas parcialmente glauconíticas. El color dominante es el pardo-verdoso sucio. La potencia oscila mucho; desde algunos metros a varios cientos de metros. Las brechas calizas finas se definen como un horizonte constante con el máximo de espesor de 50 metros y contienen fragmentos y cantos rodados de hasta 15 cm. de  $\varnothing$  del Triás «clomítico», Jurásico y Cretácico. Como signos de las facies flysch tiene «estratificación graduada en sucesión rítmica, marcas de deslizamiento y corriente, pistas y macroforaminíferos flotados» (Hoppe).

A diferencia de lo que ocurre en el tránsito normal (Kockel) o en el trayecto de unos cuantos metros de las capas rojas a las del flysch, el cambio de facies se realiza en las unidades internas al W. del flysch (por el S. de Jimera de Libar, Dürr) y en el pequeño yacimiento de flysch al E. del río Turón (Kockel) en el espacio de una serie de transición de unos pocos decímetros. A las capas rojas siguen margas escamosas, que hacia el techo se hacen pobres en calizas, luego siguen margas areniscosas y, por último, areniscas margosas. Como su representante oficial, en otros sitios (Dürr) aparecen brechas calizas finas y conglomerados cerca de la base del flysch. Hasta entonces no aparece la serie normal de margas, arcillas y areniscas.

En la región del Cretácico superior, en su facies flysch (zona N. de las unidades externas), el flysch terciario antiguo pasa sin transición sensible a su substrato. Los macroforaminíferos (nummulites, alveolinas, discociclinas) son frecuentes; las alternancias de areniscas calizas claras con margas de color gris sucio dominan. Localmente, existen brechas en fragmentos de hasta 3 cm. de  $\varnothing$ , de material muschelkalk, liásico?, titónico y Cretácico inferior empastado en una matriz de cemento calcarenoso finamente granudo (Mauthe), además hay tablas blancas y rojo salmón fáciles de confundir con las del Cretácico superior, pero a diferencia de estas últimas, están asociadas a calcarenitas (Hoppe, Mauthe). Como pertenecientes a las facies flysch, existen asociaciones faunísticas heterocronas, frecuentes alternancias regulares de bancos clásticos gruesos y delgados, así como, a veces, sedimentos graduados y bultos de fluxión en las areniscas calizas.

Lo mismo ocurre al N. que al S., la serie termina con una arenisca de unos 200 metros de espesor, por lo menos, de color pardo amarillo en parte en masa, en parte en bancos, con retazos de mica, feldspatos y arcilla. Esta facies se halla extendida en el Campo de Gibraltar bajo el nombre de «arenisca

del Aljibe». En nuestra región se encuentra al N. de la línea Ronda-Ubrique (al E. del río Guadalupe, no está deslindada en nuestro mapa). Entre los bancos de arenisca, de uno a dos metros de grueso de estratificación graduada, y más raramente oblicua, se intercalan capas de arcilla verde y azulada, de hasta 30 cm. de espesor con arena o glauconita.

Al N. de la línea Zahara-El Gator, estas areniscas están siempre ligadas a las arcillitas y calcarenitas (Mauthe, véase artículo 5.2.2.).

La datación no es fácil por la falta de amplios cortes en el campo y por la mezcla extrema de faunas.

La facies de las capas rojas se conserva hasta el Terciario antiguo; en la región del SW. de Jimera de Libar, hasta el Paleoceno alto (Dürr) en la cuenca del Guadiaro, hasta el Eoceno (Hoppe), y al E. de la línea Ronda-Almargen hasta el Paleoceno, a trechos, hasta el Eoceno (Kockel). La «serie de transición», según todo esto, pertenece al tiempo desde el Paleoceno alto hasta el Eoceno, siendo su punto más importante el Eoceno medio (Dürr, Kockel) y su representante brechoso hasta el Eoceno inferior.

En cuanto a la base del flysch, se ve que en la cuenca del Guadiaro es de edad posteocena media (Hoppe) y al E. de la línea Ronda-Almargen del Eoceno medio alto, a trechos incluso del Eoceno superior (Kockel). El techo que la limita en contacto con la arenisca del Aljibe es oligoceno.

En la zona N. de las unidades externas, en donde la facies flysch ya ha comenzado en el Cretácico, se puede comprobar en muchos sitios el Paleoceno y el Eoceno (Hoppe, Mauthe). En cambio, no se ha demostrado la presencia del Oligoceno en la serie calcárea del flysch de la zona N.

Tampoco se puede hacer la ordenación estratigráfica de la arenisca del Aljibe por carecer de fósiles. A juzgar por su posición estratigráfica, en el techo de la serie caliza puede ser próxima a la oligocena.

Las conexiones del flysch con su substrato son distintas según el lugar de que se trate. El flysch del Terciario antiguo, por lo menos en los límites entre las unidades internas y las externas, es transgresivo sobre estructuras ya constituidas, teniendo como substrato rocas que van desde las paleozoicas hasta las del Cretácico superior. De las unidades externas avanza en forma de bahías sobre el Bético de Málaga (p. e., entre las Sierras de Algatocín y de Benadalid, y al E. de Ardales, Dürr), sobre las rocas alpujarridas entre Breñuela y Sierra Prieta (Kockel).

El flysch sobre el Bético de Málaga s. str. yace concordante con un limpio cambio de facies (Kockel) sobre las capas rojas de escaso espesor o se



hace transgresivo sobre el Paleozoico o sobre una brecha basal, que no necesita estar formada por componentes de su muro o yacente (Dürr, Kockel).

En la zona S. de las Unidades externas, hay un paso más o menos rápido, concordante, de las capas rojas al flysch Terciario (Hoppe). Con la misma frecuencia se ve que el flysch es transgresivo y con base brechosa, sobre el Triás, Jurásico y cretácico superior.

En la zona N. de las unidades externas, las rocas del flysch terciario pueden considerarse transgresivas y merced a la tectónica actual, estar yacendo sobre el Triás clástico-salino, o en corte cerrado, hallarse concordantes sobre el Cretácico superior. Cada elemento del Terciario antiguo puede hallarse en contacto primitivo y luego tectónico con el Triás salino-clástico y después como serie concordante cerrada, reposando normal, probablemente sobre el Cretácico superior.

### 5.2.2. Serie de las pizarras arcillosas abigarradas

En la zona N. de las unidades externas aparece una serie abigarrada de arcillitas, calcarenitas y areniscas, que contrasta claramente con el flysch calizo claro del Terciario antiguo. Las pizarras arcillosas oscuras, rojizas y verdosas, están a menudo cruzadas por espejos de falla y apenas dejan reconocer su estratificación. Son típicas las oxidaciones de Fe y Mn en concreciones, que pueden formar capas de hasta 10 cm. de espesor (Hoppe). Las pizarras arcillosas contienen una abundante microfauna de caparazón arenoso (*Ammodiscus*, *Bathysiphon*, *Cyclammia*, *Glomospira*, *Turritella*) sin valor estratigráfico. Desde luego esta fauna permite establecer un límite de las arcillitas contra el muro o yacente, casi siempre, Triásico salino-clástico. Próximo al contacto hay en estas arcillitas inclusiones triásicas (yeso, azufre, cuarzo cristalino) que dificultan el deslinde.

En su parte superior alternan las pizarras arcillosas con las calcarenitas de color oscuro, con frecuencia bioclásticas, ricas en glauconita. A menudo están constituidas por estratos finos, de pocos milímetros; otras veces tienen brechas gruesas y en su base contienen inclusiones de pizarras arcillosas. En cuanto a su microfauna, se corresponden con las calcarenitas de color claro del flysch de la facies nórdica. Las calcarenitas oscuras y con ellas una parte de las pizarras arcillosas son del Paleoceno y del Eoceno (Mauthe).

Las demás pizarras arcillosas o arcillitas parecen ser más antiguas. Hoppe halló en las inclusiones margosas, una microfauna que es cretácica. Sin terminar aún, las investigaciones palinológicas (W.

Riegel, Bonn) señalan la transición del Jurásico al Cretácico, el Cretácico y el Terciario antiguo.

El techo de la serie de arcillitas está formado por areniscas en bancos, pardo-amarillentas, que según Hoppe se pueden diferenciar de las areniscas del Aljibe por el grano más fino y por las intercalaciones regulares de lechos de arcilla oscura.

Siguen arcillitas y margas calizas que sólo contienen microfauna de foraminíferos arenosos y condrites (Hoppe). Los tres miembros distinguibles: arcillitas (pizarras arcillosas), areniscas y arcillas y margas del techo, los reúne Hoppe en una zona facial y unidad tectónica, a la que llama «Unidad Paterna». Para ello se apoya en lo dicho por Chauve (1962, pág. 259), quien en el Campo de Gibraltar considera esta unidad como el yacente tectónico del Subbético (zona N. de las unidades externas). Hoppe observó la disposición transgresiva de las rocas de Paterna sobre las areniscas del Permotriás y del Triás clástico-salino e incluyó en parte como perteneciendo a este substrato a algunos yacimientos del Titónico, y considera la «Unidad Paterna» como una formación especial de sedimentación autónoma, cerrada aunque con muchas lagunas de esta serie, que va desde el Permotriás ? hasta el Terciario inferior.

Mauthe no encuentra al N. de la región adyacente a la aquí expuesta, ningún criterio que justificara necesariamente la delimitación de estas rocas en una zona facial con evolución propia. Ambos autores estiman que las arcillas y arcillitas abigarradas son producto de la demolición y resedimentación del Triásico.

La idea de Hoppe de considerar como autónoma la zona de Paterna surgió de su hipótesis de que el «Subbético» (= zona facial nórdica de las unidades externas) se ha depositado al S. de la zona facial meridional de las unidades externas y que en época premiocena haya sido corrido pasando sobre la zona facial del S., luego sobre la unidad Paterna. Nuestra opinión en este caso se basa en la idea de que el orden actual en que aparecen las zonas faciales de las unidades externas corresponde al que ha ido formándose durante la sedimentación. Según esto, las rocas de la Unidad Paterna serían el resultado de un desarrollo especial limitado, dentro de la zona facial nórdica de las unidades externas (Mauthe).

### 5.3. Terciario antiguo (Flysch) en resumen

El Terciario antiguo de la Serranía de Ronda es el período principal de la sedimentación de materiales clásticos en la facies flysch. Los hallazgos litológicos y paleontológicos de esta región no admiten el empleo de este concepto según el sentido

estricto de su definición (véanse Twenhofel, 1950; Ruchin, 1958; Kuenen, 1958; Lombard, 1958; Seilacher, 1958; Dzulynski y Walton, 1962; Pflaummann, 1964). Faltan también las pruebas de una intensa tectogénesis que afectara toda la Serranía, una especie de «plegamiento fundamental» (Stammfaltung) en el Terciario antiguo inferior, a consecuencia del cual pudiera haberse constituido una acumulación clástica en las depresiones del flysch. No obstante, este término de flysch nos es útil, práctico, porque además en la literatura francesa es empleado para rocas semejantes del Campo de Gibraltar.

El flysch de la Serranía de Ronda no está ligado a una zona o a una fosa, sino que penetra en el interior de la cordillera y ha sido afectado también por los movimientos orogénicos recientes. Los límites faciales, tan bien acusados en el Mesozoico, están muy borrados en el Terciario antiguo y solamente pueden utilizarse para consideraciones de carácter regional en la división de los sedimentos terciarios.

Las unidades internas están rodeadas al SW., S. y E. por un flysch pobre en cal. La falta de fósiles hace difícil su comparación con otros de igual facies. Probablemente, el flysch comienza, con carácter transgresivo, en el Eoceno superior y llega hasta el Oligoceno. En algunos sitios, la parte más baja de la serie está representada por potentes masas de material clástico, a las que llamamos brechas pre-flysch.

Al borde NW. y N. de las unidades internas, el flysch calizo penetra localmente en forma de bahías hacia el sur, pasando sobre los límites de los mantos de corrimiento. Es rico en fósiles y se compone de una abigarrada serie de rocas clásticas, en la parte del pendiente o techo cuarzoso-arenoso, en donde la parte macroclástica aumenta hacia el N. El flysch típico de las unidades externas clásico del S., se halla transgresivo sobre el Paleozoico, en general sobre las capas rojas, menos frecuente sobre el Jurásico. El modo de yacer no es uniforme; unas veces, hay un cambio lento, otras rápido, de las capas rojas al flysch, con concordancia en general; otras veces se observan discordancias angulares entre unas y otras; por último hay brechas basales y contactos transgresivo-discordantes del flysch sobre rocas pre-cretácicas. Probablemente, el flysch, en esta región comienza en el Eoceno superior y alcanza hasta el Oligoceno.

En la parte N. de las unidades externas, aparecen mucho antes las intercalaciones de tipo flysch. Ya en el Jurásico se presentan capas macroclásticas; que se hacen más frecuentes en el Cretácico superior y finalmente dominan en el Terciario antiguo. No es casual que el comienzo de la facies flysch coincida con la distribución de los

depósitos clástico-salinos del Triás basal. Ya en el Jurásico comienzan los movimientos halocinéticos, que por la fragmentación de la cubierta carbonatada del Triás superior y del Jurásico, produjeron un relieve, el cual facilitó la denudación y resedimentación.

En los demás territorios de la Serranía de Ronda, la facies flysch está limitada al Terciario antiguo, a menos que se considere como flysch aquí también la «brecha de Nava», probablemente jurásica, o los escasos depósitos clásticos del Jurásico de las unidades internas, que actualmente forman las sierras situadas al borde de las unidades internas.

El flysch del Terciario antiguo se encuentra en las unidades externas del N. sobre el Cretácico en la facies flysch, o es transgresivo sobre el Triás clástico-salino. Los movimientos del fondo halocinético que a partir del mesozoico duran hasta el Terciario inferior, motivaron en esta región el afloramiento de este Triásico clástico-salino en el fondo del mar; al que se ofrecían así nuevas posibilidades «transgresivas». Del mismo modo persistió durante largo tiempo la posibilidad de que el Triás clástico-salino sufriera remociones de sus materiales y se depositara en otros sitios como la «serie de las pizarras arcillosas abigarradas». La discutida posición estratigráfica y tectónica de estas arcillitas o pizarras arcillosas, junto con sus rocas acompañantes («Unidad Paterna», Hoppe) haría necesaria su descripción en un capítulo especial.

## 6. TERCIARIO SUPERIOR («MOLASA»)

### 6.1. Mioceno

Los sedimentos miocenos cubren en el centro de la región un área de unos 15 x 20 kilómetros. Los pequeños restos de este terreno que quedan a su borde, muestran sus enlaces marinos con la cuenca miocena de Granada por el SE., con la cuenca de Bornos por el W. y con el borde verdadero de la fosa del Guadalquivir, por el N.

En la región por nosotros cartografiada, el Mioceno se presenta ante todo en su facies calco-molásica y se asemeja en la región del Chorro a la gonfolita abigarrada del Chorro (bunte Nagelfluh). Los conglomerados forman horizontes largos y constantes o se presentan en forma de lentejones de muchos cientos de metros de longitud (región de Ronda, Dürr), o bien como calcarenitas de material grueso con restos de organismos y calizas margosas. Los componentes de los conglomerados proceden de bancos compactos paleozoicos, mesozoicos y terciarios, formándose aureolas detríticas monomíticas al pie de las rocas *in situ*, que indican su procedencia de éstas. A veces se encuentran cantos de grandes dimensiones que señalan un



transporte largo (Hoppe). Existe también la estratificación oblicua en los lechos arenosos.

En la cuenca del Guadalquivir y desde aquí hasta el borde N. y NW del mapa llega el Mioceno de la facies de «pläner» (calizas margosas) con conchuela («albarizas», Perconig, 1962). Sus relaciones con el Mioceno macroclástico se ven bien en Morón de la Frontera y al W. de Puerto Serrano, en donde se reconoce que yacen bajo el Mioceno macro-arenoso a conglomerado (Mauthe).

Como sedimento post-orogénico que es, el Mioceno es discordante sobre un relieve, que ya antes había sido arrasado por el mar transgresivo, como por ejemplo, se ve entre Arriate y la Sierra de los Merinos (Dürr); en otros casos, el material mioceno ha rellenado varias depresiones (región del Chorro, N. de la Sierra Blanquilla, Kockel).

El Mioceno es rico en fósiles, que en gran parte han sido luego destruidos por el largo transporte a que fueron sometidos. Son frecuentes los Balánidos adheridos a los cantos rodados y los agujeros por ellos producidos. Los *Pecten* y *Ostreas* se encuentran en las arenas gruesas y los microfósiles en las arcillas y margas.

La datación del Mioceno basal es aún insegura. Blumenthal (1919, 1933), en la región de Antequera, Estepona y Ronda, señala el Burdigaliense como época de la transgresión. Dürr, basándose en una fauna de pectínidos hallada en Ronda, señala la edad helveciense-tortonense, y así muestra su conformidad con los resultados obtenidos por Aguirre (1958) en la cuenca de Granada. Por las microfaunas, la cuenca miocena en la región de Hoppe, a 15 kilómetros al W. de Ronda, este autor considera este terreno posterior al Burdigaliense. Perconig (1962) señala repetidamente el aquitaniense-burdigaliense en su facies de las «albarizas» en la cuenca del Guadalquivir y en el Campo de Gibraltar. En Jerez de la Frontera, estas rocas han dado fauna que va desde el Mioceno bajo hasta el Burdigaliense-Helveciense. El Helveciense-microclástico ha sido perforado repetidas veces por los sondeos hechos en la cuenca del Guadalquivir (Perconig, 1962).

### 6.2. Plioceno

Los sedimentos postectónicos que se adentran hasta unos 25 kilómetros en el borde de la Serranía de Ronda, partiendo de la costa mediterránea, pertenecen en su mayor parte al Plioceno. Se trata de calcarenitas, arenas conchíferas y con foraminíferos, así como arenas calcáreas y conglomerados; estos últimos mezclados con margas rellenan los barrancos y hoyos de hundimiento en su base. El Plioceno yace discordante sobre el substrato paleo-

zoico y sobre el flysch y su material, bien rodado, procede de las rocas inmediatas que sobresalen como paredones y guían la acumulación de potentes masas de escombros.

Las calcarenitas y margas, que forman la parte principal de la serie (p. e., en la carretera al N. de San Pedro de Alcántara, Buntfuss) son del Plioceno superior (Astiense) y contienen una fauna nerítica de agua templada (Mollat).

La base de la serie se encuentra en el límite entre el Mioceno y el Plioceno. Contiene una microfauna pelágica sin influencias litorales (Mollat). Un canto rodado del probable Astiense (Mollat), lleva a suponer que la serie postectónica marina no termina hasta el Pleistoceno inferior.

La altitud actual sobre el nivel del mar, del Plioceno nos muestra el levantamiento reciente de la Serranía de Ronda. La base, en la costa, está a unos + 100 metros sobre el nivel del mar. En Istán, y al W. de la Sierra de los Canutos, entre 250 y 280 metros; en Guaro y Monda sube hasta más de 300 a 400 metros, y en Parauta, probablemente, a más de 850 metros.

### 6.3. Terciario superior en resumen

En las investigaciones de los distintos autores sólo se han cartografiado del Mioceno los bordes de la gran cuenca de Ronda, así como pequeños manchones locales dentro de todo el área reconocida. De aquí que sean muy defectuosos todavía nuestros conocimientos sobre estos terrenos post-orogénicos.

El término «molasa», tan usado para los sedimentos postectónicos de la Serranía de Ronda, si nos acordamos del clásico país molásico de los Alpes, no tiene un empleo correcto en nuestra región; lo mismo ocurre con el término flysch. Mejor aplicación tendría para el Terciario superior de la Serranía de Ronda el término gonfolita, o si se quiere, el de Nagelfluh, también representado en los Alpes (Suiza, Austria), pero en España faltan, sobre todo en la cuenca del Guadalquivir, las intercalaciones salobres o limmicas, que documentarían la lenta regresión del mar.

Tampoco cabe pensar en el lento paso de la facies marina a la potámica de la cuenca del Guadalquivir durante el Mioceno, porque el movimiento de descenso del borde de la cuenca se hizo con mayor rapidez que el relleno sedimentario. En realidad, se formó una pendiente que motivó un descenso submarino por el borde N. de la Serranía de Ronda. Ya comenzado en tiempos anteriores, se identificó en el Mioceno y produjo, finalmente, el deslizamiento del Trías y de sus productos de remoción, todo lo cual aceleró el relleno de la de-

presión. Las masas deslizadas se movieron sobre el Helveciense basal en el tiempo comprendido entre el Helveciense superior y el Bartonense medio (Perconig, 1962) y quedaron a su vez cubiertos por el Mioceno marino superior, que acabó por rellenar por completo la cuenca.

Mientras no exista un estudio especial de la cuenca molásica en el interior de la Serranía de Ronda, obtendremos el siguiente esquema de la sedimentación postorogénica de ella: en el Aquitaniense-Burdigaliense se constituyen las albarizas al N. y W. de la región (Morón de la Frontera, Villamarín y Jerez de la Frontera; Perconig, 1962; Mauthe, Chauve y otros, 1964). Las albarizas son discordantes sobre el Trías y sobre el flysch. En el Burdigaliense y después de él (Mauthe, Hoppe, Kockel) el mar avanzó hacia el SE., sedimentándose las arenas y los conglomerados. En el Helvetiense-Tortonense, el mar siguió avanzando en el mismo rumbo, alcanzó su máxima expansión y constituyó el depósito de los 500 metros de «molasa» de la cuenca de Ronda (Dürr). Al mismo tiempo se expandió hacia el N., transgresivo sobre el zócalo paleozoico, en trance de hundimiento, depositando arenas y brechas del Helveciense como base de la nueva cuenca miocena periférica.

Seguimos sin conocer la posición estratigráfica de las capas más altas aunque estén cartografiadas como miocenas; por la misma razón queda aún por saber si el mar se retiró lento o rápido de esta cuenca intramontana. En todo caso, no se conoce el Plioceno en la cuenca de Ronda.

A fines del Mioceno hubo una transgresión en el borde S. de la Serranía de Ronda; las zonas montañosas del N. y gran parte de la antifosa del Guadalquivir quedaron en seco. El mar plioceno dejó sedimentos gonfolíticos, semejantes, facialmente, a los miocenos.

### 7. CUATERNARIO

Durante el Pleistoceno, la mayor parte de nuestra región era tierra firme. Sólo en la zona S. creó el mar una plataforma de abrasión, que desde Marbella (unos 50 metros sobre el nivel del mar) sube hasta el pie de la Sierra Blanca (unos 140 metros) (Mollat).

En el actual dominio marino se formó un pequeño cordón litoral de arenas ricas en piroxeno, olivino y granate. Las arenas costeras entre Estepona y el Río Verde forman a veces placeres ricos en casiterita y cromita (Triguero, 1961; Buntfuss). En el interior del país, las lluvias torrenciales del Pleistoceno (Dürr) favorecieron la denudación, los desplomes y la carstificación. Grandes masas desprendidas de los montes formaron en su base ex-

tensos mantos de escombros. En las fuentes, en parte todavía ahora manantiales, se constituyeron terrazas estalagmíticas, a alturas de cerca de 100 metros (Kockel), cementando en gran parte las masas de escombros. Los aluviales están sólo extendidos en las planicies aluviales de los ríos grandes. Existen terrazas hasta de 60 metros sobre el nivel de los ríos (Kockel, Dürr).

### C) LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA

#### 1. EL ESTILO TECTÓNICO Y LA HISTORIA TECTÓNICA DE LAS UNIDADES

##### 1.1. Tectónica de las unidades internas

##### 1.1.1. Tectónica del Bético de Málaga s. str.

El Bético de Málaga s. str. yace en forma de capas alóctonas sobre las rocas alpujarridas. Únicamente al borde oriental de nuestro mapa, en Tolox, se ve un enlace con el Bético de Málaga en forma de manto de corrimiento. Las rocas experimentaron una deformación tectónica en la región de sedimentación situada más al Sur y en su posición actual alóctona.

Como movimiento orogénico más antiguo se supone que ha sido el plegamiento de edad prevárisca, hacia el paso del Cámbrico al Ordovícico, el cual afectó las rocas que se consideran como «neis basal». Al final del Carbonífero hubo un débil plegamiento varisco, indicado por el conglomerado poligénico; otro movimiento orogénico se sitúa al paso del Carbonífero al Pérmico, merced a la discordancia del Permotrias terrestre. Su posición actual en los núcleos sinclinales de ahora hace suponer (Mollat) que el plegamiento del Bético de Málaga s. str. no había aún terminado, sino que se continuó y acabó en el camino ya antes iniciado en época postvarisca.

La antigua estructura de anticlinales y sinclinales se conserva todavía como reliquia. En Estepona se reconocen todavía los ejes NE.-SW. que se hundían hacia el SW. (Buntfuss), y lo mismo ocurre al W. de la Sierra Blanca con la caída hacia el W., o entre Guaro y Tolox, con inmersión hacia el NW (Mollat).

En el Jurásico tuvo lugar el principal corrimiento del Bético de Málaga s. str. sobre el antepaís alpujarrido. Las formas tectónicas resultantes, entre las que se cuentan las configuraciones frontales del manto que buza hacia el SW. en Gaucín (Dürr), no se pueden deslindar de la acción de movimientos orogénicos posteriores. Estos se realizaron en el Mioceno inferior (véase base de la molasa, página 23) y crearon la estructura intensiva, que determinaría el aspecto tectónico actual, con un corri-



miento sobre todo vergente al N., así como originando las fallas con plegamientos especiales (Buntfuss, Dürr). A consecuencia del movimiento de los mantos alóctonos y de la tectónica de escamas, hubo en muchos sitios reducciones tectónicas de las series estratigráficas y zonas de vuelcos o inversiones estratigráficas.

El levantamiento de series tectónicamente inferiores, como por ejemplo, de los mármoles de la Sierra Blanca o del macizo de serpentina de la Sierra Bermeja han debido ocurrir, igualmente en el Mioceno inferior (Mollat, Buntfuss), habiendo contribuido, además, a la deformación tectónica del Bético de Málaga s. str. suprayacente.

### 1.1.2. Tectónica de las unidades alpujarridas (zona metamórfica)

Las rocas de las unidades metamórficas se componen de dos complejos genéticamente diferenciables: de metamórficas, unas veces de extensión grande, otras veces en bloques aislados; y de rocas ultrabásicas en macizos que han penetrado en aquéllas.

En las grandes áreas cristalinas, como en el NW. de la Sierra Bermeja o en la región de la Sierra Blanca, se reconocen todavía antiguas estructuras tectónicas, que en gran parte fueron luego destruidas por escamas alóctonas recientes de vergencia norte. La semejanza en el estilo tectónico, contribuyó, en los trabajos antiguos, a considerar que el Bético de Málaga s. str. juntamente con el cristalino alpujarrido infrayacente formaran una unidad (Bético de Málaga s. l.; Blumenthal, 1927-35; Falot, 1948; Kockel, 1963).

Los neises alpujarridos del NW. de la Sierra Bermeja, generalmente, buzaban hacia el W. y envuelven en un manto de varios kilómetros de espesor el macizo peridotítico (Dürr). Más al W. las áreas neísicas son más pequeñas y forman tablas onduladas con diversos buzamientos: al S. (dominante), al SE. y al E. Hacia el N. estas tablas se resuelven regularmente en bloques cristalinos ordenados a modo de perlas, orientados de N. a S. Esta ordenación se corresponde con la macroestructura tectónica de ejes horizontales N.-S. y NE.-SW., que se encuentra en Casares (Dürr), al N. de Estepona y en Benahavis (Buntfuss). Sobre todo, en la dirección axial N.-S. de estas estructuras, se observa una clara diferencia respecto a la estructura del Bético de Málaga s. str.

Las masas de cuarcita y de mármol, entre las cuales la mayor es la Sierra Blanca, se alzan sobre el cristalino alpujarrido. En la Sierra Blanca meridional existe una estructura llana, casi isoclinal, de vergencia al W. con eje caído hacia el S., que

probablemente es el elemento dominante (vertiente E. del Valle de Puerto Rico, Mollat). En la parte central de la Sierra Blanca (Cerro Nicolás) culmina el macroanticlinal del bloque de mármol Blanca. En la cresta divisoria afloran los neises que geólogos antiguos (Michelau, 1941; Blumenthal, 1949) consideraban como el substrato muy metamorfizado de los mármoles en el núcleo de la estructura, y por tanto como las rocas más antiguas de la Cordillera Bética. Más tarde, Mollat pudo demostrar la superposición concordante y engranamiento de estos neises de cordierita y silimanita paleozoicos? con el mármol triásico (Cota 1.130); Mollat supone que esta «serie Blanca» está volcada, lo que le permite la siguiente división estratigráfica:

3. Mármoles calizos y dolomíticos.
2. Zona de transición mármol-neis con cuarcitas.
1. Neis de andalucita y cordierita.

que pueden encontrarse también en las montañas béticas centrales de las alpujarridas. Buntfuss se adhiere a esta interpretación para una gran parte de las series alpujarridas metamórficas en la región vecina al O., y asimismo Dürr presume la posición inversa en metamorfitas semejantes de Yunquera (Unidad Yunquera).

Los grandes macizos de mármol, como la Sierra Blanca y la Sierra de Mijas, situada más al E., durante su alzamiento en el Terciario superior, fueron atravesados por unos corrimientos de rumbo general E.-W., con cobijaduras de rumbo, que según Mollat pueden recorrer una distancia de cerca de 2 kilómetros. Estas estructuras jóvenes borran a menudo los ejes antiguos N.-S.

Al W. de la Sierra Blanca, la parte carbonatada de la serie alpujarrida metamórfica disminuye mucho. Las cuarcitas y los mármoles aparecen aquí como lentejones de estructura acordillada ordenada, que recuerdan otros semejantes en la serie de los neises (Dürr). En esta región, la estructura axial N.-S. no está tan borrada por la orogenia terciaria con sus escamas vergentes, como, en cambio, ocurre en la Sierra Blanca.

Las relaciones estratigráficas entre las series alpujarridas metamórficas y la peridotita muestran las conexiones que existen entre ambos complejos. Donde con mayor exactitud se han investigado los contactos es en la región entre Casares y el río Verde (Buntfuss). Los bloques de neis que recubren la peridotita son muy semejantes entre sí, tanto en orden, como en yacimiento y forma. Son los restos de una envoltura cerrada que ocultaba la masa hipogénica.

Los bloques flotan sobre la peridotita a profun-

tidades distintas y en algunos sitios quedan completamente encerrados en la roca eruptiva.

En cuanto a la estructura interna de los bloques, no es necesario que coincidan con la impuesta por la tectónica de la peridotita infrayacente (por ejemplo, se observa la estructura anticlinal de las rocas alpujarridas metamórficas en una depresión de peridotita entre Monte Mayor y Matrona, al NW. de San Pedro, Buntfuss). Los límites con la peridotita, por la parte O. de los bloques son siempre sencillos y rectilíneos. En general, el cristalino cae vertical, merced a una falla, bajo la peridotita. En cambio, los bordes orientales de los bloques están desgarrados en retazos, resueltos a menudo en bloques muy pequeños y constituyen anchas zonas de corneana con metamorfismo de contacto. Según estos hallazgos, los bloques de las metamorfitas alpujarridas están incluidos en una estructura de pliegues y escamas de vergencia oriental de la peridotita.

En cuanto a los macizos peridotíticos propiamente dichos no existe todavía ninguna investigación tectónica. Están aún por resolver los problemas de si antes de la subida del magma ya se realizó una modificación tectónica de las rocas alpujarridas, o si existe una relación entre la inyección de la peridotita y la constitución tectónica de las rocas alpujarridas. Lo mismo podremos decir respecto al orden en que se han ido sucediendo el metamorfismo, el plegamiento y el ascenso de la inyección peridotítica.

Según el estado actual de nuestros conocimientos, deduciremos el orden en que han debido sucederse los episodios:

Antes del corrimiento de los mantos alóctonos del Bético de Málaga s. str. (es decir, Prejurásico, Eojurásico o Mesojurásico), ha debido haber un plegamiento de las rocas alpujarridas acompañado por un primer metamorfismo (formación de los neises andalucíticos?, Buntfuss). Igualmente, antes del corrimiento y después del depósito de las series carbonatadas del Triás medio y superior se ha hecho la intrusión de la peridotita. Su ascenso fue ligado con el calentamiento de las series de rocas que estaban en su contacto (formación del neis cordierítico o de la corneana).

Al mismo tiempo han debido realizarse los plegamientos del cristalino en la peridotita, con sus ejes de rumbo N.-S.

No es imposible que exista una conexión genética entre la subida de la peridotita y este estilo caracterizado por el rumbo axial N.-S., que en la parte occidental de la Cordillera Bética va en sentido contrario al rumbo general SW.-NE., que aquí llevan los ejes. Es decir, tanto la instalación de las estructuras N.-S., como la subida de la peridotita y su denudación por los agentes atmosféricos de la erosión o por fenómenos tectónicos sucedieron

antes del corrimiento del Bético de Málaga s. str., puesto que los movimientos de los mantos alóctonos y las escamas tectónicas del Terciario reciente llevan un rumbo NW. y contienen inclusiones de fragmentos de peridotita arrastrados por el empuje tectónico.

### 1.1.3. Tectónica de las unidades alpujarridas (zona no metamórfica)

Las rocas alpujarridas no metamórficas forman una banda larga y relativamente estrecha del Triásico y Liásico, situada al N. y O. de las unidades alpujarridas metamórficas. Por el SW. asoman por debajo de las zonas metamórficas corridas, se abomban hacia el NE. en la Sierra de las Nieves y vuelven a descender contra la región de Yunquera. Al NE. de Yunquera tienen su continuación en la Sierra Prieta, que es una masa mesozoica dividida por ondulaciones transversales, constituidas en escamas cobijadas hacia el NW. Hacia el N. se enlaza con esta región la Sierra de Alcaparaín, que con el buzamiento vertical de sus capas forma, probablemente, un bloque de Triás dolomítico plegado isoclinalmente, según un rumbo E. NE.-W. SW.

Hacia el S., o bien hacia el E., es decir, en la dirección hacia las unidades tectónicas superiores, las rocas aumentan su metamorfismo, y lo mismo ocurre en las regiones en donde se hallan los bloques alóctonos de unidades superiores (Kockel). Lo mismo que el metamorfismo, parece que la constitución tectónica del dominio alpujarrido no metamórfico, se halla en primer lugar en relación con el corrimiento de los mantos de rumbo NW. Los ejes de los pliegues siguen en general paralelos a los bordes de los mantos, lo mismo que los pliegues y vergencias siguen la dirección del corrimiento.

Las series de rocas que toman parte en la composición de las estructuras no han sido afectadas en la misma intensidad por la orogénesis. Las potentes dolomitas basales del Noriense, reaccionan como un zócalo rígido, escasamente doblado, contrariamente al plegamiento de radio pequeño «casi plástico» (Dürr), intenso, de rumbo NW., que muestran las capas réticas y liásicas, margosas del techo.

Los bancos de carniolas, competentes, muestran los pliegues de gran radio de esta estructura superior. Como importante elemento típico regional citaremos la estructura Torrecilla, en el SE. de la Sierra Central de las Nieves.

Por el S. del bloque dolomítico, que en gran parte constituye la Sierra de las Nieves, se adosa una estructura plegada, casi horizontal, vergente



al NW. La vertiente escarpada SE. de la Torrecilla (1.919 metros alt.) es el flanco inverso de este «sinclinal de Torrecilla». El núcleo está formado por calizas margosas y brechas de Nava. Hacia el E., en dirección hacia Yunquera, la estructura desciende en unas fallas normales de buzamiento de desigual rumbo con un salto que baja hacia el NW. y SE., de unos 600 metros como máximo, el cual corta el bloque dolomítico de la Sierra de las Nieves por el W. Según el rumbo de las capas se enlaza con esta región la de los Llanos de las Navas, formada por brechas de Nava. Al N. y S. las capas de rumbo W. están formando un sinclinal entre la Sierra de las Nieves y la estructura de Torrecilla.

### 1.2. *Tectónica de las unidades externas*

El estilo tectónico de las unidades externas está determinado por las distintas propiedades mecánicas de las rocas que toman parte en su composición. Las capas más antiguas pertenecen al Triás, cuyas propiedades clástico-salinas de movilidad grande, aumentan del SE. al NW. Le siguen rocas compactas del Jurásico, que, a su vez, soportan los materiales más blandos del Cretácico y del Flysch.

Las unidades externas se pueden dividir en dos zonas tectónicas, que se corresponden con las zonas faciales descritas en el capítulo stratigráfico. La zona S. está influida por la base salina; en la zona N. domina la tectónica salina en la estructura general.

#### 1.2.1. *Tectónica de la zona facial meridional*

La zona S. está dividida en dos partes por la cuenca miocena de Ronda. Tiene una anchura de unos 20 kilómetros, situada al borde de los mantos de las unidades internas, al N. y al W. Sobre el Triás salino-clástico, que de vez en cuando aparece con carácter diapírico en los núcleos anticlinales, reposan las calizas del Jurásico, competentes, que forman anchos pliegues en cofre o abanico, de rumbo NE.-SW., con flancos escarpados, algo vergentes al N. (Kockel) y más raramente al S (Hoppe) y con divisorias llanas. La estructura de los grandes pliegues está complicada por un enjambre de fallas. Sobre todo, las fallas de rumbo E.-W. y N.-S. cruzan diagonalmente los pliegues grandes y se destacan claramente en la foto aérea y en el mapa geológico. Además, hay fosas tectónicas en el techo de los anticlinales, fallas de rumbo, a veces inversas, desplazamientos laterales o desenganches, que incluso pueden llegar a formar bloques

aislados, los que a su vez reposan montados sobre los sinclinales cretácicos o unos sobre otros.

En los sedimentos blandos del Cretácico superior y del Terciario antiguo, los esfuerzos tectónicos se manifiestan de modo distinto. Series de estrechos pliegues, a veces replegados, se adaptan según el rumbo de sus ejes a los contornos de los rígidos macizos jurásicos. En cambio, los paquetes de areniscas terciarias del aljibe, están fracturados y tienen el carácter de los bloques tectónicos. Las molasas miocenas están flojamente plegadas; son pocas las veces que sus estratos se presentan escarpados.

Varios ramales jurásicos cruzan como paquetes de estratos, la región según el rumbo SW.-NE. Las fallas marginales los han levantado aquí y allá sobre los sinclinales cretácicos, más hondos. En el ramal más al SE., que va desde Jarastepar (al sur de Ronda), por la Sierra de la Hidalga, Sierra Blanquilla (al W. de El Burgo) se continúa por las Sierras de San Juan y Ortejar. Se abre el Triásico en un abovedamiento al S. de Ronda.

El núcleo triásico salino-clástico de este «abollón», brota, un poco diferente del rumbo general, asomando sobre el flysch y el muschelkalk. El muschelkalk está ondulado e irregularmente plegado; las hiladas de estratos, se adaptan al paisaje actual en gran parte.

El ancho abollón de muschelkalk vuelve a cerrarse hacia el NE. en un núcleo anticlinal estrecho y va acompañado por la Sierra de la Hidalga como flanco SE. y por la parte SW. de la Sierra Blanquilla como flanco NW. La división axial del anticlinal está rota y fallada contra la ancha zona cretácica que se adosa a su lado oriental. El flanco NW. se desarrolla, en la Sierra Blanquilla, en un nuevo y grandioso anticlinorio en forma de cofre, fallado. Al borde NW. de la Sierra Blanquilla se ha constituido un típico elemento tectónico, cual es la cobijadura, de rumbo NW., del macizo jurásico sobre el sinclinal cretácico.

Los demás ramales de la Cordillera tienen una disposición semejante, si bien el Triás sólo asoma ocasionalmente en pequeños afloramientos. La destrucción tectónica de la estructura anticlinal, en principio tan sencilla, puede dar lugar a fallas (como p. e., en la vertiente W. de la Sierra de Ubrique, Hoppe), por el deslizamiento de bloques jurásicos, partidos tectónicamente, que luego se hundieron sobre el Triás y que llevaron a la formación de bloques alóctonos aislados de este Jurásico.

Son dignas de ser citadas las grandes diaclasas, ya descritas, del borde S. de la Sierra de Ubrique y del borde N. de la Sierra del Endrinal (Hoppe), que tienen una profundidad de 2 a 3 metros y una anchura máxima de 0,5 metros, en los bancos su-

periores de la caliza oolítica del oxfordiense, que en su rumbo siguen la dirección general de la Cordillera y que están rellenas por caliza del Jurásico superior.

No es muy satisfactorio el conocimiento que hemos adquirido hasta ahora del orden en que se han ido sucediendo los fenómenos tectónicos; hemos de contentarnos con lo poco que sabemos sobre la intensidad de los diversos actos orogénicos y su participación en la génesis de la estructura final que ahora podemos contemplar. Los movimientos más antiguos se realizaron en el Jurásico superior y produjeron las grietas en el macizo oolítico, que experimentó una diaclasación de la caliza oolítica, la cual se fragmentó, volcándose y a trechos quedó reposando discordante bajo el Jurásico más alto (Hoppe).

Durante el Cretácico inferior han debido instalarse los anticlinales jurásicos, porque según Hoppe, Dürr, Kockel, el Neocomiense falta en general en esta zona y el Cretácico superior se deposita con una base claramente visible sobre el substrato. Si bien no es siempre discordante, este Cretácico superior se adapta con frecuencia al relieve de la caliza jurásica. La base del Cretácico no es uniforme, stratigráficamente.

Los movimientos eocénicos, probablemente, sobre todo en las unidades internas, produjeron la denudación y depósito de materiales macroclásticos, sobre todo en la zona meridional, en general concordantes y de tipo flysch.

La fase principal de la orogénesis tuvo lugar, probablemente, poco después del paso del Oligoceno al Mioceno. Las unidades internas siguieron avanzando hacia el NW., comprimiendo la región sedimentaria de la zona S. de las unidades externas; de tal modo, se constituyeron las estructuras plegadas que hoy vemos, sobre todo los pliegues especiales del Cretácico superior, las vergencias y las cobijaduras locales de las masas de rocas competentes sobre las series de menor resistencia.

#### 1.2.2. *Tectónica en la zona facial del norte.*

En esta zona, el estilo tectónico es mucho más intenso que en la del S., debido a la movilidad tan característica del Triás salino. En esta región situada al NW. de la línea Grazalema-Almargen, a diferencia de lo que ocurre en la meridional, la posición de las capas ya no sigue el rumbo orogénico NE.-SW. Las rocas competentes, sobre todo el muschelkalk, el Jurásico y algunos paquetes de Cretácico y terciario, como bloques fuertemente quebrados, muestran una falta de orientación general, mostrando diferencias de rumbo de los ejes, tanto si están contiguos como si forman montes-

islas, incluso, ocasionalmente, en la serie clástica basal. El tamaño de los bloques, varía entre varios metros cúbicos de volumen y varios kilómetros cuadrados de extensión, constituyendo en este último caso, macizos montañosos.

Merced a la claridad con que se muestran los fenómenos orogénicos en los bloques jurásicos y eocretácicos, se reconoce bien la evolución tectónica de este país. Los bloques, tanto respecto a su contenido stratigráfico como respecto a sus relaciones stratigráficas con sus contiguos y al conjunto de todos ellos se pueden considerar como individuos autónomos. Esto es acertado, sobre todo para los montes-islas al NW. de la línea Monte Corto-Almargen (Mauthe) mientras que, en cambio, en los bloques que constituyen el gran macizo al NW. de Grazalema, por lo menos parece estar completa la serie stratigráfica.

Los bloques, a menudo, forman partes tectónicas de grandes sinclinales con flancos volcados. Por ejemplo, el bloque de la Silla, al NW. de Ubrique, es un sinclinal con una parte sur de rumbo NW.-SE. y en la parte norte doblando su eje, forma un flanco volcado hacia el NE. La Sierra del Pinar, con sus 1.654 metros, la mayor altura de esta zona, es una parte del flanco sur volcado de un sinclinal sencillo de rumbo E.-W. vergente al N. (Hoppe). Las restantes montañas al NW. de Grazalema, con sus estructuras plegadas, constituyen, en general, fragmentos de anticlinales y sinclinales, unos limitados por materiales triásicos contra ellos fallados, otros terminados bruscamente. Las direcciones axiales y vergencias pueden variar de uno a otro vecino de estos bloques. En conjunto, no se reconoce una dirección dominante.

En el país de bloques que se alza al N. de esta región, es más pronunciada aún la tendencia al vuelco de los pliegues jurásicos, y como ocurre en la parte NW. de la Sierra de Montellano, pueden hallarse vuelcos completamente horizontales.

Llama la atención ver que contra lo que cabía esperar, los «grandes flancos volcados», solamente se observan en pequeños afloramientos. Por lo menos, en la región montañosa nórdica, se observa que los bloques están siempre limitados por fallas unas contra otras, diferenciándose unos de otros tanto por su rumbo como por su buzamiento.

Observaciones semejantes se pueden hacer en otros bloques, formados por materiales compactos, como son la arenisca triásica, el muschelkalk y la caliza mesocretácica. También se observa bien que los bloques están limitados por fallas marginales y en parte se muestran volcados. También aquí faltan los pliegues y direcciones preferentes de las capas. Y se ofrecen también las mismas dificultades para poder establecer una correlación entre seg-



mentos estratigráficos contiguos, hasta hacerlas imposibles.

En cuanto al estilo tectónico, basándose en las diferencias de resistencia o compacidad, cabe establecer observaciones modélicas en el ámbito del flysch. En la alternancia de rocas duras y blandas, se ve que aquéllas están, con frecuencia, rotas, en bloques rotados sobre sí mismo.

Los contactos entre estos sedimentos de los bloques y la base salino-clástica, si bien son de origen claramente primario sedimentario, han sufrido luego los movimientos tectónicos, las fallas, que han destruido la estructura primitiva. La profundidad a la cual han descendido los bloques parece, a juzgar por lo que se ve en los valles y barrancos hondos, depende de su espesor y de la pendiente que tenían aquéllos, de aquí que las placas o bloques delgados verticales o escarpados son los que más hondo han calado en la masa clástico-salina del Triás.

Los sedimentos blandos postríasicos, sobre todo el Cretácico superior y las margas del Terciario, así como la serie de pizarras abigarradas, conservan su disposición primitiva, si bien luego afectada tectónicamente sobre la amplia superficie del triás clástico-salino. En estas series recientes blandas no se registra ningún estilo tectónico. En la mayor parte de los muy pequeños afloramientos aparecen estratos horizontales, escarpados o volcados sin señalarse una preferencia en cualquiera de estos tipos de yacimiento.

De los hallazgos estratigráficos y tectónicos deducimos (Mauthe) que en la zona de la facies norte desde el Jurásico ha dominado una inestabilidad cortical debida a la fácil remoción de los materiales basales salinos. Después de depositarse las rocas carbonatadas retienses y liásicas, se iniciaron los movimientos halocinéticos, que motivaron la fragmentación del material rocoso; algunos bloques se volcaron y motivaron discordancias tectónicas de rocas mesojurásicas y neojurásicas, yaciendo así, *localmente*, sobre el Jurásico inferior. Más tarde, otro estilo de movimientos se ha añadido a estos halocinéticos, dando lugar a la aparición del Triásico clástico-salino en el fondo del mar y facilitaron la superposición «transgresiva» de sedimentos más recientes a partir del Titónico.

Estos movimientos nos inducen a pensar en la explicación más sencilla que cabe admitir: un deslizamiento horizontal, en donde los bloques rotos quedaron separados unos de otros tomando posiciones diversas, independientemente unos de otros, completándose en su contenido estratigráfico, de modo concordante o discordante; unos libres de nuevos sedimentos, otros, atacados por la denudación y, en suma, desmenuzándose y constituyendo así el material fino que inicia la «facies flysch» en

esta región. Estos movimientos horizontales han durado largo tiempo, orientados hacia el NW. No tenemos pruebas evidentes de ellos pero la hipótesis de su existencia facilitaría la comprensión de muchos hechos contradictorios que se observan en el terreno. Tampoco se reconocen directamente las vergencias ni las estructuras fluidales en esta masa de margas halocinéticas ni las estructuras fluidales y clásicas, y sin embargo esta hipótesis del deslizamiento lento de la masa hacia la cuenca del Guadalquivir se puede comprobar por los sondeos realizados en la fosa marginal es decir en la depresión tectónica de la cuenca del Guadalquivir, en el fondo del mar mioceno. Las dislocaciones habidas después de la orogénesis miocena provocaron el hundimiento de la cuenca. Al borde Norte de la cordillera se formaron deslizamientos grandes y rápidos (formación de olistostromas, Perconig, 1962) de estas masas móviles, que las hicieron ponerse en contacto con rocas de edad más reciente, en las que llegaron a tomar posiciones volcadas o verticales, como ocurre con los sedimentos molásicos «porogénicos». Los fenómenos orogénicos observados en las zonas montañosas del sur, que tuvieron lugar en determinados períodos, podrían atribuirse también a halocinosis y deslizamientos, pero debido a la inestabilidad de su base no llegaron a organizarse en las estructuras fluidales de las zonas del norte.

## 2. RELACIONES TECTÓNICAS ENTRE LAS UNIDADES

En este capítulo exponemos los criterios que nos han llevado a demostrar la presencia de unidades tectónicas y sus conexiones. Describimos luego los límites de los mantos tectónicos y la primitiva posición recíproca de las cuencas sedimentarias.

La posición de las unidades tectónicas en la Serranía de Ronda, es decir, en la Cordillera Bética Occidental, se basa, tanto en la estratigrafía como en la tectónica, que Blumenthal ha venido reconociendo y publicando desde 1927 hasta 1936 en esta región.

Blumenthal continúa la obra emprendida por Brouwer (1926) y van Bemmelen (1927) en la parte central de la Cordillera Bética (Sierra Nevada), desarrollando la interpretación de los mantos de corrimiento aplicada a la Serranía de Ronda y establece las cuatro grandes unidades que siguen (tabla 1, pág. 5).

1. El *Bético de Málaga*, la unidad tectónica más alta, que yace sobre

2. *Las Rondaidas*, serie de rocas mesozoicas, que tanto en facies como en posición tectónica corresponden a las Alpujarridas.

3. El Bético de Málaga y las Rondaidas yacen como un manto tapadera sobre el *Penibético*. Los bloques mesozoicos arrastrados por el corrimiento y acuñados contra la masa empujada, son considerados como testigos procedentes del fenómeno tectónico que ha afectado la zona penibética y se les denomina «Penibético interno».

4. Por el norte, el Penibético tiene un límite tectónico en su frente contra la zona de facies del *Subbético*.

En la mayor parte de las disertaciones aquí reseñadas este plan se confirma, en principio. Basándose en las nuevas investigaciones y hallazgos tectónicos se ha podido afinar más la división tectónica y ordenar geocronológicamente los movimientos de los mantos de corrimiento.

### 2.1. Las unidades internas

#### 2.1.1. Criterios sobre la estructura en mantos de corrimiento

En las unidades internas, la novedad más importante respecto al esquema antiguo (tabla 1) es la división del Bético de Málaga en el sentido de Blumenthal en dos unidades, así como los mármoles y las peridotitas que pertenecen a una *unidad tectónica yacente*, la cual está cubierta por rocas paleozoicas, principalmente no metamórficas y con base cristalina recubren tectónicamente al Bético de Málaga s. str. (en sentido estricto).

La unidad tectónica yacente del S. es llamada por los autores «unidad Blanca» (Mollat, Buntfuss); por el W., unidad Casares (Dürr). Blumenthal en sus últimos trabajos consideraba estas rocas como del Bético de Málaga, dándoles la edad paleozoica antigua o prepaleozoica. El conocimiento de la autonomía paleogeográfica y tectónica de estas rocas se basa en los siguientes hechos observados: los mármoles que se encuentran en la serie metamórfica podrían darse con cierta seguridad como triásicos. Dentro de la serie de neises cabrían establecerse diferencias petrográficas entre un neis que sólo aparece en la base del paleozoico del Bético de Málaga s. str. y las metamorfitas de Blanco o Casares. Los contactos entre las rocas ultrabásicas y el Bético de Málaga s. str. son siempre tectónicos; en cambio, son escasos o apenas movidos los contactos con la peridotita en la unidad yacente; además, en este último caso, se observan fenómenos de metamorfismo de contacto. Otro criterio importante para comparar la autonomía de esta unidad es su parentesco facial, con las alpujarridas, del centro de la Cordillera Bética. Según Copponex (1959) estas alpujarridas se componen de un neis basal con cuarcitas, sobre las

cuales hay filitas yesíferas y calizas y, por último, calizas y dolomitas potentes, de edad triásica segura, las cuales yacen tectónicamente bajo el Bético del manto de Málaga.

Por consiguiente, una unidad tectónicamente yacente del Bético de Málaga *sensu lato*, debemos considerarla alpujarrida. En la Serranía de Ronda, es muy metamórfica, atravesada por ultrabásitas y, hacia el W., dentro de la parte triásica muestra una clara disminución de las rocas carbonatadas, en favor del material clástico. Las diferencias en su contenido pétreo permiten la división de las alpujarridas metamórficas en tres dominios parciales (Buntfuss): la primera es la situada al E. del río Verde, formada por rocas carbonatadas de la Sierra Blanca; la segunda es la formada por rocas de transición, clásticas, contiguas a la primera por el W. y por último, la tercera, clástica dominante, probablemente de menor potencia (Unidad Casares).

Existen estrechas relaciones entre las alpujarridas metamórficas y las rondaidas de Blumenthal. Esta zona estrecha y larga que en los capítulos tectónicos denominamos «unidad alpujarrida no metamórfica», se compone de un potente triásico carbonatado, liásico margoso y brecha de Nava. El borde S. de esta zona se hace cada vez más metamórfico hacia el S. y SE. Existen transiciones de caliza triásica no metamorfizada a mármoles, los cuales a su vez se entrecruzan con las pizarras micáceas y neises, como se ve en Yunquera («Unidad de Yunquera», Dürr) y en Casarabonela (Kockel). Estas metamorfitas son idénticas a las de la unidad Blanca y asimismo están atravesadas por peridotitas. Esta transición demostrable permite incluir las «Rondaidas» como «zona no metamórfica», en las unidades alpujarridas (tabla 1).

En esta igualación genérica, sin embargo, no hay que olvidar que el dominio de las alpujarridas no metamórficas tectónicamente está, en su mayor parte bajo las alpujarridas metamórficas. El límite de los mantos de corrimiento se encuentra en las series metamórficas o en el contacto con la peridotita. Los mantos alóctonos de las rocas alpujarridas metamórficas (p. e., al S. de Yunquera, en la Sierra de las Nieves y al S. de la Sierra de Oreganal), así como el saliente metamórfico, alejado de la parte no metamórfica, entre Igualeja y Parauta demuestran corrimientos de, por lo menos, 10 kilómetros. Además, el Liásico no se conoce en las alpujarridas del centro de la Cordillera Bética, ni tampoco en el dominio metamórfico alpujarrido de nuestra región.

El parentesco facial del Jurásico inferior con «las raspaduras» del Penibético interior» (Blumenthal) que, a su vez, realiza la transición a la facies de las unidades externas, hace ver que la zona alpu-



járrida no metamórfica es un miembro de enlace entre las unidades externas y las unidades alpujarradas. Este miembro de enlace se puede considerar como «subunidad alpujarrada no metamórfica».

Para terminar, diremos que dentro de las unidades internas, citaremos una serie de rocas, que en parte tienen el carácter de una unidad tectónica y que se asientan al margen del Bético de Málaga s. str. en forma de bloques mesozoicos. A ellos pertenecen: la Sierra Crestellina al NW. de Casares, el Hacho de Gaucín, la Sierra de Algotocín y la Sierra de Benadalid, así como la del Exconvento de las Nieves al S. de El Burgo (unidad Benadalid, Dürr). En posición idéntica se encuentra el Mesozoico del Pantano de Andrade y en la Sierra Blanquilla al NE. de Ardales. Las conexiones faciales se extienden lo mismo hacia el mesozoico del Bético de Málaga s. str. en Málaga, que hacia el borde S. de las unidades externas. Los bloques, que paleogeográficamente pertenecen al Bético de Málaga s. str., en nuestra región están siempre en contacto tectónico con el Paleozoico.

Por consiguiente, las unidades internas se componen del dominio alpujarrado no metamórfico, del manto alóctono de las alpujarradas metamórficas sobre ellas corrido y del Bético de Málaga s. str., que es el más alto, tectónicamente hablando, que recubre ambas unidades, y que, a su vez, tiene su borde rodeado de bloques mesozoicos, que montan sobre él. Este cúmulo de mantos «béticos» está corrido hacia el NW. o hacia el W. sobre el antepaís, es decir, sobre la zona de facies meridional de las unidades externas.

## 2.1.2. *Los límites de los mantos alóctonos de las unidades internas.*

### 2.1.2.1. *El límite entre el Bético de Málaga s. str. y las unidades alpujarradas*

El Bético de Málaga s. str. en forma de manto alóctono de grandes dimensiones (p. e., región Gaucín-Atajate) o diminutas (p. e., al S. de la Sierra de Oreganal) reposa sobre las unidades Alpujarradas, avanza todavía en parte, más allá y forma así, al S. de las unidades externas, el borde externo bético. Solamente en la región de Tolox se ve que el Paleozoico del Bético de Málaga s. str. se halla en contacto con la masa conjunta de Málaga, a la que debe su nombre. Donde mejor se reconoce el carácter de manto o escama de corrimiento, que tiene el Bético de Málaga es donde está cubierto por las series de rocas atravesadas por las peridotitas. En la zona de la Sierra Blanca se pueden caminar va-

rias decenas de kilómetros por la superficie del manto; en general se reconocen los caminos del corrimiento por los retazos de serpentina, que los ha lubricado, unas veces de diminuto tamaño, otras (p. e., al NW. de Monda) formando lentes de 500 metros de ancho y 3 kilómetros de largo. La serpentina lubricante aparece, sobre todo, en las zonas miloníticas del frente de arrastre, al borde de los mantos. La presencia de estos restos de serpentina, fuertemente tectonizados, en el dominio horizontal del corrimiento, excluye la idea de la intrusión de la peridotita después del corrimiento.

Otros signos del borde del manto alóctono son las fuertes discordancias entre ambas unidades, una a otra superpuesta, lo mismo que la falta, frecuente, de las series basales del Bético de Málaga s. str. debido a la fuerte reducción tectónica sufrida en la base del manto corrido

En la costa mediterránea, la superficie del corrimiento buza bastante inclinada hacia el S. y SE. Al N. de la Sierra Blanca está plegada en un sinclinal estrecho por el W. y abierta por el E.

El gran manto alóctono entre Gaucín y Atajate tiene una forma de artesa con flancos divergentes y reposa sobre las metamorfitas alpujarradas. Al SW. de Gaucín, los pequeños manchones de peridotitas en el yacente del paleozoico son indicios del frente del manto, que se hunde hacia el SW.

En conjunto, la superficie del corrimiento tiene actualmente una forma amplia de bóveda, creada por los movimientos ascensionales del dominio de las alpujarradas. Los signos del empuje del Bético de Málaga s. str. sólo muestran valores mínimos. Según el rumbo NW., que ha debido seguir el corrimiento, las rocas paleozoicas han tenido que sufrir un desplazamiento de 30 kilómetros por lo menos, para superponerse y cubrir el Triásico y Jurásico y alcanzar también el borde externo del Cretácico y del Flysch.

### 2.1.2.2. *El límite entre las unidades alpujarradas metamórficas y las no metamórficas.*

Este límite entre las unidades alpujarradas metamórficas y las no metamórficas está siempre inclinada en dirección hacia la unidad tectónica más alta; en los sitios en donde se han escarpado, se observa que la peridotita se halla montada sobre él tectónicamente y cuando alcanza una extensión importante, como p. e., en la Sierra de Tolox no se reconoce en el campo su carácter de manto de corrimiento. Son frecuentes los restos de peridotita serpentizada, que asoman al borde del manto por el carácter tectónico que presentan,

En la parte oriental de la semiventana de forma fusiforme al E. de Igualeja, se observa que el manto está fallado de modo manifiesto. Los neises de Casares chocan aquí en una falla escarpada hacia el SE., contra el mesozoico no metamórfico.

En la región de Yunquera, en donde se comprueba el paso lateral de las series metamórficas a las no metamórficas, la delimitación tectónica de ambas unidades presenta algunas dificultades. Solamente se ven, en esta región, algunos bloques del manto de neis, que reposan sobre las dolomitas mesozoicas. Al NW. de Yunquera se ve una ventana jurásica en medio del neis y mármoles corridos. Además los mantos de rocas alpujarradas metamórficas aparecen al S. de la Sierra del Oreganal (cuarcitas) y al SW. de la Sierra de las Nieves (neis sobre la brecha de Nava).

### 2.1.2.3. *El borde externo del cúmulo de mantos béticos*

El borde externo bético de Hacho de Gaucín hasta Alpanseire por el SW. de nuestra región está constituido principalmente por paleozoico del Bético de Málaga s. str., que dirigido hacia el NW. monta sobre el antepaís. El límite del manto buza escarpado al E. de Gaucín, E. de Benarraba y en Ataje hacia el E. o hacia el SE. Allí donde el Mesozoico descansa al borde del manto, o sea, en la Sierra de Benadalid y Algotocín, la superficie tectónica limita sobre el Paleozoico al mismo tiempo como manto contracorrido hacia el W., en tanto que los bloques mesozoicos marginales montan sobre el Cretácico y el Flysch de las unidades externas ( lám. 3, corte 6).

Desde Alpanseire hacia el NE., hasta la Sierra Alcaparain, el borde bético externo está ocupado por rocas de la zona alpujarrada no metamórfica. El límite del manto tiene a veces un contorno rico en entradas o bahías. Al S. de la Sierra de Oreganal, en una semiventana y más hacia el SW. en una diminuta ventana, asoman el Flysch y el Cretácico debajo de la masa corrida. En esta zona no es fácil establecer los límites del manto de corrimiento y distinguir tectónicamente las unidades internas de las externas. En la antes citada «unidad de los Enamorados» (Dürr) aparecen las que Blumenthal llama «rascaduras» (Schürflinge) penibéticas, que se asientan sobre el borde del manto. Su delimitación respecto a las rocas alpujarradas no metamórficas sólo es posible hacerla a trechos accesibles.

Los límites del manto en esta región buzan tendidos hacia el S., y lo mismo diremos de la zona situada más al NE. del exconvento de las Nieves, en donde una escama alóctona del Bético de Má-

laga s. str. con depósitos mesozoicos «béticos» al borde, constituye el borde externo de las unidades internas.

Al NE. de la región que acabamos de describir, la superposición tectónica de las unidades internas sobre las externas, se hace difícil de reconocer porque está recubierta en gran parte por el flysch. Este mismo flysch, que en el bloque del exconvento de las Nieves está cobijado por el manto de corrimiento, pasa limpiamente al E. del mismo sobre los límites de este último (Dürr). Lo mismo ocurre en el cordal de Perella, en donde las rocas alpujarradas no metamórficas se ocultan bajo el flysch.

Más al N., el flysch está de nuevo cobijado bajo rocas alpujarradas no metamórficas con un buzamiento del límite de mantos hacia el E. Al N. de la Sierra de Alcaparain, el Bético de Málaga s. str. forma una zona estrecha de rocas mesozoicas «béticas» puestas verticalmente, que constituye el borde externo, el cual, a su vez, está recubierto transgresivamente por el Flysch. En Ardales, el Flysch forma una entrada que avanza hacia el SE. El límite del manto buza escarpado hacia el W. En el contacto, el Cretácico del antepaís está, a menudo, vertical.

## 2.2. *Las unidades externas*

Durante las investigaciones geológicas de las aquí llamadas unidades externas, los autores antiguos emplearon interpretaciones de carácter, unas veces autóctono, otras alóctono para idearnos el plan estructural al cual deben su origen.

Gavala y Laborde (1918) considera esta región como autóctona; Blumenthal (hasta 1927) suponía en ella la existencia de mantos de corrimiento, alóctonos, incluso acaso que se hubieran formado al S. de las unidades internas (ultrabéticos), luego abandonó esta idea y más tarde (1933) consideraba las unidades externas como paraautóctonas («Penibeticum» en el S. y «Subbeticum» en el N.), Kockel (1960) vuelve a considerar en este dominio la hipótesis autóctona, mientras que Hoppe (1963) sostiene la aloctonía y supone, para la zona facial nórdica una cuenca de deposición que ha debido estar situada al S. de la zona facial meridional.

Esta hipótesis ha sido influida por los resultados de los autores franceses (Didon, 1960, 1962; Chauve, 1961), quienes en el flysch del campo de Gibraltar representan una hipótesis alóctona (napista) extrema.

La interpretación alóctona de esta región se basa, en gran parte, en los resultados que han permitido las comparaciones de facies y reconstrucciones paleogeográficas de las posibles cuencas de sedimentación. Una superposición tectónica inequí-



voca con un camino visible del corrimiento en el terreno es un hecho distinto a lo que la realidad muestra en las unidades internas y su borde exterior.

En contra de esta hipótesis está la de Mauthe de que la distribución geográfica de las cuencas de sedimentación se corresponde al orden actual de las zonas de facies y que en la zona facial del norte, desde el Jurásico superior un movimiento de deslizamiento de rumbo NW. influyó tanto la sedimentación como el estilo tectónico.

Según estas concepciones, en las unidades externas de nuestra región, cabe imaginar dos modelos tectónicos:

1.º Lo mismo la zona facial norte que la zona facial sur son en gran parte autóctonas; solamente en el sur de las unidades internas están cobijadas al borde y en la zona de transición de la zona súdica a la zona nórdica están comprimidas una contra otra o montadas una sobre otra.

2.º Tanto la zona facial sur como la norte se han depositado en orden inverso al que actualmente tienen. Al norte de ambas cuencas de sedimentación se formó una serie cerrada de depósitos, con lagunas, de edad mesozoica y terciaria («Unidad Paterna», véase cap. 5.2.2, pág. 22). En la cual, partiendo de su cuenca meridional su sedimentación fue arrastrada hacia el norte, como manto alóctono, quedando así superpuesta tectónicamente a la zona facial nórdica.

La decisión que ha de tomarse entre estos dos modelos depende, entre otras cosas, del significado y posición que ha de darse a la «Unidad Paterna», porque en el modelo 2, esta unidad debe ser el yacente tectónico de la zona facial nórdica. Si se la considera como una zona facial autónoma, lo que en la zona de los mantos por las malas circunstancias de sus afloramientos, es en gran parte, inseguro que yace tectónicamente bajo las rocas de una zona facial verdadera (Chauve, 1962; Hoppe), entonces esto habla en favor de la interpretación alóctona. Si, por el contrario, se considera que las pizarras arcillosas abigarradas, que son las rocas más importantes de la «Unidad Paterna», resultan productos de la remoción y resedimentación del Triás, que podrían haberse formado en muchos sitios en el interior de la cuenca de sedimentación de la zona facial nórdica, entonces esta serie estratigráfica pierde su significado alóctono guiándonos por el modelo 2. Otros criterios, que según Hoppe, hablan en favor del modelo 2, resultan de las comparaciones faciales de las unidades externas, en las cuales hay que tener en cuenta las unidades alpujarradas no metamórficas como son las «rascaduras» penibéticas (Blumenthal = Unidad Enamorados, Dürr) y la unidad Tajarillo (Dürr), que está formada por los bloques mesozoicos al S. de Gau-

cín, así como la «Unidad Camarote» (Didon, 1961, 1962), todas ellas continuación estratigráfica de las aquí citadas.

Conforme a esta «concepción», debemos suponer la ordenación siguiente de las cuencas sedimentarias, yendo de S. a N.

1. Zona alpujarrada no metamórficas.
2. Zona Tajarillo y Camarote.
3. Zona facial nórdica de las unidades externas.
4. Zona de Enamorados.
5. Zona facial S. de las unidades externas.
6. Unidad Paterna.

Tal disposición en el estudio de esta región tiene la ventaja, respecto a la autoctonía de dar un bosquejo de los geosinclinales mesozoico-terciarios cuya mayor profundidad se fue desplazando a partir del Liásico, hacia el N. y acabó por desplazar la facies oolítica de aguas poco profundas que hasta entonces dominaba (véase Hoppe, 1968, figura 8). Asimismo se hace posible establecer la hipótesis de una emigración, ya comenzada en el sur de la cuenca iniciada en el Jurásico superior y su relleno por materiales macro-clásticos a medida que se desplazaba hacia el N. hasta tomar la facies flysch. Desde luego, no es posible reconstruir la formación de un geosinclinal que se fuera abriendo a medida que emigrara de S. a N. Sobre todo, las rocas de tan poco espesor de la unidad Enamorados presentan dificultades. Hoppe imagina así la formación de una cuenca en la que alternaban umbrales y depresiones parciales.

Respecto al modelo 1, hablan contra él los resultados del estudio facial del Triás, si bien la dificultad de una correlación exacta de sus sedimentos, debido a no ser fácilmente comparables algunas series sedimentarias tampoco permite la comparación exacta de una con otra de las unidades. En la distribución actual de las zonas se observa que las rocas carbonatadas reducen su potencia de sur a N., en tanto que, al contrario, aumentan las clástico-salinas en la misma dirección. El ámbito más extenso del Triás salino-clástico, es decir, la zona facial norte de las unidades externas, según el modelo 2, se habría desarrollado entre dos cuencas con una acentuada facies marina.

En cuanto a decidir cuál de las hipótesis debe ser la preferida, es importante considerar los límites entre las dos facies nórdica y súdica. En Puerto Boyar (al W. de Grazalema) ambas zonas están fuertemente apretadas una contra otra, solamente separadas por una estrecha faja de arcillas abigarradas («Unidad Paterna») y Triás clástico-salino. El borde N. de la zona facial S. está aquí fuertemente reducido aunque conserva su composición estratigráfica normal y contiene intercalaciones macro-clásticas y brechosas, que hablan en favor

de un territorio de depósito situado al N. del geosinclinal.

En la región de Cañete la Real (al S. de Almargin), según las investigaciones de Hoppe, se reconoce la superposición tectónica de la una sobre la otra de ambas unidades. El Jurásico (Padrastro y Padrastrillo) y el Cretácico superior de la facies sur asoman por las ventanas que se abren en el Mesozoico corrido y el Terciario de la facies nórdica.

En el mapa geológico que acompaña a este trabajo, la línea de separación de las zonas N. y S. pasa a lo largo del caótico Triás clástico-salino. Por lo menos, esta divisoria señala el límite de las dos zonas faciales. No podemos decidir si esta línea puede servir para aceptarla o rechazarla como la que ha seguido el corrimiento. Lo mismo ocurre, por ahora, en cuanto a dar un valor definitivo a la interpretación alóctona según el modelo 2 respecto a las unidades externas de nuestro sector de la cordillera.

Por sondeos (Perconig, 1962) se ha podido comprobar la existencia durante el Mioceno de deslizamientos submarinos en la cuenca del Guadalquivir. A juzgar por los resultados obtenidos se deduce que llevaban un rumbo hacia el NW. Se supone que el momento máximo de estos deslizamientos ha debido ser durante el Mioceno, pero que ya habían comenzado en el Jurásico aunque todavía con lentitud. Esta interpretación se deduce necesariamente de la hipótesis de que la distribución actual de las facies corresponde a la que tenían las cuencas sedimentarias al iniciarse el deslizamiento. El camino seguido por los deslizamientos debe hallarse a gran profundidad en nuestra zona (de modo semejante al indicado por el sondeo de Bornos, situado un poco más al SW. de nuestro mapa) (Perconig, 1962, Sondeo Bornos), habiéndose hecho repetidas veces a juzgar por los 3.000 metros a que alcanza la profundidad de toda esta masa de material triásico clástico-salino, la cual yace actualmente bajo la superficie del terreno.

Los contactos del movimiento entre los bloques de roca sólida y el Triás salino-clástico en la zona facial nórdica deben atribuirse a la movilidad halocinética del material y a desplazamientos locales, que se han formado durante la gran corriente gravitatoria de la masa en busca de equilibrio.

### 3. EL ORDEN GEOCRONOLÓGICO DE LOS MOVIMIENTOS CORTICALES

En los capítulos anteriores se han expuesto las varias opiniones sobre los resultados obtenidos del examen de los hechos geológicos obtenidos en el campo, así como sobre la sucesión de los movi-

mientos que han llevado a crear las estructuras de los mantos de corrimiento. De nuevo trataremos aquí de resumirlos.

Según las conclusiones obtenidas por los autores de este trabajo, la estructura en mantos de corrimiento no se ha realizado en una sola gran fase orogénica, sino que se ha hecho en varias etapas.

En las unidades internas, durante el Jurásico medio tuvo lugar el corrimiento del manto de Málaga s. str., sobre las unidades alpujarradas. Con esta hipótesis se hace comprensible que en el dominio de las alpujarradas no pueda demostrarse la existencia de depósitos posliásicos y, que durante la metamorfosis que ha acompañado al movimiento y a la intrusión de la peridotita no se hayan comprobado fenómenos metamórficos en nuestra región.

Este movimiento orogénico meso-jurásico en el dominio de las alpujarradas probablemente ha influido también en los fenómenos de sedimentación de las regiones vecinas. La brecha de Nava, que reposa concordante, a trechos, sobre el Liásico de la unidad alpujarrada no metamórfica podría haberse formado como escombros frontal del manto de la que precedía. Lo mismo cabría decir de las calizas arenosas del Liás superior, de las enormes brechas del Dogger en la zona del Chorro y del conglomerado calizo brechoide del Jurásico de la unidad de los Enamorados. La laguna estratigráfica, probablemente meso-jurásica, que se encuentra en esta unidad, podría significar la existencia de movimientos tectónicos en aquel tiempo. En la zona facial meridional de las unidades externas, las brechas de barro indican movimientos corticales. En cambio, los grandes depósitos macro-clásticos, que a partir del Jurásico superior, se encuentran en la zona facial nórdica de las unidades externas, sólo cabe relacionarlos con los movimientos del Bético de Málaga s. str. si se supone para las unidades externas una estructura alóctona según el modelo 2.

Más puntos de referencia para comprobar la realidad del movimiento meso-jurásico de los mantos de corrimiento se derivan de la afinidad facial que a partir del Jurásico superior se desarrolló entre la facies intercalada en el Bético de Málaga s. str. (p. e., Unidad Benadali) y la zona facial meridional de las unidades externas, sobre todo de la Unidad Enamorados. Lo mismo la «Falsa brecha» del Jurásico superior, que el Cretácico inferior calcomargoso y las «capas rojas» del Cretácico superior son las mismas en ambas zonas, hoy tan próximas una a otra, y «suelan el Bético alóctono con su actual substrato autóctono» (Kockel).

Todos estos hallazgos son indicios que se adaptan muy bien a la hipótesis del desplazamiento de los mantos alóctonos durante el Jurásico medio, pero que no lo demuestran. La única prueba de una

marca geocronológica superior, que ha debido actuar antes del terciario antiguo se encuentra en el flysch paleoceno-eoceno que yace sobre el límite tectónico entre las unidades internas y las externas y es sólo de carácter local.

La hipótesis del movimiento mesojurásico de los mantos de corrimiento concuerda con los trabajos de la escuela de Delft (V. Bemmelen, 1927; Banting, 1933), y en contra de las opiniones expuestas por los franceses Durand y Delga, español Fontboté, 1960; y holandeses Roep y MacGillavrys, 1962, quienes para todo el proceso tectogenético suponen exclusivamente la edad terciaria y admiten que el flysch preoligoceno sea totalmente alóctono «ultrabético», mientras que las series de flysch del Oligoceno superior sean solamente las únicas autóctonas, transgresivas.

En la zona facial nórdica de las unidades externas hay, igualmente indicios de un deslizamiento muy lento, de rumbo al NW., que comienza en el Jurásico, pero que luego sigue hasta dentro del Terciario. Esta hipótesis se basa igualmente en conclusiones deducidas de las observaciones en el terreno. No es imposible que el movimiento de los mantos en las unidades internas pusiera en marcha los deslizamientos o los intensificara.

Al depósito del flysch precedió una segunda «fase orogénica» que, sobre todo, actuó formando plegamientos en la zona facial sur de las unidades externas. Una tercera fase tectogenética, que precedió a la molasa al paso del Oligoceno al Mioce-

no, dio el carácter estructural definitivo a la Serranía de Ronda. Las unidades alpujarridas y el Bético de Málaga s. str., formando la montera de la serie tectónica, siguió avanzando hacia el NW. y la unidad alpujarrida no metamórfica pasó sobre el flysch y el cretácico superior de la zona facial del S. de las unidades externas y en el camino del corrimiento aprisionó las capas mesozoicas de su borde N. (unidad Enamorados) en forma de bloques.

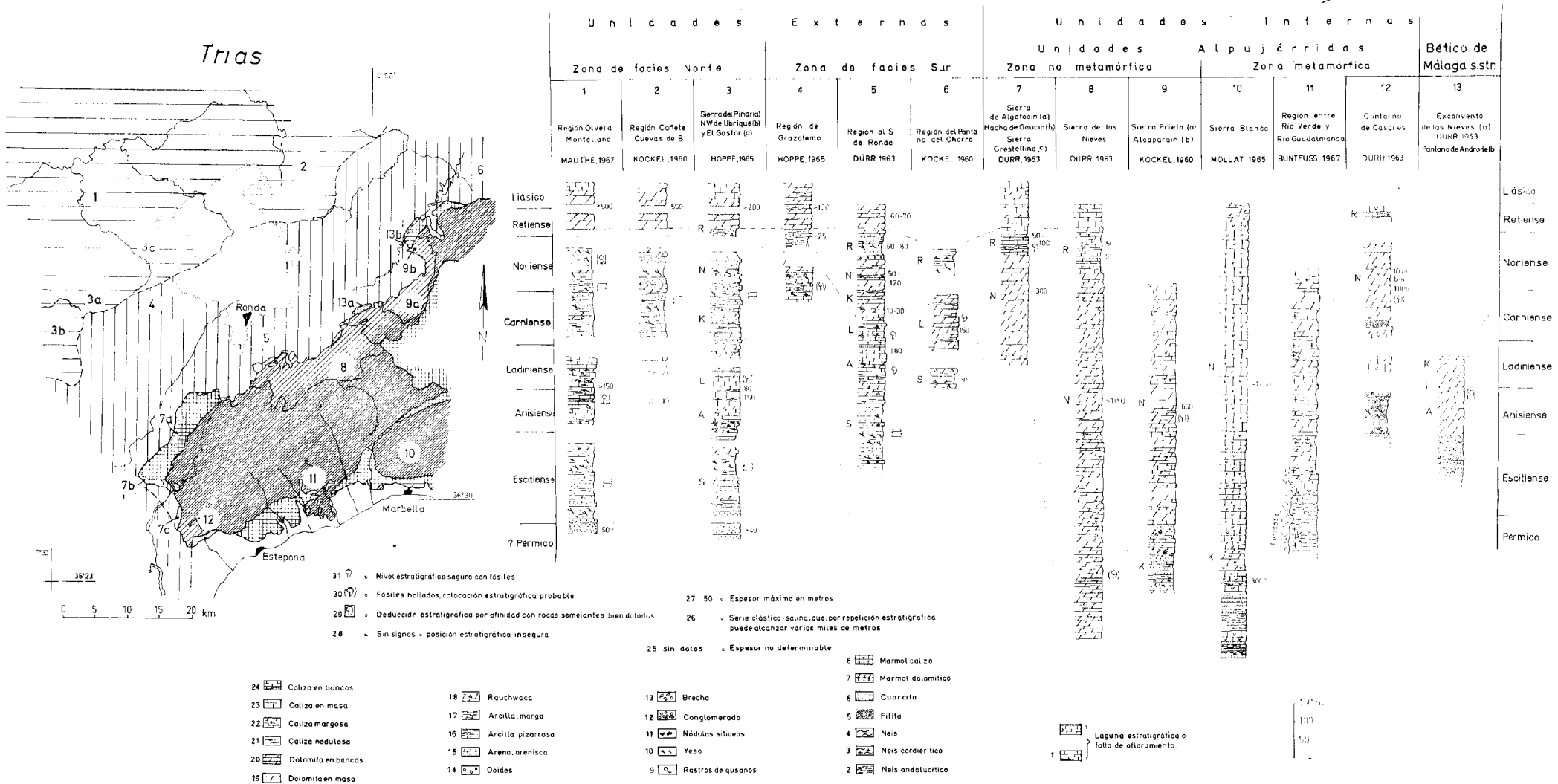
A su vez, el Bético de Málaga s. str. siguió su marcha, llevando consigo su substrato alpujarrido y pasó, igualmente, sobre el borde del Cretácico superior y del Flysch.

La transición del Oligoceno al Mioceno es también la época en la cual, según Hoppe, la zona facial nórdica actual de las unidades externas quedó aplastada al borde N. de las unidades internas, disgregándose y deslizándose sobre la actual zona facial meridional, depositándose luego con sus bloques desordenados sobre la «unidad Paterna».

Durante el depósito o poco después de los sedimentos molásicos miocenos en las cuencas intramontañas tuvo lugar el último movimiento de los mantos. En el Helveciense-Tortonense se deslizaron grandes masas de pizarra arcillosa en la cuenca del Guadalquivir, cubrieron el Helveciense transgresivo sobre el substrato y llenaron en gran parte la depresión del antepaís.

Recibido: 10-V-70.





Unidades Externas

Unidades Internas

Zona de facies Norte      Zona de facies Sur

Unidades Alpujarridas      Bético de Málaga s.str.

	1	2	3	4	5	6
	Región Olvera Montellano MAUTHÉ 1967	Región Cañete Cuevas de B KOCKEL 1960	Sierra del Pinar(a) NW de Ubrique(b) y El Gastor (c) HOPPE 1965	Región de Grazalema HOPPE 1965	Región al S de Ronda DURR 1963	Región del Pinar no del Chorro KOCKEL 1960
Liásico						
Retiense						
Noriense						
Carniense						
Ladiniense						
Anisiense						
Escitiense						
? Permiano						

	7	8	9	10	11	12	13
	Sierra de Algatocin(a) Hacha de Gaucaín(b) Sierra Crestellina(c) DURR 1963	Sierra de las Nieves DURR 1963	Sierra Prieta (a) Alcaparrin (b) KOCKEL 1960	Sierra Blanca MOLLAT 1965	Región entre Rio Verde y Rio Guadalmansa BUNTFUSS 1967	Cantano de Gasalus DURR 1963	Excavento de las Nieves (a) Pinar de Andoriel(b) DURR 1963
Liásico							
Retiense							
Noriense							
Carniense							
Ladiniense							
Anisiense							
Escitiense							
Permiano							

- 31 (D) = Nivel estratigráfico seguro con fósiles
- 30 (D) = Fósiles hallados, colocación estratigráfica probable
- 29 (D) = Deducción estratigráfica por afinidad con rocas semejantes bien datadas
- 28 = Sin signos = posición estratigráfica insegura
- 27 50 = Espesor máximo en metros
- 26 = Serie clástico-salina que por repetición estratigráfica puede alcanzar varios miles de metros
- 25 sin datos = Espesor no determinable

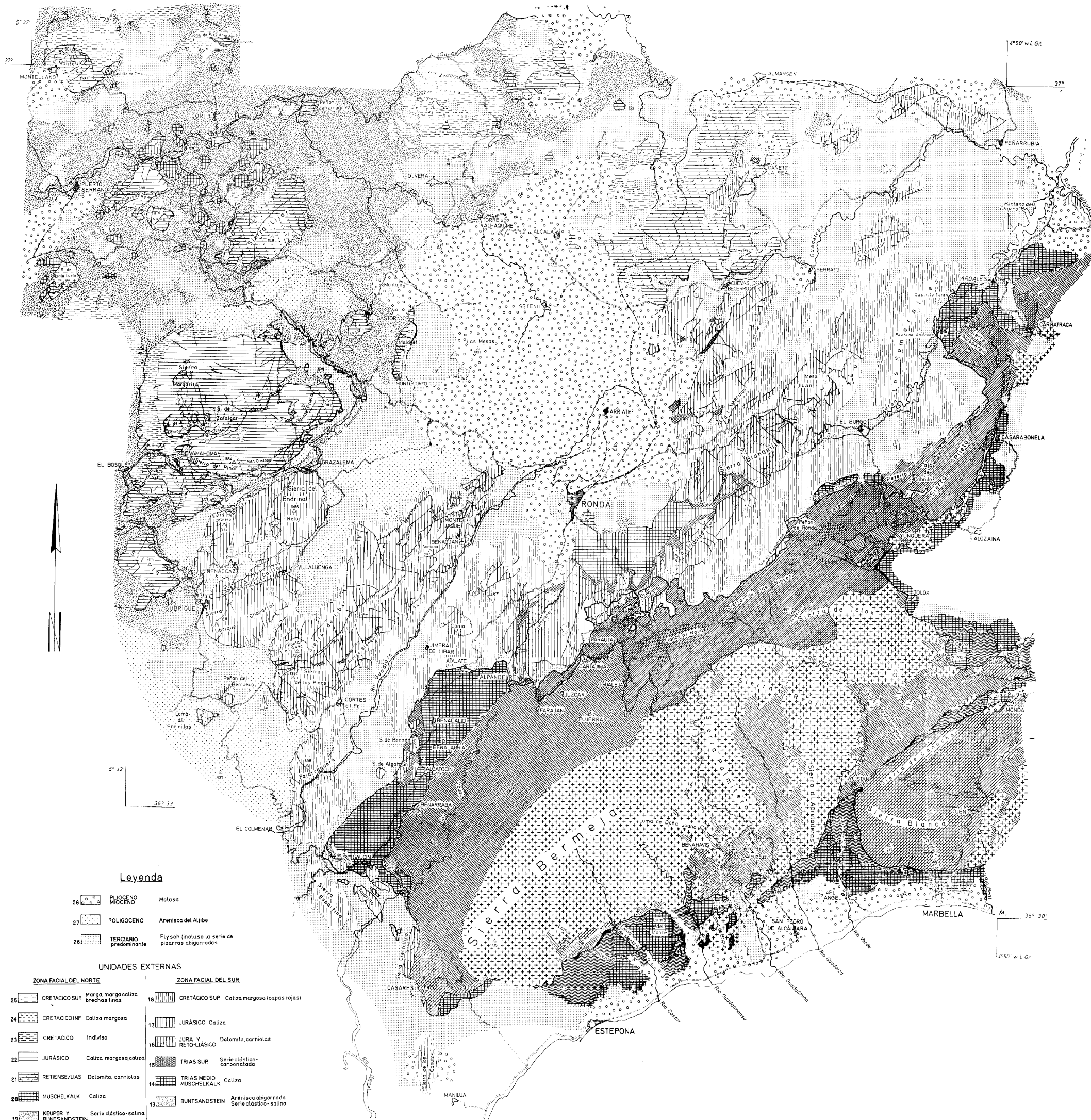
- 24 [ ] Caliza en bancos
- 23 [ ] Caliza en masa
- 22 [ ] Caliza margosa
- 21 [ ] Caliza nodulosa
- 20 [ ] Dolomita en bancos
- 19 [ ] Dolomita en masa
- 18 [ ] Rouchwaca
- 17 [ ] Arcilla, margá
- 16 [ ] Arcilla pizarrosa
- 15 [ ] Arena, arenisca
- 14 [ ] Ooides
- 13 [ ] Brecha
- 12 [ ] Conglomerado
- 11 [ ] Nódulos silíceos
- 10 [ ] Yeso
- 9 [ ] Restros de gusanos
- 8 [ ] Marmol calizo
- 7 [ ] Marmol dolomítico
- 6 [ ] Cuarata
- 5 [ ] Filita
- 4 [ ] Neis
- 3 [ ] Neis cordierítico
- 2 [ ] Neis andalucítico

Lámina 1.-Columnas estratigráficas de la Sierra de Ronda (Triásico).









**Leyenda**

- 28 Plioceno  
Mioceno Molasa
- 27 Oligoceno Arenisca del Aljibe
- 26 Terciario predominante Flysch (incluida la serie de pizarras abigarradas)

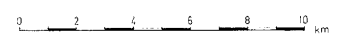
**UNIDADES EXTERNAS**

- | ZONA FACIAL DEL NORTE |   | ZONA FACIAL DEL SUR |   |
|-----------------------|---|---------------------|---|
| 25                    | CRETACICO SUP Marga, margosa caliza brechos finos | 18                  | CRETACICO SUP Caliza margosa (copas rojas)              |
| 24                    | CRETACICO INF Caliza margosa                      | 17                  | JURASICO Caliza   |
| 23                    | CRETACICO Indiviso                                | 16                  | JURA Y RETO-LIASICO Dolomita, carnolitas                |
| 22                    | JURASICO Caliza margosa caliza                    | 15                  | TRIAS SUP Serie clástico-carbonatada                    |
| 21                    | RETIENSE/LIAS Dolomita, carnolitas                | 14                  | TRIAS MEDIO MUSCHELKALK Caliza                          |
| 20                    | MUSCHELKALK Caliza                                | 13                  | BUNTSANDSTEIN Arenisca abigarrada Serie clástico-salina |
| 19                    | KEUPER Y BUNTSANDSTEIN Serie clástico-salina      |                     |   |

**UNIDADES INTERNAS**

- | UNIDADES ALPUJARRIDAS |                                       | BETICO DE MALAGA s. str. |  |
|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| ZONA NO METAMORFICA   |                                       | ZONA METAMORFICA         |  |
| 12                    | JURASICO Brecha de Nava               | 8                        | Mármol   |
| 11                    | JURASICO Caliza margosa               | 7                        | Cuarcita                                       |
| 10                    | RETOLIAS Y TRIAS Dolomitas carnolitas | 6                        | Neis   |
| 9                     | TRIAS Noriense predominante           | 5                        | Peridotita                                     |
|                       |                                       | 4                        | CRETACICO Caliza margosa                       |
|                       |                                       | 3                        | JURASICO Caliza margosa caliza, caliza arenosa |
|                       |                                       | 2                        | PALEOZOICO (incluyendo permotrias)             |
|                       |                                       | 1                        | Gneis  |

- 34
- 33
- 32
- 31
- 30
- 29



**Mapa geológico de la Serranía de Ronda**

*(Cariliteria Betica Occidental)*

formado por F. Maüthe

síntesis de seis mapas geológicos por:  
 J. BUNTFUSS (1967), St. DÜRR (1963), P. HOPPE (1965), F. WÖCKEL (1960), F. MAÜTHE (1967) und H. MOLLAT (1965)



## Fauna fósil de la "Cueva de los Muñecos", Abenojar (Ciudad Real)

por T. TORRES PEREZHIDALGO (\*)

### RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la fauna recogida en diversas campañas en la «Cueva de los Muñecos», Ciudad Real. Fauna que ha sido clasificada e identificada como perteneciente al último período interglacial Riss-Wurm.

El dato más interesante del yacimiento es el hallazgo de restos de *Equus hydruntinus* Regalia, de cuya existencia no se tenían noticias precisas, y de *Rhinoceros merkki*, Lamk.

### RÉSUMÉ

Dans le present travail on étudie la faune recueillie dans diverses campagnes de fouilles a la «Cueva de los Muñecos», Ciudad Real. Faune qu'a été classifiée et identifiée appartenante au dernier periode interglacier Riss-Wurm.

Le renseignement le plus interesant de ce gisement est le t rouvaile de restes d'*Equus hydruntinus* Regalia qui non connesait presque dans l'Espagne et de *Rhinoceros merkki* Lamk.

### ABSTRACT

In this paper a survey is made about the fauna collected in various investigations realized in the «Cueva de los Muñecos», Ciudad Real province. This fauna has been classified and reported as belonging to the last Integlaciari Riss-Wurm Period.

The most remarkable fact is done by the discovery oi remains from *Equus hydruntinus* Regalia, about which existence there were no accurate news, and *Rhinoceros merkki* Lamk, from.

Los miembros pertenecientes al Grupo Espeleológico de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, en los años 1968 y 1969 realizamos varios desplazamientos a la «Cueva de los Muñecos», situada en el término de Abenojar (Ciudad Real), cavidad de la que habíamos tenido conocimiento por miembros de la Escuela de Ingenieros Técnicos de Minas de Almadén. Estos desplazamientos tuvieron como resultado la confección del mapa topográfico de la cavidad y la extracción de numerosos restos.

Queremos hacer constar, finalmente, nuestro agradecimiento al alcalde y pueblo de Abenojar por la simpatía y ayuda que siempre nos brindaron.

### DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

La cavidad se encuentra situada en la margen derecha del río Hojadelara, en el término de Abenojar, abriéndose en un paquete de caliza paleozoica de poca potencia, puesto que no supera una potencia de veinte metros, caliza muy compacta y poco apta para presentar fenómenos de karstificación, si bien en la zona se han encontrado otras cavidades y una sima de cerca de una veintena de metros de profundidad, aunque sin yacimiento.

La «Cueva de los Muñecos», que en la toponimia local es una alusión a la forma de estalactitas y estalagmitas (pagoditas) que en ella aparecen, es una cavidad de corto desarrollo y de dimensiones reducidas, que podemos considerar como subdividida en dos zonas.

(\*) Becario de la División de Geología en el IGME.

La parte inicial, tras un corto pasillo de entrada, conduce a una sala principal con un fuerte desnivel, con suelo totalmente seco y compuesto de arcilla de descalcificación. Las formas litogénicas son abundantes, aunque están totalmente mutiladas, debido a la acción de los buscadores de tesoros, que nunca faltan en la topografía castellana, y a la acción de los chiquillos de las fincas cercanas.

En esta zona no se han encontrado restos, aunque se han practicado varias calicatas.

de calcita, mientras que en la segunda abundan notablemente pequeñas formaciones de estalactitas excéntricas, banderas y concreciones formadas principalmente por aragonito.

#### DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

Se encuentran todos los restos acumulados al final de una galería terminada en fondo de saco con arcilla de colmatación en gran cantidad, tan-

ni concierto, estando constituida la naturaleza del suelo por arcilla de descalcificación mezclada con numerosas esquirlas de huesos totalmente meteorizadas que se deshacen al contacto. Además del inconveniente que presenta la presencia de un fuerte banco calizo a mitad del yacimiento, que con sus veinte centímetros de grosor presentó grandes problemas para ser quebrantado, la propia arcilla se encuentra con el grado de humedad suficiente para permitir que esté totalmente apelmazada, estando además el suelo arcilloso fosilizado, posiblemente por aguas de percolación locales, que provocan la existencia de zonas intersticiales de calcita que endurece considerablemente el depósito, haciendo penosa la extracción de los restos.

No podemos hablar de estratigrafía en este yacimiento, ya que el banco calizo anteriormente aludido no representa separación entre estratos distintos, por faltarle continuidad a lo largo de la galería. Se trata de una pequeña colada que luego fue rellenada y cubierta por sedimentos.

Haremos constar, como dato curioso, que la galería del yacimiento posee numerosas estalactitas, compuestas casi exclusivamente por acumulaciones de aragonito en forma de radículas.

#### ESTUDIO PALEONTOLÓGICO

Haremos primeramente una cita de géneros y especies, para pasar posteriormente al estudio detenido de cada uno, tanto osteométrico como estratigráfico y climático.

##### Perisodáctilos.

*Equus caballus* Linn.  
*Equus hydruntinus* Lamark.  
*Rhinoceros* sp.

##### Artiodáctilos no rumiantes.

*Sus scropha* Linn

##### Artiodáctilos rumiantes.

*Alces alces* Linn  
*Cervus elaphus* Linn  
*Dama* sp. (?)  
*Bos* sp.

##### Varios.



Fig. 1.

Tras un corto pasillo CC', con unos pasos extremadamente angostos y el suelo con numerosos gours secos de bordes cortantes, se llega a la parte final, que difiere radicalmente de la inicial, ya que no presenta bóvedas altas, sino una bóveda casi plana de altura muy regular, dos metros y medio, con suelo cubierto de concreción estalagmática de mucha potencia y mostrando huellas de circulación reciente, gours, bandas, etc.

Las formas litogénicas son también distintas: en la primera parte predominan las formas pesadas, pagoditas y estalactitas gruesas compuestas

to en la parte superior derecha del techo como en el suelo.

Esta galería está compuesta en su comienzo por una diaclasa de gran estrechez y de altura considerable, que perdiendo pronto esta característica pasa a transformarse en un conducto de poco más de medio metro de altura y unos dos de anchura con unos quince metros de desarrollo y en cuyo final se encuentran los restos que ocupan este estudio.

Los restos se han encontrado hasta unos treinta centímetros de profundidad, mezclados sin orden

#### VALOR ESTADÍSTICO Y REPRESENTATIVIDAD DE LA FAUNA RECOGIDA

De las cincuenta y siete piezas identificables recogidas, pertenecientes a nueve especies de mamíferos, cuarenta y dos pertenecen al *E. caballus* Linn, tres al *E. hydruntinus* Lamark, una al *Rhinoceros* sp., una al *Sus scropha* Linn, dos al *Alces alces* Linn, dos al *Cervus elaphus* Linn, una al *Dama* sp. y cinco a un bóvido indeterminado.

El número de piezas extraídas no creemos sea lo suficientemente elevado como para justificar un intento formal de reconstruir sobre bases estadísticas precisas la biocenosis de la zona; además, aun admitiendo que al formarse este depósito los condicionamientos físicos hubiese llevado a cabo un buen muestreo en cuanto a lo que se refiere a la fauna existente, hacemos constar que sólo se ha excavado en una zona restringida de la cavidad, que ofrece buenos indicios en otras partes, por lo que en cuanto a nosotros se refiere el muestreo no es totalmente válido.

Una vez establecidas estas premisas, analizaremos a continuación los valores estratigráficos y climatológicos de cada especie, anticipando unas conclusiones que emitimos con la consiguiente reserva, esperando que trabajos venideros, de los que tenemos proyecto, aclaren todos los puntos dudosos. Hemos considerado interesante su publicación, por tratarse, según creemos, del primer depósito cuaternario en cavernas que se ha estudiado en la provincia de Ciudad Real.

#### ESTUDIO PALEONTOLÓGICO: OSTEOMETRÍAS Y VALOR ESTRATIGRÁFICO

*Equus caballus* Linn

Si bien el género *Equus* se extiende desde los finales del plioceno hasta nuestros días, la escasez de restos encontrados no nos permite efectuar ninguna conclusión sobre la especie que se trate, si bien las dimensiones medias y las características de simplicidad en cuanto a los pliegues del esmalte nos indica dar esta especie como afín a la *Equus caballus* var. *Solutrée*, con las limitaciones y salvaguardias que nos impone el hecho de tratarse de restos pertenecientes a un número reducido de individuos sin posibilidad de una generalización completa. No obstante, la relativa abundancia de esta especie nos indica la existencia de un régimen de pradería, posiblemente con menos cantidad de monte bajo de la que existe en la actualidad.



PIEZAS DENTARIAS.

- V-51 Primer incisivo inferior derecho, correspondiente a un animal de unos siete años.
- V-53 Germen de molar superior izquierdo.
- V-54 Germen de molar superior izquierdo (figura 2).

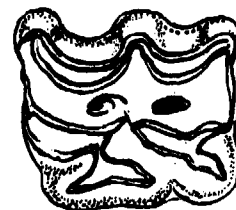


Fig. 2.

- V-56 Primer premolar superior izquierdo (fig. 3).

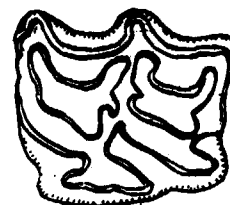


Fig. 3.

- V-60 Primer molar superior izquierdo (fig. 4).

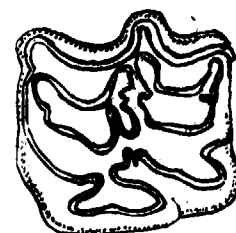


Fig. 4.

- V-59 Segundo molar superior derecho (fig. 5).

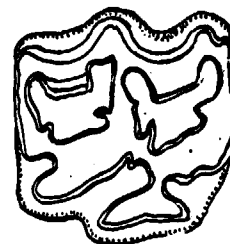


Fig. 5.

- V-55 Segundo premolar superior derecho (fig. 6).

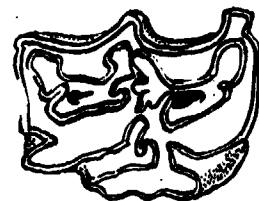


Fig. 6.

- V-58 Segundo premolar superior derecho (fig. 7).

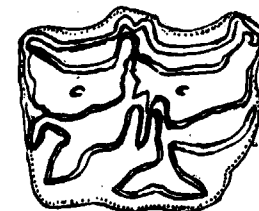


Fig. 7.

- V-57 Segundo premolar superior izquierdo (fig. 8).

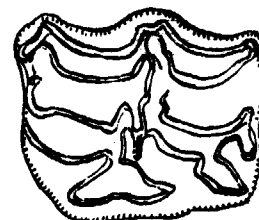


Fig. 8.

- V-61 Segundo premolar superior derecho (fig. 9).

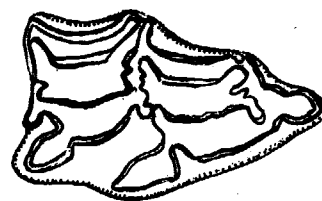


Fig. 9.

- V-62 Segundo premolar superior izquierdo (figura 10).

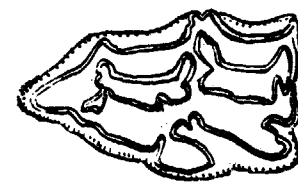


Fig. 10.

Mediciones.

	V-53	V-54	V-56	V-60	V-59	V-55	V-58	V-57	V-61	V-62
Altura del diente (longitud del pilar) ... ..	7,3	7,3	6,9	7,6	5,3	7,3	—	7,3	6	5,2
Diámetro medio distal... ..	2,8	2,8	2,45	2,4	2,8	2,6	3,05	3	3,2	3,5
D. vestibulo lingual a 2 cm. del nacimiento del pilar ... ..	2,2	2,2	2,5	2,6	2,8	2,7	2,75	2,7	2,5	2,3
Índice protocónico ... ..	—	33,3	45,5	41,6	41,6	32,1	38,4	46,1	55,5	55,5

METACARPIANO.

- V-38 Metacarpiano derecho de un ejemplar muy joven.

Mediciones.

Longitud absoluta del hueso ... ..	20,5
Longitud de la epífisis inferior ... ..	2,6
Diámetro transversal de la extremidad superior ... ..	3,7
Diámetro transversal del cuerpo ... ..	2,5
Diámetro transversal de la epífisis inferior ... ..	3,5
Diámetro antero-posterior de la epífisis inferior ... ..	1,7
Diámetro antero-posterior de la arista mediana ... ..	2,5
Diámetro antero-posterior del cóndilo ... ..	2,1

TIBIA.

- V-7 Fragmento distal de tibia derecha.
- V-9 Fragmento distal de tibia izquierda.

Mediciones.

	V-7	V-9
Diámetro antero-posterior de la epífisis inferior... ..	—	4,35
Diámetro antero-posterior de la superficie articular inferior ... ..	4,2	4
Diámetro transversal de la superficie articular inferior ... ..	—	5,3

ASTRÁGALO.

- V-21, V-22, V-26 Astrágalos derechos.
- V-18, V-20, V-23, V-25 Astrágalos izquierdos.
- V-19 Fragmento de astrágalo,
- V-24 Fragmento de astrágalo.

Mediciones

	V-21	V-22	V-26	V-18	V-20	V-23	V-25	V-19	V-24
Longitud absoluta ... ..	5,3	5,4	4,7	5,7	5,7	5,6	5,6	6,4	—
Longitud de la polea ... ..	5	5,6	4,2	5,35	5,3	5,3	5,3	5,2	5
Diámetro transversal máximo del cuerpo ... ..	6	6,4	—	5,9	6,2	5,1	5,1	—	—
Diámetro transversal de la polea astragaliana... ..	2,8	2,7	2,2	2,9	2,9	2,8	2,8	—	—
Diámetro transversal del cuello ... ..	3,8	3,8	2,7	3,7	3,7	3,4	3,4	—	—
Diámetro transversal de la cabeza ... ..	5,2	5,4	4,2	5,2	5,5	4,6	4,6	—	—

METATARSIANO.

- V-41, V-43, V-44, V-43 Metatarsianos derechos.
- V-40 Metatarsiano izquierdo.

Mediciones.

	V-41	V-43	V-44	V-42	V-40
Longitud absoluta del hueso ... ..	23	26,4	27	26,5	26
Altura de la epífisis inferior ... ..	—	3	2,8	2,9	3,2
Altura de la arista mediana... ..	—	2,8	2,6	2,7	3
Diámetro transversal de la extremidad superior... ..	4,36	4,8	4,8	4,82	4,75
Diámetro antero-posterior ... ..	3,72	—	4,6	4,8	4,6
Diámetro transversal del cuerpo ... ..	3,1	3,4	3,46	3,3	3,26
Diámetro transversal de la epífisis inferior... ..	—	4,6	4,6	4,6	4,6
Diámetro antero-posterior de la epífisis inferior... ..	—	2,58	2,52	2,55	2,55
Diámetro antero-posterior de la arista mediana ... ..	2,8	2,9	3	3,1	3
Diámetro antero-posterior del condilo parte externa ... ..	3,3	3,44	3,55	3,6	3,5

PERONÉ.

V-2 Peroné derecho.  
V-1, V-3 Peroné derecho.

Mediciones.

	V-2	V-1	V-3
Diámetro transversal de la cabeza...	1,3	1,3	1,75
Diámetro del cuerpo óseo ...	0,7	0,7	0,9

FRAGMENTOS DE METAPODO.

V-33 Fragmento proximal de metapodo.  
V-34, V-32, V-36, V-45, V-37 Fragmentos distales de metapodo.

Mediciones.

V-33 Diámetro transversal del cuerpo...	3,4
V-34 Diámetro transversal del cuerpo...	3,2
V-36 Diámetro transversal de la superficie articular interna ...	2,8
Diámetro ant-post. de la arista mediana ...	3,2

FALANGES.

V-11 Primera falange posterior derecha.  
V-10, V-12, V-13 Primeras falanges posteriores izquierdas.  
V-8 Segunda falange (fragmentaria).

Mediciones.

	V-11	V-10	V-12	V-13
Longitud absoluta ...	7,45	7,3	8,35	7,24
Altura de la tróclea ...	1,7	—	1,1	1,20
Diámetro transversal de la extremidad superior ...	5,05	4,8	5,27	5,36
Diámetro antero-posterior de la extremidad superior ...	3,5	4,8	3,1	3,1
Diámetro transversal de la extremidad inferior ...	4	4,1	4,3	4,4
Diámetro antero-posterior del condilo...	1,9	2,1	2	2,3
Diámetro transversal del hueso ...	3,3	3,3	3,2	3,3
Diámetro antero-posterior del hueso ...	2,6	2,5	2,6	2,6

*Equus hidrunthynus* Lamark

Al examinar en el laboratorio de Paleontología las piezas extraídas, aparecieron tres molares de dimensiones mucho más reducidas que identificamos pertenecientes al género *Asinus*, aunque la ausencia de cráneos nos impide distinguir entre *hidrunthynus* o *hemionus*, aunque su tamaño y la simplicidad del esmalte nos inclina a clasificarlo como *Equus hidrunthynus* Lamark.

La importancia del hallazgo es evidente, puesto

que nos permite precisar notablemente sobre la cronología del yacimiento, ya que ha sido encontrado en el Pleistoceno antiguo de Mayer, Mosbach, Forrest-Bed y en Vall de Arno (Fermacelli), si bien esta cavidad no es tan antigua. En la mayoría de estas estaciones se ha encontrado junto al *Rhinoceros merkkii* Lamk. en depósitos pertenecientes al Riss-Wurm. Se trata, pues, de una especie indicadora de períodos de temperaturas cálidas, ya que su termofilia parece comprobada (Gromova), retirándose hacia el Sur con el avance de las glaciaciones, por lo que su presencia en una zona de la meridionalidad de Ciudad Real puede ser algo más tardía y desarrollarse en el Pleistoceno Superior. El medio geográfico a que corresponde su presencia concuerda perfectamente con la actual geografía física del campo de Abenojar: estepa con abundancia de canturrales con vegetación abundante, pero de hoja dura, lo que explica la simplicidad de su esmalte dental carente de pliegues.

PIEZAS DENTARIAS.

V-63 Tercer molar superior izquierdo (fig. 11).

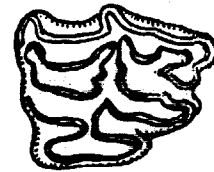


Fig. 11.

V-64 Tercer molar superior derecho (figura 12).

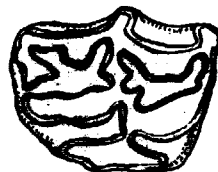


Fig. 12.

V-65 Segundo molar superior derecho (fig. 13).



Fig. 13.

Mediciones.

	V-65	V-64	V-63
Altura del diente longitud del pilar...	4,3	4,2	4,2
Diámetro medio distal ...	2,5	2,5	2,5
Diámetro vestibulo longual a 2 cm. del nacimiento del pilar...	2	2,1	2,2
Índice protocónico...	35	35	36,3

Haremos constar aquí la presencia de un équido de gran talla, del que sólo se ha encontrado un fragmento proximal de metatarsiano izquierdo.

Mediciones.

	V-39
Diámetro transversal de la extremidad superior...	5,1
Diámetro antero-posterior...	4,96
Diámetro transversal del cuerpo...	3,5

*Rhinoceros* sp.

A pesar del evidente interés de este hallazgo, poco tiene de significativo, ya que al situarnos en el último Periodo Integlaciar Riss-Wurm, son dos las especies de *Rhinoceros* que conviven: el *Rhinoceros merkkii*, residual del último subperíodo risiense, y el *Rhinoceros tichorhinus*, que aparece por primera vez en este período interglaciar.

Debido a las dimensiones más bien reducidas del calcáneo izquierdo encontrado y a la meridionalidad de este yacimiento junto a la presencia del *Equus hidrunthynus* Lamark, podemos suponer que se trata del *Rhinoceros merkkii* Lamk residual del Risiense.

V-16 ASTRÁGALO IZQUIERDO (fig 14).

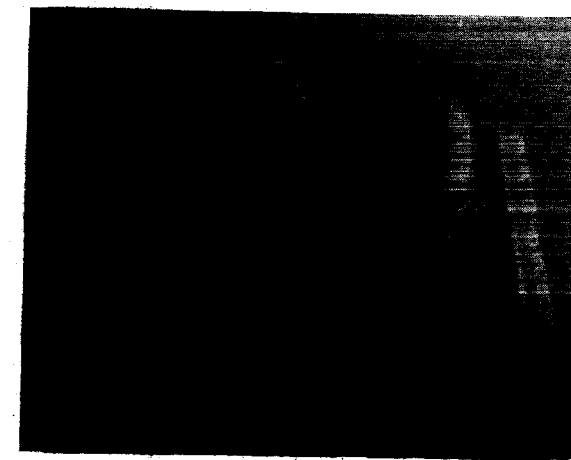


Fig. 14.

Mediciones.

	V-3
Longitud absoluta ...	7,3
Longitud absoluta de la polea astragaliana ...	6,0
Diámetro antero-posterior del cuello ...	4,1
Diámetro transversal máximo del cuerpo ...	7,7
Diámetro antero-posterior ...	4,7
Diámetro transversal de la polea astragaliana ...	5,5
Diámetro transversal del cuello ...	4,6
Diámetro transversal de la cabeza ...	6,96
Diámetro antero posterior del cuello ...	4,1

*Sus scropha* Linn

Está representado de manera indudable por un canino inferior derecho, su presencia apoya la teoría de que nos encontramos en un período de clima más cálido que el de las glaciaciones, aunque no posee carácter identificativo en cuanto a la edad del yacimiento.

V-69 CANINO INFERIOR DERECHO (fig. 15).



Fig. 15.

*Alces alces* Linn

Al diferenciarlo claramente del *Cervus elaphus* Linn, podríamos situar este yacimiento en el Pleistoceno Medio o incluso en el Inferior. Pero no se trata de ninguna de las formas gigantes que abundaron en cierta manera en ellos. Se trata de restos de ejemplares de dimensiones semejantes a los actuales (tomadas de la Osteometría de Hué).



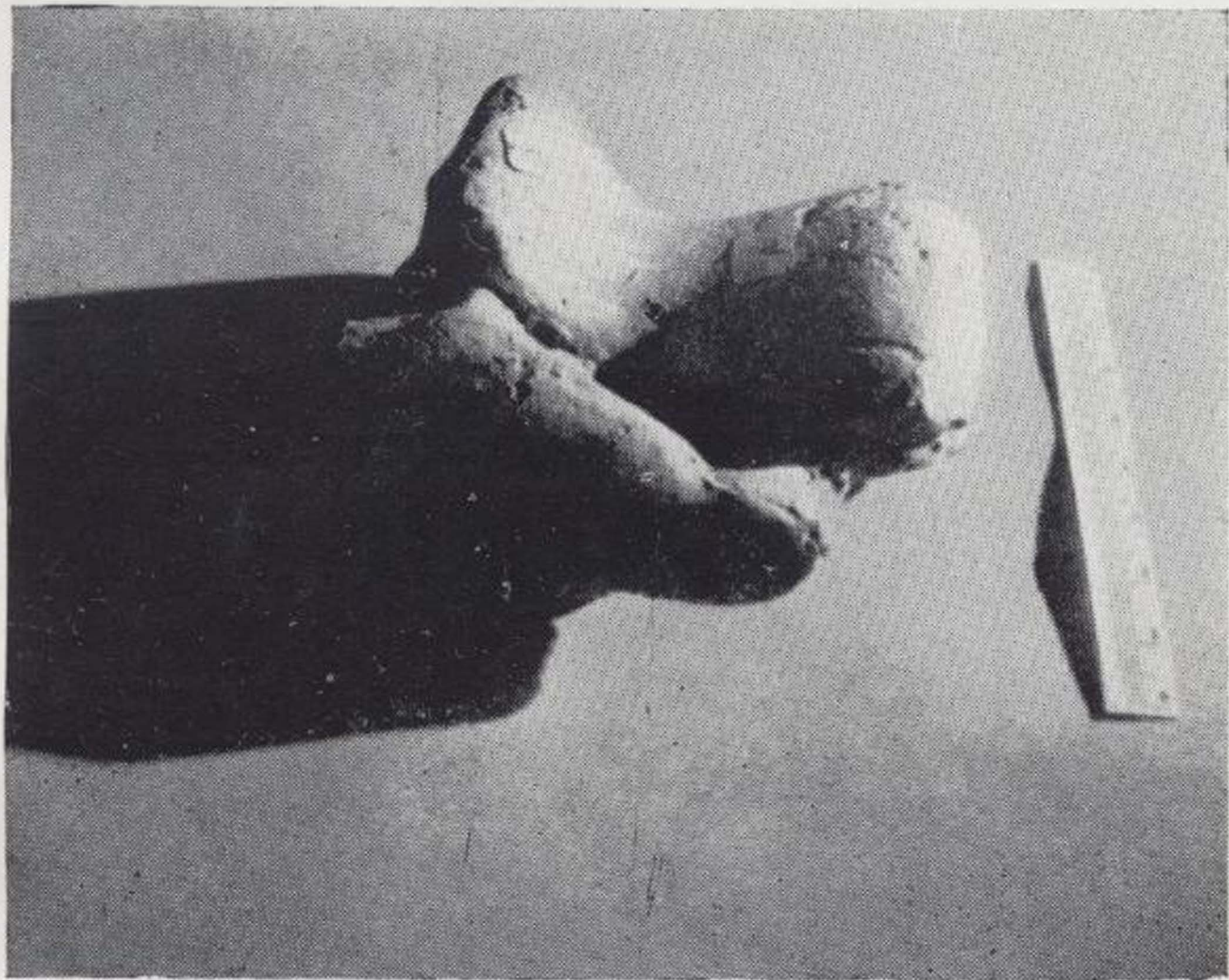


Fig. 14.



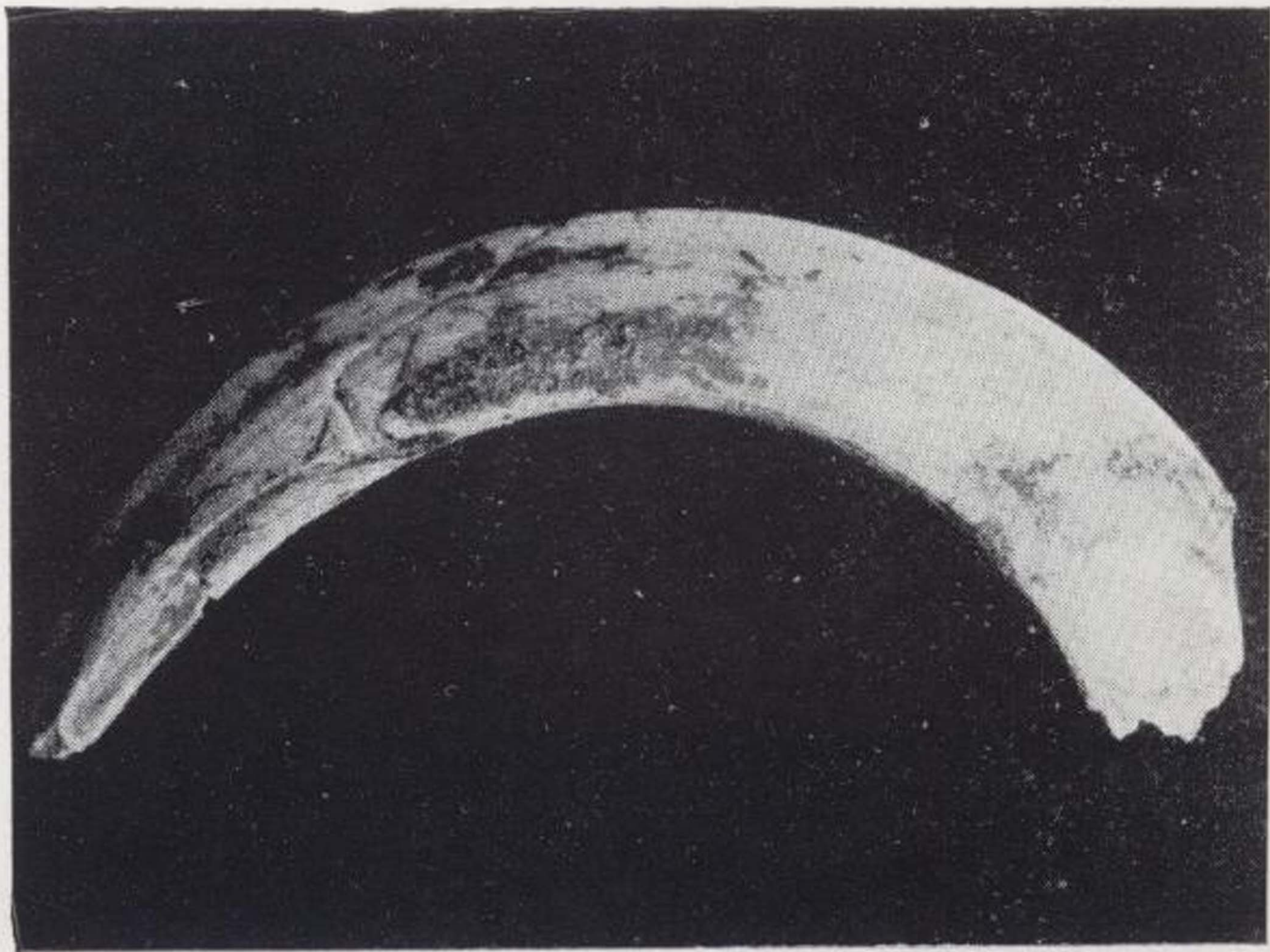


Fig. 15.



V-5 FRAGMENTO DISTAL DE HÚMERO DERECHO (figura 16).



Fig. 16.

V-4 FRAGMENTO DISTAL DE HÚMERO IZQUIERDO (fig. 17).

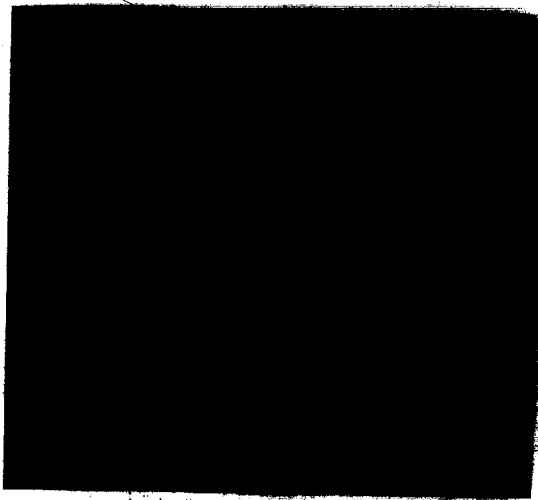


Fig. 17.

*Cervus elaphus* Linn

Los restos son poco abundantes y su presencia poco significativa, ya que existe desde el Cuaternario medio hasta la actualidad.

V-6 FRAGMENTO PROXIMAL DE METARCAPIANO DERECHO.

Mediciones.

	V-6
Diámetro transversal de la extremidad superior...	4,25
Diámetro antero-posterior de la extremidad superior...	2,75
Diámetro transversal del cuerpo ...	2,37

V-29 CALCÁNEO DERECHO.

Mediciones.

	V-29
Diámetro transversal máximo...	3,4
Diámetro antero-posterior máximo...	3,4

*Dama* sp. (?)

FRAGMENTO PROXIMAL DE UN METACARPIANO MUY DEFORMADO.

Haremos notar la presencia de restos pertenecientes a un cérvido de talla superior, *Cervus elaphus* Linn (?).

V-14 FRAGMENTO DISTAL DE METÁPODO.

Mediciones.

	V-14
Diámetro transversal de la extremidad inferior ...	5,7
Diámetro antero-posterior (aproximadamente) ...	5,3

*Bos* sp.

La fauna de los bóvidos españoles se encuentra estudiada muy imperfectamente, a pesar de los recientes trabajos de la señorita Carolina Fuentes, licenciada en Ciencias Biológicas. No obstante, los restos encontrados en este yacimiento no concuerdan con las características definidas para otras especies cuaternarias españolas: *Leptobos*,

	V-5	V-4
Diámetro transversal máximo de la extremidad inferior ...	6,1	6
Diámetro transversal superior de la tróclea ...	—	3,45
Diámetro transversal superior de la tróclea...	—	2
Diámetro vertical máximo de la tróclea...	—	3,9
Diámetro transversal máximo de la superficie articular ...	—	4,9

*Bos primigenius*, *Bos ibericus* y *Bos antiquus*. Más bien parecen concordar con las de algunas especies encontradas en el norte de Africa, ya que los metápodos son más gráciles, conservando una gran longitud y una sección en el centro de la diáfisis considerable.

V-27 y V-28 CALCÁNEOS DERECHOS.

V-17 ASTRÁGALO IZQUIERDO.

V-45 METATARSIANO IZQUIERDO (fig. 18); EXISTE TAMBIÉN UN FRAGMENTO DE METÁPODO, PERO MUY DETERIORADO.

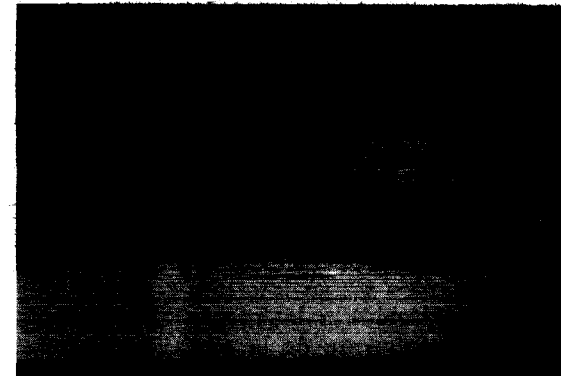


Fig. 18.

Mediciones.

	V-27	V-28
CALCÁNEO.		
Diámetro transversal máxima ...	6,6	5,8
Diámetro antero-posterior máximo ...	6	5,95

ASTRÁGALO.

	V-17
Longitud absoluta ...	9,07
Longitud de la polea astragaliana ...	5,5
Diámetro transversal máximo del cuerpo...	6,15
Diámetro antero-posterior máximo del cuerpo	5
Diámetro transversal de la polea astragaliana.	4,6
Diámetro transversal del cuello...	5,7
Diámetro antero-posterior del cuello ...	4,7
Diámetro transversal de la cabeza...	5,9

METARTASIANO.

Mediciones.

	V-45
Longitud absoluta del hueso...	29
Altura de la epífisis inferior ...	3,5
Altura de la arista mediana ...	3

Longitud de la escotadura interarticular ...	3
Diámetro transversal de la extremidad superior...	6,76
Diámetro antero-posterior...	6
Diámetro transversal del cuerpo...	4,5
Diámetro transversal de la epífisis inferior ...	7,2
Diámetro antero-posterior de la epífisis inferior...	3,9
Diámetro transversal de la superficie articular interna ...	3,5
Diámetro antero-posterior de la arista mediana interna ...	4,3
Distancia entre las dos aristas en la parte inferior ...	3,6
Diámetro antero posterior del condilo externo...	3,1
Distancia entre las dos aristas en la parte superior...	3,55

V-70 FRAGMENTO PROXIMAL DE RADIO DERECHO DE *Bos* sp?

Mediciones.

	V-70
Diámetro transversal de la cabeza ...	9
Diámetro transversal del cuello...	7,8
Diámetro transversal de la foseta radial ...	8,5
Diámetro antero-posterior de la cabeza ...	4,8

Aparecieron asimismo:

Vértebra axis de artiodactilo pequeño.

Vértebra cervical de animal de gran talla (muy deteriorada).

Como dato curioso, diremos que aparecieron en la primera prospección unos cuerpos extraños similares a los que Emiliano Aguirre, de la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid, había encontrado en la «Cueva del Aguila» en Segovia, y que clasificó como coprolitos de *Ursus spelaeus* (fig. 19), pero los que aquí se han encontrado al

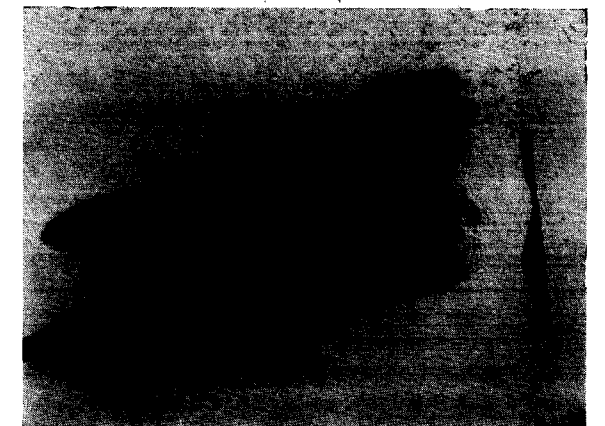


Fig. 19.



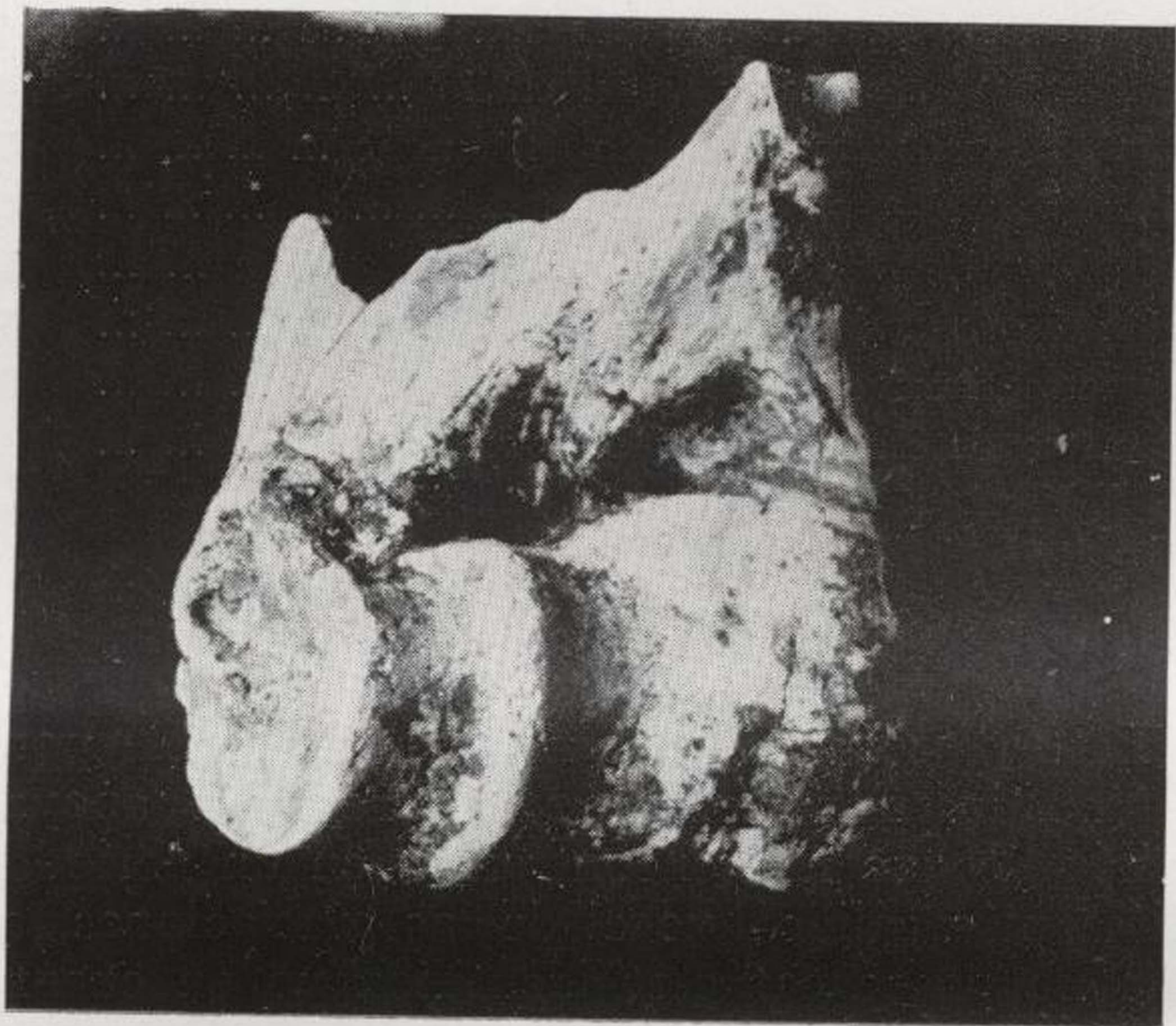


Fig. 16.

V-4 FRAGMENTO DISTAL DE HÚMERO IZQUIERDO  
(fig. 17).



Fig. 17.



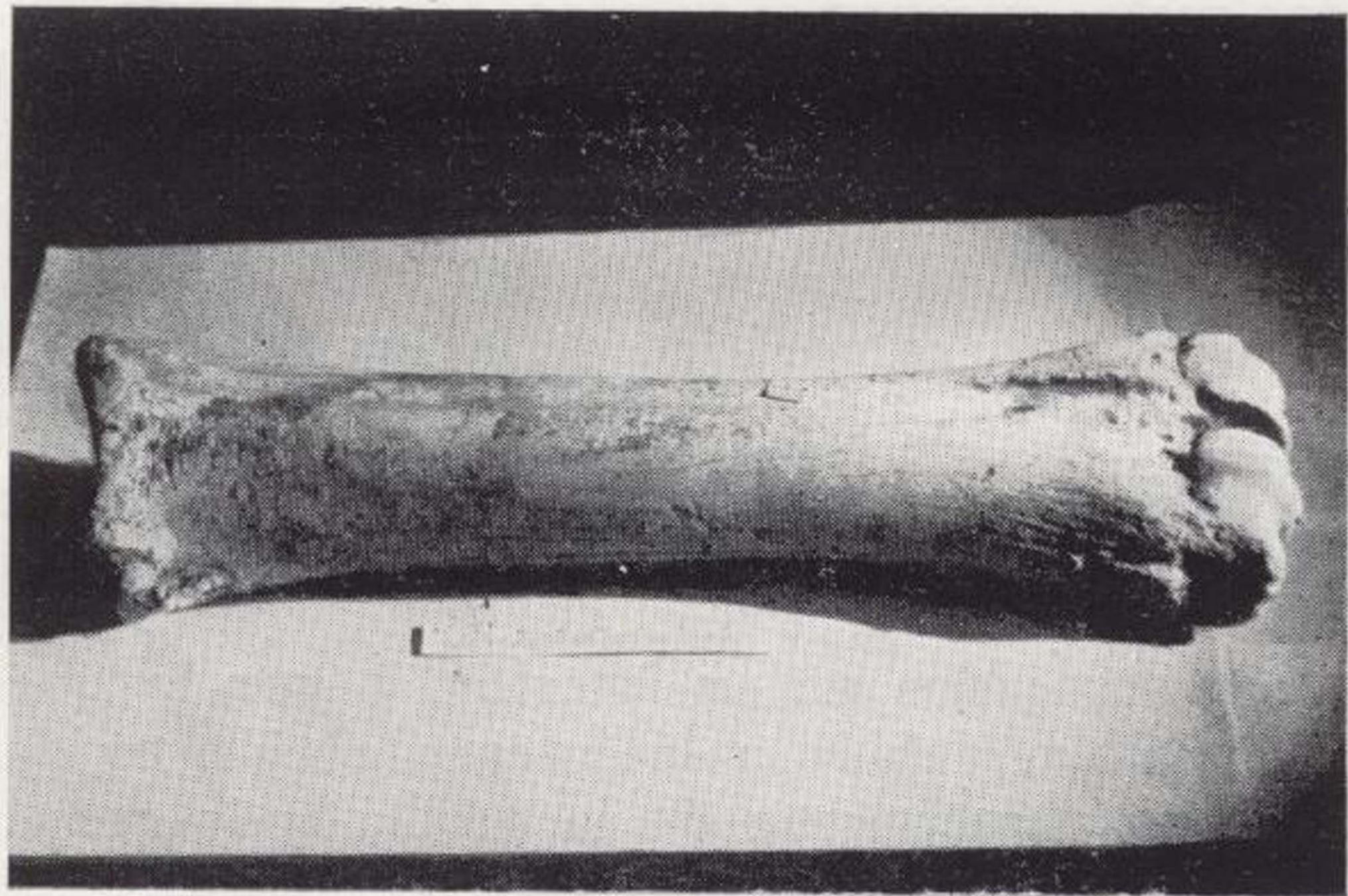


Fig. 18.



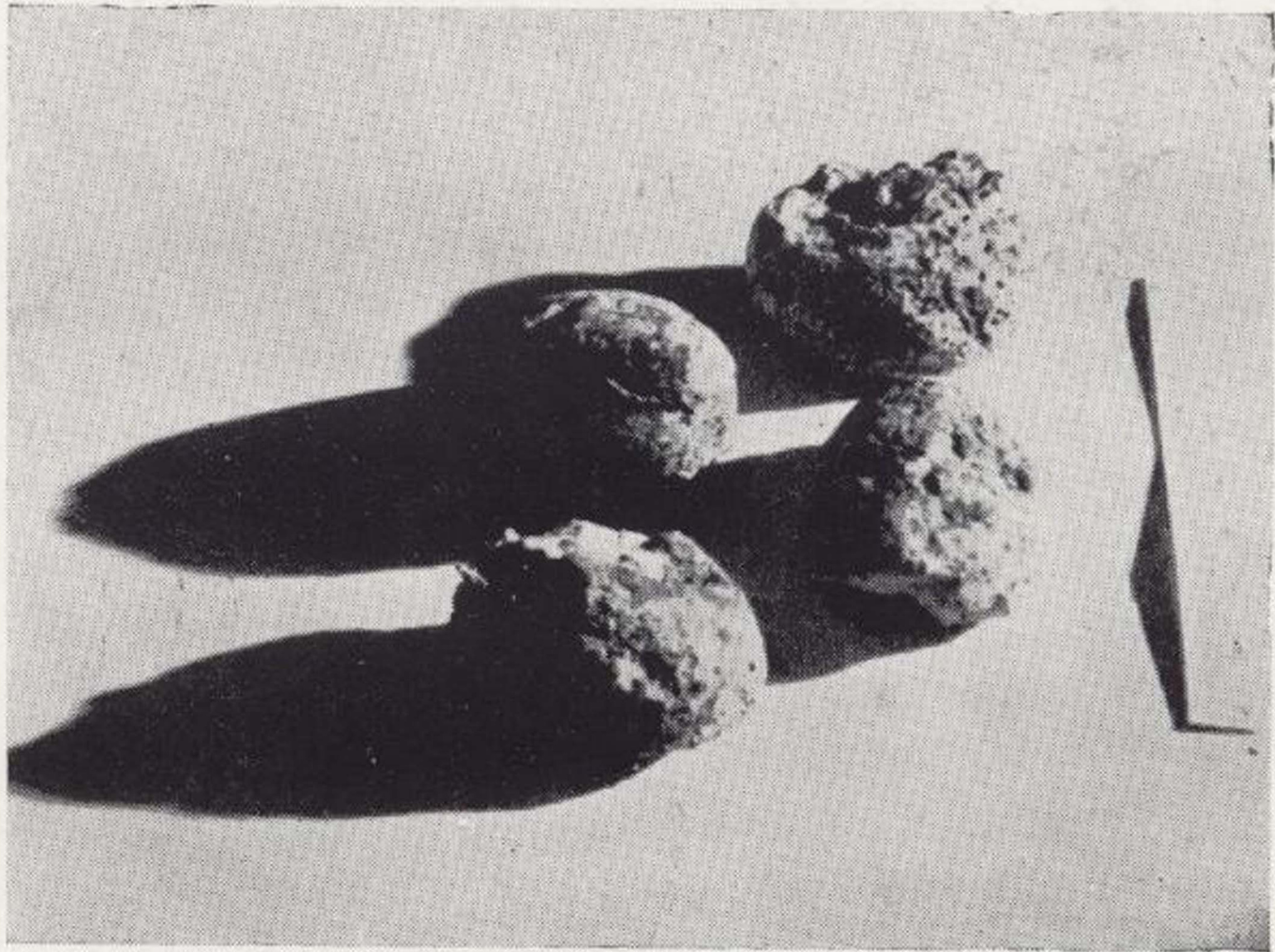


Fig. 19.



microscopio presentan infinidad de fragmentos de huesos, y dado que el régimen del animal anteriormente aludido se ha considerado herbívoro, supondremos de manera un tanto gratuita que puede tratarse de coprolitos de un hiénido, en los que está muy justificada la presencia de dichos fragmentos óseos, pues los fragmentos óseos encontrados muestran las típicas erosiones producidas por estos animales.

#### ORIGEN DEL YACIMIENTO

Llama poderosamente la atención la gran heterogeneidad del yacimiento. Por ser todas las especies encontradas altamente comestibles, podría pensarse que se trata de restos de alguna cocina paleolítica; no obstante, dado que la parte próxima a la entrada actual está comunicada por un pasaje estrechísimo (CC', fig. 1) con la parte terminal, zona de los hallazgos, resulta difícil admitir la idea de un arrastre por agua circulante. No se han encontrado restos arqueológicos algunos, pero la idea de un transporte directo por mano humana es poco probable, ya que el hombre abandona los residuos de su comida en el mismo lugar de habitación y esta parte final no reúne condiciones para serlo.

Nosotros daremos como causa más probable un arrastre desde el exterior a través de una fisura hoy colmatada, dado que aparecen señales de circulación de agua posterior a la formación de la cavidad.

#### CRONOLOGÍA DEL YACIMIENTO

Como una síntesis de todo lo expuesto en páginas anteriores, y teniendo en cuenta la determinatividad cronológica de cada especie encontrada, podemos afirmar que se trata de una fauna cálida perteneciente a los finales del último período interglaciario Riss-Wurm.

#### PALINOLOGÍA DEL YACIMIENTO

Con el fin de conocer la flora contemporánea a los restos y saber si su procedencia era de arrastre desde el exterior, o bien primitivamente habían sido arrojados en su interior, fueron tomadas muestras de arcilla a diferentes profundidades y zonas del yacimiento, que la señorita Josefina Menéndez Amor, catedrático de la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid, se brindó amablemente a analizar.

El resultado de los análisis fue negativo, ya por el hecho poco probable de que primitivamente fuesen arrojados en su interior, o por lo que es más posible, debido a la intensa acción oxidante de algún componente de la arcilla todo resto de polen ha desaparecido.

Una revisión sobre los filtrados previos a los levigados utilizados en palinología en busca de micromamíferos dio abundantes restos de esmalte dental, pero ninguna pieza clasificable.

Recibido: 7-V-70.

## Sobre la posición de los terrenos de "facies de Utrillas" en la Zona Prebética, al NE. de la provincia de Jaén

por A. C. LOPEZ-GARRIDO (\*)

#### RESUMEN

En el sector de Orcera-Siles (Zona Prebética) afloran extensamente materiales de «facies de Utrillas», semejantes a los de la Cordillera Ibérica. A dichos materiales se les atribuye una edad Albense. Los terrenos infrayacentes son progresivamente más antiguos hacia el W., de modo que el contacto basal de los materiales de «facies Utrillas» se interpreta como un contacto por *solapamiento* («overlap»). Esta disposición, junto con otros hechos, se debe a una prolongada inestabilidad tectónica que se da en la región desde el Jurásico superior al Aptense.

#### ABSTRACT

A formation having the same facies of the «Utrillas-facies» from the Iberian Chain crops out extensively in the surveyed Orcera-Siles area (Prebetic zone). An Albian age is proposed for that formation. Underlying terranes have progressively older ages westwards, so that the basal contact of the described formation is interpreted as belonging to one of overlap-type. These facts and other quoted ones should be related to the tectonic instability which affected the region during youngest Jurassic and older Cretaceous epochs.

#### 1. INTRODUCCIÓN

En anteriores publicaciones he descrito varias series estratigráficas pertenecientes a la Zona Prebética en la región de Beas de Segura-Orcera-Siles (NE. de la provincia de Jaén). En ellas es frecuente la presencia de niveles detríticos terrestres intercalados o alternantes con materiales francamente marinos.

Dentro del área a que esta nota hace referencia (sector de Orcera-Siles; gráfico de situación, figura 1), la mayor abundancia de alternancias de materiales de facies terrestre y marina, se da en el Cretáceo inferior de la región. El nivel detrítico más potente e importante se encuentra debajo de unas dolomías ocreas, que contienen grandes *orbitolinas* en su base, las cuales datan el Cenomanense. De ahí que, como ya han puesto de manifiesto López-Garrido y Jerez-Mir (1970) en la

serie de Navalperal, este último nivel detrítico se atribuya al Albense. En la citada nota se describen, además, las principales características lito y bioestratigráficas del Mesozoico Prebético.

#### 2. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS DE LOS MATERIALES DE «FACIES DE UTRILLAS»

Como se acaba de indicar, se atribuye al Albense el tramo detrítico que aflora debajo de las dolomías ocreas de edad Cenomanense y encima de un conjunto de materiales de edad Aptense representados por una alternancia de calizas, margas (unas y otras con *orbitolinas* que datan el Aptense) y limos.

Las características litológicas de dicho tramo se resumen a continuación. El tramo está constituido esencialmente por margas algo arenosas, verdes, rojas y amarillentas con numerosas indentaciones de arenas blancas. En éstas últimas es relativamente frecuente encontrar cantos muy bien redondeados de cuarcita, hay piritita, y se observa la estratificación cruzada. Además, un dato de in-

(\*) Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Granada, Centro coordinado con el Instituto Nacional de Geología del C. S. I. C., Departamento de Investigaciones Geológicas de Granada.

terés es la presencia en las margas de trozos de *ostreas* y otros *lamelibranquios* indeterminables que indican un medio marino litoral. Este medio estaría sometido a la acción de corrientes que aportarían gran cantidad de arenas y cantos de cuarcita procedentes de la Meseta, situada al NW. y W. de la región.

El problema de la datación precisa de los materiales de «facies Utrillas» ha sido abordado por diferentes autores, principalmente en la Cordillera Ibérica (Saefel, 1961 y Canerot, 1969). Según Canerot (1969), que ha vuelto a estudiar el problema en su lugar de origen, debe de reservarse la denominación de «facies de Utrillas» para las *areniscas, arenas y arcillas versicolores desprovistas de materia combustible que, en la mayor parte del dominio Ibérico, se encuentran comprendidas entre formaciones marinas del Aptense superior y del Cenomanense*. Es en este sentido en el que, en la región aquí estudiada, se puede por tanto hablar de «facies de Utrillas» para materiales semejantes, tanto por su litología como por su posición estratigráfica.

En conclusión, en el sector de Orcera-Siles existe un nivel muy representativo atribuible al Albense de «facies Utrillas».

En general para dicho sector se puede afirmar que las arenas son más abundantes y el tramo tiene menor potencia hacia el W., en dirección a la Meseta. También los cantos de cuarcita son cada vez más abundantes hacia el W., especialmente en los alrededores de Siles. Por el contrario, las margas son cada vez más abundantes hacia el E. y la potencia del tramo aumenta en la misma dirección.

### 3. POSICIÓN

En la región estudiada, que comprende las Hojas de Orcera (887) y Siles (865) del M. T. N. 1:50.000, las margas y arenas de «facies de Utrillas» afloran extensamente si bien su posición, respecto a los materiales infrayacentes, varía de Este a W., de modo que se superponen a materiales de edades diferentes, cada vez más antiguos cuanto más al W. afloran. Este hecho se aprecia examinando el mapa y cortes de la fig. 1. Ambas ilustraciones son bien explícitas al respecto.

En la parte oriental de la región incluida en el mapa de la figura 1 (aproximadamente al SE. de la alineación montañosa Yelmo-Navalperal-Los Calarejos), los materiales de «facies Utrillas» del Albense reposan en concordancia siempre y exclusivamente sobre el conjunto de materiales de edad Aptense, que alcanzan una potencia de 200 metros. Encima de las arenas y margas de «facies Utrillas» se sitúan las dolomías del Cenomanense. En éste caso, la sucesión estratigráfica es perfectamente

*concordante* y el Albense de «facies Utrillas» se encuentra en su posición normal. (En la fig. 1; corte II, E. de los Calarejos; corte III, Río Madera, Espino; corte IV, E. del Yelmo, Río Madera, Calar de Cobos).

En cambio, en toda la región comprendida al W. y NW. de la alineación Yelmo-Navalperal-Los Calarejos, la posición de los materiales que nos ocupan es diferente, puesto que aparecen sobre terrenos de diversas edades (Cretáceo inferior o más antiguos).

La elaboración de una cartografía minuciosa, así como el levantamiento de diferentes series estratigráficas pone de manifiesto los siguientes hechos:

1) En los sectores de Peñalta, del E. de Siles, etcétera, los materiales de «facies de Utrillas» reposan sobre unos 10 metros de alternancia de niveles calizos y detríticos de facies semejante a la que presenta el Cretáceo inferior (Aptense) de toda la región. Obsérvese la diferencia tan macada de potencia que existe, entre este sector y la parte SE. antes descrita, para materiales equivalentes. El contacto aparentemente es normal y concordante, pero faltan gran parte de los materiales de edad Aptense. Por tanto, existe *acordancia*, entre los materiales del Aptense y los del Albense de «facies Utrillas». (En la fig. 1; mapa y corte I, al W. del Calar del Mundo; corte III al E. de Segura de la Sierra; corte IV, Yelmo.)

2) En los sectores del N. del Yelmo, de Segura de la Sierra y de la Sierra de Calderón, las margas y arenas de «facies de Utrillas» se sitúan directamente, tanto sobre materiales del Jurásico superior (dolomías del Jurásico terminal o calizas nodulosas y margas y margocalizas del Oxfordense-Kimmeridgense), como sobre el Jurásico inferior y medio (dolomías del Lías + ¿Dogger?). En la figura 1; mapa y corte I; Sierra de Calderón; corte II, Bucentaina, W. de Los Calarejos; corte III, Segura de la Sierra.

3) En el Cortijo de Fuente Cabaña (al W. de Siles), las margas y arenas de «facies de Utrillas» descansan sobre los materiales más antiguos que afloran en la región, unos metros de dolomías liásicas y los niveles arcillosos triásicos. (En la figura 1; mapa y corte II, Fuente Cabaña.)

En los casos segundo y tercero, el contacto entre los materiales de «facies de Utrillas» y el resto de los materiales más antiguos, es claramente *discordante*.

Tan sólo en parte de la vertiente occidental del sinclinal del Yelmo no aparece el mismo dispositivo. Las margas y arenas de «facies Utrillas» desaparecen contra dos fallas y, entre ambas, no se han encontrado dichos materiales. Sin embargo, en ningún punto han aparecido materiales que al



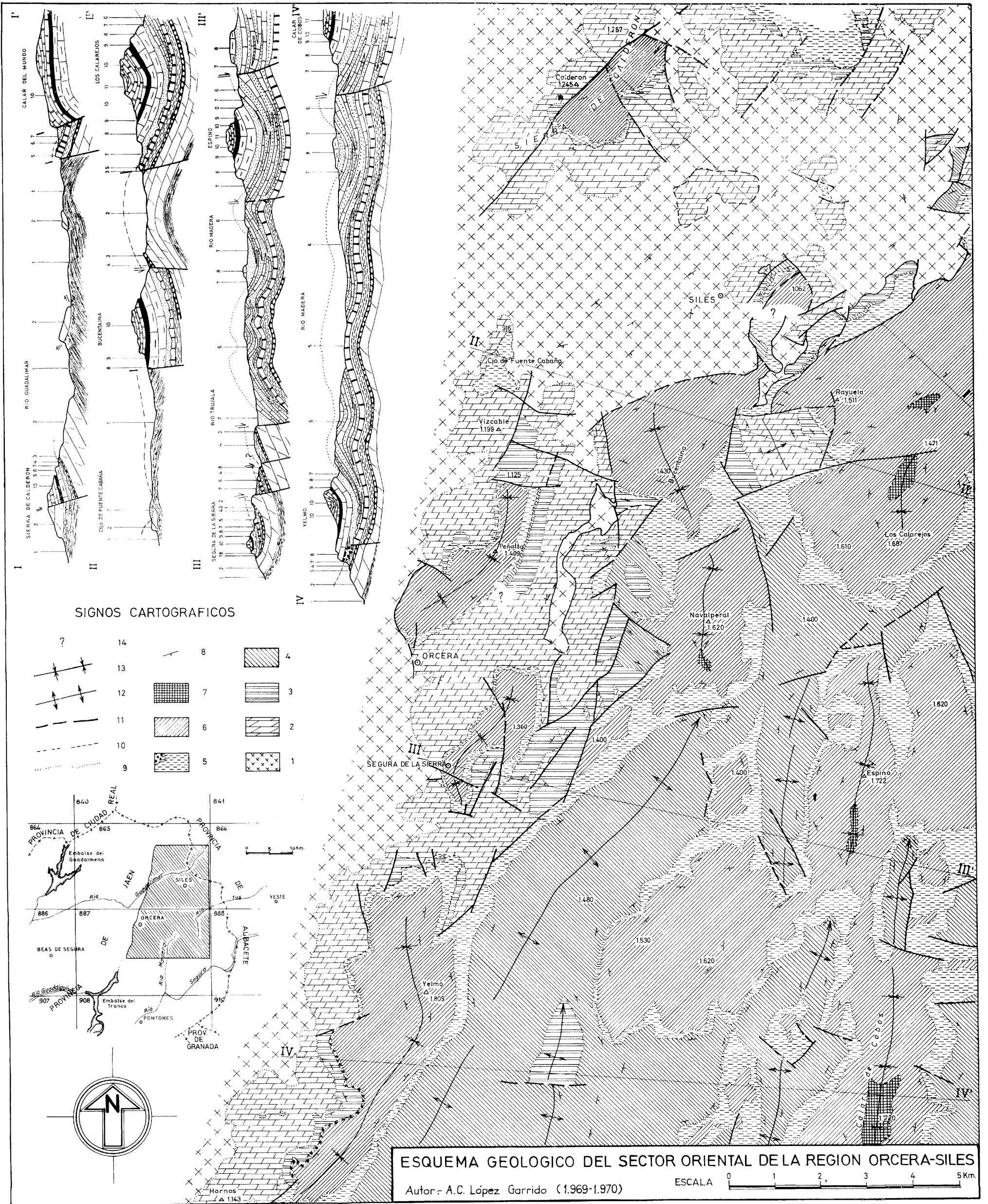


Fig. 1.—En el gráfico de situación, el área rayada indica el sector estudiado.

Leyenda para los signos cartográficos: 1. Triás.—2. Jurásico inferior y ¿medio?—3. Jurásico superior.—4. Cretácico interior.—5. Materiales de «facies de Utrillas» del Albense.—6. Cretácico superior.—7. Mioceno.—8 Dirección y buzamiento.—9. Contacto concordante.—10. Contacto discordante.—11. Contacto mecánico en general.—12. Anticlinal.—13. Sinclinal.—14. Zonas con fuertes recubrimientos (del 9 al 11, los mismos signos discontinuos contactos supuestos o parcialmente ocultos).

Leyenda para los cortes: 1. Arcillas, margas y calizas, Triás.—2. Dolomías, Lias + ¿Dogger?—3. Calizas nodulosas, Oxfordense.—4. Margocalizas y margas, Kimmeridgense.—5. Dolomías «facies Parberk», Jurásico terminal.—6. Alternancia de calizas, margas y limos, Aptense.—7. Margas y arenas de «facies Utrillas», Albense.—7. Conglomerados, ¿Albense?—8. Dolomías, Cenomanense.—9. Margocalizas muy dolomitizadas, ¿Turronense?—10. Dolomías en la base y calizas hacia el techo, Senonense.—11. Materiales del Mioceno.

menos recuerden a la «facies de Utrillas». Por el contrario, al pie del escarpe correspondiente a las dolomías del Cenomanense existe un nivel de conglomerados de cantos calizos, muy angulosos, sin ninguna selección y heterométricos. Este nivel, en el paisaje, no llega a distinguirse de las dolomías del Cenomanense. El conglomerado reposa directamente sobre margocalizas de edad Kimmeridgense y debe de representar un cambio lateral de facies del conjunto arenoso-margoso del Albense y, portanto, equivaler, en ésta transversal, al Albense de «facies Utrillas», característico de la región. Este dispositivo es el que se interpreta en el corte IV de la figura 1.

En resumen, se observa como de E. a W., las arenas y margas de «facies Utrillas» descansan directamente sobre materiales de diferentes edades. Este hecho sucede en una distancia medida sobre el mapa, en la dirección indicada, menor de 2,5-3 kilómetros, desde su posición normal sobre los materiales del Aptense (parte oriental del mapa y cortes de la fig. 1), hasta hacerlo sobre los materiales del Triás (parte occidental), en cuyo caso faltan todos los materiales comprendidos entre ambas edades.

Lógicamente los hechos antes descritos implican fenómenos de erosión o no depósito anteriores al Albense de «facies Utrillas».

4.—INTERPRETACIÓN

La posición que los materiales de «facies de Utrillas» presentan respecto al conjunto de materiales infrayacentes de diferentes edades, a los que progresivamente van solapando hacia el W., cortándolos ligeramente en bisel, se interpreta como una discordancia regional ligada a transgresión. La relación existente entre los materiales de «facies de Utrillas» y los materiales infrayacentes es del tipo de un *solapamiento* (traduciendo así el término «*overlap*», según la nomenclatura de Krumbein y Sloss, 1963 pág. 314), de modo que el conjunto de los materiales es concordante al E. y discordante al W., pasando por una zona intermedia en la que espacialmente no se aprecia la discordancia, pero en la cual faltan parte de los materiales (Acordancia). Dicha relación es la que se ha representado en el gráfico de la figura 2.

La discordancia, que es angular y erosiva en la parte más occidental, es motivada por diversos factores de índole regional que afectan al conjunto de la Zona Prebética y no exclusivamente al sector aquí descrito. Aunque es este sector donde más claramente se manifiestan dichos fenómenos.

El factor más importante que intervino en la génesis de la discordancia es el movimiento diferencial de grandes bloques que al final del Jurá-

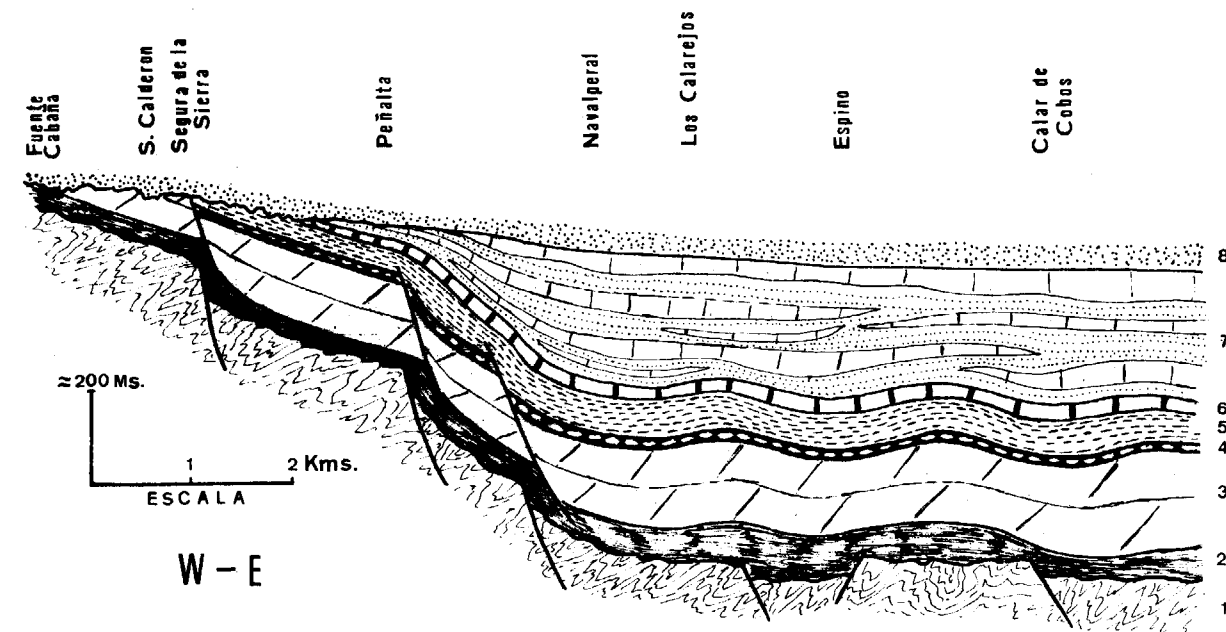


Fig. 2.—Reconstrucción hipotética de la cuenca, en la que se muestra la relación espacial entre los materiales de «facies Utrillas» del Albense y los más antiguos. 1. Zócalo paleozoico. — 2. Triás. — 3. Lías + ¿Dogger? — 4. Oxfordense. — 5. Kimmeridgense. — 6. Jurásico terminal. — 7. Aptense. — 8. Albense de «facies Utrillas». (La litología es la ya indicada en la leyenda de los cortes, en la fig. 1.)



sico se produce en la región. Este hecho, observado en el NW. de la Sierra de Cazorla (al W. de la región que ahora nos ocupa) por Dabrio y López-Garrido (1970), produce un levantamiento progresivo de la parte occidental, mientras que la oriental (región aquí descrita), se iría hundiendo lenta y progresivamente. La línea de separación entre la parte que se levanta y la que se hunde coincide sensiblemente con el valle triásico Hornos-Orcera-Siles.

El movimiento de grandes bloques, relacionado verosímilmente con grandes fracturas del zócalo, se manifiesta en la cobertera por una marcada inestabilidad tectónica en toda la región, que comienza en el Kimmeridgense (al menos en la Sierra de Cazorla, nota citada) y continúa durante el Jurásico superior y Cretáceo inferior.

Por otra parte, la discordancia aparece siempre en el borde del valle triásico Hornos-Orcera-Siles (fig. 1), mientras que al E. se pasa rápidamente a una sucesión concordante. Este hecho parece sugerir que los materiales del Triás han intervenido de algún modo en la génesis de la discordancia. De todos modos ya se ha dicho que la discordancia está ligada a fenómenos de amplitud regional, por lo que la posible participación del Triás sería sólo un factor más a tener en cuenta.

La continuada inestabilidad tectónica durante el Cretáceo inferior daría lugar a fenómenos muy diferentes a un lado y otro del valle triásico. Al W. del mismo, la región estaría emergida y sometida a erosión, que incluso hace aflorar a los materiales del Triás.

La línea de costas durante el Aptense debía de situarse aproximadamente al E. de la alineación Yelmo-Segura de la Sierra-Peñalta-Siles. Con tal disposición al E. del valle triásico existiría sedimentación marina con marcada influencia continental (Aptense). Dentro de esta parte oriental, la inestabilidad tectónica de la cuenca produciría zonas de diferente subsidencia. En los bordes mismos (E. de Segura de la Sierra, ladera de Peñalta y E. de Siles) la subsidencia sería tan pequeña que las corrientes u oleaje dificultarían la sedimentación, debido a la poca profundidad. Así el Aptense sólo alcanza una potencia de 10 metros o falta (sería la zona donde el contacto «overlap» es acordante). Más hacia el E. la subsidencia sería cada vez mayor, con lo cual a distancias no grandes de dicha alineación, el Aptense alcanza ya su potencia corriente (aproximadamente 200 m.) y es concordante con su muro y techo (fig. 2).

Los materiales del Triás pueden haber actuado halocinéticamente gracias a su relativa plasticidad (1),

(1) Litológicamente el Triás está compuesto por arcillas, que son las rocas predominantes, algunas arenas y calizas y pocas sales.

al menos de una forma local, y favorecer tanto las diferencias de subsidencia como el levantamiento más acusado del valle triásico que, de este modo, estaría sometido a fuerte erosión que haría desaparecer los materiales jurásicos y pone al descubierto los triásicos.

Al depositarse las margas y arenas de «facies Utrillas» del Albense se han producido ya fenómenos de erosión y subsidencia diferencial (que produce acuñamiento del Aptense), ligados a una continua inestabilidad tectónica del zócalo, de modo que los materiales de «facies Utrillas» se depositan sobre un relieve preexistente constituido por materiales de diferentes edades. Incluso los materiales rojo-verdosos del Triás son en parte erosionados. Quizás a esto se deba el que en muchos casos las margas del Albense de «facies Utrillas», presenten idéntica coloración que las del Triás, posiblemente porque en parte «hereden» el color de éstas.

Los materiales del Albense alcanzan una posición más occidental que los del Aptense. La línea de costas del Albense coincidiría a grandes rasgos con la alineación ladera W. del Yelmo-Segura de la Sierra-Orcera-W. de Peñalta-Sierra de Calderón, es decir, ocupa una posición más occidental que la del Aptense (fig. 2). De esto se deduce el carácter transgresivo de los materiales de «facies Utrillas» del Albense, transgresión que se acentúa a partir del Cenomanense con sedimentación francamente marina.

\* \* \*

Finalmente se plantea la posibilidad de que la prolongada inestabilidad tectónica antes aludida, que se manifiesta en la región durante el Jurásico superior y Cretáceo inferior, termine con la formación de pliegues anteriores al depósito del Albense.

Algunos hechos parecen apoyar esta hipótesis. Si se observa el estilo de los pliegues se aprecia una cierta disarmonía, de modo, que los materiales pertenecientes al Jurásico y Cretáceo inferior (hasta el Aptense incluido), presentan pliegues mucho más apretados y fracturados que los materiales del Cenomanense-Senonense, que forman amplios sinclinales.

La disarmonía en cuanto al estilo del plegamiento se podría explicar con una sola etapa de plegamiento (posterior al menos al Cretáceo superior), si se tiene en cuenta las características litológicas del tramo de «facies de Utrillas», que pudo actuar de nivel de despegue, favoreciendo un plegamiento diferencial. Esta interpretación no explica la existencia de fallas que afectan a los materiales del Jurásico y Aptense, pero aparecen fosilizadas por los materiales de «facies Utrillas» y del Cretá-

ceo superior. Así ocurre en el Yelmo, W. de Navalperal, Bucentaina, W. del Espino, etc.

Queda, sin embargo, por precisar si estos pliegues y fallas formados antes del Albense son consecuencia de una etapa de plegamiento o simplemente la adaptación de la cobertera a una tectónica de fracturas en el zócalo.

## 5. COMPARACIÓN CON OTRAS REGIONES

En diferentes sectores de la Zona Prebética y en algunos puntos de la Zona Subbética se han citado por diversos autores fenómenos semejantes o equivalentes a los aquí descritos.

En la región comprendida entre Alcaraz y Hellín (especialmente en Alcazozo y Peñas de San Pedro), situada al NE. de la por mí estudiada, y aún dentro de la Zona Prebética, Brinkmann y Gallwitz (1933), García-Palomero (1969) y Linares-Girela y Rodríguez-Estrella (comun. personal), citan fenómenos semejantes en los que los materiales de «facies de Utrillas» reposan directamente sobre materiales jurásicos y falta todo el Cretáceo inferior (Aptense). Igualmente, Foucault (1965) ha puesto de manifiesto la existencia de movimientos tectónicos de edad paleocretácea en el Alto-Guadalquivir, al S. de la región descrita en este trabajo.

En regiones más alejadas, y dentro de la Zona Subbética, en la Sierra de Crevillente (prov. de Alicante) Azema y Sornay (1966), describen hechos equivalentes localizados, igualmente, entre el Jurásico superior y el Albense.

## 6. CONCLUSIONES

1.ª Se confirma la existencia de terrenos constituidos por margas arenosas y arenas de «facies de Utrillas», semejantes a los descritos en la Cordillera Ibérica.

2.ª La edad de dichos terrenos es atribuible al Albense, puesto que su muro y techo lo constituyen materiales datados como Aptense y Cenomanense, respectivamente.

3.ª El muro de los materiales de «facies Utrillas» es progresivamente más antiguo de E. a W. Dicho de otro modo, el contacto por el que dichos materiales se superponen a los más antiguos es del tipo de un *solapamiento* («overlap»).

4.ª De la anterior conclusión se deduce que antes del depósito de los materiales Albenses de «facies Utrillas», en el sector estudiado se produjeron fenómenos de erosión y reducción de potencias en las series estratigráficas.

5.ª Las características estratigráficas antes mencionadas, al igual que los demás hechos conocidos (disarmonía en los pliegues, fallas, etc.), permiten deducir que desde el Jurásico superior al Aptense, esta región tuvo una marcada inestabilidad tectónica.

Fenómenos análogos son descritos en otros sectores de la Zona Prebética e incluso en puntos de la Zona Subbética. Estos hechos estarían de acuerdo con una cierta inestabilidad tectónica generalizada al conjunto de ambas zonas externas de las Cordilleras Béticas de la cual, actualmente, sólo conocemos algunas de sus manifestaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- AZEMA, J. y SORNAY, J. (1966): *Sur l'existence de phénomènes de ravinement, de condensation et de remaniement au sein des formations secondaires de la Sierra de Crevillente Prov. d'Alicante, Espagne*. «Bol. Soc. Géol. France 7.ª serie, t. VIII, pp. 518-520.
- BRINKMANN, R. y GALLWITZ, H. (1933): *Der betische Aussenrand in Südost-Spanien*. «Beitr. geol. westl. Medit.», número 10. (traducción española (1950). Publ. extr. geol. España, t. V, pp. 167-290.
- CANEROT, J. (1969): *La question de l'«Utrillas» dans le domaine ibérique (Espagne)*. «C. R. somm. Soc. Geol. France», pp. 11-12.
- DABRIO, C. J. y LÓPEZ-GARRIDO, A. C. (1970): *Estructura en escamas del sector noroccidental de la Sierra de Cazorla (Zona Prebética) y del borde de la Depresión del Guadalquivir (Prov. de Jaén)*. «Cuad. Geol.», t. I. Universidad Granada (en curso de publicación).
- FOUCAULT, A. (1965): *Mouvements tectoniques d'âge paléocretacé dans la région du haut Guadalquivir (prov. de Jaén, Espagne)*. «Bull. Soc. Géol. France», 7.ª serie, t. VII, páginas 567-570.
- GARCÍA PALOMERO, F. (1969): *Estudio geológico de la región de Alcazozo (Albacete)*. «Cuadernos Geol. Ibérica», vol 1, pp. 159-182, Madrid.
- KRUMBEIN, W. C. y SLOSS L. L. (1963): *Stratigraphy and Sedimentation* Freeman and Comp, «Second Edition», 660 páginas.
- LÓPEZ-GARRIDO, A. C. (1969): *Primeros datos sobre la estratigrafía de la región Chiclana de Segura-Río Madera (Zona Prebética, provincia de Jaén)*. «Acta Geol. Hisp.», t. IV, pp. 84-90.
- y JEREZ-MIR, F. (1970): *La serie estratigráfica de Navalperal. Serie tipo del Mesozoico Prebético en la región de Orcera-Siles (prov. de Jaén)*. «Acta Geol. Hisp. (en curso de publicación).
- SAEFTEL, H. (1961): *Paleogeografía del Albense en las cadenas celtibéricas de España*. «Notas y Com. Inst. Geol. Min. España», núm. 63. pp. 163-191.

Recibido: 22-1-71.

# Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante)

par C. MONTENAT (1) et G. TRUC (2)

## RÉSUMÉ

Description succincte du Pliocène et de ses principales variations latérales dans la région d'Alicante et de Murcia. La découverte de mollusques continentaux dans les termes les plus élevés de la série, permet d'attribuer ces derniers au Pliocène terminal et au Quaternaire (Villafranchien). Deux nouvelles espèces sont décrites.

Dans la région qui nous occupe, située entre Alicante et Murcia, le Pliocène marin comprend deux unités lithostratigraphiques bien distinctes :

— Le Pliocène inférieur et moyen, de faciès plaisancien, bien daté par des microfaunes planctoniques.

— Le Pliocène supérieur, constitué de grès calcaires jaunes localement très fossilifères. Ce Pliocène supérieur, de faciès astien est transgressif, parfois même discordant sur le Plaisancien qu'il peut déborder largement.

Dans les régions les plus proches du littoral actuel, par exemple la Sierra de la Marina, Rojales, etc..., les grès astiens sont épais d'environ 50 m., entièrement marins et néritiques. Vers l'W., ces grès perdent de leur puissance. Leur partie supérieure vient se fondre dans une épaisse série de dépôts marno-gréseux, lagunaires ou continentaux (fig. 1). Ce passage latéral de faciès témoigne du retrait progressif de la mer, vers l'E, à la fin du Pliocène. La phase ultime de la régression est marquée par le dépôt de calcaires saumâtres à *Cardium* et mollusques continentaux (Santa Pola), ou de calcaires lacustres blancs (San Miguel).

Au-dessus de ces niveaux régressifs se développent des formations rouges, limoneuses, parfois conglomératiques, couronnées d'une puissante cuirasse calcaire.

En plusieurs endroits, ces formations rubéfiées montrent, en regard du Pliocène sous-jacent, une

certaine indépendance soulignée par un ravinement ou même par une discordance (par exemple aux environs de San Miguel). D'autre part, l'apparition de la teinte rouge traduit probablement des modifications climatiques importantes. Ces diverses remarques nous ont conduit à placer, du moins cartographiquement, les formations rouges dans le Villafranchien. En fait, il convient de nuancer ce schéma.

Actuellement, les arguments paléontologiques dont on dispose sont les suivants (fig. 1) :

Les horizons marno-gréseux, équivalents latéraux, vers l'W, de la partie supérieure des grès astiens ont livré, près de Zeneta, une molaire d'*Hipparion* cf. *crassum* Gerv., ce qui confirme bien l'âge Pliocène supérieur de ces niveaux.

Le calcaire lacustre blanc appartient également au Pliocène d'après sa faune de mollusques (fig. 3).

Le calcaire à *Cardium* de Santa Pola, situé immédiatement sur les grès astiens a livré des mollusques continentaux dont les affinités sont encore franchement pliocènes (Pliocène terminal; voir plus loin la description paléontologique).

L'âge des limons rouges à cuirasse calcaire est un peu plus délicat à préciser.

La partie inférieure de la formation est souvent riche en mollusques continentaux. La localisation des fossiles à la base des limons rouges est d'ailleurs un phénomène assez général, observé en de nombreux points (Murcia, Elche...) (voir coupes, fig. 2). La faune, comparable à celle du calcaire à *Cardium*, présente le même cachet pliocène terminal.

La partie moyenne des limons rouges n'a pas livré de fossiles.

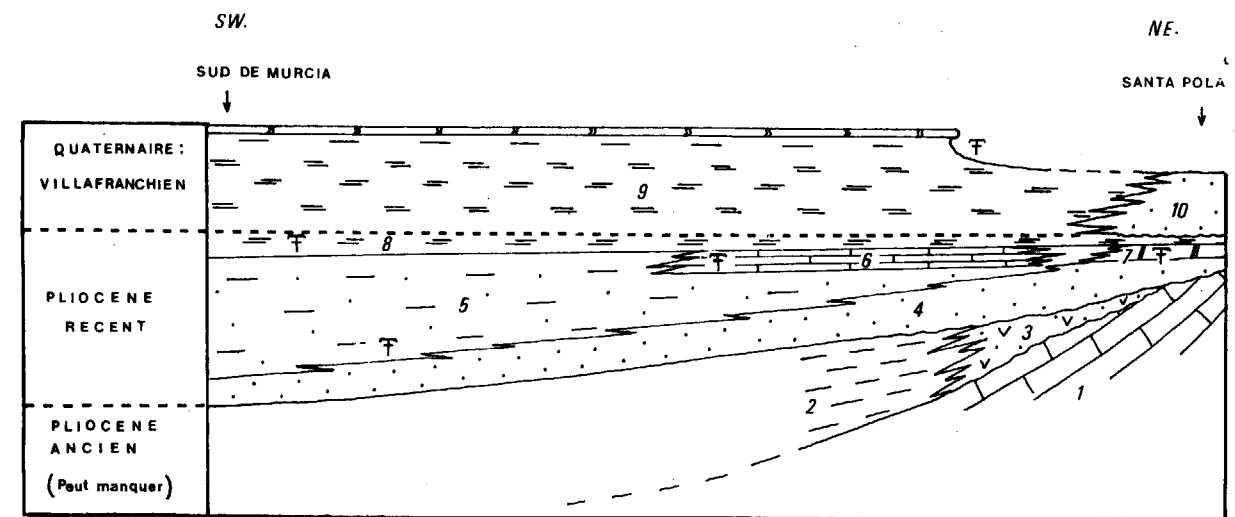


Fig. 1.—Représentation schématique des variations de faciès dans le Pliocène et le Villafranchien (N. B. Les épaisseurs ne sont pas respectées). 1. Miocène terminal. 2. Marnes plaisanciennes. 3. Faciès néritique zoogène du Plaisancien. 4. Grès marins astiens. 5. Faciès marno-gréseux, saumâtres ou continentaux : F: *Hipparion* cf. *crassum* Gerv. 6. Calcaire lacustre blanc, F: gisement d'Hélicidés. 7. Calcaire saumâtre à *Cardium*, F: gisement de mollusques continentaux. 8. Partie inférieure des limons rouges, F: gisement de mollusques continentaux. 9. Partie moyenne et supérieure des limons rouges, encroûtement calcaire, F: gisement de mollusques continentaux (Sierra Colmenar). 10. Grès dunaire (= Calabrien?).

Les niveaux d'encroûtement calcaire précédant la puissante cuirasse sommitale renferment quelques exemplaires de mollusques continentaux (Sierra Colmenar, près d'Alicante) dont une espèce d'Hélicidé franchement quaternaire.

Ces observations nous conduisent à faire deux remarques :

— Du point de vue stratigraphique, la limite entre le Pliocène et le Quaternaire doit être placée au sein des limons rouges. La partie inférieure de la formation appartient encore au Pliocène (Pliocène terminal), tandis que les termes les plus élevés peuvent être d'âge villafranchien s. str.

Il faut préciser que, dans l'état actuel de nos connaissances, la limite Pliocène-Quaternaire est encore difficile à matérialiser. Certains auteurs proposent de faire coïncider le début du Villafranchien avec l'apparition du rongeur *Miomys polonicus* (Chaline et Michaux, 1969). Or, des gisements contenant cette espèce livrent une faune de Mollusques typiquement pliocène (Clair et Puisségur, 1969). Pour cette raison, nous considérons qu'ils ne doivent pas en être séparés, aucun fait majeur n'ayant annoncé le Quaternaire à cette époque.

On sait que nombre d'auteurs estiment nécessaire de démembrer le Villafranchien. Le Villafranchien stratotypique, de Villafranca d'Asti, re présenterait en fait, la partie supérieure du Plio-

cène, d'après sa faune de Mammifères, proche de celle de Montpellier (Hürzeler 1966). On est donc conduit à distinguer deux «Villafranchien» :

— Un Villafranchien inférieur (Villafranca d'Asti), à faune chaude, d'âge pliocène récent. En Italie, les mollusques continentaux qui caractérisent ce Villafranchien inférieur sont incontestablement pliocènes.

— Un Villafranchien supérieur, à faune «froide», quaternaire, caractérisée du point de vue mammalogique par l'apparition d'*Equus*, *Elephas* et *Bos* et dont la faune de mollusques est effectivement quaternaire.

On peut ajouter qu'en quelques points proches du littoral actuel, par exemple Santa Pola, Guardamar del Segura..., les limons rouges possèdent un équivalent latéral constitué de grès calcaires tendres, à débris d'organismes marins, jaunâtres ou saumon, très probablement dunaire (voir fig. 1). A Santa Pola, ces dépôts gréseux sont situés au-dessus d'un horizon peu épais de limons rougeâtres riches en Mollusques continentaux du Pliocène terminal (Coupe E, fig. 2).

On peut donc paralléliser cette formation dunaire avec la seconde moitié des limons, attribuée au Villafranchien. Il s'agirait alors de la dune calabrienne. Les dépôts franchement marins datant de la même époque se situeraient plus à l'Est, à l'emplacement de la mer actuelle.

(1) Laboratoire de Géologie. «I. G. A. I.», 21, Rue d'Assas, Paris 6e.

(2) Centre de Paléontologie stratigraphique, associé au C. N. R. S., Faculté des Sciences 86, rue Pasteur -69- Lyon.



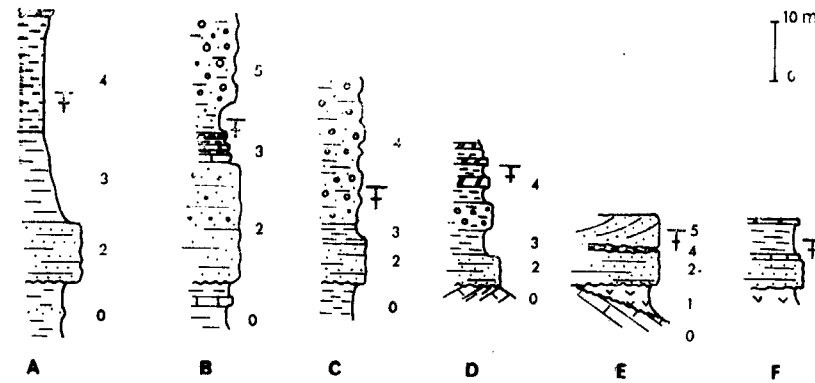


Fig. 2.—Principaux gisements fossilifères. Coupe A : Sud de la Sierra de Columbarès (Sud de Murcia) : 0. Formations saumâtres ou lacustres du Miocène terminal. 2. Grès calcaires marins, jaunâtres : Pliocène supérieur. Ce niveau est très légèrement discordant sur le Miocène sous-jacent. Il y a dans ce secteur, lacune du Pliocène inférieur et moyen (Plaisancien) 3. Dépôts saumâtres et lacustres, marno-sableux, de la fin du Pliocène. 4. Limons de teinte rouge brique couronnés d'une puissante cuirasse calcaire. La partie inférieure de cette formation est souvent riche en Hélicidés (F). Coupe B : Est de Crevillente : 0. Marnes et calcaires lacustres du Miocène terminal. 2. Pliocène supérieur marin ravinant le Miocène mais sans discordance angulaire visible. (Lacune du Plaisancien). 3. Marnes et calcaires lacustres. Au sommet, un horizon d'aspect tuffacé, à concrétions d'Algues Cyanophycées, renferme des Gastéropodes continentaux (F). 4. Limons rouge brique et conglomérats. Coupe C : Nord-Ouest de Crevillente : 0. Marnes rouges du Miocène terminal. 2. Pliocène supérieur marin reposant sans discordance appréciable sur le niveau précédent (Lacune du Plaisancien). 3. Argiles de teinte beige. Coupe D : Sierra Colmenar, Sud d'Alicante : 0. Calcaires et marnes, littorales ou saumâtres, du Miocène terminal. 2. Sables et grès calcaires zoogènes du Pliocènes supérieur, discordant sur le Miocène. 3. Marnes saumâtres, fin du Pliocène. 4. Conglomérats, graviers et limons roses. A la partie supérieure, des horizons d'encroûtement calcaire ont livré quelques Hélicidés (F). Coupe E : Sierra de Santa Pola : 0. Calcaire à Stromatolithes du Miocène terminal. 1. Molasse zoogène jaune du Pliocène inférieur. Ce niveau s'amenuise à la périphérie de la Sierra de Santa Pola. Il est débordé transgressivement par le Pliocène supérieur. 2. Grès calcaires zoogènes du Pliocènes supérieur. 4. Horizon peu épais de limons sableux rougeâtres, riche en Hélicidés (F). Ce niveau ravine légèrement les couches précédentes. Il semble lui même faiblement discordant sous le terme suivant. 5. Grès calcaires jaunâtres à saumon, à stratifications entrecroisées probablement dunaires (= Calabrien?). Coupe F : Sierra de Santa Pola : 1. Molasse jaune zoogène du Pliocène inférieur. 2. Grès calcaire zoogène du Pliocène supérieur. 3. Petit épisode calcaire, régressif, riche en *Cardium* auxquels se trouvent mêlés des Gastéropodes continentaux (F). 4. Marnes rosâtres, noduleuses, terminées par une épaisse croûte calcaire. Ce niveau est très probablement équivalent des formations dunaires (couche 5) de la coupe précédente.

— Du point de vue tectonique, la présence d'Hélicidés quaternaires à la partie supérieure de la formation rouge est particulièrement intéressante. En effet ces niveaux sont concernés par des mouvements tectoniques, souvent importants, ayant affecté la région et qui se trouvent donc datés du Quaternaire (C. Montenat, 1970).

ANALYSE DES FAUNES DE MOLLUSQUES CONTINENTAUX PAR G. TRUC

La majorité des échantillons se présente sous forme de moules internes plus ou moins bien conservés.

Exceptés les *Melanopsis*, cette faune est uniquement composée d'espèces terrestres qui sont assez caractéristiques d'un climat chaud péri-méditerranéen.

Comme le montre la fig. 3, ces Mollusques con-

tinentsaux peuvent être répartis en trois groupes. Certains d'entre eux possèdent des affinités pliocènes incontestables et une seule espèce : *Iberus gualterianus alonensis* (sensu Boettger 1913) est typiquement quaternaire et actuelle. Un seul gisement, situé dans les niveaux d'encroûtement calcaires précédemment cités (fig. 2 D) montre la coexistence de cette dernière forme avec *Palaeoglandina*, genre qui d'après les données recueillies jusqu'à ce jour, ne franchit pas la limite supérieure du Tertiaire.

Si de telles observations se renouvelaient, il serait possible d'affirmer que des faunes pliocènes ont subsisté, dans le Levant espagnol, au moins pendant le début du Quaternaire. Mais dans ce gisement unique, on ne peut exclure qu'un phénomène de remaniement soit responsable de cette curieuse association.

Les espèces assurément phocènes : *Palaeoglandina montenati*, *Otala alicantensis* et cf. *Tacheo-*

FIG. 3

Répartition des mollusques continentaux dans les formations continentales plio-quaternaires du Levant espagnol

	Localisations Espèces	Calcaire blanc	Calcaire à cyanophycées	Calcaire à <i>Cardium</i>	Limos rouges	
					partie inf.	partie sup. encroûtée
espèce uniquement quaternaire	<i>Iberus gualterianus alonensis</i> sensu Boettger 1913					+
genres tertiaires et quaternaires	cf. <i>Oestophora Rumina</i> sp. <i>Pomatias</i> sp. <i>Melanopsis</i> sp. <i>Parmacella</i> sp.	+	+	+	+	
genres et espèces uniquement tertiaires	<i>Cepata</i> sp. = <i>H. tersannensis</i> var. nov., Jodot 1958 <i>Palaeoglandina montenati</i> n. sp. <i>?Otala (Otala) alicantensis</i> n. sp. cf. <i>Tacheocampylaea</i> sp.	+	+	+	+	+

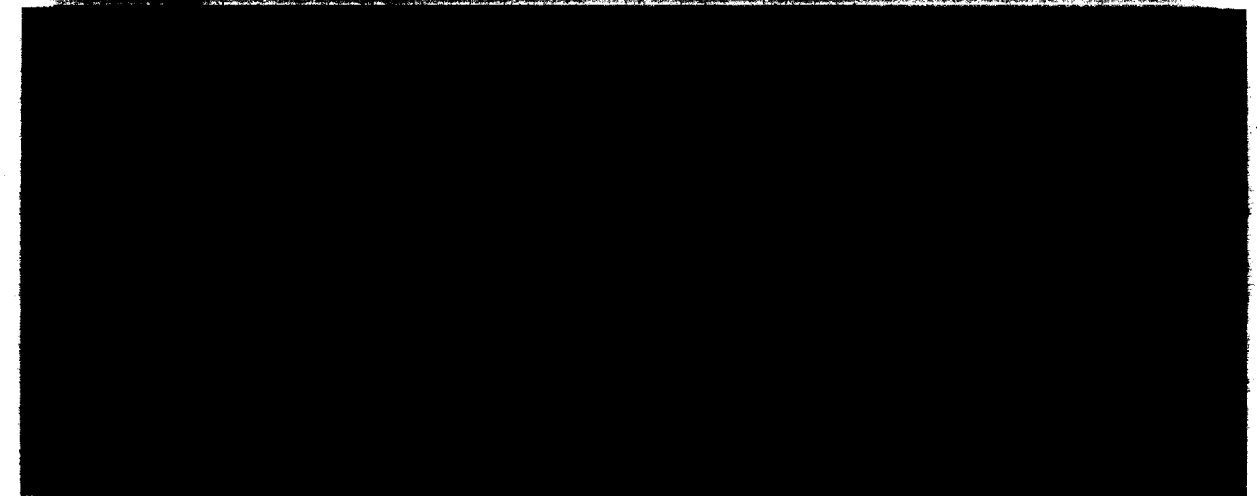
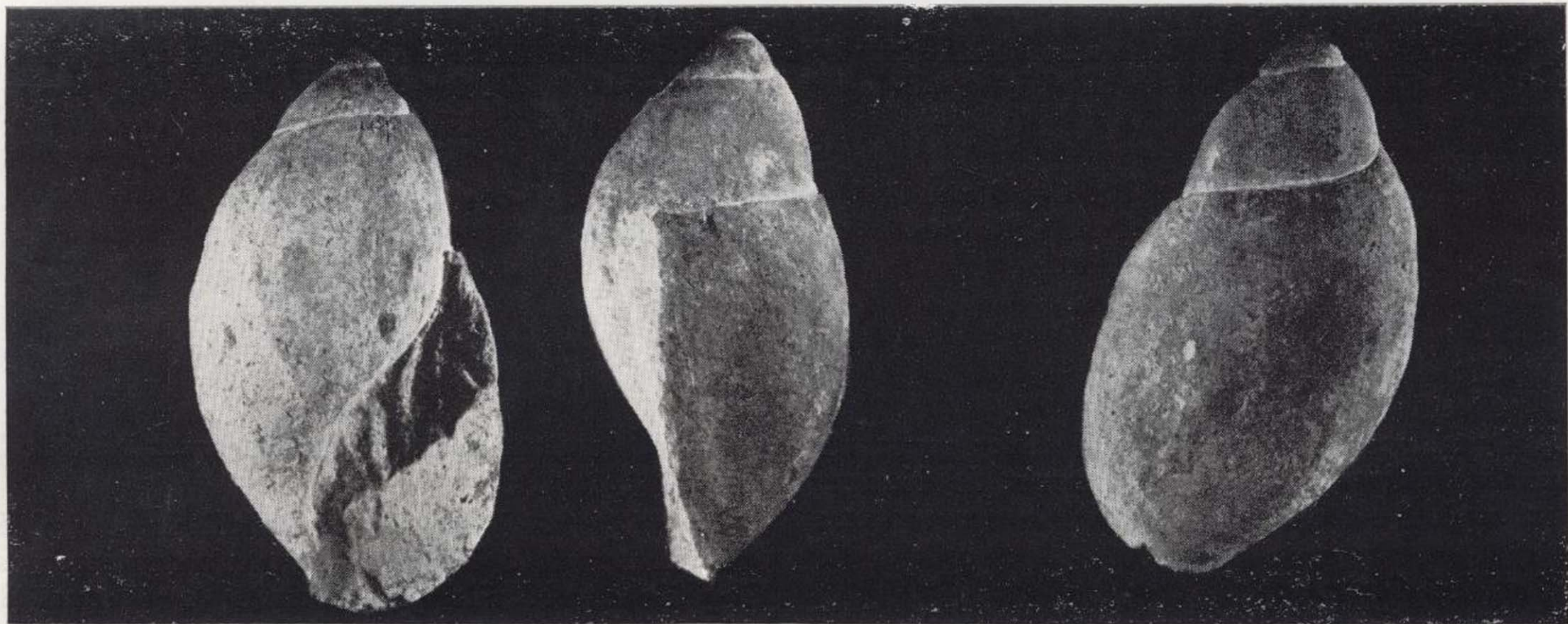


Fig. 4.—*Palaeoglandina montenati* n. sp., holotype X 1  
4a: vue de face, l'axe columellaire étant parallèle au plan de la photographie.  
4b: vue de profil.  
4c: vue dorsale.



a

b

c

Fig. 4.—*Palaeoglandina montenati* n. sp., holotype  $\times 1$

4a: vue de face, l'axe columellaire étant parallèle au plan de la photographie.

4b: vue de profil.

4c: vue dorsale.



*campylaea* sp, par leur grande taille, semblent indiquer un niveau très élevé dans le Pliocène. De nombreux individus appartenant au genre *Cepaea* se rapprochent beaucoup de l'espèce décrite à tort par Jodot comme *Helix (Pseudotachea) tersanensis* Loc. var. nov. (Jodot, 1958) originaire du Pliocène supérieur de la Manche. Les moules internes réalisés à partir d'un important matériel de référence provenant de ces gisements suffisent à montrer cette affinité.

Pour l'instant, il est donc plus logique d'admettre que les mollusques continentaux récoltés dans les formations rouges appartiennent paléontologiquement aux faunes pliocènes dont ils caractérisent le niveau le plus élevé, c'est-à-dire le Pliocène terminal. Des recherches ultérieures montreront peut-être l'équivalence chronostratigraphique d'une partie de ces formations avec le Villafranchien.

*Paratypes*: n.° 98 970 et 98 971, Faculté des Sciences de Lyon.

*Derivatio nominis*: en hommage, à M. Christian Montenat.

*Locus typicus*:

*Holotype*: limons sableux rougeâtres, Coupe E, niveau 4, Sierra de Santa Pola, province d'Alicante (Espagne).

*Paratype n.° 98 970*: même localisation.

*Paratype n.° 98 971*: calcaires à *Cardium*, coupe F, niveau 3, Sierra de Santa Pola, province d'Alicante (Espagne).

*Stratum typicum*: Pliocène terminal.

*Diagnose*.—Cette nouvelle espèce est caractérisée par une très grande taille en rapport de celle des espèces voisines: *Pal. aquensis* Math. 1842 et *Pal. lunensis* Ancona 1867, une forme beaucoup

Dimensions:

*Holotype*

hauteur totale ... ..	59,5 mm.
plus grand diamètre ... ..	32,0 mm.
hauteur du dernier tour ... ..	52,2 mm.
hauteur de la bouche ... ..	38,5 mm.

— *Paratype n.° 98 970*, échantillon tronqué au sommet.

hauteur réelle totale ... ..	51,0 mm.
hauteur probable totale ... ..	54,0 mm.
plus grand diamètre ... ..	26,5 mm.
hauteur du dernier tour ... ..	48,0 mm.
hauteur de la bouche ... ..	31,0 mm.

— *Paratype n.° 98 971*, échantillon déformé.

hauteur totale ... ..	69,0 mm.
plus grand diamètre ... ..	35,6 mm.

*Affinités*.—Les espèces pliocènes appartenant à ce genre sont malheureusement rares ou connues par quelques fragments, ce qui ne facilite pas les comparaisons. La reconstitution de *Pal. paladilhei* (Mich.) 1877, du Pliocène de la Drôme ne paraît pas satisfaisante. Notre espèce s'en éloigne par les dimensions du dernier tour, l'inclinaison des sutures et la forme générale. *Pal. lunensis* (Ancona) 1867, figurée par de Stefani (1880) est moins grande, plus élancée et l'ouverture est beaucoup plus étroite.

*Matériel et localités*.—Une vingtaine d'échantillons ont été examinés; leur localisation est donnée par le tableau récapitulatif de la fig. 2.

*Repartition*.—Actuellement, cette espèce est caractéristique des niveaux qui constituent la limite supérieure du Pliocène dans le Sud de l'Espagne.

Famille: *Helicidae*.

Genre: *OTALA* Schuhmacher, 1817

Espèce type: *Otala lactea* (Müller O. F.) 1774.

?*Otala (Otala) alicantensis* nov. sp.

Fig. 5a, 5b, 5c (Holotype).

*Holotype*: n.° 98 972, Faculté des Sciences de Lyon.

*Paratype*: n.° 98 973 Faculté des Sciences de Lyon.

*Derivatio nominis*: de la ville d'Alicante (Espagne).

*Locus typicus*:

— *Holotype*: limons sableux rougeâtres, coupe E, niveau 4, Sierra de Santa Pola, province d'Alicante (Espagne).

— *Paratype*: calcaires à *Cardium*, coupe F, niveau 3, Sierra de Santa Pola, province d'Alicante (Espagne).

*Stratum typicum*: Pliocène terminal.

*Diagnose*.—Espèce de grande taille, à croissance régulière et dernier tour progressivement descendant, très voisine de *Otala (Otala) gaspardiana* (Pal.) 1873.

*Description*.—Coquille globuleuse, formée de 4 à 5 tours de spires, le dernier occupant environ les 9/10 de la hauteur totale; assez régulièrement et nettement descendant vers l'extrémité postérieure. Sommet obtus, tours peu serrés, à croissance régulière mais rapide. Ouverture arrondie, peu ovalisée, très échancrée par le dernier tour. Péristome légèrement réfléchi; épaissement interne du labre à peine marqué. L'ombilic devait être masqué par une callosité.

Dimensions:

— *Holotype*

hauteur totale ... ..	35,0 mm.
plus grand diamètre ... ..	45,5 mm.
hauteur du dernier tour ... ..	31,0 mm.
hauteur de la bouche ... ..	29,0 mm.

— *Paratype*

hauteur totale ... ..	33,0 mm.
-----------------------	----------

Les autres dimensions sont difficiles à apprécier en raison des cassures de l'échantillon.

*Affinités*.—L'attribution de notre espèce au genre *Otala* est très incertaine. En effet elle se rapproche incontestablement de "*Helix*" *gaspardiana* Paladilhe 1873, rangée à tort par Wenz dans le genre *Hemicycla* (1923, p. 583). D'après les indications non fondées de Paladilhe (1873, pp. 41-42), cette dernière serait proche de *Tacheocampylaea (Mesodontopsis) chairi* (Michaud) 1855. A la vérité, c'est avec *Otala (Otala) bottini* (Sacco) 1884, que notre espèce ainsi que *H. gaspardiana* ont le plus d'affinités. Nous avons donc adopté provisoirement le genre *Otala*, mais il est nécessaire de créer une nouvelle unité taxonomique pour regrouper: *bottini*, *gaspardiana* et *alicantensis*.

Matériel et répartition sont identiques à ceux déjà indiqués à propos de *Pal. montenati*.



Fig. 5.—?*Otala (Otala) alicantensis* n. sp., holotype X 1

5a: vue de face, l'axe columellaire étant parallèle au plan de la photographie.

5b: vue de profil.

5c: vue apicale.

L'abondance de certains individus bien conservés dans les principaux gisements permet de dégager deux espèces nouvelles dont voici la description:

Famille: *Oleacinidae*.

Genre: *PALAEOGLANDINA*, Wenz 1914.

Espèce type: *Palaeoglandina gracilis* (Zieten),

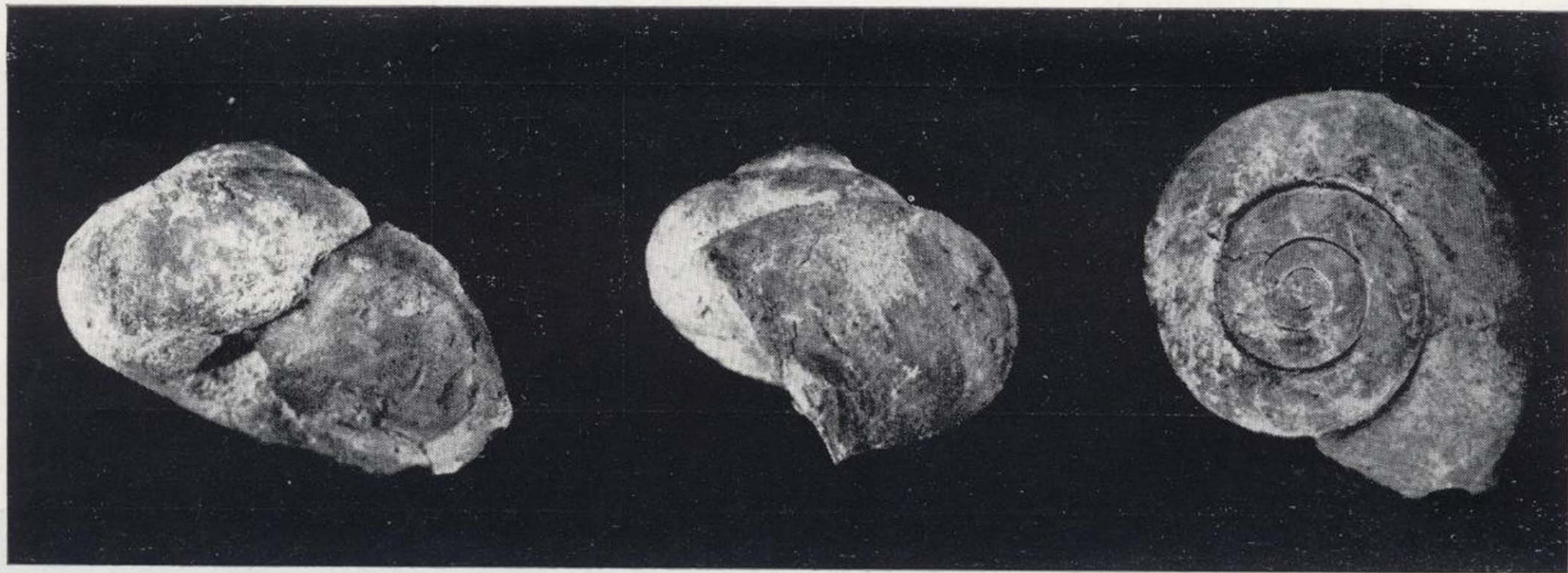
*Palaeoglandina montenati*, nov. sp.

Fig. 4a, 4b, 4c, Holotype).

*Holotype*: n.° 98 969, Faculté des Sciences de Lyon.

plus renflée et un dernier tour égal aux 9/10 de la hauteur totale.

*Description*.—Tous les échantillons examinés sont conservés à l'état de bons moules internes. Coquille ovale, allongée, formée de 4 tours de spires, le dernier très grand. Sommet obtus, non aplati. Sutures peu inclinées, assez profondes sur le moule interne. L'ouverture est pyriforme, très allongée dans le sens antéropostérieur. Le péristome est légèrement réfléchi, faiblement sinueux, incliné du côté postérieur. Le bord pariétal paraît subaplatis en son milieu.



*a*

*b*

*c*

Fig. 5.—*Otala (Otala) alicantensis* n. sp., holotype  $\times 1$

5*a*: vue de face, l'axe columellaire étant parallèle au plan de la photographie.

5*b*: vue de profil.

5*c*: vue apicale.



Du point de vue écologique, on peut ajouter que la grande taille des échantillons, en particulier des Glandines, témoigne d'un milieu favorable, chaud et assez humide propice à leur croissance et à leur prolifération.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOETTGER C. (1913): *Die Veränderlichkeit der Schale von Iberus gualterianus L.*, «Ber. der Senckenberg. Naturfor. Gesell.», Heft 3, pp. 183-197, 82 fig.
- CHALINE J. et MICHAUX J. (1969): *Evolution et signification stratigraphique des Arvicolidés du genre Mimomys dans le Plio-Pleistocène de France*, «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 268, pp. 3029-3032.
- CLAIR A. et PUISSEGUR J. J. (1969): *Découverte de faunes villafranchiennes entre la vallée de la Saône et Dijon (Côte-d'Or)*, «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 268, pp. 3033-3035.
- HÜRZELER J. (1967): *Nouvelle découverte de Mammifères dans les sédiments fluviolacustres de Villafranca d'Asti. Problèmes actuels de Paléontologie (Evolution des Vertébrés)*, in «Coll. intern. C. N. R. S.», num. 163, Paris, pp. 633-636.
- JODOT P. (1958): *Les faunes de mollusques continentaux réparties dans le Sud-Est de l'Espagne entre le Miocène supérieur et le Quaternaire*, «Mem. Comm. Inst. Geol. Barcelona», t. 17, pp. I-133, pl. I-II.
- MONTENAT C. et MARTÍNEZ C. (1970): *Stratigraphie et micropaléontologie du Néogène au Sud de Marcia (Chaînes Bétiques, Espagne)*, «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 270, série D, pp. 592-595.
- MONTENAT C. (1970): *Sur l'importance des mouvements orogéniques récents dans le Sud-Est de l'Espagne (province d'Alicante et de Murcia)*, «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 270, série D, pp. 3194-3197.

Recibido: 15-VI-70.

## Cartografía hidrogeológica. Introducción al estudio de su normalización

por J. PORRAS MARTIN (\*)

## RESUMEN

El autor, basándose en los diversos estilos de mapas hidrogeológicos que se realizan actualmente en Europa, trata de abrir una discusión sobre la cartografía hidrogeológica, campo en el que se plantean problemas en el momento de representar adecuadamente los mantos acuíferos subterráneos y los factores que los afectan.

Con este objeto, se realiza una subdivisión en dos grupos de escalas y se analizan en líneas generales los datos que, en lo referente a topografía, litología y permeabilidad, es posible y conveniente representar.

## 1. INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, y dentro del ámbito nacional, la investigación de las aguas subterráneas en sus diversos aspectos, desde el de exploración hidrogeológica general hasta el de explotación de los recursos acuíferos subterráneos, ha ido tomando un auge insospechado, de forma que, actualmente existen en muchas zonas conocimientos sobrados para poder realizar una representación gráfica de los mismos, que resulte a la vez un instrumento útil en manos de los técnicos especialistas y un procedimiento para sintetizar la información obtenida y recopilada a través de los estudios hidrogeológicos.

Pocos mapas hidrogeológicos existen en España hasta el momento, y los que hemos visto adoptan criterios distintos, en unos dando preponderancia al factor geológico, y en otros haciendo resaltar más el concepto de recursos y su utilización.

El presente artículo tiene por objeto abrir la discusión sobre el tema de la cartografía hidrogeológica y la normalización en lo posible, de sus sistemas de representación.

Para ello vamos a tratar en forma muy sintética dos puntos importantes, los primeros con los que se encuentra el encargado de realizar cartografía hidrogeológica.

Dichos puntos son:

1. Base geográfica del mapa hidrogeológico.
2. Información cronológica, litológica, estruc-

tural y de permeabilidad de los mapas hidrogeológicos.

Para tratar estos puntos de forma ordenada, nos pondremos en el caso de realizar dos tipos de mapas hidrogeológicos: a escala igual o mayor de 1:500.000, y a escala igual o menor que ella.

Para abrir esta discusión nos referiremos siempre a lo que pudiéramos llamar mapa hidrogeológico básico, que comportará siempre, y en general, una mayor información de tipo naturalista, antes bien que de tipo cuantitativo en lo que respecta a reservas, recursos, caudales, etc., cuya discusión, más complicada, reservaremos para otra ocasión.

## 2. BASE GEOGRÁFICA E INFORMACIÓN CRONOLÓGICA, LITOLÓGICA, ESTRUCTURAL Y DE PERMEABILIDAD DE LOS MAPAS HIDROGEOLÓGICOS

## A. MAPAS A ESCALAS IGUALES O MAYORES DE 1:500.000

A. 1. *Carácter de estos mapas*

En general, y dejando aparte la escala 1:500.000, que tiene un carácter mixto, las escalas mayores, o sea, las 1:250.000, 1:200.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000 y 1:10.000, servirán para representar estudios hidrogeológicos con diversos grados de precisión o bien, en las escalas menores, estudios de primera aproximación o estimación de permeabilidades. Esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de hablar sobre información litológica y estructural, porque ambos tipos de mapas tienen

(\*) División de Aguas Subterráneas del IGME.

muy distinto carácter. Mientras los primeros pretenden ofrecernos información sobre los mantos acuíferos subterráneos, los segundos sólo hacen una estimación de la potencialidad acuífera de las diversas formaciones representadas. En realidad, estos últimos son mapas de trabajo, y generalmente por ello no se suelen publicar, a estas escalas, por lo que, de ahora en adelante, nos vamos a referir tan sólo a verdaderos mapas hidrogeológicos, bien sea de análisis o de síntesis de trabajos a mayor escala.

La escala 1:500.000 nos parece pequeña para representar estudios hidrogeológicos, a no ser para cuencas muy grandes, o bien para mapas muy sintéticos.

Un ejemplo de mapa hidrogeológico completo a 1:500.000 es el de la cuenca de París, publicado por el B. R. G. M.

## A. 2. Bases topográficas

### A. 2.1. Generalidades

Todo mapa, sea geológico o hidrogeológico, debe llevar la correspondiente información topográfica para que el que lo consulta posea una serie de puntos de referencia. Por ello iremos analizando los diversos datos geográficos que aparecen en los mapas topográficos y opinando sobre la conveniencia de su representación.

Antes expondremos la cartografía existente en España, y a la que generalmente se recurre para plasmar los estudios de cualquier tipo.

### A. 2.2. Mapas topográficos disponibles

Aunque para trabajar se pueden emplear mapas topográficos realizados por encargo (restitución fotogramétrica, por ejemplo), lo normal es recurrir a los normalmente publicados por diversos organismos, y que podemos resumir como sigue:

Escala 1:500.000. La mejor base topográfica es la correspondiente al Atlas Geográfico Nacional, publicado por el Instituto Geográfico y Catastral.

Escala 1:400.000. Guía militar de carreteras, Servicio Geográfico del Ejército.

Escala 1:250.000. Existen las Hojas realizadas por la O. T. A. N., aunque normalmente son menos fáciles de conseguir.

Escala 1:200.000. A esta escala se puede disponer del Mapa Militar itinerario y también de las Hojas recientemente publicadas del Mapa Militar en proyección U. T. M. Estas últimas nos parecen muy adecuadas, aunque en el Mapa Militar itinerario existen más curvas de nivel

Ambos Mapas son publicados por el Servicio Geográfico del Ejército. Existen también Mapas provinciales del Instituto Geográfico y Catastral, actualmente en revisión.

Escala 1:50.000. Aparte de las Hojas realizadas por restitución fotogramétrica realizada por U. S. Army Map Service, muy difíciles de conseguir, existen las Hojas del Instituto Geográfico y Catastral y las del Servicio Geográfico del Ejército, prácticamente iguales, pero estas últimas con cuadrícula Lambert. Ultimamente este último organismo ha empezado a publicar unas excelentes Hojas 1:50.000 en proyección U. T. M.

Escala 1:25.000. Publican Hojas el Instituto Geográfico y Catastral y el Servicio Geográfico del Ejército.

### A. 2.3. Representación de vías de comunicación, poblaciones y curvas de nivel

Antes de empezar hemos de indicar que siempre los datos topográficos de este tipo deben representarse en una tinta suave, preferiblemente en color gris (el sepia también es utilizable pero poco estético).

Es nuestra opinión, que dependiendo del tipo de estudio que el mapa represente, y de la escala, los datos a que alude el epígrafe pueden venir representados con mayor o menor densidad.

Si se pretende hacer un mapa hidrogeológico útil, a escala 1:50.000, por ejemplo, es necesario usar toda la base topográfica, eliminando, en algunos casos, las sobrecargas que en el mapa topográfico indican los cultivos, tipos de vegetación, etcétera.

Aun dentro del color gris existen diversos tonos e intensidades; hemos podido ver mapas ingleses y alemanes en los que apenas se apreciaba el color de la base topográfica, mientras que en algún mapa francés, el color gris era perfectamente distinguible, no interfería para nada con el resto de los signos y comportaba una información topográfica completa.

En mapas a escalas menores, como 1:100.000 y 1:200.000, es preferible eliminar algunas curvas de nivel, aunque, por ejemplo, las últimas Hojas 1:200.000 del Mapa Militar, nos parecen perfectas en cuanto información topográfica para mapas hidrogeológicos, que representen estudios generales a esa escala, eliminando, evidentemente, las tintas hipsométricas.

Otro criterio a seguir, aunque discutible, y en nuestra opinión, sólo aplicable a mapas a menor escala, 1:500.000, por ejemplo, es el de suprimir toda información topográfica excepto las pobla-

ciones, y por supuesto, la red hidrográfica, de la que hablaremos a continuación. Un ejemplo de este tipo de mapas es el de la Cuenca de París, del que ya hemos hecho mención. A su escala nos ha parecido un mapa muy bueno, dada la amplitud de los acuíferos representados, aunque tal vez se echa de menos la información sobre el relieve.

### A.2.4. Red hidrográfica

En un mapa hidrogeológico, sea del tipo que sea, hay que procurar que la red hidrográfica se represente lo más exacta y detalladamente posible. Incluso a veces se puede usar la red hidrográfica como única base topográfica, pues a efectos hidrogeológicos es uno de los factores más interesantes.

Desde luego, el color empleado será el azul.

Otros datos, que aunque no puramente topográficos están íntimamente relacionados con el relieve, son las divisorias de aguas superficiales, que no deberán nunca omitirse, formando parte del conjunto de la red hidrográfica.

## A. 3. Información cronológica, litológica, estructural y de permeabilidad

### A. 3.1. Símbolos

Al existir unas ciertas normas sobre simbología (manantiales, pozos, captaciones, fuentes minerales, etcétera), establecidas por la A. I. H. y la A. I. H. S., en colaboración con la UNESCO, creemos muy conveniente adoptarlas, aunque en muchos mapas europeos no se sigan al pie de la letra. De todas formas sí se respeta la normativa general, variando únicamente detalles de símbolos, de algún aspecto concreto sobre sondeos o captaciones, etc. No insistiremos sobre ello, pues no es el objeto específico de nuestro artículo.

### A. 3.2. Representación de las formaciones permeables y de los mantos acuíferos implantados en ellas.

En un mapa hidrogeológico, cuyo fin es representar la geometría de los mantos acuíferos y el carácter de las formaciones que los contienen, es indispensable el establecimiento de varios puntos:

1.º Es necesario diferenciar de alguna manera las litologías permeables de las que no lo son, aunque esa diferenciación puede quedar resuelta al representar líneas isopiezométricas del manto implantado en la formación permeable.

2.º Es necesario indicar, en la litología permeable, el tipo de permeabilidad, aunque la misma

naturaleza de la roca ya nos lo proporciona. Sin embargo, convendrá indicarlo en la leyenda.

3.º Siempre será de utilidad el indicar la edad geológica a que pertenece la roca acuífera, sobre todo a la hora de aplicar criterios de antecendencia o superposición. También puede resultar útil indicar de alguna manera la edad de los impermeables, sobre todo de los que hacen de límites del acuífero o acuíferos, así como es interesante su composición litológica.

4.º Cualquier indicación tectónica, buzamientos, ejes anticlinales y sinclinales, fallas, cabalgamientos, etc., pueden resultar útiles y a veces decisivos en la interpretación del mapa. Especialmente interesantes resultan las curvas de nivel estructurales, que pueden y deben ofrecer información sobre la geometría de los mantos acuíferos.

A la vista de todos estos puntos podemos establecer las siguientes conclusiones de orden práctico a la hora de representar:

1.º Para diferenciar las formaciones permeables de las que no lo son, es criterio general representar aquéllas mediante entramados de color, y éstas, mediante colores lisos.

Al hablar de entramados de color nos referimos a entramados cuyas líneas o puntos (en el caso de calizas es el clásico enladrillado) sean de un determinado color (del que luego hablaremos), sin sobrecargar un color liso encima del entramado (aunque en algunos casos tal vez sea necesario).

2.º Para distinguir las edades geológicas se pueden emplear los colores geológicos convencionales, unos para los entramados (formaciones permeables) y otros para los colores lisos (impermeables).

3.º Para distinguir litologías, el entramado de diversas formas ya lo hace, en el caso de formaciones permeables (ayudado claro está por la leyenda del mapa), pues ya existe normalización en los entramados representativos de litología.

En el caso de formaciones impermeables ya no es tan importante la diferenciación litológica, de forma que, dependiendo de la complicación y escala del mapa se pueden agrupar diversas litologías, siempre bajo un color liso.

Si no es necesario especificar la edad de los impermeables, este color puede ser marrón o sepia en sus diversos tonos.

4.º Si existen diversos grados de permeabilidad, se puede, en la leyenda, establecer tres columnas litológicas, ordenadas según edades geológicas: en la primera se colocan formaciones muy permeables, en la segunda formaciones de permeabilidad media y en la tercera las impermeables.

5.º En el caso de mantos cautivos el corte es indispensable, aparte de las correspondientes isohipsas de techo y muro de la formación acuífera si se conocen.



Si no son conocidos no merece la pena hacer un mapa hidrogeológico de detalle.

Este caso es el que se puede dar en cuencas terciarias.

Es nuestra opinión, que si toda la superficie de la zona cartografiada sobre un manto cautivo es impermeable, la única representación posible del manto acuífero es mediante cortes o curvas isohipsas de techo y muro, junto a las líneas isopiezométricas. No obstante, el mapa, como uno geológico cualquiera, representará el material que aflora, y si es impermeable llevará su color liso. En este caso, el verdadero interés del mapa se centrará en los cortes y columnas estratigráficas que ineludiblemente han de acompañarlo.

## B. MAPAS A ESCALAS IGUALES O MENORES DE 1:500.000

### B. 1. *Carácter de estos mapas*

Generalmente, estos mapas se emplearán para diversos fines, entre los que podemos destacar:

1.º Representación hidrogeológica de cuencas subterráneas muy extensas, bien conocidas y de forma detallada.

Esto se puede hacer según sea la extensión de la cuenca. Generalmente no deben usarse escalas menores a la 1:500.000, y ésta aún en las cuencas verdaderamente extensas (por ejemplo, la cuenca de París).

2.º Mapas de reconocimiento hidrogeológico general a base de análisis amplio de los rasgos hidrogeológicos generales.

3.º Mapas de síntesis hidrogeológica de una serie de datos obtenidos a partir de estudios de mayor detalle.

Según el tipo de mapa, los datos a representar tendrán, como se comprende, un carácter muy distinto, no tanto en lo que se refiere a datos topográficos como en la que afecta a los datos litológicos y de permeabilidades.

### B.2. *Bases geográficas de los mapas a escalas entre 1:50.000 y 1:500.000 o aún menores*

#### B. 2.1. *Mapas disponibles.*

En España, aunque mapas a estas escalas se pueden obtener por reducción fotográfica de otros mapas a mayor escala, las bases topográficas existentes son las Hojas 1:500.000 del Atlas Nacional, publicado por el Instituto Geográfico y Catastral y el mapa 1:1.000.000, publicado también por dicho organismo.

El usar estas bases topográficas puede ya repre-

sentar un intento de normalización, pues de esta manera todos los mapas serían fácilmente comparables entre sí, y a la hora de realizar síntesis de varios de ellos no habría dificultades en cuanto a aberraciones por diferencia de proyección, pues todos emplean la proyección Lambert.

### B. 2.2. *Datos geográficos a representar*

#### a) *Vías de comunicación y poblaciones.*

Generalmente a esta escala, el proliferar los datos sobre carreteras, ferrocarriles, pueblos pequeños, etc., suele conducir a confusión en la representación del mapa final, que no pretende ser una guía de carreteras. Por tanto, nuestro criterio es la eliminación de todo este tipo de datos, excluyendo, claro está, las capitales de provincia y pueblos más importantes, que son los datos que únicamente deben figurar.

Nuestra opinión es que resulta preferible aumentar el número de pueblos representados, antes de unir mediante carreteras o ferrocarriles las poblaciones importantes, puesto que las líneas de carreteras pueden confundir a la hora de estudiar líneas de otro tipo, como isopiezométricas, isópacas, isohipsas de algún contacto, etc.

Las poblaciones se pueden entonces representar en tinta negra sin ninguna dificultad.

Los límites de provincia deberán también eliminarse, a no ser que políticamente no fuese aconsejable.

#### b) *Curvas de nivel.*

En estos mapas las curvas de nivel sólo se representarán cuando puedan aportar algún dato útil al hidrogeólogo que los consulte, o bien si la topografía tiene una influencia decisiva en la hidrogeología; claro está que dicha influencia suele estar generalmente representada por la red de drenaje superficial, sobre la que hablaremos más adelante.

Es nuestro criterio que en los mapas 1:1.000.000 y menores se deben eliminar en absoluto las curvas de nivel. En los mapas 1:500.000 se puede representar cuando ello se crea útil, aunque nuestra opinión es también a favor de su eliminación.

En todo caso se representarán en el mapa con color gris muy suave.

#### c) *Hidrografía superficial.*

Por el contrario, hay que hacer hincapié en la importancia que tiene en hidrogeología la red de

drenaje superficial. Por tanto, deberán representarse en estos mapas todos los datos posibles sobre ríos, arroyos, pantanos, lagunas, etc.

En realidad, como antes hemos dicho, y no nos importa repetirlo, la mejor base geográfica para un mapa hidrogeológico de este tipo es una hidrografía lo más completa posible, complementada, según venimos diciendo, con la representación de las poblaciones más importantes.

Deberán representarse, por supuesto, las divisorias de aguas superficiales, aunque sólo las más importantes, pues el representarlas todas en absoluto supondría excesiva complicación, dado que su representación (mediante series de puntos azules), puede confundir en algún caso con los símbolos de manantiales.

Aunque tal vez se salga un poco del tema, sería conveniente que los ríos se representasen en diverso grosor, según una escala indicativa de la magnitud de los caudales de estiaje (esta representación, sobre todo en zonas áridas, entrañaría la desaparición de los arroyos intermitentes, cuyo caudal de estiaje es nulo, por ello hay que usarla con cuidado).

### B. 3. *Información cronológica, litológica, estructural y de permeabilidades en este tipo de mapas*

Partiendo de la base de que un mapa hidrogeológico debe representar las características de los mantos acuíferos según el grado de conocimientos que se tenga de ellas (nos referimos a características físicas), es necesario distinguir lo que pudiéramos llamar mapa hidrogeológico, básico de otro tipo de mapas empleados en hidrogeología, tales como mapas de pluviometría, de hidroquímica, hidro-económicos, e incluso mapas de recursos y explotabilidad, que creemos deben acompañar al mapa básico en forma de pequeños mapas a menor escala, adicionales.

Claro está, que a las escalas de las que nos estamos ocupando, los mapas tienen un carácter especial, y a veces puede resultar útil adicionar alguno de los conceptos anteriores.

#### B. 3.1. *Cronología geológica.*

Como se comprende perfectamente, la cronología geológica no es de utilidad en hidrogeología, salvo cuando nos sirva como criterio geológico para correlacionar o aportar datos sobre litología.

Creemos por tanto que, aunque no debe omitirse completamente, sólo deberá hacerse mención de ella en la leyenda del mapa, agrupando litologías y como simple dato informativo. Habrá, no obstante, mapas en los que, dada su escala y carác-

ter, convenga prescindir de la cronología al menos en representación sistemática.

Un ejemplo es el mapa de Europa 1:1.500.000, en el que la cronología sólo sirve para completar la identificación de algún tramo litológico, pero no tiene una representación gráfica.

#### B. 3.2. *Información litológica, estructural y de permeabilidades.*

Si el mapa representa un estudio hidrogeológico detallado de una cuenca amplia, en la que no merezca la pena, sea por comodidad o por la extensión de los acuíferos, emplear una escala mayor, la simbología y representación serán semejantes a las de los mapas a dicha escala, y por tanto no hablaremos aquí de ellas, pues el punto ya ha sido tratado.

Veremos ahora cómo podemos aplicar la información de litología, estructuras y permeabilidades que se poseen a estos mapas generales.

#### B. 3.2.1. *Mapas de reconocimiento hidrogeológico previo.*

Se trata de mapas generales, y en realidad son mapas de trabajo, que sirven para una primera caracterización de las formaciones en relación con su tipo de permeabilidad. Para estos mapas se puede emplear una subdivisión semejante a la empleada en el mapa de Europa, aunque hay que tener en cuenta que este mapa es de distinto carácter.

Las subdivisiones pueden ser:

Formaciones acuíferas por porosidad.

Formaciones acuíferas por fisuración.

Formaciones complejas o poco conocidas.

Zonas impermeables.

En estos mapas conviene hacer las distinciones litológicas dentro de cada uno de estos cuatro grupos. Se suelen indicar también las principales fracturas y cabalgamientos.

Si es posible, el grado de permeabilidad, caso de conocerse, se puede indicar en doble entrada, representando tres columnas con litologías expresadas mediante entramados. Las columnas corresponden a permeabilidad importante, media y baja o nula.

Estos mapas son en realidad mapas litológicos, en los que se han agrupado litologías según su tipo y grado de permeabilidad. Presuponen por lo tanto un cierto conocimiento hidrogeológico, aunque los mantos acuíferos realmente existentes sobre las formaciones acuíferas cartografiadas, no se conozcan bien aún.

En estos mapas, casi el primer paso para la pre-

paración de estudios generales, deben representarse, si la escala lo permite, los símbolos de anticlinales y sinclinales, así como algunos buzamientos regionales.

### B. 3.2.2. Mapas de mantos acuíferos.

Este tipo de mantos difiere del anterior en un menor detalle en cuanto a litologías, pero también una mayor información sobre mantos acuíferos.

En realidad poca información litológica y estructural deben aparecer en estos mapas.

Su principal misión es la síntesis, y tratan de exponer la distribución geográfica de los mantos acuíferos de una región extensa.

Se puede hacer la subdivisión:

Mantos extendidos en formaciones porosas.

Mantos extendidos en formaciones fisuradas.

Mantos discontinuos y locales, zonas complejas.

Zonas impermeables.

Cada uno de estos grupos comporta varias sub-

divisiones indicadoras de diversos tipos de mantos en diferentes tipos de litologías.

En realidad se trata de unos mapas hidrogeológicos más informativos que prácticos, y su utilidad se encuentra a nivel nacional.

### B. 3.2.3. Mapas de síntesis hidrogeológica.

Son un compromiso entre los dos tipos de mapas anteriores y se puede representar de diversas maneras.

Bien como el mapa de Europa 1:1.500.000, que mezcla los puntos de vista anteriores, añadiendo puntos de agua y líneas isopiezométricas e isohipsas de formaciones, así como otros datos sobre hidrografía superficial y algo de hidroquímica, o bien como si se tratase de un mapa hidrogeológico de mayor escala.

Ahora bien, creemos que en España, este tipo de mapas es muy difícil de trazar por ahora, y en realidad es preferible adaptarse al criterio del mapa de Europa 1:1.500.000.

Recibido: 15-XI-70.

## Uranio y renio en rocas sedimentarias

### II. Cuenca Miocena de Granada

por A. MARTIN (\*) y L. GARCIA-ROSELL (\*\*)

#### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se recogen los resultados considerados de más interés del estudio realizado sobre la concentración de U y Re en materiales de diversa naturaleza litológica de la Cuenca Miocena de Granada. Este estudio se realizó como consecuencia de la relativamente alta concentración en Re observada en materiales margosos incluidos en los lignitos de Arenas del Rey (pertenecientes a esta cuenca) (1).

No se han separado sistemáticamente las diferentes fracciones litológicas de cada muestra porque no interesaba tanto conocer la concentración absoluta de estos elementos, como la relación entre ellos. El estudio de la concentración de cada fracción mineralógica será el siguiente paso a realizar.

En un trabajo anterior de los autores (1) se exponen las características geoquímicas de interés aquí de los elementos uranio y renio.

#### 1.1 Características geológicas de la Cuenca

Se trata de una cuenca terciaria ligada a una de las «depresiones interiores» que jalonan el contacto de la región Bética s.s. con la Subbética.

La edad de sus materiales va desde Tortonense hasta Pliocuatnario. Hay algunos afloramientos de Oligoceno Superior, cuya posición y significado no es claro aún.

(\*) Doctor en Ciencias Químicas y Geológicas. Jefe del Departamento de Química de los Laboratorios de Ensayos e Investigación Industrial «L. José de Torrónegui» de Bilbao. Profesor Encargado de Cátedra en la E. T. S. de I. I. de Bilbao.

(\*\*) Licenciado en Ciencias Geológicas. Profesor de Hidrogeología de la Universidad de Granada.

En síntesis, su columna estratigráfica está formada por los siguientes niveles:

*Moladas, arenas y limos basales*, que descansan discordantemente sobre Triás, Paleozoico u Oligoceno, Edad Tortonense (1.º y 2.º Subtramo del Tramo 2).

*Margas limosas y yesos* que representan las «margas azules» características del Mioceno Medio. Potencia generalmente superior a 200 m. Edad Tortonense (3.º Subtramo del Tramo 2).

*Calizas y margocalizas con lignitos*, de colores grises o blancos, y generalmente fosilíferas. Potencia 2 a 10 m. Intercalaciones de lignitos, que sólo en Arenas del Rey son explotables (4.º Subtramo del Tramo 2).

*Limos y arenas micáferas y conglomerados rojos*. Son los últimos materiales depositados en la depresión. Sus restos actuales forman «mesas» en las zonas marginales de la misma. Son formaciones típicamente continentales. El paquete superior de conglomerados es de materia arcillo-limosa, roja, y de cantos procedentes de materiales metamórficos de la Sierra Nevada. Los limos y arenas micáferas son masas aisladas, que desaparecen hacia el centro de la Cuenca. Se les asigna edad Pliocuatnaria.

Los Substramos 1.º, 2.º y parte del 3.º son de facies marina; el 4.º Subtramo (margocalizas con lignitos) presentan características lacustres o de mar interior mal comunicado. Finalmente, el Pliocuatnario es de tipo continental, correspondiendo sus últimos episodios a formaciones típicas de llanura de inundación. Las muestras estudiadas pertenecen a los Substramos 1.º, 2.º 3.º y fundamentalmente al 4.º.

#### 1.2 Métodos de análisis

Para la determinación del renio se ha utilizado un método de análisis por activación neutrónica,



TABLA I

MUESTRA	LOCALIZACIÓN		NATURALEZA LITOLÓGICA	Materia fija a 550°C (%)	U (ppm)	Re (ppm)
	HOJA 50.000	NIVEL ESTRATIGRÁFICO				
4	Zafarraya (1040)	2.º subtramo	Limos amarillentos	88	13	< 0,03
5	»	2.º subtramo	Arcilla y lignito	89	10	< 0,03
7	»	2.º subtramo	Arcilla roja y lignito	89	19	< 0,03
17	»	4.º subtramo	Arenisca micáfera amarillenta	> 95	< 4	< 0,03
18	»	4.º subtramo	Arenisca micáfera roja	> 95	< 4	< 0,03
24	»	4.º subtramo	Marga lignitífera	> 95	27	*
26	»	4.º subtramo	Arcilla impregnada de lignito	90	9	*
29	»	4.º subtramo	Limos lignitíferos	93	5	< 0,03
39	»	4.º subtramo	Areniscas con FeO	> 95	8	< 0,03
41	»	4.º subtramo	Arcilla verde, plástica	> 95	23	< 0,03
54	»	4.º subtramo	Lignito con arcilla intercalada	55	59	0,32
57	»	4.º subtramo	Lignito con arcilla intercalada	57	45	0,26
60	»	4.º subtramo	Lignito con arcilla intercalada	36	88	0,26
61	»	4.º subtramo	Lignito con arcilla intercalada	27	57	0,50
61 A	»	4.º subtramo	Lignito y arcilla	35	61	0,15
61 B	»	4.º subtramo	Lignito y arcilla	77	6	*
61 C	»	4.º subtramo	Marga con yeso y FeO	80	21	0,06
61 D	»	4.º subtramo	Arcilla	> 95	11	< 0,03
61 E	»	4.º subtramo	61 C. 50 m al N	79	62	0,05
61 G	»	4.º subtramo	Marga lignitífera y conchífera (lumaquela)	> 95	< 4	0,08
67	»	4.º subtramo	Nódulo de arcilla englobada en lignito	> 95	8	< 0,03
69	»	4.º subtramo	Lignito con FeO	77	51	< 0,03
70	»	4.º subtramo	Lignito con FeO	80	56	0,07
71	»	4.º subtramo	Restos fósiles con lignito	86	51	< 0,03
78	»	4.º subtramo	Lignito, arcilla y FeO	85	84	0,10
99	»	4.º subtramo	Pizarra grafitica	> 95	5	< 0,03
100	»	Paleozoico	Pizarra grafitica	> 95	< 4	< 0,03
101	Durcal (1041)	4.º subtramo	Limos lignitíferos	> 95	9	0,06
102	»	4.º subtramo	Arcilla impregnada de lignito	> 95	9	< 0,03
105	»	4.º subtramo	Margas impregnadas de lignito	> 95	17	*
112	»	4.º subtramo	Filita roja	92	< 4	< 0,03
113	»	Paleozoico Superior	Pizarra grafitosa	> 95	5	< 0,03
114	»	Paleozoico Superior	Marga azulada	> 95	< 4	< 0,03
115	»	3.º y 4.º subtramo	Caliza	94	< 4	0,22
116	»	4.º subtramo	Margocaliza yesífera	> 95	< 4	*
117	»	3.º y 4.º subtramo	Margocaliza amarillenta	> 95	< 4	0,19
				> 95	< 4	0,04

TABLA I (continuación)

MUESTRA	LOCALIZACIÓN		NATURALEZA LITOLÓGICA	Materia fija a 550°C (%)	U (ppm)	Re (ppm)
	HOJA 50.000	NIVEL ESTRATIGRÁFICO				
118	Padul (1026)	3.º y 4.º subtramo	Margocaliza con restos fósiles	> 95	< 4	< 0,03
119	»	4.º subtramo	Marga	> 95	9	0,08
120	»	2.º subtramo	Arenisca	> 95	< 4	< 0,03
121	»	3.º subtramo	Arcilla gris lignitífera	> 95	< 4	< 0,03
122	»	3.º subtramo	Arcilla limosa negruzca	> 95	< 4	< 0,03
123	»	3.º subtramo	Arcilla limosa negruzca con FeO	> 95	8	< 0,03
124	»	3.º subtramo	Oxidos de hierro y arcilla	> 95	10	*
125	»	1.º y 2.º subtramo	Caliza mineralizada en Fe y Sr	> 95	6	0,06
126	Güéjar Sierra (1027)	Triás	Dolomía triásica tectonizada	> 95	4	< 0,03
127	»	Paleozoico Superior	Esquisto grafitoso	> 95	6	< 0,03
128	»	Paleozoico Superior	Esquisto grafitoso	> 95	8	< 0,03
129	»	Paleozoico Superior	Micasquisto grafitoso	> 95	< 4	< 0,03
130	»	3.º subtramo	Margas	> 95	< 4	< 0,03
131	»	Pliocuatnario	Marga lignitífera	94	5	< 0,03
132	La Peza (1010)	3.º subtramo	Marga azul lignitífera	94	7	0,08
133	Granada (1009)	3.º subtramo	Limos micáceos lignitíferos	> 95	5	*
134	»	3.º subtramo	Caliza margosa lignitífera	> 95	< 4	< 0,03
135	»	3.º subtramo	Marga conchífera	> 95	< 4	< 0,03
136	»	3.º subtramo	FeO y restos fósiles con lignito	88	< 4	< 0,03
137	»	3.º subtramo	Calcarenita con FeO	> 95	8	< 0,03
138	»	3.º subtramo	Limolita	> 95	7	< 0,03
139	»	3.º y 4.º subtramo	Marga lignitífera	> 95	< 4	< 0,03
140	»	3.º y 4.º subtramo	Marga azulada	> 95	< 4	*
141	»	4.º subtramo	Margocaliza arenosa	> 95	< 4	< 0,03
142	»	3.º subtramo	Marga con yeso y FeO	> 95	< 4	< 0,03
143	»	3.º subtramo	Margocaliza	> 95	< 4	< 0,03
144	»	3.º subtramo	Marga lignitífera	> 95	6	0,05
145	»	3.º subtramo	Marga con yeso y FeO	92	< 4	*
146	»	3.º y 4.º subtramo	Limo con margas y lignito conchíferos	> 95	< 4	< 0,03
147	»	3.º y 4.º subtramo	Oxido de hierro (FeO)	> 95	< 4	< 0,03

establecido por uno de los autores (2). El error «standard» vale, si  $x$  es la concentración de renio en ppm de la muestra, y en las condiciones en las que se han realizado las medidas.

$$\sigma (0/0) \approx \frac{1}{x}$$

Se ha empleado un procedimiento radiométrico (3) para determinar el contenido de uranio, que permite obtener resultados estadísticamente aceptables, en general, para valores de U superiores a 4 ppm.

## 2. RESULTADOS

En la tabla I se recogen los contenidos de renio y uranio en las muestras estudiadas, con indicación de la situación (Hoja 50.000 del Mapa Geológico de España y nivel estratigráfico) y naturaleza litológica de las mismas. Se ha considerado de interés incluir también el porcentaje de materia fija a 550° C de las muestras, como orientación sobre el contenido en materia orgánica (lignito) de las mismas.

Las muestras cuya concentración de Re aparece señalada con \*, presentan una distribución de Re que debe ser muy heterogénea. Dichas muestras al ser analizadas varias veces dieron valores de la concentración de renio muy dispares, no atribuíbles en nuestra opinión al método de análisis. En la tabla II se recogen dichos valores.

Tabla II

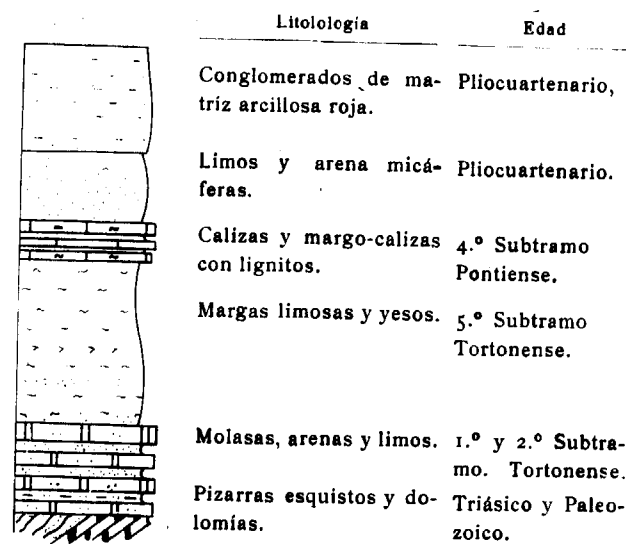
Diversos valores de la concentración de renio obtenidos en cada una de varias muestras

Muestra	Re (ppm)			
24	0,27	< 0,03	< 0,03	< 0,03
26	1,18	< 0,03	< 0,03	< 0,03
61 B	0,49	0,26	< 0,03	< 0,03
105	0,59	< 0,03	< 0,03	< 0,03
115	0,13	< 0,03	< 0,03	< 0,03
124	0,62	0,32	< 0,03	< 0,03
133	0,38	0,04	< 0,03	< 0,03
140	0,27	0,06	< 0,03	< 0,03
144	0,41	< 0,03	< 0,03	< 0,03

## 3. CONSIDERACIÓN DE LOS RESULTADOS

A la vista de los resultados expuestos en las tablas adjuntas parecen deducirse los siguientes hechos:

### CUENCA MIOCENA DE GRANADA. ESQUEMA DE SU COLUMNA ESTRATIGRAFICA



3.1 El factor geográfico parece decisivo en la distribución de las concentraciones de U y Re. Basta observar la agrupación de las máximas concentraciones en muestras correspondientes a una misma zona. Esta característica es general en los yacimientos minerales de origen sedimentario, y ello apoya nuestra hipótesis de un enriquecimiento sedimentario, anterior a la carbonización de los materiales lignitíferos, si bien no se excluye una posterior removilización, a pequeña escala, de tales elementos.

3.2 El factor litológico parece jugar un papel muy importante, sobre todo en la distribución del renio, que parece asociado, esencialmente, a limos, margas y arcillas. Es decir, a materiales que presentan un rasgo común: la presencia de «arcilla». Sin embargo, otras muchas muestras con «arcilla» no contienen nada de renio. Se impone, pues, el estudio mineralógico de las «arcillas» para encontrar qué clase de arcilla retiene estos elementos. Este tipo de arcilla parece formar parte de manera sistemática de las «margas azules» y de las margas, generalmente blancas, intercaladas entre las capas de lignitos.

También parece evidente la asociación del uranio a algún tipo de arcilla, si bien esta conclusión es ahora más aleatoria, ya que casi todas las muestras con contenido en uranio mayor de la media regional contenían lignito en mayor o menor proporción, cosa que no sucedía con el renio.

3.3 Es importante que las cinco muestras de filitas y pizarras grafitosas analizadas no muestren contenido en U ni en Re. Estos materiales constituirían el fondo y gran parte de las regiones emergidas circundantes a la cuenca de sedimentación,

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) A. MARTÍN y L. GARCÍA-ROSELL. *Uranio y renio en rocas sedimentarias. I. Lignitos de Arenas del Rey (Granada)*. Bol. Geol. Min. T. LXXX. VI. Año 1970 (603-613).
- (2) A. MARTÍN, C. ELEJALDE y F. ALBISU. *Determinación de renio por activación neutrónica en rocas sedimentarias. Simposio sobre aplicaciones de los radioisótopos*. JEN. Madrid (1967).
- (3) F. ALBISU. *Análisis radiométrico simultáneo de uranio, torio y potasio*. «Ensayos e Investigación», 1, número 4; 25-30 (1966).
- (4) A. SCHÜLLER. *Abh. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin*. «Kl. Chem. Geol. Biol.» 6 (1959).
- (5) E. M. POPLAVKO. *Rhenium, Trans 2nd All-Union Conf. Inst. Metallurg., Acad. Sci. URSS, Moscow* (1964).
- (6) — I. D. MARCHUKOVA y S. SH. ZAK. «Compt. rend. Acad. Sci.» URSS, 146, 433 (1962).
- (7) T. A. SATPAEVA, S. K. KALININ y V. I. MARZUVANOV. «Bull. Acad. Sci. Kazakh SSR» 18, 58 (1962).
- (8) M. P. DEDESHKO, T. A. SATPAEVA y E. E. FAIN. «Bull. Acad. Sci. Kazakh SSR», 20, 47 (1964); «Chem. Abst.», 62, 7.507 (1964).
- (9) M. CAPITÁN, J. FRANCO, P. PICOT y G. TROY. «Comp. Rend. Acad. Sci.», París, 257, 316 (1963).
- (10) W. F. HILLEBRAND y G. E. F. LUNDELL. *Applied Inorganic Analysis*, 2.ª ed. John Wiley & Sons, Inc. Londres (1959), pág. 317.

Recibido: 1-IV-70.



# Estudio petrológico de una formación de grauvacas cámbricas del norte de la provincia de Huelva (\*)

R. MARFIL PEREZ (1) y M. GUTIERREZ ELORZA (2)

## RESUMEN

Se estudia una formación de grauvacas del Cámbrico del Norte de la provincia de Huelva mediante técnicas petrográficas, sedimentológicas y físico-químicas. Los componentes de la matriz arcillosa se analizan por A. T. D. y microscopía electrónica. Con las observaciones y resultados obtenidos se hacen una serie de consideraciones sobre el significado tectónico, área madre, medio ambiente y posible origen de estas grauvacas.

## ABSTRACT

On study a Cambrian formation of graywackes at the north of Huelva province applying petrographical, sedimentological and physico-chemical technics. On analyze the elements of the clay matrix by D. T. A. and electronic microscope. As result of these observations on considere the tectonic significance, source area, environment and posible origin of these graywackes.

## INTRODUCCIÓN

Sobre el horizonte calcáreo del Georgiense de la zona septentrional del Sinclinorio Silúrico-Devónico del norte de la provincia de Huelva, (Gutiérrez Elorza, M., 1970) descansa una serie de pizarras margosas rojizo-violáceas y verdes con Trilobites (Fauna de Cala, Georgiense superior) a la que se superpone una potente serie en ritmo flysch de subarcosas y pizarras de diversas coloraciones. Sobre esta serie yace un conjunto de pizarras versicolores que hacia el techo pasa a una formación de grauvacas y pizarras. Es esta última formación la que se estudia en este trabajo. Sobre esta serie de grauvacas y pizarras descansa en débil discordancia angular y erosiva (Hernández Enrile, J. L. y Gutiérrez Elorza, M., 1968) una serie

(\*) Una parte de este trabajo se ha realizado con la ayuda económica de la «Fundación Juan March».

(1) Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Madrid.

(2) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad de Madrid.

detrítica, areniscas y cuarcitas, con términos esporádicos de brechas y conglomerados.

Para el estudio de esta formación grauváquica se realizaron tres cortes detallados de la misma en las zonas de Cala, Cumbres Mayores y Encinasola (fig. 1).

La serie de Cala se realizó en la Sierra de la Cucharera, unos nueve kilómetros al oeste de Santa Olalla del Cala. La estratigrafía de la formación grauváquica en Cumbres Mayores se hizo en la Barragana, unos dos kilómetros al oeste del pueblo de Cumbres Mayores. La serie estratigráfica de Encinasola se obtuvo en la carretera de Cumbres de San Bartolomé a Fuentes del Sillo, a la altura del kilómetro 13.

Las tres series detalladas reflejan una gran monotonía en su constitución. La potencia es muy similar, es una formación de 80 — 100 metros de espesor. Las series reflejan una alternancia de grauvacas grises y verdes (en algunos casos, como en Encinasola, hay pequeños niveles rojizo-violáceos) a veces bandeadas y pizarras grises y verdes. Comienza la formación por un paquete de 40 — 60 metros de grauvacas con pizarras alternantes en el techo. Sobre éstas alternan

grauvacas y pizarras, y finalmente en todas las series se acaba la formación con un nivel de pizarras grises y verdes de unos 8 — 15 de potencia.

No se observan en esta formación estructuras claras, solamente en el corte de Cumbres Mayores hemos encontrado estructuras difusas de huellas de surco (*groove-marks*).

siderado que la de Pettijohn, F. J. (1957) es la más adecuada, ya que tiene en cuenta el índice de procedencia que nos indica el carácter de la roca madre, la madurez y la fluidez del medio de sedimentación. La composición modal de las grauvacas estudiadas encaja perfectamente con la definición y clasificación dada por Pettijohn.

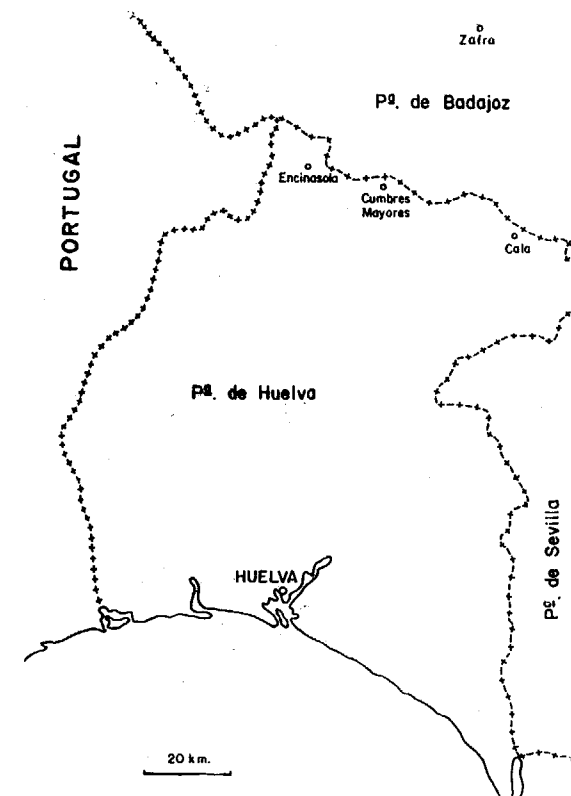


Fig. 1.—Mapa de situación.

## ESTUDIO PETROGRÁFICO

Se ha realizado un estudio microscópico de todos los términos de la formación grauváquica y a la vez se ha efectuado la composición mineralógica cuantitativa por el método lineal de análisis micrométrico. Los porcentajes obtenidos con este método cuantitativo se han proyectado sobre un triángulo (fig. 2), cuyos vértices son: cuarzo y fragmentos silíceos, matriz y fragmentos básicos y feldespatos, tal como lo realizan Dzulynsky, S. y Walton, E. K., 1965. Las muestras quedan englobadas en un campo cuya posición oscila entre el 25 — 60 por 100 de cuarzo y fragmentos silíceos, 40 — 85 de matriz y 5 — 25 por 100 de fragmentos básicos y feldespatos.

De las numerosas clasificaciones propuestas por diferentes autores sobre las areniscas, hemos con-

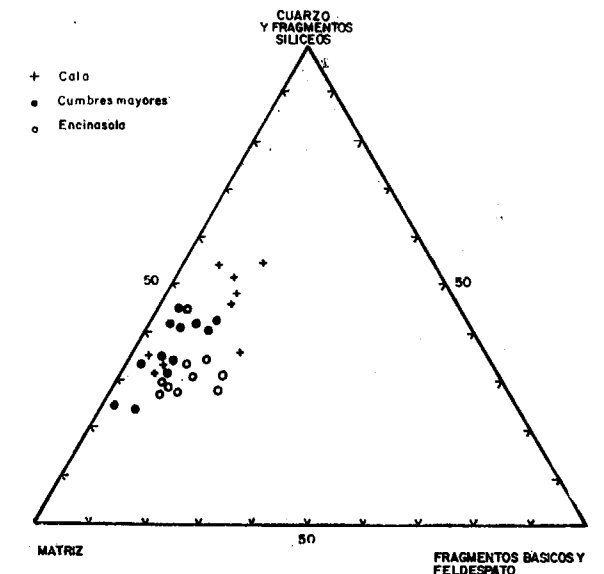


Fig. 2.—Composición modal de las grauvacas cámbricas del Norte de la provincia de Huelva.

Las observaciones microscópicas han puesto de manifiesto la presencia de clastos de cuarzo, sílex (fig. 3), metacuarcitas, ortocuarcitas, feldespato potásico (a veces microclina) y raras veces plagioclasas zonadas, diabasas, ortopizarras y también algún fragmento de arenisca arcósica. Como minerales accesorios se han encontrado opacos, moscovita, sericita, clorita, turmalina, circón y algunas veces anfíbol (actinolita?). La matriz (figura 5), además de las micas y óxidos de hierro que la tiñen, está formada por minerales arcillosos cuya composición se ha estudiado por técnicas específicas, como posteriormente veremos.

Si tenemos en cuenta la relación de feldespatos a fragmentos de rocas, podemos subdividir estas grauvacas en dos grupos. Cuando domina el porcentaje de fragmentos de roca sobre el de feldespatos nos encontramos con grauvacas líticas, mientras que en el caso contrario tenemos las feldespáticas. En estas series estudiadas las grauvacas líticas son más abundantes que las feldespáticas.

En cuanto a la textura, estas grauvacas son unas samitas de grano fino, heterométricas y heteromorfas. La morfoscopia de los granos de cuarzo nos





Fig. 3.- Grauvaca lítica. Cala. Gran clasto de sílex, cuarzo, opacos y matriz arcillosa. N. C. ( $\times 25$ ).

indica la presencia de dos tipos diferentes: unos claramente angulosos y otros, los menos, subredondados que parecen indicar que han sufrido más de un ciclo de erosión o un transporte más prolongado.

La estructura interna más común es la presencia de bandas con una mayor abundancia de clastos y otras en las que domina la matriz (fig. 6). También se ha observado en algunas muestras, la presencia de una típica granoselección (*graded-bedding*) (fig. 7.) La granoselección encontrada es simple. Estas grauvacas están afectadas por una pizarrosidad que en algunas es mucho más neta.

#### ESTUDIO DE LA FRACCIÓN ARCILLOSA POR A. T. D. Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Debido a la dificultad del reconocimiento de los constituyentes de la matriz a causa de su pequeño tamaño, es por lo que recurrimos a estas técnicas específicas, con el fin de conocer su composición íntima e intentar investigar las características de la sedimentación y posibles cambios sufridos durante los procesos de diagénesis.

Primeramente se separó la fracción menor de

cuatro micras por sedimentación y se procedió a su análisis mediante un aparato de A. T. D. de la casa Netzsch, modelo 404/3/9. Las condiciones de trabajo fueron: sensibilidad = 100 por 100; velocidad de calentamiento =  $10^{\circ}\text{C}$  por minuto; calentamiento final =  $1.000^{\circ}\text{C}$ ; sustancia inerte = caolín puro calcinado a  $1.000^{\circ}\text{C}$ . Se trabajó con pares de una aleación Pt (Pt-Rh) al 10 por 100, con portamuestras de Pt, en tubo cerrado.

Las curvas obtenidas (fig. 8) nos denotan una composición muy simple. La presencia de una reacción exotérmica, relativamente apreciable entre  $300$  y  $320^{\circ}\text{C}$  nos muestra la recristalización de geles de hierro, que va acompañada algunas veces de una endotérmica, a temperatura algo inferior, que puede ser debido a la presencia de goethita e hidrogóethita. A  $550^{\circ}\text{C}$  aparece una reacción endotérmica más acusada que puede corresponder a illita, aunque este mineral tiene además por lo general una reacción endotérmica seguida de otra exotérmica muy próximas las dos a  $900^{\circ}\text{C}$ , pero en este caso no aparece.

Otro componente de esta matriz es el cuarzo, claramente identificado por la presencia de un pico endotérmico alrededor de los  $580^{\circ}\text{C}$ .



Fig. 4.—Grauvaca feldespática. Cala. Clastos de cuarzo, plagioclasa, opacos y matriz arcillosa. N. C. ( $\times 12,15$ ).





Fig. 5.—Grauvaca. Cumbres Mayores. Láminas de moscovita, cuarzo y opacos destacando sobre la matriz arcillosa. N. P. ( $\times 100$ ).

Las observaciones realizadas mediante el microscopio electrónico, se efectuaron en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Edafología y Biología Vegetal por el doctor don Juan Alonso, dándonos, como resultado una

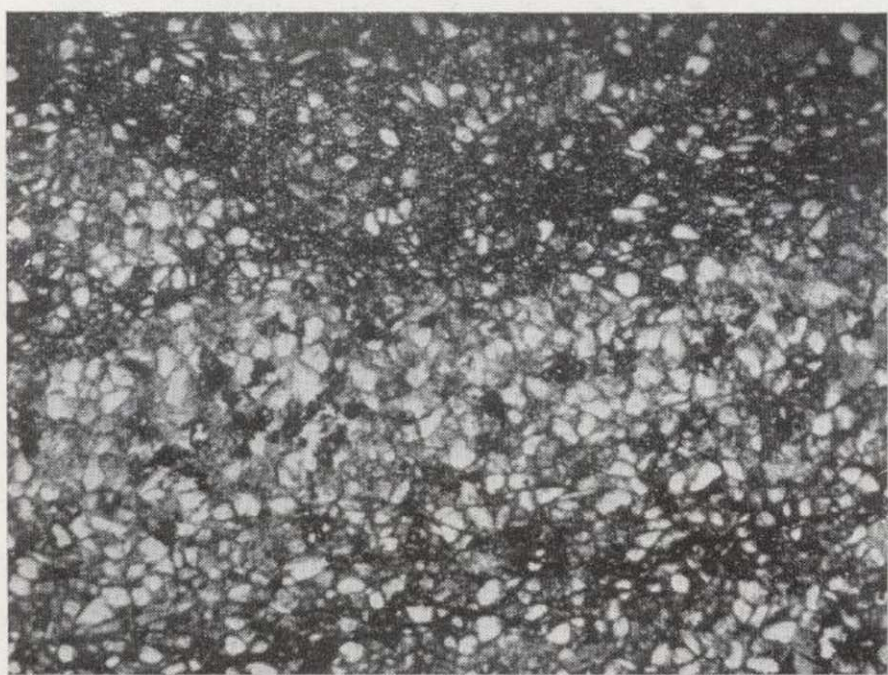


Fig. 6.—Grauvaca bandeada. Cumbres Mayores. N. P. ( $\times 12,5$ ).

mayor información sobre la composición de la matriz arcillosa de las grauvacas estudiadas.

Los minerales más abundantes dentro de la fracción arcillosa son las micas (fig. 9), presentándose muy angulosas y sin señales de alteración. Le siguen en orden de importancia la halloysita, que aparece en forma de glomérulos, así como la vermiculita ferrífera (fig. 10), que a veces es difícil de reconocer por presentarse enrollada. También en este orden de abundancia se encuentran cloritas rómbicas bien cristalizadas. En proporción muy escasa y sólo en algunas muestras se ha reconocido caolinita y montmorillonita y dudosa nontro-nita.

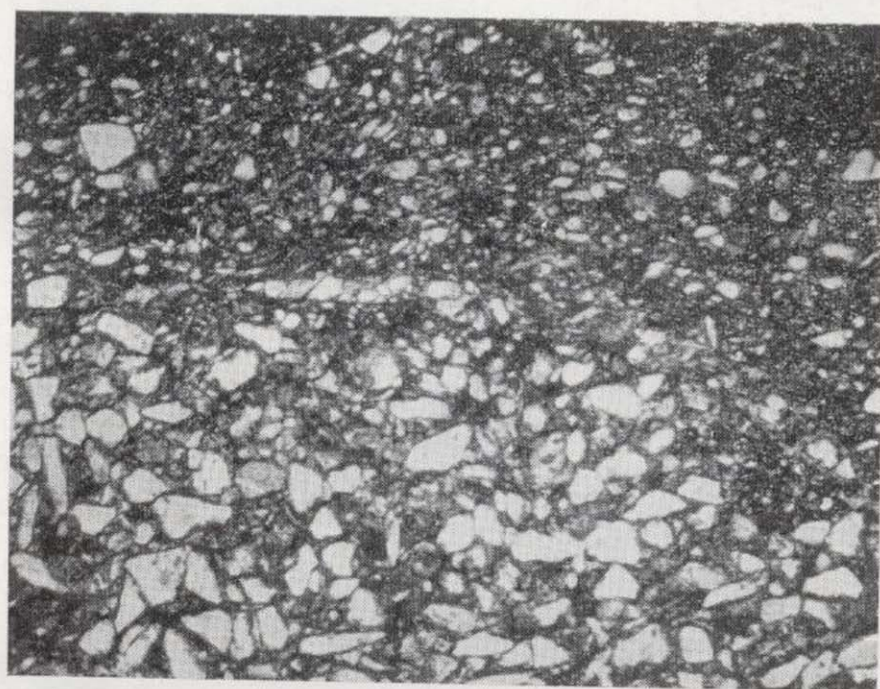


Fig. 7.—Grauvaca gradada. Cumbres Mayores. Se observa la granoselección (*graded-bedding*) de los clastos de cuarzo y la gran angulosidad de los mismos. N. P. ( $\times 12,5$ ).

Es muy importante la presencia de hierro coloidal que aparece absorbido por los minerales arcillosos, o cristalizado en goethita y turita, dando formas aciculares y asteriscos típicos (fig. 11).

Algunas veces se han encontrado romboedros de carbonatos.

La presencia de illita y clorita está de acuerdo con los estudios realizados sobre los minerales existentes en la matriz arcillosa de las grauvacas Millot, G., 1964, etc.).

La halloysita, al igual que la caolinita, puede proceder de la alteración de rocas eruptivas, aunque su presencia es bastante rara, según la mayoría de los autores (Caillere, S. y Hénin, S., 1963).

La vermiculita, puede ser un producto de alteración de micas, sobre todo cloritas, aunque dado que en algunos casos presenta una perfecta cristalinidad, no nos excluye el pensar que se haya formado durante la diagénesis favorecido por la oxidación del hierro ferroso.



La nontronita y montmorillonita, aunque su presencia es menos clara, puede provenir de la alteración de macizos graníticos.

La gran abundancia de variedades de minerales arcillosos, nos hace pensar en la idea de Krynine,

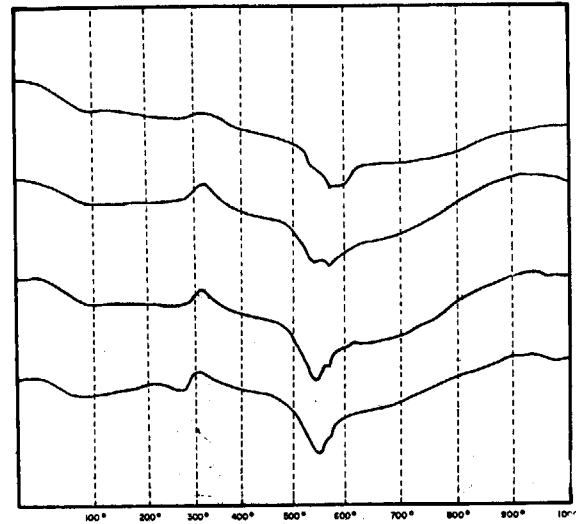


Fig. 8.—Curvas de A. T. D. más representativas de la fracción menor de cuatro micras de las grauvacas cámbricas del N. de la provincia de Huelva.

P. D. (1945), en la que califica a las grauvacas como sedimentos «autocaníbales», lo que quiere decir que se nutren de ellas mismas, produciéndose cambios constantes en su mineralogía.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AMBIENTE DE SEDIMENTACIÓN

Los factores ambientales pH y Eh se han determinado utilizando un pH-metro «Beckman Expandomatic», con electrodos de calomelano como referencia y de vidrio y platino, respectivamente, para cada una de estas determinaciones.

Los valores de pH obtenidos fluctúan entre 5,6 y 7,5, lo que nos indica un medio variable entre débilmente ácido y ligeramente alcalino. Los de Eh varían entre + 380 y + 425 mV, dándonos un ambiente claramente oxidante.

Estos datos están de acuerdo con el tipo de minerales arcillosos que se han encontrado y las oscilaciones de pH quedan reflejadas en la presencia de minerales, tanto de ambiente ácido como alcalino.

La existencia en la matriz de minerales de hierro en forma oxidada, así como la vermiculita ferrífera, están de acuerdo con los valores de Eh claramente oxidantes.

#### CONSIDERACIONES FINALES

Se ha intentado hacer una correlación de esta formación de grauvacas del flanco meridional del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio (M. Alía Medina, 1963), con la serie infrayacente a la Cuarcita de Zafra (Sierra del Castellar), perteneciente al flanco septentrional de dicho anticlinorio.

En Zafra sobre el nivel de pizarras margosas rojizo-violáceas con Trilobites (Alconera) descansa una serie de 600-700 metros, en la que alternan niveles areniscosos y pizarras. Sobre esta serie reposa la ortocuarcita de Zafra con unos 100 metros de potencia. Los términos areniscosos del techo de la serie estudiados al microscopio revelan que se tratan de areniscas líticas (protocuarcitas y subgrauvacas). Las subgrauvacas están constituidas por cuarzo, clastos de sílex y una matriz relativamente importante de minerales arcillosos como esenciales, y circón, feldespato potásico, plagioclasa, laminillas de moscovita, sericita y opacos como accesorios. La estructura es débilmente bandeada y

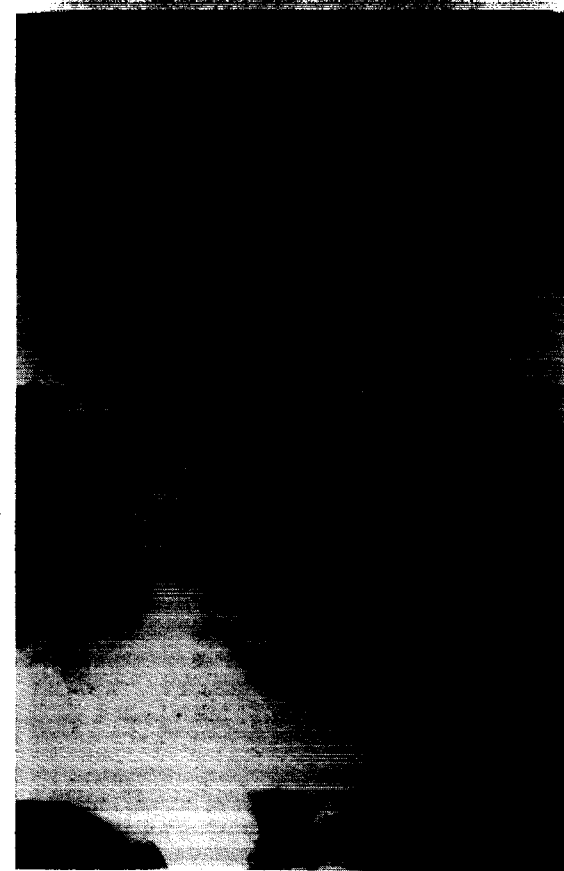


Fig. 9.—Maclas de goethita sobre micas frescas y posible vermiculita ( $\times 32.600$ ).

la textura es samítica de grano fino, heterogranular y heteromorfa. Las protocuarcitas tienen como elementos esenciales cuarzo, clastos de sílex, calcedonia, metacuarcita y una matriz arcillosa escasa y como minerales accesorios opacos, sericita, moscovita, feldespato, turmalina y circón. La estructura es masiva y la textura es samítica de grano fino y variable la morfometría de los granos.

Así, F. Lotze (1961) considera dos zonas: el Umbral de Huelva (Huelva-Schwelle) y la Cuenca Andaluza (Andalusischer Trog). En el norte de la provincia de Huelva, el Cámbrico tiene una potencia aproximada de 1.500 metros y en el sur de la provincia de Badajoz el espesor es de unos 2.500-3.000 metros. Después de la sedimentación de los conjuntos cámbricos infrayacentes a los conglomeros,



Fig. 10.—Vermiculita sobre fondo de micas ( $\times 29.040$ ).



Fig. 11.—Rosario de maclas formado por numerosos cristales de microgoethita ( $\times 32.600$ ).

Como vemos, la constitución de la serie infrayacente a la Cuarcita de Zafra es ligeramente diferente a la de la formación de grauvacas, inferior a las cuarcitas y areniscas de la Sierra de la Cucharera (Cala) y de Cumbres Mayores y Encinasola. No obstante, los niveles cuarcíticos de estas dos regiones pueden ser de la misma edad.

Creemos que la formación de grauvacas del norte de la provincia de Huelva tiene un significado tectónico. Si se analiza la paleogeografía del Cámbrico en Sierra Morena occidental y Sierra de Aracena, vemos que la región al sur de la provincia de Badajoz era una zona de mayor deposición que la zona septentrional de la provincia de Huelva.

merados, areniscas y cuarcitas de la Sierra de la Cucharera, Cumbres Mayores y Encinasola se originaron abombamientos regionales (Hernández Enrile, J. L. y Gutiérrez Elorza, M., 1968) que produjeron áreas emergidas muy posiblemente en las zonas de máxima deposición. Estas zonas fueron sometidas a erosión, a la vez que se originaron áreas deprimidas que sirvieron de alojamiento a los productos erosivos resultantes, dando lugar al conjunto conglomerático y areniscoso. Es muy posible que estas grauvacas se originaran ya en el comienzo de la formación de estos amplios abombamientos, aunque no poseemos datos definitivos que permitan aseverar esta hipótesis. Indi-



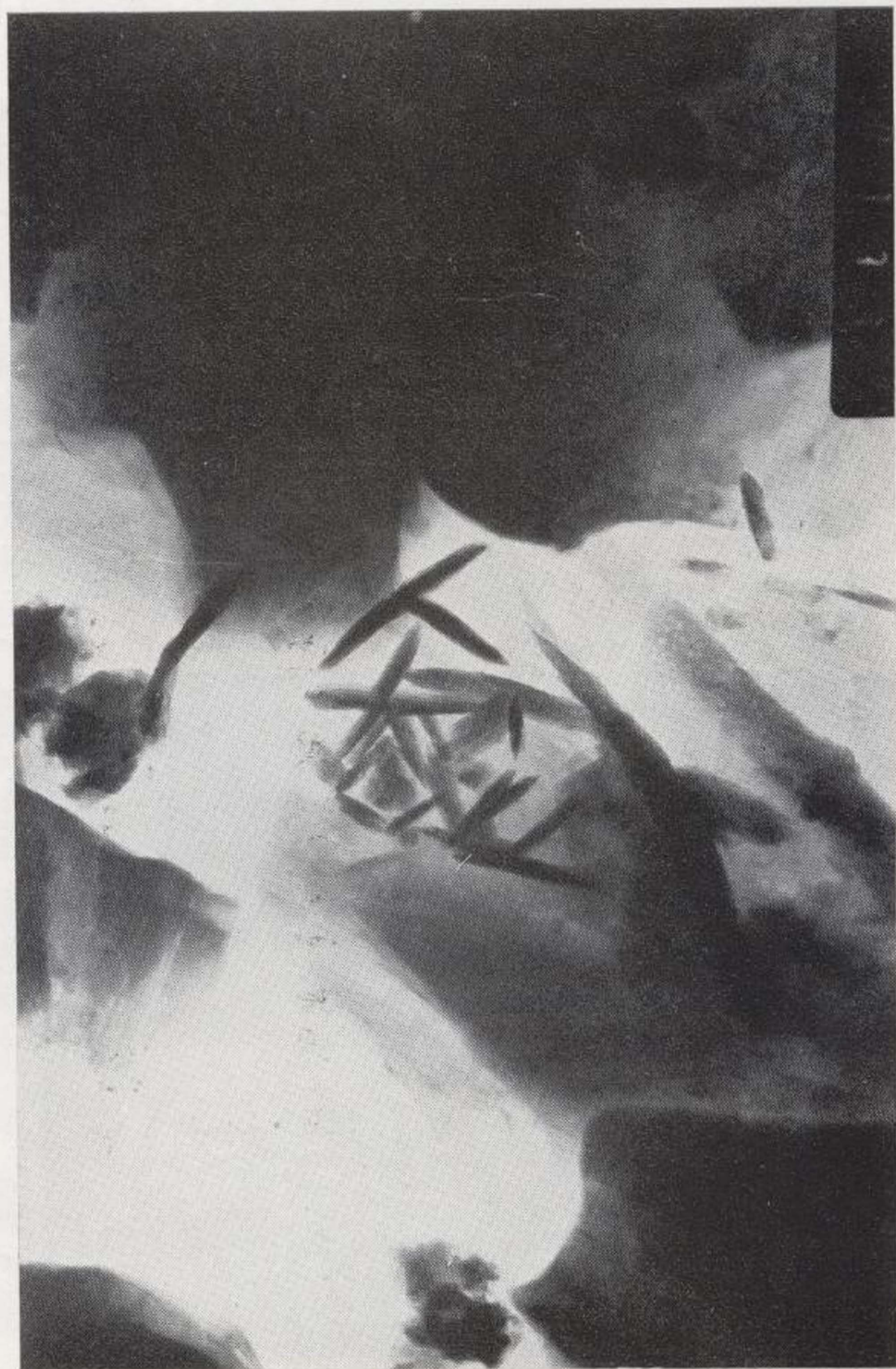


Fig. 9.—Maclas de goethita sobre micas frescas y posible vermiculita ( $\times 32.600$ ).



la textura es samítica de grano fino, heterogranular y heteromorfa. Las protocuarcitas tienen como elementos esenciales cuarzo, clastos de sílex, calcedonia, metacuarcita y una matriz arcillosa escasa y como minerales accesorios opacos, sericita, moscovita, feldespatos, turmalina y circón. La estructura es masiva y la textura es samítica de grano fino y variable la morfometría de los granos.

Así, F. Lotze (1961) considera dos zonas: el Umbral de Huelva (Huelva-Schwelle) y la Cuenca Andaluza (Andalusischer Trog). En el norte de la provincia de Huelva, el Cámbrico tiene una potencia aproximada de 1.500 metros y en el sur de la provincia de Badajoz el espesor es de unos 2.500-3.000 metros. Después de la sedimentación de los conjuntos cámbricos infrayacentes a los conglo-



Fig. 10.—Vermiculita sobre fondo de micas ( $\times 29.040$ ).



Fig. 11.—Rosario de maclas formado por numerosos cristales de microgoethita ( $\times 32.600$ ).

Como vemos, la constitución de la serie infrayacente a la Cuarcita de Zafra es ligeramente diferente a la de la formación de grauvascas, inferior a las cuarcitas y areniscas de la Sierra de la Cucharera (Cala) y de Cumbres Mayores y Encinasola. No obstante, los niveles cuarcíticos de estas dos regiones pueden ser de la misma edad.

Creemos que la formación de grauvascas del norte de la provincia de Huelva tiene un significado tectónico. Si se analiza la paleogeografía del Cámbrico en Sierra Morena occidental y Sierra de Aracena, vemos que la región al sur de la provincia de Badajoz era una zona de mayor deposición que la zona septentrional de la provincia de Huelva.

merados, areniscas y cuarcitas de la Sierra de la Cucharera, Cumbres Mayores y Encinasola se originaron abombamientos regionales (Hernández Enrile, J. L. y Gutiérrez Elorza, M., 1968) que produjeron áreas emergidas muy posiblemente en las zonas de máxima deposición. Estas zonas fueron sometidas a erosión, a la vez que se originaron áreas deprimidas que sirvieron de alojamiento a los productos erosivos resultantes, dando lugar al conjunto conglomerático y arenoso. Es muy posible que estas grauvascas se originaran ya en el comienzo de la formación de estos amplios abombamientos, aunque no poseemos datos definitivos que permitan aseverar esta hipótesis. Indi-



carían, de acuerdo con Vatan, A. (1967), una tectónica embrionaria y estarían de acuerdo con la idea de Krynine, P. D. (1942), sobre la significación tectónica de las grauvacas, que señalan, según este autor, etapas que se caracterizan por un alabeamiento vertical y local a lo largo de zonas de debilidad en la parte central del geosinclinal y por basculamientos, abombamientos, y revoluciones menores regionales a gran escala en las partes marginales.

En cuanto a los caracteres sedimentológicos, aunque no se ha podido determinar los índices granulométricos debido a la dificultad de disgregación de estas rocas, los estudios microscópicos no han permitido observar que la selección no es mala, indicándonos por lo tanto, que el medio de deposición no ha sido muy turbulento. La erosión y transporte tuvieron que ser lo suficientemente rápidos para que no se produjera la desaparición total de minerales lábiles (feldespatos), tal como indican Carozzi, A. (1953) y Pettijohn, F. J. (1957). El área madre, dada la composición de los clastos sería un macizo cristalino y cristalofílico poligénico con un relieve acentuado, tal como señala Lombard, A. (1956).

Se ha escrito mucho sobre el origen de las grauvacas. Desde hipótesis que consideran al vulcanismo como la causa principal (Jung, J., 1958), hasta la más admitida actualmente a partir de corrientes de turbidez. Así Kuenen, Ph. H. (1950) y Kuenen, Ph. H. y Migliorini, C. I. (1950), explican el origen de las grauvacas gradadas a partir de corrientes de turbidez.

Es sabido que las grauvacas son rocas bastante abundantes en las formaciones paleozoicas. Un factor importante que debió tener una gran influencia en la sedimentación del Paleozoico inferior fue la ausencia de una cubierta floral sobre el área madre (Fischer, J., 1933). Esta carencia de vegetación produciría un aumento en la velocidad de erosión, así como también una proporción más alta de materiales finos en las corrientes de turbidez durante este período.

Los componentes de la matriz no reflejan un medio de sedimentación claramente definido, no indican ninguna batimetría, se encuentran tanto en los depósitos litorales como en los de fondo marinos.

La profundidad a la que se formaron estos depósitos grauvácicos es un problema todavía no resuelto, común al flysch y a las grauvacas. Existen hipótesis que soportan desde la idea de un origen en fondos oceánicos hasta la hipótesis señalada por Kuenen, Ph. H. (1964), a nuestro ver

muy atrayente, en la que sugiere que pueden existir grauvacas gradadas de aguas poco profundas originadas a partir de un depósito de *sheet floods* (arroyada de manto) en la costa de un país árido.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALÍA MEDINA, M. 1963. *Rasgos estructurales de la Baja Extremadura*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (G.)», t. LXI, págs. 247-262, Madrid.
- CAILLERE, S. y HÉNIN, S. 1963. *Minéralogie des argiles*. Masson et Cie., 355 págs. París.
- CAROZZI, A. 1953. *Pétrographie des roches sédimentaires*. F. Rouge, Lausanne, 258 págs.
- DZULYNSKI S. y WALTON, E. K. 1965. *Sedimentary features of flysch and greywackes*, «Elsevier», 274, Amsterdam.
- FISCHER, J. 1933. *Die Petrographie der Grauwacken*, «Jahrb. Preuss. Geol. Landesanstalt, Bergakademie», núm. 54, páginas 320-343.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. 1970. *Estudio geológico-estructural de la región Aracena-Cumbres Mayores (provincias de Huelva y Badajoz)*, «Publicaciones de la J. E. N.» (en prensa). Madrid.
- HERNÁNDEZ ENRILE, J. L. y GUTIÉRREZ ELORZA, M. 1968. *Movimientos caledónicos (fases salárica, sárdica y érica) en Sierra Morena Occidental*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)», núm. 66, págs. 21-28, Madrid.
- JUNG, J. 1958. *Précis de Pétrographie*. Masson, París, 314 págs.
- KRYNINE, P. D. *Paleogeographic and tectonic significance of graywackes (abstract)*. «Bull. Geol. Amer. Soc.», núm. 52, pág. 1916.
- 1945. *Sediments and the search for oil*, «Producers Monthly», 9, págs. 12-22.
- KUENEN, Ph. H. *Turbidity currents of high density*. «Int. Geol. Cong.», London, núm. 8, págs. 44-52.
- 1964. *Deep-sea sands and ancient turbidites*. «Developments in Sedimentology», 3, «Turbidites», Elsevier, páginas 3-33.
- y MIGLIORINI, C. L. 1950. *Turbidity currents as a cause of graded-bedding*. «Jour. Geol.», núm. 58, páginas 91-127.
- LOMBARD, A. 1956. *Géologie sédimentaire. Les séries marines*, Masson, Ed., París, 722 págs.
- LOTZE, F. 1961. *Das Kambrium Spaniens*. «Math. Nat. Kl. sep.», núm. 6, t. I, págs. 283-498, 48Abb., 12 Tab.
- MILLOT, G. 1964. *Geologie des argiles*, 499 págs., Masson et Cie., París.
- PETTIOHORN, F. J. 1957. *Sedimentary Rocks*. Harper, New York, 718 págs. (Trad. esp. por J. Turner, Eudeba, 1963).
- VATAN, A. 1967. *Manuel de Sédimentologie*, Ed. Technip, 397 págs. París.

Recibido: 5-XI-1970.

## Síntesis de minerales a temperatura ordinaria

### I.—Estudio preliminar

por J. LINARES (\*) y F. HUERTAS (\*)

#### RESUMEN

La neoformación de minerales en sedimentos, zonas de alteración y suelos es un hecho bien conocido, aunque los mecanismos de su génesis no están completamente establecidos. La síntesis de estos minerales en el laboratorio debe revelar el mecanismo de su formación. En el presente trabajo se describen las síntesis de Gibbsita, Boehmita, Bayerita, Brucita y Caolinita, a partir de iones en solución y a Presión y Temperatura ordinarias. Se estudia el efecto de la materia orgánica y se establece un posible mecanismo para la formación de caolinita.

#### ABSTRACT

The neoformation of minerals in sediments, alteration zones and soils is a well known fact, although its formation conditions are not yet established. The synthesis of these minerals in the laboratory will reveal the mechanism of its genesis. In this paper are summarized the synthesis of Gibbsite, Boehmite, Bayerite, Brucite and Kaolinite, from ions in solutions and at room pressure and temperature. The role of the organic matter is emphasized, and finally is discussed a possible mechanism for the kaolinite genesis.

#### INTRODUCCIÓN

La existencia de minerales de la arcilla de neoformación es un hecho bien conocido en sedimentos, zonas de alteración y suelos (Millot, 1964). Su formación responde a peculiares condiciones fisicoquímicas de tal forma que estos minerales neoformados pueden ser el índice de las características especiales en que tuvo lugar su formación.

Desde hace años se han intentado establecer los mecanismos fisicoquímicos de la formación de estos minerales, sin embargo, hoy son todavía poco conocidos. Por ello, la síntesis de laboratorio puede revelar los mecanismos y las condiciones de formación de los minerales en los ambientes naturales.

Uno de los procesos genéticos estudiados ha sido la reacción de geles de sílice con geles de alúmina. Operando de esta forma Fripiat y colaboradores (1961-1963) han obtenido caolinita a 175° Centígrados y a pH = 4.5.

Caillere, Henin y colaboradores (1961) estudian el proceso de formación de minerales de la arcilla empleando soluciones diluidas de silicato y aluminato sódicos no sintetizando ningún producto cristalino. Sin embargo, al reaccionar silicato sódico y cloruro de magnesio obtienen antigorita y montmorillonita, como función del pH. Incluso han sintetizado arcillas cuya capa octaédrica está compuesta por Fe, Ni, Zn, Co y Mn.

La dificultad en la síntesis de arcillas puramente aluminicas parece radicar en el radio del aluminio. En efecto, el radio iónico del aluminio corresponde a iones que pueden poseer indistintamente coordinación cuatro o seis. En cambio, el magnesio y los restantes cationes citados anteriormente corresponden a coordinación seis respecto al oxígeno.

En presencia de iones inequívocamente tetraédricos, como es el caso del silicio, el aluminio es inducido a tetracoordinarse, obteniéndose así geles más o menos amorfos, que poseen muy buenas características como catalizadores.

Por estos motivos, Wey y Siffert (1961) recurren a un artificio. Utilizan como fuente de alu-

(\*) Estación Experimental del Zaidín C. S. I. C. Granada.

minio en la formación de silicatos el complejo oxálico  $[Al(C_2O_4^-)_3]^{3-}$ , en el que el aluminio está hexacoordinado. Haciendo reaccionar dicho complejo con sílice monómera despolimerizada sintetizan, por primera vez en el mundo, caolinita en condiciones de temperatura y presión ordinarias. Es decir, el principal problema en la síntesis de arcillas puramente aluminicas a temperaturas y presión ordinarias, es el de la hexacoordinación del aluminio.

Los estudios de síntesis poseen un interés indudable. En primer lugar son la demostración clara del dinamismo de la corteza terrestre. Pueden, además, dar luz sobre el problema de la movilización y estabilización de los distintos elementos. Por último, se podrá esclarecer definitivamente la génesis y evolución de estos minerales en los diferentes ambientes naturales.

En el presente trabajo se describen los primeros resultados relativos a la síntesis de minerales utilizando como fuente de aluminio un complejo natural existente en suelos: el complejo aluminio-ácidos fúlvicos, procedente de la materia orgánica o humus.

Este trabajo cubre tres objetivos: síntesis de capas octaédricas puras, aluminicas o magnésicas, síntesis de capas octaédricas aluminico-magnésicas y síntesis de silicatos aluminicos.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

### 1. Difracción de rayos X

Los materiales sintetizados son microcristalinos, por esta razón ha sido necesario emplear los métodos propios de este tipo de muestras. Los productos sintéticos se han estudiado en diagrama de polvo y en diagramas de agregado orientado, con objeto de exaltar las posibles reflexiones basales. En todos los casos se utilizó un equipo de difracción Phillips PW1010 de registro gráfico con contador de centelleo y sistema de discriminación de altura de impulsos. Normalmente se utilizó el difractómetro, pero en algunas ocasiones se utilizó el sistema de registro fotográfico en las cámaras correspondientes.

### 2. Análisis Térmico Diferencial

Se utilizó un equipo de A. T. D., construido en el laboratorio, de registro fotográfico con velocidad de calentamiento de 10°/minuto, bloque de níquel y termopares de Pt/Pt-10 % Rh.

### 3. Espectroscopia Infra-roja.

Se utilizó un equipo de IR Perkin-Elmer 225, de doble haz, perteneciente a la Sección de Físico-química del Instituto de Edafología del C. S. I. C. Las muestras se estudiaron por el procedimiento de la pastilla de BrK, obteniéndose el espectro desde 4.000 a 250  $cm^{-1}$ .

### 4. Análisis Químico

El análisis de las muestras se efectuó del siguiente modo: la sílice colorimétricamente utilizando el complejo amarillo silico-molibdico, el aluminio y magnesio por complexometría. En todos los casos se siguieron los procedimientos operatorios reseñados por Voinovitch et al. (1966).

### 5. Medida del pH

Se utilizó un medidor de pH Beckman modelo H-4, con electrodo combinado para pH de 0 a 14, con una precisión de  $\pm 0,02$  unidades de pH.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS (Ver tablas 1 y 2)

TABLA 1

Composición de las soluciones iniciales y pH de las soluciones en equilibrio con los precipitados al mes de envejecimiento.

Muestra	mmoles Al <sup>3+</sup>	ml. sol. Ácidos Fúlvicos	mmoles Mg <sup>2+</sup>	pH Equilibrio
SH-1	2.5	25	0	10.10
SH-2	2.5	25	0	8.00
SH-3	2.5	0	0	8.00
SH-4	2.5	0	0	9.90
SH-5	0	0	5.0	12.80
SH-6	0	0	5.0	12.60
SH-7	5.0	25	2.5	11.10
SH-8	5.0	25	2.5	11.15
SH-9	5.0	0	2.5	10.80
SH-10	5.0	0	2.5	10.05
SH-11	2.5	25	2.5	11.10
SH-12	2.5	25	2.5	10.95
SH-13	2.5	0	2.5	10.00
SH-14	2.5	0	2.5	11.50
SH-15	2.5	25	5.0	10.50
SH-16	2.5	25	5.0	10.10
SH-17	2.5	0	5.0	10.10
SH-18	2.5	0	5.0	11.60

### a) Capas octaédricas aluminicas puras

Se han preparado soluciones del complejo aluminio-ácidos fúlvicos y de aluminio solo, de igual concentración en aluminio. En cada caso se ha elevado el pH con ayuda del NaOH hasta valores de-

### b) Capas octaédricas magnésicas puras

Se han preparado soluciones de magnesio que se han precipitado con NaOH y se han dejado envejecer durante un mes en las mismas condiciones anteriores.

TABLA 2

Composición de las soluciones iniciales y pH inicial y de equilibrio.

Muestra	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	mmoles SiO <sub>2</sub>	mmoles Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	sol. Ac. Fúlvicos	pH inicial	pH equil.
SC-1	10.1	1	10.5	50.0	9.00	4.90
SC-1	0.1	1	10	50	4.00	3.10
SC-2	0.1	1	10	50	5.05	3.60
SC-3	0.1	1	10	50	6.00	4.20
SC-4	0.1	1	10	50	7.05	4.60
SC-5	0.1	1	10	50	8.00	5.20
SC-6	0.1	1	10	50	9.00	7.60
SC-7	0.5	1	2	10	4.05	3.30
SC-8	0.5	1	2	10	5.05	4.80
SC-9	0.5	1	2	10	6.00	5.60
SC-10	0.5	1	2	10	7.00	6.90
SC-11	0.5	1	2	10	8.05	6.60
SC-12	0.5	1	2	10	9.00	8.30
SC-13	1	1	1	5	4.00	3.20
SC-14	1	1	1	5	4.95	4.70
SC-15	1	1	1	5	6.00	7.00
SC-16	1	1	1	5	7.05	6.80
SC-17	1	1	1	5	8.05	7.10
SC-18	1	1	1	5	8.95	8.10
SC-19	2	1	0.5	2.5	4.00	3.20
SC-20	2	1	0.5	2.5	4.98	4.60
SC-21	2	1	0.5	2.5	6.00	5.40
SC-22	2	1	0.5	2.5	6.90	5.80
SC-23	2	1	0.5	0.5	8.05	6.80
SC-24	2	1	0.5	2.5	9.10	7.00
SC-25	10	1	0.1	0.5	4.30	3.80
SC-26	10	1	0.1	0.5	5.00	4.70
SC-27	10	1	0.1	0.5	6.05	5.80
SC-28	10	1	0.1	0.5	7.00	6.70
SC-29	10	1	0.1	0.5	7.95	7.30
SC-30	10	1	0.1	0.5	9.00	8.00

terminados. Los productos precipitados se han recogido inmediatamente después de su precipitación y además después de un envejecimiento de un mes en contacto con la solución madre y a temperatura y presión ordinarias.

### c) Capas aluminico-magnésicas

Se han preparado soluciones de aluminio y de magnesio, a partir de cloruros como en los casos anteriores, con cantidades variables de cada uno de



ellos. Se han precipitado igualmente con NaOH y se han recogido los precipitados después de un mes de envejecimiento en las condiciones anteriores

d) *Interacción sílice monómera-aluminio/fúlvicos*

La solución de sílice monómera se ha preparado a partir de silicato sódico diluyendo hasta una concentración de 140 ppm de  $\text{SiO}_2$  a pH de 2.5. En estas condiciones la sílice se encuentra al estado completo de despolimerización, tal como ocurre en las aguas naturales (Siffert, 1962).

A dicha solución de sílice monómera se han adicionado cantidades variables del complejo aluminio/Fúlvicos, para obtener razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  en solución de 0.1, 0.5, 1, 2 y 10. Lotes de cada una de estas soluciones se han llevado con NaOH a los pH de 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Los productos precipitados se han recogido después de un envejecimiento de un mes en las condiciones anteriores.

En todos los casos anteriores, los productos obtenidos se han lavado, centrifugado y secado posteriormente a  $60^\circ\text{C}$ . Todos los productos han sido estudiados por difracción de rayos X, análisis térmico diferencial, espectroscopia infra-roja y en algunos casos se ha realizado su análisis químico, siguiendo los métodos habituales en este tipo de estudios, y descritos anteriormente.

La solución de ácidos fúlvicos se ha preparado a partir de Turba del Padul (Granada), del modo siguiente: A 200 gr. de turba se ha adicionado un litro de CIH al 2 por 100, al cabo de diez minutos se ha filtrado y lavado. El residuo se ha tratado con un litro de NaOH 0.2 por 100, durante una hora a  $50^\circ\text{C}$ , y se ha dejado después doce horas en reposo a temperatura ambiente. Posteriormente se ha filtrado y lavado con 250 ml. de agua desionizada. Este extracto alcalino se ha tratado con CIH al 12.5 por 100 a  $80^\circ\text{C}$ . hasta virage de color pardo oscuro a pardo claro. El líquido sobrenadante se ha centrifugado y posteriormente se ha purificado pasándolo repetidas veces por columnas de percolación conteniendo resinas cambiadoras de iones Amberlita IR-120 (H), Amberlita-IRC-50 (H) y Amberlita IRA-400 (OH). La solución resultante contiene ácidos fúlvicos con un contenido aproximado de un gramo por litro de carbono orgánico.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

1. *Hidróxidos simples de aluminio y magnesio*

En la figura 1 se muestran las curvas potenciométricas de precipitación de soluciones de alumi-

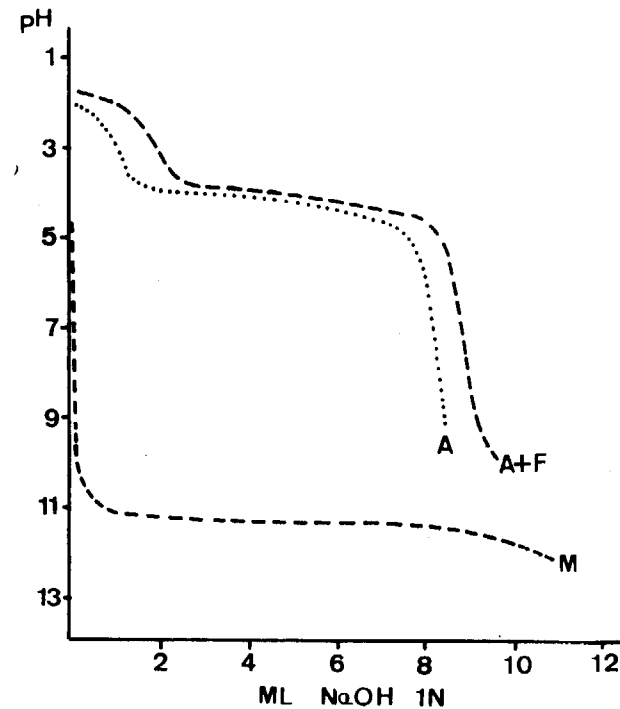


Fig. 1.—Curva potenciométrica de precipitación de hidróxidos. A = precipitación de soluciones de aluminio; A + F = precipitación de soluciones de aluminio en forma de complejo con ácidos fúlvicos; M = precipitación de soluciones de magnesio.

nio adicionadas o no de ácidos fúlvicos, y de soluciones de magnesio. Se observa la neutralización inicial de la acidez libre y la posterior precipitación de los hidróxidos correspondientes.

Los diagramas de difracción y los espectros infra-rojos de los precipitados obtenidos (algunos de ellos mostrados en las figuras 2 y 3 respectivamente), han dado los siguientes resultados:

El hidróxido de aluminio precipitado en ausencia de ácidos fúlvicos corresponde a Pseudoboehmita, incluso al mes de envejecimiento.

El hidróxido de aluminio precipitado en presencia de ácidos fúlvicos corresponde a Pseudoboehmita, pero evoluciona a Bayerita al cabo de un mes de envejecimiento.

Por consiguiente, los ácidos fúlvicos coadyuvan a la formación de capas octaédricas tipo Bayerita, de estructura parecida a las capas octaédricas aluminicas que poseen algunos de los minerales de la arcilla.

El hidróxido de magnesio precipitado corresponde siempre a Brucita, muy bien cristalizada al cabo de un mes, a juzgar por su perfecto diagrama de difracción.

Aunque la síntesis de Brucita y Boehmita ha sido

llevada a cabo con anterioridad por Fripiat y colaboradores, aunque por otros procedimientos, se ha querido realizar su comprobación experimental en nuestras condiciones operatorias. Sin embargo,

es de notar el hecho de haber sintetizado Bayerita, en presencia de ácidos fúlvicos, ya que anteriormente sólo había sido sintetizada a pH más alcalino.

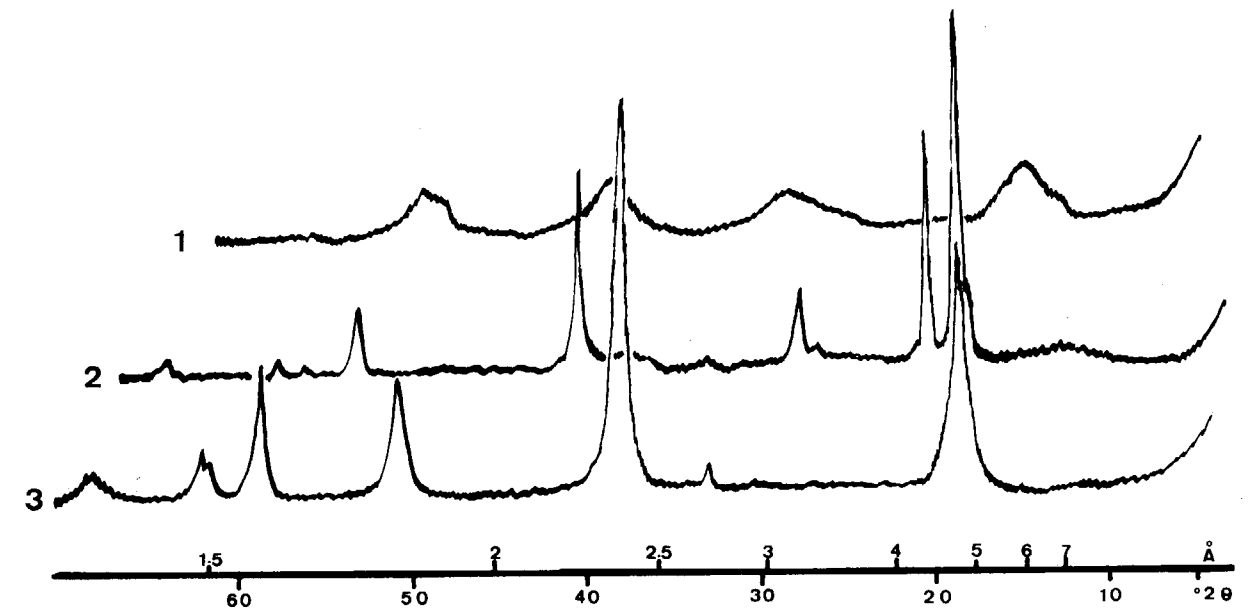


Fig. 2. Diagramas de difracción de rayos X de algunos hidróxidos sintéticos. 1. Pseudoboehmita. 2. Bayerita. 3. Brucita.

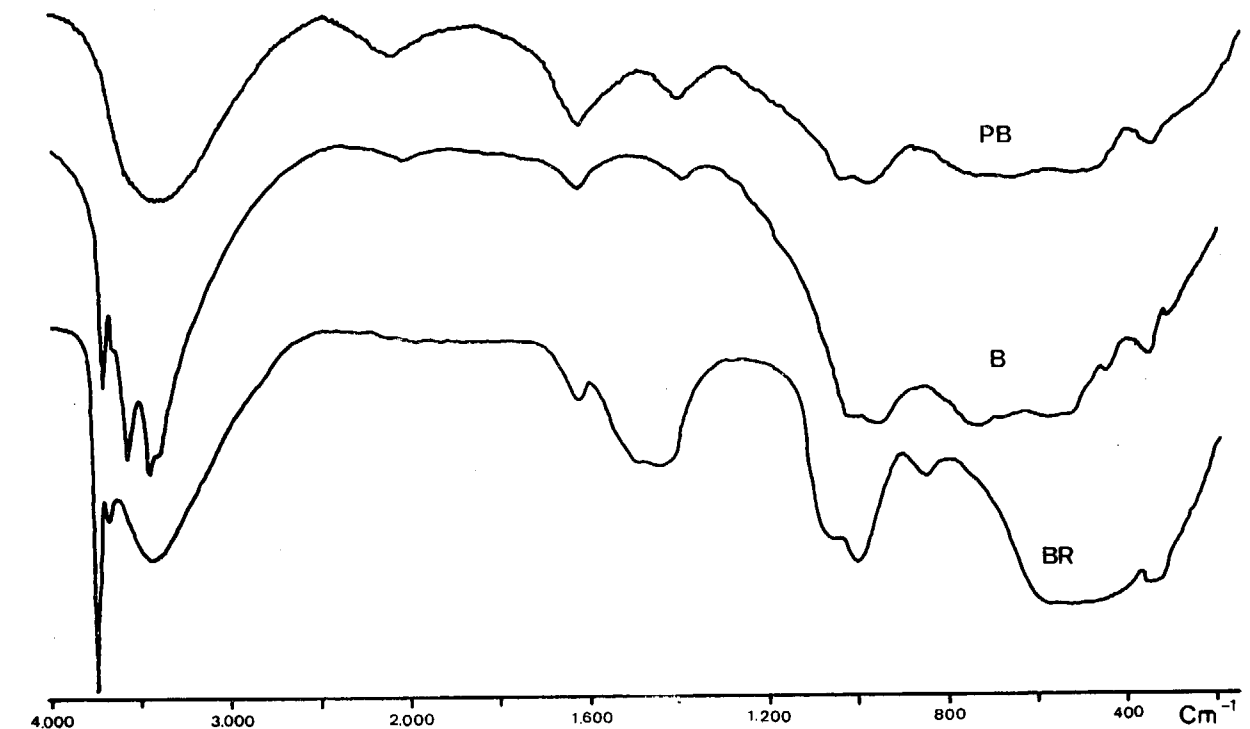


Fig. 3. Espectros infra-rojos de hidróxidos sintéticos. PB = Pseudoboehmita. B = Bayerita. BR = Brucita.

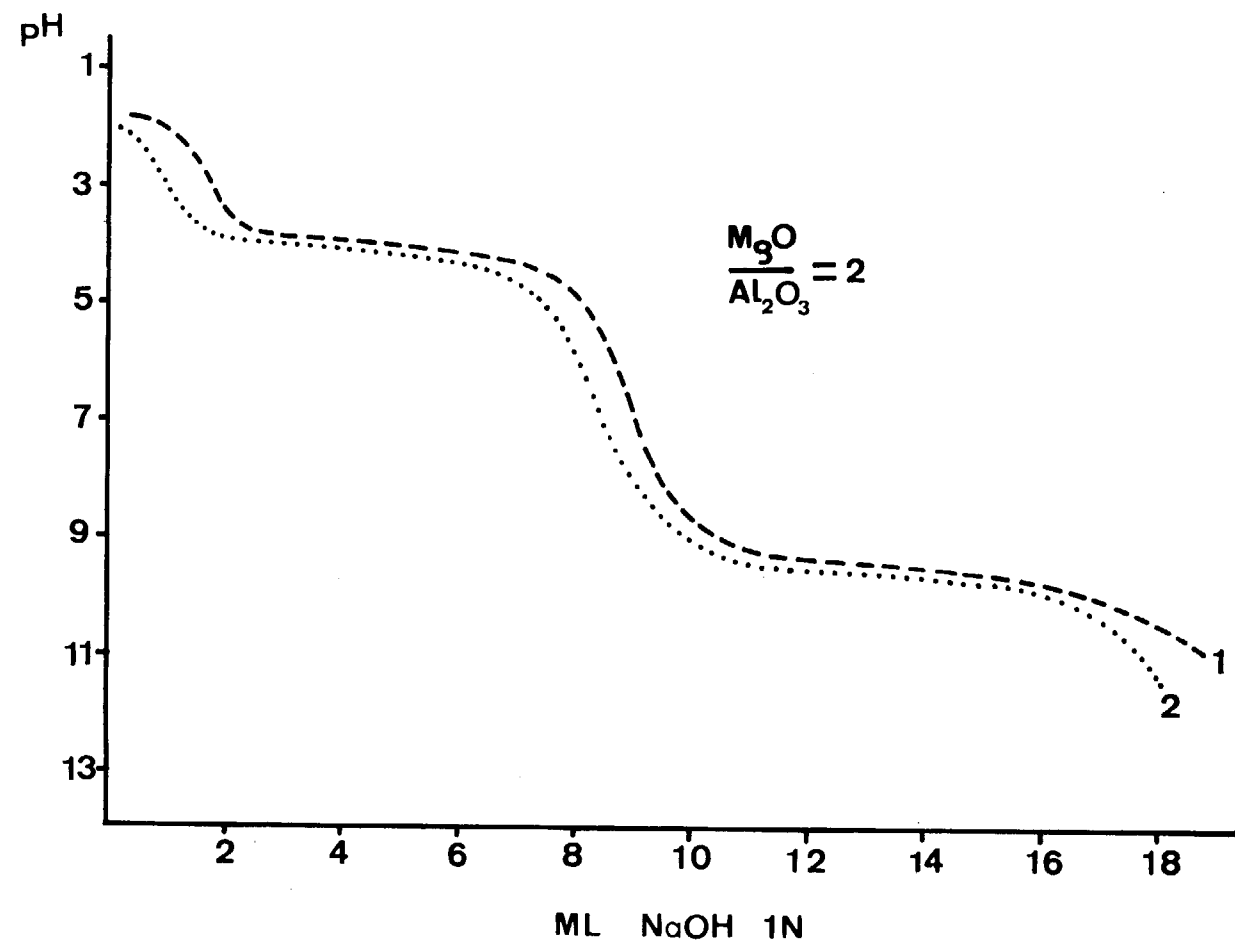


Fig. 4.—Curva potenciométrica de precipitación del hidróxido doble de aluminio y magnesio: 1. En presencia de ácidos fúlvicos. 2. Sin ácidos fúlvicos.

## 2. Hidróxido doble de aluminio y magnesio

Se han estudiado precipitados obtenidos a partir de soluciones con razones Mg/Al desde 0.5 a 2. Estas experiencias se han realizado en presencia y en ausencia de ácidos fúlvicos.

En la figura 4 se muestra la curva potenciométrica de precipitación en uno de los casos estudiados, en la figura 5 se recogen algunos diagramas de difracción obtenidos, y en la figura 6 el espectro infra-rojo del hidróxido doble.

En todos los diagramas de difracción aparecen picos de hidróxidos dobles de aluminio y magnesio, junto a los de otros minerales. En los diagramas de agregado orientado se observan hasta cinco órdenes de reflexiones basales. No se ha observado variación alguna en los espaciados reticulares motivada por la diferente composición de la solución de partida.

En la figura 7 se muestran los resultados del análisis mineralógico realizado por todas las diferentes técnicas empleadas. Las fases cristalinas sintetizadas han sido hidróxido doble de aluminio y magnesio, Gibbsita y Bayerita. En esta figura se representan en ordenadas las intensidades relativas de las líneas de difracción características de cada fase y en abscisas las razones Mg/Al en la solución de partida. El pH de todas las soluciones fue inicialmente entre 10 y 11.

La proporción de hidróxido doble aumenta al pasar de la razón 0.5 a 2, mientras que Gibbsita y Bayerita decrecen.

Es interesante el hecho de que la presencia de ácidos fúlvicos sólo provoca una disminución en la intensidad de las reflexiones de todos los productos sintéticos.

El hábito de la curva de Gibbsita en la figura 7 hace pensar que a razones inferiores a 0.5 en

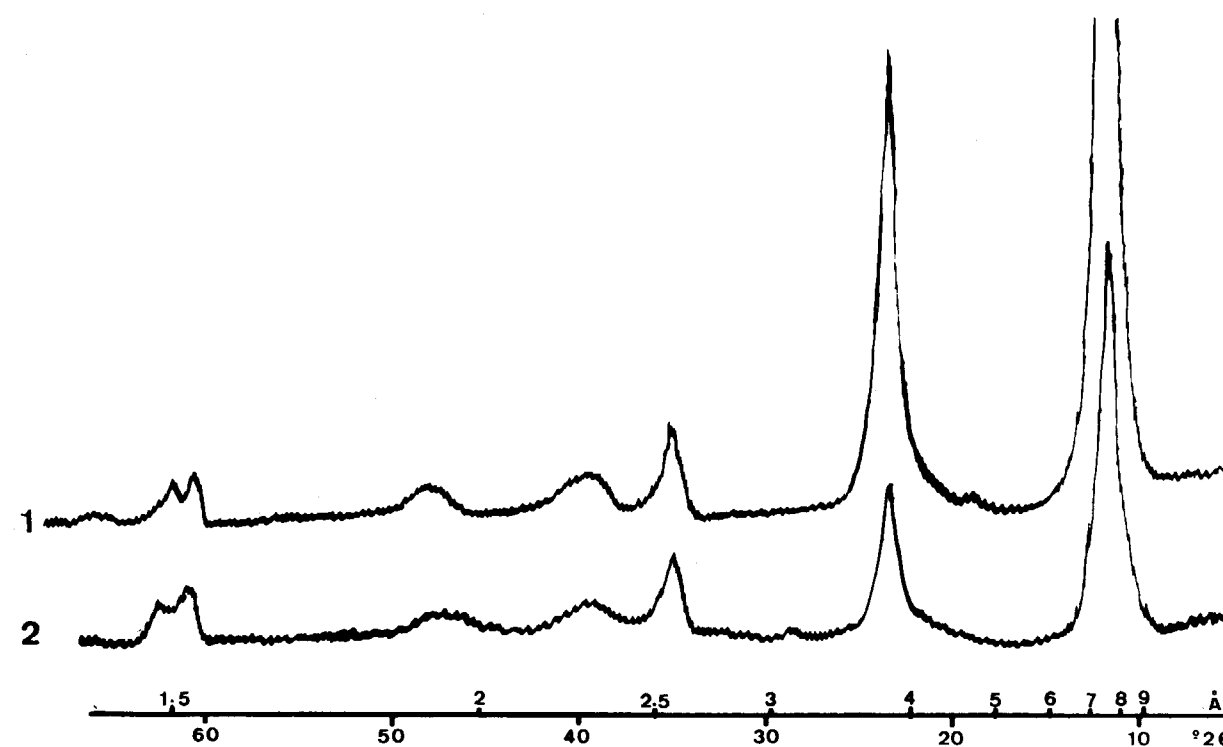


Fig. 5.—Diagramas de difracción de rayos X del hidróxido doble de aluminio y magnesio: 1. Sin ácidos fúlvicos. 2. En presencia de ácidos fúlvicos.

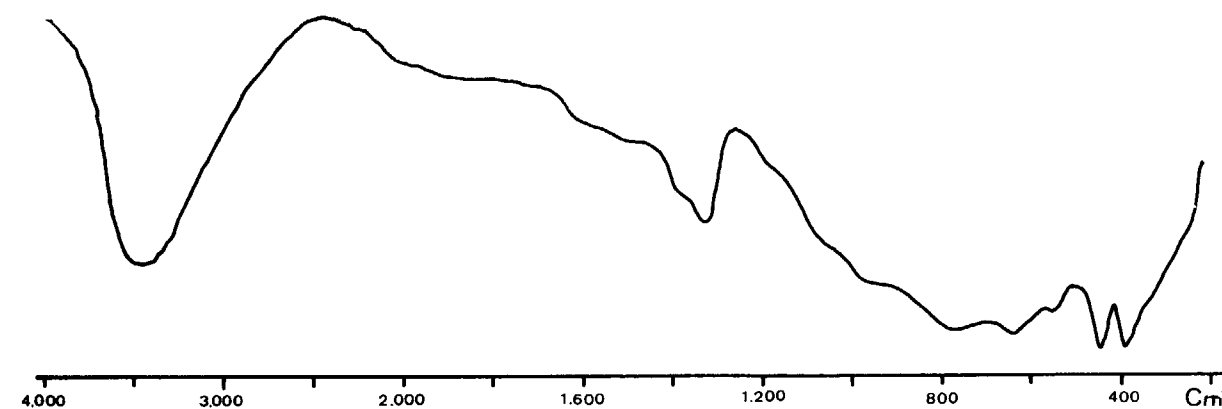


Fig. 6.—Espectro infra rojo del hidróxido doble de aluminio y magnesio.

Mg/Al, la formación de este mineral debe quedar muy favorecida. La síntesis de gibbsita en estas condiciones es sorprendente, pues sólo aparece por la presencia de magnesio. Los ácidos fúlvicos no tienen ningún efecto sobre su formación. En realidad las estructuras de la gibbsita y de la brucita son muy similares y es muy probable que el magnesio pueda servir para crear un germen brucítico que evoluciona posteriormente a gibbsita.

Con objeto de esclarecer este último punto, en la actualidad se está realizando el estudio cinético de la formación de este hidróxido doble.

La formación del hidróxido doble debe tener lugar por medio de reacciones en estado «casi-sólido». Basta recordar que la curva de precipitación distingue dos fases distintas, una de hidróxido de aluminio y otra de hidróxido de magnesio. Sin embargo, con el tiempo y especialmente



para la razón Mg/Al = 2, no aparece ninguna fase pura aluminica, ni magnésica, sino sólo el hidróxido doble de ambos elementos. Esperamos que el estudio cinético que realizamos pueda suministrar luz sobre este problema.

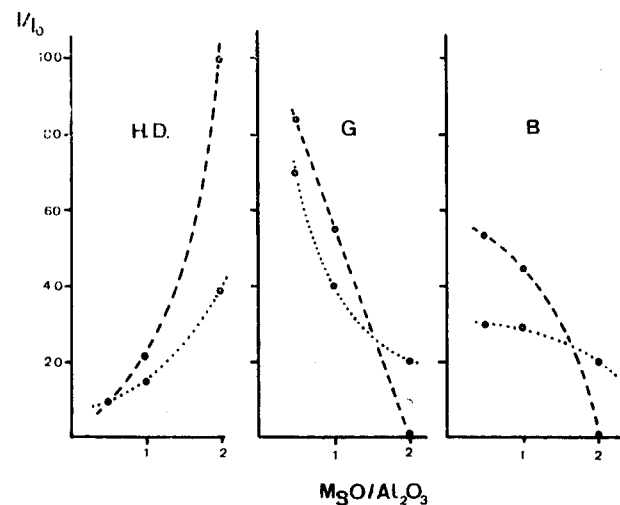


Fig. 7.—Intensidades relativas de las líneas características de cada mineral obtenidas del diagrama de difracción de rayos X en función de la razón MgO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. H. D. = (línea a 7.6 Å) Hidróxido doble de Al y Mg. G = (línea a 4.8 Å) Gibbsita. B = (línea a 4.7 Å) Bayerita.

Gastuche (1967) describe la presencia de Bayerita, en medio desionizado-dializado, pero no la de gibsita que encontramos nosotros, incluso sin ácidos fúlvicos.

En la tabla 3 se recoge el análisis químico del producto cristalino obtenido para la razón Mg/Al = 2.

Tabla 3

Análisis químico del Hidróxido doble de aluminio y magnesio.

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... .. .	24.23
MgO ... .. .	33.61
H <sub>2</sub> O — ... .. .	41.00
Total ... .. .	100.04

Por último, en la figura 8 se muestra la curva de A. T. D. del hidróxido doble. Se observa un pico endotérmico de agua de hidratación a 100-200° C. y un pico desdoblado a 418-445° C., que recuerda al de la brucita (410-450° C.). El desdoblamiento puede deberse a la diferente energética

de unión de los OH con magnesio y con aluminio respectivamente.

Hidróxidos dobles de este tipo han sido sintetizados por Feitknecht y colaboradores (1942-54), y por Gastuche y colaboradores (1967). Nuestras condiciones experimentales se asemejan a las de Feitknecht, y no a las de Gastuche, ya que se han efectuado sin dializar los precipitados.

La estructura supuesta para este hidróxido doble según los resultados de difracción de rayos X y análisis químico, está en pleno acuerdo con las ideas de Gastuche (1967). Consiste en una capa tipo brucita, en la que parte del magnesio está sustituido por aluminio, junto a una capa de aniones, carbonatos en el caso de Gastuche y cloruros en nuestro caso.

La síntesis de estos hidróxidos dobles, además de crear un soporte perfecto para «soldar» capas de sílice, puede suministrar luz sobre la estructura, formación y propiedades de las cloritas y especialmente de sus capas de hidróxido interlaminar.

En relación con ello hay que reseñar que experiencias que se realizan en la actualidad intentando hacer reaccionar este hidroxilo-cloruro de aluminio y magnesio con sílice monómera han conducido a una fase silicatada que está caracterizándose en la actualidad.

Por otra parte, los minerales Hidrotalcita y Manaseita son similares a estos hidróxidos con la diferencia de que en vez de cloruros contienen carbonatos pero sus características cristalográficas son completamente similares.

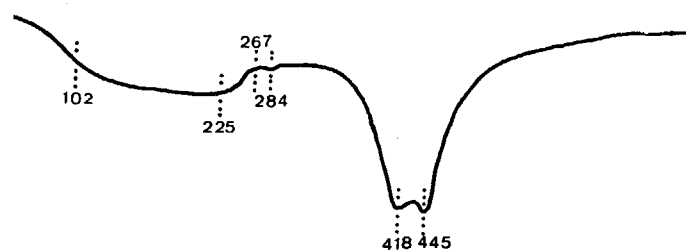


Fig. 8.—Curva de Análisis Térmico Diferencial del Hidróxido doble de aluminio y magnesio.

### 3. Sistema sílice-aluminio-ácidos fúlvicos

Los precipitados obtenidos por el procedimiento descrito anteriormente se han estudiado por diversos métodos de análisis mineralógico, obteniéndose los siguientes resultados:

Las fases sintetizadas son: Gibbsita, Bayerita, Boehmita y Caolinita, junto a geles silico-alumínicos. Las cantidades sintetizadas de caolinita han sido muy pequeñas y su estudio por difracción

sólo ha sido posible gracias a un portamuestras especial, que se ha diseñado.

Los resultados obtenidos muestran que la síntesis de la caolinita es posible a temperatura y presión ordinarias.

suelos y sedimentos en la movilización y eliminación del aluminio. En efecto, el proceso llamado queluvación en la formación del suelo es un hecho bien conocido (Pedro, 1969). De acuerdo con ello, los ácidos orgánicos promueven la hidrólisis de los

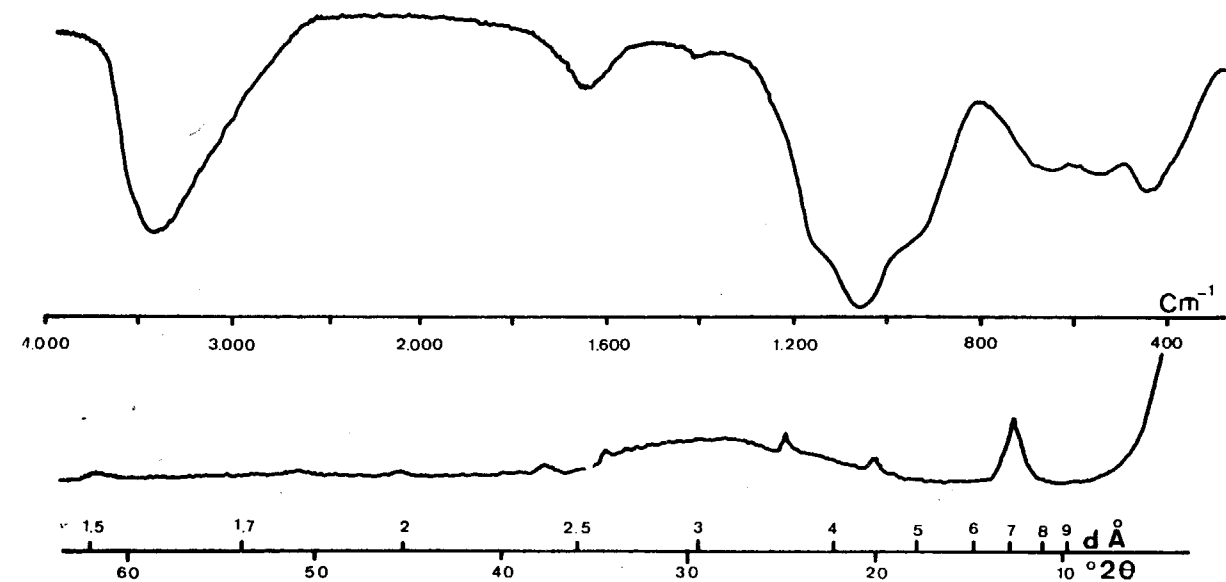


Fig. 9.—Espectro infra rojo y diagrama de difracción de rayos X (polvo) de la caolinita sintética.

La Gibbsita aparece en condiciones ácidas y a razones SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bajas. Este hecho es importante, ya que hasta ahora se conocía la síntesis de Gibbsita en medio más alcalino o en medios dializados. Sin embargo, las observaciones geológicas y edafológicas están en pleno acuerdo con nuestros resultados.

Como producto intermedio hacia la formación de caolinita se ha sintetizado Bayerita, también a pH ácido. También en este caso es importante este hecho, ya que la síntesis de Bayerita, por el procedimiento Báyer, se realiza a pH superior a 10.

Parece existir un estado precaolinitico formado por geles amorfos sílice-alumínicos, que aparecen a pH y razones SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cercanos a los de caolinita. Quizá pueda tratarse de alófana.

Finalmente, y a razones SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> desde 2 a 10, se ha sintetizado caolinita. Aunque el producto no está bien cristalizado, ya que su período de envejecimiento fue sólo de un mes, el diagrama de difracción y el espectro infra-rojo muestran su existencia.

Algunos resultados experimentales obtenidos con la caolinita sintética se recogen en la figura 9 y el diagrama general de fases sintetizadas se muestra en la figura 10.

Los resultados obtenidos hacen pensar en la importancia de los ácidos de la materia orgánica de

silicatos por formación de complejos solubles, especialmente con aluminio. Como ejemplo se puede citar la génesis de los podsoles: El horizonte elu-

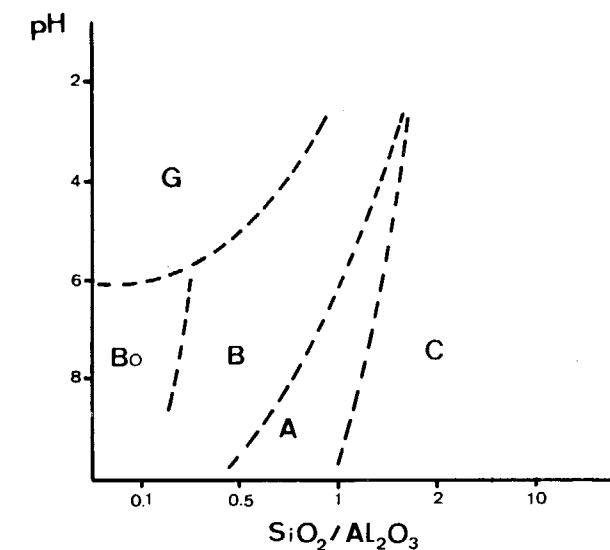


Fig. 10.—Diagramas de fases sintetizadas del sistema sílice-aluminio a presión y temperatura ordinarias. G = Gibbsita. Bo = Boehmita. B = Bayerita. A = Alófana (?). y C = Caolinita.

vial se empobrece en  $Al_2O_3$ , y al final de la evolución queda un residuo de sílice pura. El complejo orgánico de aluminio puede emigrar al horizonte B y entonces en condiciones ácidas se forma Caolinita y Gibsita.

Por otra parte, consideremos el problema de la hexacoordinación del aluminio. Los resultados experimentales muestran claramente que la presencia de aluminio como complejo fúlvico es un factor esencial para obtener capas octaédricas aluminicas en coordinación seis. Esta previa hexacoordinación conduce a la síntesis de Caolinita y Gibsita fácilmente. La estructura cristalina de la Gibsita consiste en oxígenos en empaquetamiento hexagonal compacto, en cuyos huecos se aloja el aluminio (solamente en 2 de las 3 posiciones disponibles). Esta capa gibsítica es necesaria para formar caolinita por unión a una capa tetraédrica de sílice.

De acuerdo con todo ello es posible imaginar un mecanismo para la formación de caolinita en condiciones de presión y de temperatura ordinarias.

Consideremos el sistema ternario: sílice monómera—complejo aluminio/fúlvicos—agua, en medio ácido. Cuando se modifica el pH comienza a precipitar el hidróxido de aluminio coloidal. Este hidróxido se puede formar por una reacción de competición entre los ligandos orgánicos y los iones hidróxilos ( $OH^-$ ). Así, este hidróxido posee una estructura pregibsitica. Posteriormente, y por una reacción de superficie el hidróxido puede absorber moléculas tetraédricas de sílice monómera. De esta manera se «suelan» capas tetraédricas de sílice a la capa octaédrica aluminica. El resultado es la formación de un mineral de la arcilla tipo 1:1, es decir, Caolinita.

Finalmente, hay que resaltar que la síntesis de Caolinita en condiciones de pH ácido está en pleno acuerdo con las observaciones geológicas (Milot, 1964) sobre la génesis de caolinita en la naturaleza.

#### Agradecimientos.

Agradecemos al Prof. Dr. D. Juan L. Martín Vivaldi, Catedrático de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias, Sección Geológicas, de la Universidad de Madrid, su interés y estímulo durante la realización y discusión de este trabajo.

También agradecemos al Dr. J. M.<sup>a</sup> Serratosa Márquez su ayuda y colaboración, que nos ha permitido estudiar, en su Laboratorio, nuestras muestras por espectroscopia infra-roja.

Así mismo, agradecemos al Sr. Rodríguez Robledo su ayuda en la realización de la parte experimental, especialmente en la obtención de los diagramas de difracción.

#### REFERENCIAS

- CAILLERE, S. y HENIN, S. (1961): *Colloque Int. CNRS*, número 105, pp. 31-44. CNRS, Paris.
- FEITKNECHT, W. (1942): *Helv. chim. Acta*, 25, 555-560.
- (1954): *KolloidZeit.* 136, 156.
- FRIPIAT, J. J.; GASTUCHE, M. C. y DE KIMPE, C. (1961): *Coll. Int. CNRS*, núm. 105, pp. 57-82 y 207-210, CNRS, Paris.
- FRIPIAT, J. J. y GASTUCHE, M. C. (1963): *Int. Clay Conf.* Estocolmo, 1, 53-65.
- GASTUCHE, M. C.; BROWN, G. y MORTLAND, M. M. (1967): *Clay Minerals*, 7, 177-192.
- BROWN, G. y GASTUCHE, M. C. (1967): *Clay Minerals*, 7, 193-201.
- MILLOT, G. (1964): *Geologie des Argiles*. Masson et Cie. Paris.
- PEDRO, G.; JAMAGNE, M. y BEGON, J. C. (1969): «Soil Sci.», 107, 462-469.
- SIFFERT, B. (1962): *Tesis Univ.* Estrasburgo. Francia. Mem., 21, «Serv. C. Geol. Alsac. Lor.».
- VOINOVITH, I. A.; DEBRAS-GUEDON, J. y LOUVRIER, J. (1966): *The analysis of silicates*. «Israel Program Scienc. Transl.», Jerusalem.

Recibido: 9-VII-70.

# INFORMACION

## Inauguración del V Cursillo de Hidrogeología Aplicada Fallo del Premio de Periodismo «Santa Bárbara» 1970

El pasado día 8 de febrero, en el Salón de Actos de la E. T. S. I. de Minas, se celebró la sesión de Apertura del V Cursillo de Hidrogeología Aplicada. Presidieron los Directores Generales de Obras Hidráulicas, de Minas y de Colonización y Ordenación Rural. La lección inaugural estuvo a cargo del Jefe de la División de Aguas Subterráneas del I. G. M. E., Sr. Gálvez Cañero y González-Luna.

En dicho acto, el Secretario General del Instituto Geológico y Minero de España, Sr. Badillo Díez, dio lectura a las siguientes líneas:

Reunidos en el Instituto Geológico, el Jurado calificador del premio de periodismo «Santa Bárbara», para juzgar los trabajos presentados en la convocatoria para 1970, con el tema general «La Geología y Las Aguas Subterráneas», se adoptaron por unanimidad los acuerdos siguientes:

- 1.º Conceder el premio de periodismo «Santa Bárbara» de 1970, dotado con 100.000 pesetas a D. Manuel Calvo Hernando.
- 2.º Conceder una accésit extraordinario de 20.000 pesetas a D. José Rodríguez Alfaro.
- 3.º Convocar el premio «Santa Bárbara» para 1971, dotado con 100.000 pesetas, bajo la denominación «La Geología como base de la Ingeniería civil», para el que regirán las mismas normas que en los premios anteriores.

A continuación el Director General de Minas, Sr. Dupuy de Lôme hizo entrega del Premio al Sr. Calvo Hernando, Subdirector del Diario «YA» y del accésit correspondiente al Sr. Alfaro, del Diario «Informaciones».

Por lo que tienen de reconocimiento público sobre la trascendencia de la labor geológica, publicamos a continuación las palabras pronunciadas por el Sr. Calvo Hernando, momentos después de recibir la distinción.

### Elogio y Grandeza de la Geología

Mis palabras aquí tienen que ser de gratitud, por esta distinción honrosísima. Pero no quisiera daros las gracias solamente por habernos premiado, sino por algo más profundo y más permanente. Estamos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y en la inauguración de un Curso de Hidrogeología. En otras palabras, nos encontramos ante unos hombres que tienen la más alta y noble misión a que puede aspirar un científico, es decir, el conocimiento de nuestra propia cuna, de la base de sustentación de nuestra civilización. La tierra es vuestro laboratorio y para vosotros los accidentados, el terreno, en la superficie y en las capas inferiores, constituyen un misterio que debe ser descifrado y aclarado con un doble objetivo: en primer lugar, por el simple deseo de profundizar en el conocimiento, por aquello que dice el pa-

dre Theillard de Chardin, de que ser más es, antes que otra cosa, saber más. Y en segundo lugar, porque la geología es una de las bases del desarrollo de los países. Para vosotros, un trozo de piedra no es algo que está ahí y que a veces estorba, sino un pequeño y complejo universo y una lección viva e inteligente. Parece como si tuviéramos presente permanentemente el hecho de que las rocas son uno de los símbolos más utilizados por la Biblia para expresar la idea de Dios, y así se dice en el Deuteronomio: «La roca, su obra es perfecta; es un Dios fiel y sin iniquidad».

En el caso concreto de España, tenemos bien recientes las palabras del ministro de Industria al presentar el Plan Nacional de Minería, en el que, por primera vez en la historia de nuestra patria, se han llevado a todas sus conse-



cuencias las posibilidades de desarrollo basadas en la investigación geológica. El Instituto, que ha cumplido ya ciento veintiún años de existencia, ha abordado juvenilmente toda esta problemática, y, utilizando los mejores recursos de la ciencia, está poniendo en manos del Gobierno todos los instrumentos necesarios para que la geología se convierta efectivamente en la base de un desarrollo racional y equilibrado, ahora y en el futuro.

En el caso de esta tarde, la protagonista ha sido el agua, la sangre de la Naturaleza, para Leonardo da Vinci, elemento esencial de la vida y de la civilización, como acaba de hacernos ver en una preciosa síntesis documental el señor Gálvez Cañero, en lo que se refiere a las posibilidades sensoriales de las aguas subterráneas. Cuando hace un año yo anunciaba la iniciación del inventario de nuestras aguas subterráneas, pensé que el artículo debería titularse, como así fue, «El agua como salvación». Y posteriormente, hablando con los técnicos de la división correspondiente del Instituto, he podido comprobar la ilusión y la preparación con que han realizado su trabajo, y el noble y fecundo esfuerzo del Instituto en esta hora de la España en desarrollo.

Las perspectivas de la geología son cada vez más amplias,

### Conferencia inaugural del V Cursillo de Hidrogeología Aplicada (\*)

Excelentísimos e ilustrísimos señores, señoras, señores, amigos todos.

El encontrarme en este puesto, en esta ocasión, para pronunciar la primera conferencia del V Cursillo de Hidrogeología Aplicada, organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, con la colaboración del Instituto Politécnico Superior de Madrid y de esta Escuela, constituye para mí un motivo de honda preocupación.

Como sabéis, son varios los cursos y cursillos que se celebran en nuestro país con fines semejantes o paralelos al que ahora va a inaugurarse.

Por lo que de provecho científico tiene para mí el asistir a estos actos inaugurales, puede decirse que no he perdido ninguno de los que han tenido lugar en Madrid y pocos de los celebrados en Barcelona y al examinar las posibilidades con que cuento si comparo mis méritos personales con los otros oradores que han ocupado tribuna semejante en los cursos a que he aludido, puedo decir que mi primera intención fue declinar el encargo que se me hizo de aceptar esta misión pues estas conferencias pronunciadas con el motivo expuesto, han llegado a constituir un bello torneo de buen saber y bien decir, al que concurre este bisoño, protegido por el débil escudo de su inexperiencia en estas lides, empuñando las embotadas armas de su escasa preparación.

En segundo lugar, un simple golpe de vista y un deseo

y yo no tengo la pretensión de señalarlas aquí, pero tampoco quisiera dejar de subrayar esta revolución en las ciencias de la tierra que va a traer la geología espacial, las posibilidades de los satélites artificiales para estudiar los recursos naturales del planeta, junto con la utilización de los más modernos descubrimientos y las más preciosas tecnologías para estas investigaciones. Con todo ello, el geólogo se convierte hoy en un ser casi mítico, que utiliza ondas de radio como brújula y rayos cósmicos como instrumento de trabajo, y que tiene en su mente y en sus mapas la nueva taurmaturgia de nuestro siglo.

Los españoles, y en este caso el periodista es la voz de sus contemporáneos, esperan mucho de la geología. Como recordará en una ocasión el vicepresidente de la Academia de Ciencias de la URSS, Vinogradov, no es casual que la actividad geológica del hombre se haya reflejado en la división de los periodos de la historia antigua: La Edad de Piedra, la Edad de Bronce y la Edad de Hierro. Hoy, sin dejar de servirnos de todo ello, vivimos la edad del uranio, del petróleo, del gas natural..., y del agua. Gracias a vosotros, gracias, como periodista y como español, por vuestro esfuerzo nobilísimo.

de análisis del auditorio presente, me lleva a concluir que, aparte de los buenos amigos que me acompañan, está constituido por la más alta representación de las personalidades políticas y técnicas del mundo de la Hidrología en España, y por otra, por el grupo de jóvenes alumnos entusiastas con vocación y ansia de saber, que se han matriculado en este curso.

Dicho de otro modo, este auditorio está formado por los que ya han llegado y los que hoy toman la salida

Si me planteara que cuál de estos dos grupos me inspira mayor respeto, sinceramente no sabría que contestar.

No me mantuve firme en mi deseo de no tomar parte en este acto, porque el hacerlo me poducía dos satisfacciones que quiero destacar.

Una de ellas es, que tiene lugar en esta Escuela, en mi Escuela, en la que, como muchos de vosotros, pasé mis ilusionados años de juventud, ansioso de llegar a realizar grandes proyectos en el futuro. La Escuela que tiene, y mantiene la inquietud de celebrar cursillos de esta disciplina y de otras muchas más, pues el Director entiende, y ya lo hizo en un acto parecido al de hoy, que su obligación no termina el día que los alumnos salen de estas aulas, sino que continúa ofreciendo continuamente a los postgraduados la exposición de los adelantos de la investigación y de la técnica, ayudándoles así a paliar las dificultades que en el ejercicio de su profesión se les pueden presentar.

Otra satisfacción, y esta muy profunda, es que aunque ya nuestro Director os haya hablado en nombre del Instituto Geológico, me cabe la honra de ser uno más de la plantilla de

\* Por el Dr. Ingeniero de Minas, Jefe de la División de Aguas Subterráneas del IGME, don Augusto de Gálvez-Cañero y González-Luna.

este Centro, que si para mí y para muchos de vosotros representa el origen de toda la ciencia geológica en España y en el que trabajaron aquellas gigantescas figuras, que todos conocéis y a las que en multitud de ocasiones como la actual, hemos recordado, puedo decir que si en el recuerdo o la alusión que hemos hecha tan frecuentemente de aquellas épocas, latía un sentimiento de nostalgia y un propósito de recuperación de aquel prestigio y alto nivel que tuvo nuestro Instituto, hoy puede decirse que esta sensación empieza a desdibujarse y sustituirse por otra de confianza en el presente y esperanza en el porvenir, ya que el Instituto Geológico en el momento actual, desarrolla una delirante actividad, según adjetivo de la Doctora Virgili, para cumplir sus múltiples misiones.

Esta actividad se debe, principalmente, a los que han llevado el timón de la nave y marcado sus directrices en los últimos años. Es de justicia destacar la vocación, el celo, el trabajo y el entusiasmo desarrollado durante dos años y poco más, del último que ha ocupado el puesto de Director.

Expondré algunos ejemplos, que creo que se deben a esta actividad. La presencia del Instituto fuera de España, tanto en la Europa oriental, como en próximos países de Iberoamérica, en Congresos, reuniones y simposios, ha sido mucho más frecuente y numerosa que lo había sido nunca, valorada además, con la presentación de interesantes trabajos, que han contribuido a que España, continúe ocupando la posición que le corresponde, en el concierto de las naciones más adelantadas.

Hace pocos días, nos han visitado en Madrid, por orden de su Dirección, los más altos responsables de los departamentos, geológico, minero y de laboratorios, del Bureau de Recherches Géologiques et Minières, de Francia.

En la semana de trabajo que pasaron con nosotros, se ha abierto un diálogo amplio, en el que nadie ha reservado nada de lo que le era propio.

Hemos establecido un clima de colaboración intensa, y empezado a considerar por parte de los dos centros los problemas de la ciencia de la Tierra, como si no existieran fronteras, naciendo inquietudes de realizar actividades a nivel de continente.

En la elaboración de nuestros proyectos, han compartido nuestro trabajo los más destacados especialistas, en Hidrogeología, del mismo Centro.

Me es grato también hacer pública la satisfacción que me ha producido la asistencia a las últimas reuniones del Instituto de Hidrología, de cuyo Consejo Ejecutivo hemos entrado a formar parte, y en el que la presencia del Instituto Geológico y éstas son palabras de Rafael Heras, se recibe con el mayor cariño.

Hemos prestado siempre nuestra máxima colaboración a esta magnífica institución, y ofrecemos que en el futuro, esta colaboración llegará hasta donde haga falta, pues con ello contribuiremos a la mejor realización de los altos fines que le son propios.

Una de estas actividades, de la que se trató en una de las últimas reuniones, fue precisamente la de la formación de especialistas, y reitero aquí, lo que allí expuse, y es, que el Instituto Geológico cree, que la mejor línea de acción, es

que cada Centro aporte su esfuerzo al objeto común de mejorar la eficacia de estos cursos, combinándolos e integrándolos convenientemente, según el programa que el Instituto y la Escuela de Hidrología consideren como más fructífero.

Hay que destacar, que en todos los cursos, es cada vez mayor la asistencia de alumnos extranjeros, con lo que España, en esta rama de la ciencia, empieza a jugar de nuevo el papel que históricamente representó, de faro de la cultura, que guía en sus travesías a las naciones más queridas.

También se ha logrado, que la coordinación con el Instituto Nacional de Colonización, sea total y absoluta en todas las tareas relacionadas con el agua, hasta el punto de que ya no es preciso decir que en tal o cual zona trabajamos juntos, sino que debe de entenderse, que donde estamos nosotros están ellos también, y donde ellos actúan, lo hacemos asimismo nosotros.

Por primera vez se organiza en nuestro país un Congreso Geológico, en el que la asistencia se ha limitado a los países iberos e iberoamericanos.

A la celebración de este Congreso, está prestando la Universidad española, una colaboración tan activa, intensa y eficaz, que se adivina, y ello es natural que ocurra, que cuando tenga lugar, será el personaje principal.

Pongo de relieve también, que la colaboración del Instituto con la Empresa Nacional Adaro, se está haciendo cada vez más estrecha y creadora, y ello no por iniciativa de Gómez-Angulo, que probablemente la hubiera tenido muy gustoso, sino cumpliendo órdenes superiores, que los hechos están demostrando que eran muy acertadas.

Aludo, finalmente, a otro resultado de la delirante actividad, como veis, me apropio con satisfacción del adjetivo del Instituto Geológico en los últimos tiempos.

Me refiero concretamente, a la redacción del Programa Nacional de Investigación Minera, dentro del Plan Nacional de la Minería, que la Dirección General de Minas se propuso elevar al Gobierno, como lo ha hecho recientemente, y del que todos tenéis noticia por la resonancia que los medios de difusión han dado al acto de su presentación, y a la exposición que se celebró conjuntamente.

Uno de los sectores que contempla el referido Plan de Investigación Minera, es el del agua subterránea.

Este capítulo ha podido desarrollarse y redactarse en un tiempo verdaderamente mínimo, gracias al esfuerzo realizado por el equipo de la División de Aguas Subterráneas, al que tributo el justo elogio que se merece.

Este equipo es consciente de que su obligación, no ha terminado al redactar el programa, sino que ha de tomar a su cargo, una parte muy importante de su ejecución. Puedo aseguraros que está perfectamente apercebido para ello.

El objetivo final de nuestro Proyecto, como sabéis, es llegar a evaluar nuestros recursos en aguas subterráneas, las posibilidades que en cada caso puede ofrecer su explotación, y hacer una primera estimación de las inversiones tiempos y equipos necesarios para realizarla.

El punto de partida fue, situar en el mapa de España los acuíferos susceptibles de esa posible explotación.

Un segundo paso muy importante para el conocimiento de

nuestros recursos hídricos, ha sido el cálculo de los diferentes términos en que se distribuye la precipitación que cae sobre nuestro país.

No es la primera vez que se realiza un intento de esta naturaleza, y hemos llegado a cifras por cuencas, que no difieren esencialmente, salvo en casos aislados, a las dadas antes por Llamas, y recientemente por Rafael Heras en su trabajo publicado sobre este tema.

Para el cálculo de este balance, el primer índice a tener en cuenta, es la pluviometría anual sobre España. Nosotros la ciframos en una media de 335.720 Hm.<sup>3</sup> o millones de metros cúbicos para el período 1942-1963. Ahora bien, de esta pluviometría hay que restar la evapotranspiración real media, es decir, aquella parte de la lluvia que se pierde por la evaporación y la que a través de la vegetación, por transpiración, vuelve a la atmósfera. Según nuestros cálculos, realizados por los métodos corrientes, de las fórmulas empíricas de Tornwhaite, debidamente corregidas, esta cantidad se eleva a 225.870 Hm.<sup>3</sup> El resto será la escorrentía total, que ciframos en 109.850 Hm.<sup>3</sup>, es decir, un 33 por 100 de las precipitaciones. Esta cantidad que representa la reposición anual media que experimenta el potencial hídrico del conjunto nacional, se divide a su vez en dos partes: la escorrentía total, que se infiltra en el subsuelo, alimentando los acuíferos, y la escorrentía superficial, que es la diferencia entre la escorrentía total y la subterránea.

La escorrentía media anual fue obtenida a partir de los datos de las estaciones de aforo, corregidas en el período 1945-1961 y del mapa de lluvia útil, en las zonas en que no existían estaciones de aforo. La escorrentía subterránea, ha sido calculada utilizando dicho mapa de lluvia útil y coeficientes de infiltración, adjudicados a las distintas litologías, ajustándolos después, de conformidad con el análisis de los datos suministrados por las estaciones de aforo. Su valor es del orden de los 20.500 Hm.<sup>3</sup> año, que viene a ser un 19 por 100 de la escorrentía total. Las acumulaciones de esta escorrentía subterránea se localizan en los 75 conjuntos de unidades hidrogeológicas, o áreas de estudio, que hemos utilizado para la península y otros 11 para la España insular.

Aparte de éstos, existen también acuíferos de menor entidad diseminados por toda la geografía española, que no arrojan potencialidades realmente importantes (cerca del 40 por 100 del total).

Aparte de ello, hay otra parte de la escorrentía subterránea que es la que se pierde directamente al mar, que ha sido difícil de evaluar por la falta de estaciones de aforo en las zonas periféricas del país. Sin embargo, estimamos que puede oscilar entre los 3.000 y los 4.000 Hm.<sup>3</sup> al año.

Conocemos, pues, con cierto detalle, dónde se encuentran los acuíferos con mayores recargas anuales, que se efectúa en las cuencas que hemos enumerado, y debo de omitir la descripción más detallada de los mismos. Me limitaré a señalar, como ejemplo, que si en la Cordillera Ibérica se reúne un conjunto de acuíferos, cuya recarga anual sobrepasa los 1.160 Hm.<sup>3</sup>, deben de ser tenidos en cuenta para abastecimientos futuros.

Uno de ellos, pudiera ser el pensar a largo plazo en el futuro abastecimiento de Madrid, de este Madrid, que mal

nos pese a algunos, parece que ha de seguir creciendo y en el que los embalses subterráneos podrían contribuir a la regulación de los superficiales que se proyectaran.

Hemos estimado en 1.870 Km.<sup>2</sup> la superficie de la Ibérica, comprendida dentro de la cuenca del Tajo, y su recarga natural anual en 380 Hm.<sup>3</sup>

Aunque el poder llegar a fijar cifras definitivas de las reservas, no se puede lograr sin hacer estudios detenidos, ya que dependen de factores geométricos e hídricos, empezamos ya a dar cifras estimativas de las contenidas en nuestros acuíferos.

El Sr. Heras calcula éstas en 270.000 Hm.<sup>3</sup> hasta los 75 metros de profundidad, y el trabajo realizado por la División de Aguas Subterráneas, del Instituto Geológico, las cifra en 200.000. Ya hemos dicho que nuestro estudio no abarca la totalidad de España.

En la cuenca del Guadalquivir, las reservas se pueden cifrar, para la treintena de unidades hidrogeológicas estudiadas, que se encuentran comprendidas entre 10.000 y 20.000 millones de metros cúbicos. Algunos de estas unidades contienen más de 1.000 Hm.<sup>3</sup>

Según Sahuquillo y Llamas, las reservas de agua subterráneas de la Mancha, son muy grandes, y partiendo de cálculos muy conservadores, las llegan a cifrar en 150.000 Hectómetros cúbicos. En la zona alta del Segura, en la que realizamos estudios actualmente los Instituto Geológico y de Colonización, se calcula que la cifra de reservas es netamente superior a los 8.000 Hm.<sup>3</sup>

Como veis, todas las cifras a las que se va llegando son realmente importantes. Ahora bien, el que las reservas lleguen a tener esta magnitud, no quiere decir que los recursos explotables, se puedan cifrar en un elevado porcentaje de aquellas reservas, pero sí puede decirse que disponiendo de estas reservas, es posible aplicar varios métodos operativos, tales como la sobreexplotación de los embalses subterráneos en verano, bien sea temporal o interanual o permanentemente, recargándolos artificialmente en invierno, siempre que la relación de las reservas de los recursos anuales sea superior, por ejemplo, a 15 ó 20.

Creo que empiezan a tenerse en cuenta las posibilidades, de la explotación de los recursos subterráneos integrándolos en un ambicioso plan de aprovechamiento de los recursos superficiales.

He asistido hace unos días a la reunión que ha celebrado en Murcia la Comisión para el Desarrollo Socio-Económico de la ciencia del Segura.

Como sabéis, esta reunión la presidieron tres Ministros del Gobierno: el de Obras Públicas, el de Agricultura y el Comisario del Plan de Desarrollo.

En la detallada y larga intervención del Ministro de Obras Públicas, se dió cuenta de todos las fases por las que viene pasando la realización del magno proyecto del trasvase. La información fue completísima, bien documentada y fundada incluso en la visita ocular que a las obras ha realizado el Ministro más de una vez, y en ella señaló que de los estudios que realiza el Instituto Geológico con el de Colonización, pudieran derivarse consecuencias beneficiosas para el

abastecimiento de la Provincia de Almería, a la que de momento no pueden llegar los beneficios de las obras proyectadas.

Insistiendo sobre la cuenca del Segura, me voy a permitir dar algunos detalles y adelantar las primeras conclusiones a que hemos llegado sobre su contexto hidrogeológico.

La superficie de la cuenca es de 18.600 Km.<sup>2</sup> y se ha dividido para este primer estudio en cuatro sistemas acuíferos o zonas de integración de unidades hidrogeológicas, y otras dos, en los que existen acuíferos diseminados.

Dos de los principales sistemas se sitúan en el Prebético, uno de ellos en la parte meridional de la Cordillera, zona donde precisamente estamos efectuando los trabajos y en el que la superficie comprendida dentro de la cuenca es de 1.330 Km.<sup>2</sup>

El segundo, situado más al sur, tiene una superficie de 4.270 km.<sup>2</sup>.

En el primero, el objetivo principal de la investigación lo constituyen los acuíferos contenidos en las dolomías del Dogger y del Cretáceo Superior, que tienen ambos una potencia media del orden de 200 metros.

Los dos poseen excepcionales características hidráulicas, y a su porosidad primaria se añade otra secundaria debida a la fisuración y karstificación. La transmisividad puede llegar a sobrepasar los 400 m.<sup>2</sup>/h.

La sencillez estructural, es la característica principal de este sistema, ya que sólo existen fallas normales que lo compartmentan en bloques y pliegues suaves.

La explotación más intensa se viene realizando en los llanos de Albacete, en el Pasico y en el Salobral.

La potencialidad de este acuífero, limitándonos a la zona comprendida dentro de la cuenca del Segura, se ha evaluado en 60 Hm.<sup>3</sup> al año.

El otro sistema del Prebético es el complejo calizo-dolomítico por los almacenes permeables del Dogger con 200 metros de espesor medio, Jurásico Superior con otros 200 metros, Cretáceo Superior con 300 metros y el Eoceno con 200 metros, sus características hidrodinámicas son excelentes y caudales puntuales de 100 l/sg. son muy frecuentes. De unidades hidrogeológicas situadas dentro de sus límites se abastecen las más importantes comarcas de Murcia y Alicante, y en la parte oriental empiezan ya a advertirse claras señales de sobreexplotación.

En cambio, en la parte occidental del mismo la potencia es mucho mayor, la pluviosidad es muy grande y existen cursos de agua permanentes, en relación con las formaciones acuíferas, que una vez bien definidas permitirán la explotación coordinada de los recursos totales. El Dogger y el Kidmerigense tienen espesores superiores a 300 metros, y están en contacto con el río.

Otro sistema importante a considerar, es el Cuaternario de los ríos Guadalentín y Segura, constituidos por niveles detríticos intercalados entre otros impermeables, y que, desde el punto de vista litológico, forman una sola unidad.

La situación actual de su explotación, sin embargo, es muy diferente en los dos cuaternarios. El del Guadalentín presenta señales de sobreexplotación, mientras que en el Se-

gura quizá debido a causas fundadas en algún legado de la tradición árabe, realmente el Cuaternario no se conoce bien, aunque se sabe que existen posibilidades de un aprovechamiento muy superior del que actualmente se hace.

Solamente las pérdidas al mar se estiman superiores a los 230 Hm.<sup>3</sup>/año, según datos del C. E. H.

Otra unidad que hemos considerado, es la del Mar Menor, en la que existen tres mantos acuíferos conocidos y de gran extensión regional, el Cuaternario y dos niveles de molasas intercaladas en margas azules tortonienses. La calidad del agua en los mantos superiores no es buena y presenta problemas de salinización del suelo. La cuenca del Mar Menor tiene individualidades geológicas y en ella se asienta otra hidrogeológica de bastante importancia.

En el momento actual, hay una evidente sobreexplotación, con un descenso anual de nivel piezométrico del orden de los 5 metros y evidentes riesgos de invasión marina. Dado que el estado actual de explotación se hace a costa de las reservas, la meta del estudio hidrogeológico futuro, sería llegar a su recarga artificial, facilitada por la sencillez del cuadro estructural y la homogeneidad litológica de los almacenes. También, al tratarse de una zona receptora de los futuros caudales del trasvase se podría producir una incidencia favorable, tanto en la cantidad como en la calidad de los mantos superficiales.

Por fin, pasaremos revista a la franja situada entre los sistemas definidos en pleno Prebético, en el que las influencias del Triás han sido extraordinariamente importantes, produciendo una serie de escamas, pliegues volcados y fallas inversas que hace particularmente difícil su estudio.

En el Subbético, predominan fundamentalmente los materiales margo-arcillosas sobre los carbonatados. Únicamente el Lias-Dogger en puntos muy localizados, tiene un extraordinario desarrollo y llega a alcanzar los 1.000 metros. La característica principal de la zona es su discontinuidad y complejidad estructural, que hace difícil cualquier interpretación de la posición de los materiales del Mesozoico y Terciario. Es zona muy sobreexplotada. El interés del estudio sería definir con la mayor exactitud posible ciertas unidades hidrogeológicas para recargarlas, pero hay muchas cuencas con sus reservas prácticamente agotadas.

Espero, señores alumnos de este V Curso de Hidrogeología Aplicada, que habréis podido vislumbrar las consecuencias que pueden derivarse de un estudio hidrogeológico bien programado y bien realizado y los resultados verdaderamente apasionantes a que puede llegarse con el conocimiento de la hidrogeología regional.

Para realizar estos estudios, aprenderéis a lo largo del Curso una serie de técnicas, que tendréis que aplicar con la mayor precisión.

Sobre los primeros conocimientos que vais a adquirir, en este curso, debéis seguir investigando para perfeccionar día a día la metodología y aumentar la exactitud de los resultados de vuestros trabajos.

El mundo tiene planteado el gran problema de evaluar, administrar y conservar sus recursos de agua y necesita por



ello de hombres como vosotros, decididos a dedicar su actividad y su esfuerzo a conseguir estos objetivos.

Ahora bien, el agua produce tales beneficios y es tan necesaria para la permanencia del hombre en la tierra, que indudablemente la regulación de su explotación, debe ser objeto de una legislación bien estudiada.

Pues bien, amigos Directores Generales, tengo noticias de que vais a sentar las bases para la reforma del régimen jurídico de las aguas subterráneas.

Por reunirse en vuestras personas las cualidades que adornan a este equipo que tanto trabaja, sé que lo haréis pronto.

Por vuestros elevados conocimientos técnicos en la materia, sé que la haréis bien, y por las enormes consecuencias que de ella se han de derivar para los hombres de nuestros campos, de nuestros pueblos y de nuestras ciudades, sé que la haréis justa, pues sabéis mejor que yo, que cualquier acción cimentada en la injusticia, es estéril, y, por ello mismo, de muy efímera vigencia.

## Programa de Investigación de aguas subterráneas

**Conferencia pronunciada en el Centro de Estudios Hidrográficos por don Juan Antonio Gómez Angulo, Director del Instituto Geológico y Minero de España, el día 15 de Enero de 1971, en el acto inaugural del VI Curso Internacional de Hidrogeología General y Aplicada**

### INTRODUCCIÓN

En la Navidad pasada recibí una cariñosa felicitación de un cordial amigo, Ingeniero de Caminos y especialista en Hidrogeología, en la que me deseaba un año 1971 «muy coordinado».

No sé si personalmente me será posible dedicar, en este año que estamos comenzando, tantas horas a la coordinación como en 1970; pero sí estoy seguro de que sólo una dedicación total de un grupo de hombres responsables a la creación de ese espíritu de entendimiento, de intercambio, de adición de puntos de vista distintos, pero complementarios, posibilitará un progreso sustancial en las labores de investigación científica y de desarrollo tecnológico, que a distintos Organismos de todos los países nos están encomendadas.

La UNESCO, bajo cuyo patrocinio conjunto con la Dirección General de Obras Hidráulicas se realiza este VI Curso Internacional de Hidrogeología General y Aplicada, ha puesto en marcha, en septiembre de 1969 y en colaboración con la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, un programa internacional de correlación, en el que se pretende precisamente el objetivo fundamental de coordinar todas las actividades que en el campo de la Geología sirven a los recursos mineros, a las aguas subterráneas y a los factores geotécnicos que condicionan el desarrollo.

Ante esta exigencia mundial, hay que analizar nuestra aptitud personal para la coordinación, que exige facetas muy diversas: competencia profesional; capacidad para el diálogo; equilibrio entre saber dar y recibir; espíritu abierto a toda innovación; sinceridad; y sobre todo, entrega a la misión encomendada, con carácter de servicio al bien común, en amplitud de miras. Y —¿por qué no?— dureza en mantener las posiciones en las que se cree, dispuesto siempre a abandonarlas, sin sentimentalismos, cuando conocimientos nuevos te abran horizontes nuevos.

Conseguir esa aptitud y progresar en ella requiere un adiestramiento continuo, un caldo de cultivo adecuado, que en la investigación de las aguas tiene su mejor escuela, entre nosotros, en este Instituto de Hidrología, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. No en vano se señala entre sus misiones fundamentales, en palabras de su Director D. Florentino Briones, la de «coordinar la labor de todas las Instituciones que actúan en el campo de la Hidrología». De aquí que para mí haya constituido un honor recibir la invitación para intervenir en este acto de apertura, y una satisfacción haberla aceptado. Porque empiezo así el año 1971 cumpliendo mis propósitos de coordinación; haciéndolos realidad en el ambiente que se constituyó precisamente para este fin; y tratando del tema de investigación de desarrollo que más necesitado está de coordinación en el mundo entero: los programas de investigación de aguas subterráneas, a nivel nacional.

### UNIDAD DEL AGUA

Voy a intentar analizar, aunque sea brevemente, por qué es necesario un programa de investigación para las aguas subterráneas, la conveniencia de que se realice de forma coordinada y las sucesivas fases que se deben cubrir para llegar a su planteamiento y posterior desarrollo.

Administrar adecuadamente los recursos de agua de un país consiste, en esencia, en corregir las irregularidades de ellos que se presentan en el tiempo y las diferencias de su repartición en el espacio, actuando sobre las condiciones naturales, a fin de disponer de los recursos de manera adecuada a las necesidades. Desde hace siglos se han desarrollado y aplicado dos grupos de técnicas diferentes para hacer frente a esta administración:

Control de las aguas de superficie, mediante la construcción de presas y canales.

Explotación de las aguas subterráneas, por pozos y sondeos.

La primera de las actividades, en cuanto que está necesitada en general de grandes trabajos e inversiones importantes, ha merecido la atención de grandes empresas, la intervención directa de la Administración y el establecimiento de planes progresivamente detallados. La tecnología española en esta acción es extraordinariamente avanzada, a lo que ha contribuido desde su creación el Centro de Estudios Hidrográficos, en que nos encontramos, convirtiendo en acción orgánica la alta labor desarrollada desde siempre por el cuerpo de Ingenieros de Caminos.

La explotación de las aguas subterráneas por pozos y sondeos se ha efectuado, desde hace siglos, mediante trabajos puntuales, con inversiones individuales extraordinariamente reducidas por comparación con las de superficie y, en consecuencia, por esta razón fundamentalmente económica y a pesar del número elevado de labores —cuya integral de costes no se había contemplado—, este aprovechamiento subterráneo no se ha realizado, hasta muy recientemente, respondiendo a un plan de conjunto, no ya nacional, sino ni siquiera regional o local.

Estas dos maneras de actuar sobre los recursos han sido concebidas y conducidas, desde su origen, a escala diferentes. En muchos países y entre ellos el nuestro, se gerencian incluso desde Departamentos ministeriales distintos sin la adecuada coordinación.

Hoy día, como consecuencia espectacular de las necesidades, motivado por la elevación del nivel de vida, se está llegando a una situación próxima al equilibrio entre recursos y necesidades en determinadas zonas y estaciones, lo que motiva la ampliación de los proyectos con los que se pretende incidir en la situación creada. La influencia cada vez mayor de ambas técnicas entre sí es evidente, al ampliar su radio de acción, de tal manera que las labores sobre las aguas de superficie pueden incidir sobre las captaciones de agua subterránea y los grandes proyectos regionales de estas últimas provocar afecciones, que podrían llegar a ser grandes, en las superficiales.

Una integración de todas las técnicas a utilizar no sólo es recomendable, sino que constituye una necesidad imperiosa, por lo que administrar los recursos de agua mediante una coordinación, en el conjunto de una cuenca o de una serie de ellas, es imprescindible.

Así, el empleo de las capacidades naturales de almacenamiento de los depósitos acuíferos subterráneos puede ser preferible en determinadas áreas y, por supuesto, deben combinarse, siempre que sea posible, con la construcción de nuevas obras superficiales y con sus sistemas de distribución. La utilización preferente y óptima de aguas subterráneas se encuentra además revalorizada, últimamente, en función de la polución de aguas superficiales.

Esta utilización a gran escala de los recursos contenidos en un sistema acuífero, que es posible y en ocasiones muy

recomendable, da a la investigación hidrogeológica un objetivo mucho más amplio que la simple explotación de las aguas subterráneas. La idea moderna en cuanto a descubrir y explotar el agua subterránea, no puede limitarse ya a la resolución de problemas puntuales, sino que constituye un problema que debe resolverse con distintas escalas técnicas y económicas de las que hasta ahora se han utilizado.

La interconexión, pues, entre los trabajos de superficie y de subsuelo en el campo de las aguas no se debe, para mí, sólo a la idea incuestionable de la unidad del agua, en diversas fases de un ciclo único, sino que, como todos los progresos humanos, responde a un principio claro de economía. La unidad del agua era conocida, pero el problema de su administración única no se ha planteado hasta muy recientemente. Es consecuencia del progreso técnico, del volumen de inversiones, de la limitación de disponibilidades o bien a repartir y, en definitiva, requiere una solución no sólo técnica, sino fundamentalmente política y económica.

### PROPIEDAD DEL AGUA

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en su estudio legislativo, realizado en 1964, sobre las aguas subterráneas en Europa, destaca la importancia creciente en el uso de éstas no sólo en los países menos desarrollados, para «cuya agricultura las aguas subterráneas constituyen un recurso claramente indispensable, sino también en los países muy desarrollados que deben enfrentarse con el problema que plantea el aumento de extracciones de estas aguas con fines industriales».

La misma FAO pasa revista a la situación de las diversas legislaciones europeas, a las disposiciones complementarias, que se han redactado para agilizarlas y señala que «su aplicación se ha mostrado defectuosa a causa de una estructura administrativa inapropiada, particularmente por la falta de coordinación entre los diferentes servicios oficiales encargados de la aplicación de tales disposiciones, a quienes compete decidir sobre las diversas utilidades de las aguas».

El régimen de propiedad de las aguas subterráneas complica extraordinariamente la cuestión. En sólo cuatro países europeos, de los 23 que estudia la FAO —Israel, Rumanía, Turquía y Yugoslavia— estas aguas forman parte del dominio público. En el resto de los países, en términos generales, la propiedad es privada, pero se tiende a ordenar el uso de esta propiedad en beneficio del bien común, mediante un conjunto de disposiciones limitativas del expresado uso. Es importante esta matización porque, desde un punto de vista personal, considero que la evolución del concepto de propiedad es necesaria, sin que tenga que llegarse a la estatificación, pero sí a la socialización en el sentido tan claro de la «Mater et Magistra».

### COORDINACIÓN REGIONAL

Estamos llegando a un momento, en función del desarrollo de nuestro país, en que es necesario hacer un esfuerzo

grande de inventario y explotación del conjunto de recursos hidráulicos en determinadas zonas. Si, en frase de un político y economista alemán, que recoge nuestro Ministro y Comisario del Plan en publicación reciente, «las grandes empresas nunca surgen en un clima de comodidad, sino en estado de necesidad», coordinar todos los esfuerzos que se realizan en el campo de las aguas es una gran empresa, que exigirá la mejor aportación de cada uno de los que sobre ellos tenemos responsabilidad. No hay la menor duda de que la gran necesidad ha llegado para la totalidad de los países y, en concreto para el nuestro, de forma muy alarmante en determinadas regiones. Los fenómenos socio-económicos que motivan esta situación son de tal fuerza que oponerse a sus conclusiones es retrasar un proceso, irreversible, al que irremisiblemente hay que acomodarse.

Es este progreso el que ha motivado que en los últimos años se constituyan diversas Comisiones, que, afortunadamente, estaban integradas casi siempre por las mismas personas — lo que tiene la ventaja del entrenamiento en la coordinación—, para estudiar distintos problemas regionales que fueron surgiendo. De ahí que en el momento actual grandes áreas de nuestro país estén sujetas a programas de inventario conjuntos. Es el caso del estudio de los recursos hidráulicos totales de la isla de Mallorca; el proyecto hidrogeológico del Guadalquivir; el estudio hidrogeológico del Segura para complementar, en la medida en que sea posible y necesario, la extraordinaria obra de transvase que se está realizando; el estudio de investigaciones de las Islas Canarias; el proyecto de recursos hidráulicos totales de la provincia de Almería, que en estos días se pone en marcha; y algunos otros más de menor cuantía.

A lo largo de las discusiones que en cada uno de estos Comités o Comisiones se han ido teniendo, vimos pronto que el cometido final desbordaba nuestras propias posibilidades de actuación. Creo es un problema que el Sr. Briones ha planteado muy acertadamente al comparar el propio Instituto de Hidrología con un conjunto matemático, donde cada elemento no pierde su propia personalidad por el hecho de estar encuadrado en el diagrama que define el conjunto, pero cuya conexión se agrava aún más porque esa personalidad no es la del individuo o elemento del grupo, sino que está en él representando a un Centro o a un Organismo. Para obviar esta serie de dificultades, comprendimos, en el Grupo de Aguas Subterráneas del Instituto de Hidrología, que había que hacer una planificación de tipo nacional que viniese impuesta descendientemente. El actual Director General de Obras Hidráulicas, que estuvo contribuyendo de manera muy importante, desde su puesto anterior de Director del Servicio Geológico de Obras Públicas, a estas labores de coordinación fue, con el Subdirector de este Instituto, Andrés Murcia, el creador de la expresión que es ya familiar entre nosotros, PIAS, que simbolizó la necesidad de poner en marcha un programa de investigación de aguas subterráneas.

Los trabajos que hemos terminado han sido expuestos en fecha muy reciente por el director del proyecto, D. Juan Coma, y, en síntesis, han sido los siguientes:

#### PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Todo programa o planificación tiene como objeto poner al servicio de un fin los medios necesarios para conseguir los resultados pretendidos en condiciones de competitividad en tiempo e inversión.

La finalidad del PIAS no puede ser otra que alcanzar un conocimiento suficiente de las aguas subterráneas, de manera que se posibilite su integración en una política hidráulica del país. La Comisión de Recursos Hidráulicos, que preparó el II Plan de Desarrollo, marcó precisamente como la primera de sus nueve recomendaciones «acometer los programas necesarios para la evaluación de las disponibilidades subterráneas con carácter nacional».

Para conseguir este objetivo, la primera fase era, sin duda, la creación de una infraestructura hidrogeológica adecuada. Al finalizar 1968, el Instituto Geológico y Minero de España acometió un amplio programa de investigación geológica y minera que ha terminado constituyendo lo que llamamos Programa Nacional de Investigación Minera, como primera parte del Plan Nacional de la Minería, que precisamente en días de esta semana ha sido presentado al Gobierno.

Nuestro Programa Nacional de Investigación Minera se planteó una serie de metas, todas las cuales confluían, poniendo de manifiesto los condicionamientos que los estudios geológicos dan a una serie de aspectos de la política de desarrollo. No voy a entrar en el detalle de este programa, que nos ha llevado a una labor de recopilación amplia en el campo de la geología y de la minería y ha motivado, entre otras cosas, la publicación del primer Mapa Geológico Nacional, a escala de 1:200.000, como síntesis de toda la cartografía geológica existente.

Como quiera que el régimen de las aguas subterráneas está sometido a la acción de factores geológicos, la actualización del conocimiento de esos factores nos colocaba en posición óptima para, complementándolo con los estudios que voy a resumir, llegar a alcanzar un grado de conocimiento adecuado de la hidrogeología nacional.

Por este motivo elaboramos un proyecto, que fue aprobado por el Consejo de Ministros, en su sesión de 20 de junio de 1969, para confeccionar el Mapa Hidrogeológico Nacional, en el sentido amplio de la palabra, de tal forma que se pudiese mostrar el lugar que ocupan las aguas subterráneas en el conjunto de los recursos hidráulicos, definir y delimitar los grandes sistemas acuíferos existentes en el país y cuantificarlos en una primera evaluación. Este Proyecto, del que se dio cuenta en su día al Instituto de Hidrología, iba a constituir por otra parte una aportación española al Decenio Hidrológico Internacional.

#### Mapa de lluvia útil

Hemos confeccionado un mapa de lluvia útil, a escala de 1:500.000 y que vamos a publicar a 1:1.000.000, entendiendo por lluvia útil o escorrentía total, la parte de la pluviometría que escapa a la evapotranspiración.

Este mapa nos indica las disponibilidades potenciales hídricas del país, señalando que un tercio de la lluvia caída pasa a alimentar anualmente nuestros recursos superficiales y nuestros embalses subterráneos.

Para este primer trabajo ha sido necesario obviar la dificultad que reside en el cálculo de la evapotranspiración real, que se estima a partir de fórmulas empíricas, por lo que hemos necesitado hacer uso de los datos hidrológicos que este Centro de Estudios nos ha facilitado.

Creemos que, a pesar de su aproximación, constituye una aportación valiosa con la que habrá que contar en el futuro, en las investigaciones que se emprendan en este campo.

#### Balance hídrico global

Nuestro proyecto ha permitido establecer, en una segunda fase, el balance hídrico, calculando su valor en condiciones naturales, y aportando nuevos conocimientos a los ya efectuados, fundamentalmente por los señores Heras y Llamas.

Hemos obtenido que la escorrentía total media es del orden del 33 por 100 de la lluvia caída y asciende a 110.000 hm<sup>3</sup> por año, desglosándose, según nuestros datos, en una escorrentía superficial del orden del 80 por 100 y una subterránea del 20.

Esta participación de la escorrentía subterránea en la total, varía mucho de unas cuencas hidrográficas a otras; en la del Júcar es del orden del 63 por 100; en la del Segura, del 57; en el Pirineo Oriental, del 45; y en la España insular predomina claramente sobre la superficial.

Esta distinta participación pone en su justo término el factor agua subterránea dentro de la política hidráulica del país, que forzosamente habrá de ser, dadas las especiales características geográficas nacionales, la integración de una serie de políticas regionales.

Para mayor abundamiento, se ha señalado que la repartición de la escorrentía subterránea es variable dentro de cada cuenca, determinado aquéllas en que gran parte del drenaje de los acuíferos se hace en sus cursos altos o medios, lo que puede tener una incidencia directa sobre la posibilidad de regulación de los ríos, a través de embalses subterráneos.

#### Mapa Hidrogeológico Nacional

La tercera fase del proyecto ha sido la realización de un mapa de reconocimiento hidrogeológico, también a escala de 1:500.000, que publicaremos a 1:1.000.000, que indica la

distribución espacial de los acuíferos del país, agrupados en cinco grandes tipos, que no tenemos tiempo de describir. Para ello se ha partido de recopilación bibliográfica y cartográfica tanto geológica como hidrogeológica; de reconocimientos sobre el terreno; y de un inventario de los principales puntos de agua —unos 10.000—, que son los mejores indicadores de la existencia de acuíferos subterráneos.

#### Mapa de síntesis de sistemas acuíferos

Los trabajos desarrollados hacían necesaria una labor de síntesis que definiera y delimitase las áreas donde se localizan los grandes sistemas acuíferos españoles. Cuantificar a continuación la potencialidad de dichas áreas permitiría establecer sus programas de investigación, en fase previa, pero lo suficientemente avanzada como para calcular la esperanza matemática de la investigación, pues pretendíamos que nuestros programas tuviesen una proyección fundamentalmente económica, como estoy repitiendo a lo largo de esta intervención.

Para llevar a cabo esta síntesis se ha establecido el propio concepto de sistema acuífero, según criterios complementarios: uno espacial y otro con referencia a la investigación y planificación de su explotación. Lo hemos definido como «el conjunto de uno o varios acuíferos, relacionados o no entre sí, que, extendiéndose sobre un mismo territorio, constituyen una unidad práctica de investigación o de explotación.»

Hemos delimitado 75 de estos sistemas en la Península, y 11 en la España insular. Estos 86 sistemas sólo constituyen del Orden del 60 al 65 por ciento de las posibilidades hidráulicas subterráneas, correspondiendo el resto a acuíferos diseminados, que deberán estudiarse en su día, pero que escapan a una programación a la escala que estos estudios debían tener en la actualidad.

Este mapa de síntesis es la culminación del trabajo y constituye la base, suficientemente seria pero abierta a cualquier crítica constructiva para ser mejorada, de un programa de investigación de aguas subterráneas.

#### Anteproyecto del PIAS

En todo proyecto técnico hay unos condicionantes ajenos al mismo que fuerzan a quemar etapas y anticipar cifras, cuyo valor es sólo orientativo. Este ha sido el caso de la cuantificación previa de la inversión que podría suponer el llevar a cabo el PIAS. Las fechas en que se están elaborando los diversos programas que han de ser sometidos al III Plan de Desarrollo, hicieron aconsejable esa cuantificación, que ha de ser sometida ahora a un intercambio de puntos de vista de los diversos Organismos que sobre las aguas tienen competencia, de forma que se pueda definir lo que en realidad será el PIAS.

Como el detalle de los trabajos realizados ha sido sufi-



cientemente profundo, hemos tenido la posibilidad de calcular los esfuerzos técnicos y de inversión que harían falta para investigar las 10 cuencas anaziladas y la España insular.

El importe de la obra lo hemos estimado en 1.820 millones de pesetas, inversión que, distribuida en la superficie potencialmente interesante, unos 190.000 km<sup>2</sup>, da un módulo de inversión inferior a 10.000 pesetas por kilómetro cuadrado. La distribución por cuencas ha tenido en cuenta no sólo sus propias características hidrogeológicas, sino el grado de conocimiento que se tiene de ellas, por trabajos anteriores y actuales.

Hemos calculado también que la realización obligará a inventariar unos 120.000 puntos de agua; efectuar unos 45.000 sondeos eléctricos; 150.000 metros de sondeos de reconocimiento y piezométricos; 100.000 metros de sondeos de explotación; y más de 3.000 ensayos de bombeo. Llevar a cabo este programa de inventario, con la coordinación de todas las fuerzas especializadas que en el país existen, supondrá ocho años. Disponemos también de elementos de juicio suficientes para dar un orden de prelación, en función de la política hidráulica global que existe o que convenga imponer, lo que no es misión del PIAS, que ha de ser un instrumento técnico en manos de esa política.

Destacaré sólo y como cifras muy provisionales que casi no se pueden dar a la luz pública, dos acuíferos que tienen una actualidad grande en nuestro país: el que hemos denominado número 18, o del Sistema Ibérico, cuya recarga anual se ha estimado en 1.160 hectómetros cúbicos, con capacidades de embalse subterráneo que en algunos puntos, pueden superar los 5.000 hectómetros cúbicos y ser de gran utilidad en el problema de los riegos del Sudeste; y el caso del acuífero número 14, o de Madrid, del que hemos definido también sus características, no excesivamente favorables, pero en cuyo conocimiento, sin la menor duda, conviene profundizar.

Creemos con sinceridad que con esta aportación cuyo voluminoso estudio está en imprenta, pero que desde hoy se en-

cuentra a disposición de ustedes para que se pueda consultar por quien lo necesite, el Instituto Geológico y Minero de España ha dado respuesta a su vocación fundacional, pues no en vano en su Decreto de constitución, hace 122 años, se le señalaba la misión de proporcionar los conocimientos científicos suficientes para dirigir la explotación de las aguas subterráneas, evitando que «se malgaste la fortuna pública y privada».

El PIAS, cuya base acabo de sintetizar, es un programa que deberá tenerse muy en cuenta, sin que creamos en él como en un mito, pero sí creemos en la programación a semejanza de los que dice el Ministro López Rodó en la publicación en la que me he referido anteriormente, «Política y Desarrollo».

Hemos hecho un estudio, que hay que profundizar, pero que debará utilizarse ya para el óptimo aprovechamiento de nuestros recursos, pues lo consideramos concienzudo y en base a él, el PIAS será lo contrario a la improvisación y al arbitrio. Nada puede definir mejor mi punto de vista en cuanto a la forma como hay que actuar ahora, que una frase completa del expresado libro: «No se puede actuar sobre la vida económica de forma inconexa, incoherente, de modo que conseguido un efecto favorable en un sector se produzcan factores secundarios adversos. La política es el arte de resolver un problema sin crear otros mayores. Pero la coordinación es imposible si no existe un poder de ordenación; no es un toma y daca, ni un chalaneo «inter pares». La coordinación —añade el Ministro— es un ajuste de esfuerzos: es aunar voluntades, siguiendo una línea, de acuerdo con una ordenación previa y una autoridad superior que le establezca y garantice su cumplimiento».

Al servicio de esa autoridad superior ha estado siempre el Instituto Geológico y Minero de España y a ella ofrece su trabajo presente, en la seguridad de que el país no puede perder tiempo en inútiles coordinaciones, que adolezcan de las características a que me refería al principio y, fundamentalmente, del espíritu de Servicio al bien común.

## Balance Hídrico Mundial (\*)

El Simposio sobre el Balance Hídrico Mundial, que tuvo lugar en Reading (Inglaterra), del 15 al 23 de julio, fue de gran interés para quienes se preocupan de contabilizar los recursos en agua de que se puede disponer para las necesidades de nuestras poblaciones.

El gran número de participantes (250), así como de conferenciantes (65), las diversas discusiones y la presencia de científicos internacionales como son los Profesores Penmann, Nace, Sokolov y Castany, etc., ilustran perfectamente la importancia de tal reunión y la preocupación internacional sobre el tema.

(\*) Por D. Augusto de Gálvez Cañero y D. Ceferino Alvarez.

Paralelamente al Simposio se celebró la cuarta sesión de trabajo del grupo sobre Balance Hídrico Mundial de la UNESCO. Se indican al final las principales conclusiones de dicho grupo.

En fin, se organizó una visita al centro de investigación hidrológica de Wellingford, donde se pudo ver en particular una estación piloto de recarga artificial. No cabe duda que, frente a ese problema, tan al orden del día, los resultados obtenidos han de ser de gran interés, y que será necesario poder dedicarles una atención más particular.

### 1. ASPECTO GENERAL DEL PROBLEMA

El fin que se persigue con los estudios hidrológicos, es racionalizar de forma más completa la utilización del agua

destinada a los fines humanos. Ya hace 300 años, Pierre Perrault, Edmé Mariotte y Edmond Halle, introdujeron en la hidrología su aspecto científico. Pero entonces los fenómenos se estudiaban a micro-escala; en la actualidad es necesario llevar la investigación de los problemas a macro-escala.

Los aspectos de la hidrología que requieren un estudio más amplio y una investigación más detallada son casi ilimitados, y no todos pueden emprenderse inmediatamente. Por tanto, es más que probable que al tener que decidir cuáles son las actividades más urgentes, la selección se haga en función de la rentabilidad de los proyectos elegidos.

En la historia del hombre, el agua fue siempre un elemento vital para el desarrollo de la sociedad. Con los progresos económicos, se incrementó la importancia del agua, y los problemas fueron cada día más complicados. Para el Profesor A. A. Sokolov (2) (\*\*), la hidrología moderna, que tiene que resolver dichos problemas, ha de orientarse en medir y calcular los diversos elementos del balance hídrico, y eso para varios intervalos de tiempo (año, estación, mes). Uno de los principales problemas de la hidrología moderna que requiere una investigación hidrológica urgente, es el de la interrelación entre las aguas de superficie y las aguas subterráneas. El problema no es nuevo, pero fue generalmente desarrollado desde el punto de vista teórico. De forma a incrementar la influencia del hombre sobre el régimen de las aguas superficiales y subterráneas, es necesario calcular y prever los posibles intercambios. La solución de este problema por el método del balance hídrico requiere una gran coordinación entre las diferentes ramas de las ciencias hidrológicas: hidrología, hidrogeología y meteorología.

R. L. Nace (1) nos indica que la información básica para los estudios de recursos e investigación hidrológicos tiene que fomentarse para llevar a cabo los proyectos en desarrollo. Los métodos modernos que consisten en sistemas de simulación, de reducción de datos, de análisis y extrapolación de los mismos ponen de manifiesto que existe una carencia de cierto tipo de información. El balance hídrico total puede hacerse ajustando los diversos parámetros, pero el hecho que se tenga que jugar con datos, no puede satisfacerlos ampliamente. Los datos sobre aguas subterráneas son los más difíciles de obtener y los más incompletos. Es necesario en casi todos los grandes ríos hacer más estudios con nuevas mediciones, para conocer con más exactitud el agua que se vierta al mar. Para el balance mundial, un error del 10 por 100 en el río Amazonas representa 17.500 m<sup>3</sup>/sg.; sólo nueve ríos tienen un caudal mayor a este error.

### 2. BALANCE GLOBAL

Las disponibilidades hídricas mundiales se elevan a 1.500 millones de Km<sup>3</sup>. Ese agua se distribuye según G. P. Kalinin y K. Szesztay (17), de la forma siguiente:

(\*\*) Los números entre paréntesis hacen referencia a las comunicaciones indicadas al final

	Porcentaje
Aguas oceánicas ... ..	98,000
Aguas terrestres ... ..	1,999
Aguas atmosféricas ... ..	0,001

Las aguas terrestres se reparten en:

	Porcentaje
Glaciares ... ..	78
Aguas subterráneas ... ..	21
Aguas superficiales ... ..	1

Entre las aguas superficiales se distinguen:

	Km <sup>3</sup>	Porcentaje
Lagos ... ..	123.000	63,3
Ríos ... ..	1.200	0,6
Humedad del suelo ... ..	65.000	33,4
Aguas biológicas ... ..	5.200	2,7

R. C. Sutcliffe (3) da el siguiente reparto de las aguas:

	Porcentaje	Lámina equivalente en m.
Aguas oceánicas ... ..	94	2.684,5
Aguas subterráneas ... ..	4	120,0
Glaciares ... ..	2	45,0
Aguas superficiales: ríos, lagos, humedad del suelo ... ..	0,04	1,0
Agua atmosférica ... ..	0,001	0,03
Aguas biológicas ... ..		0,001

Por su parte, M. I. Lvovitch (61) presenta las siguientes cifras:

	Km <sup>3</sup>	Porcentaje
Agua oceánica ... ..	1.370.000	10 <sup>3</sup> 94
Aguas subterráneas totales ...	60.000	10 <sup>3</sup> 4,1
Glaciares ... ..	24.000	10 <sup>3</sup> 1,7
Humedad del suelo ... ..	82	10 <sup>3</sup>
Ríos ... ..	1,2	10 <sup>3</sup>
Lagos ... ..	230	10 <sup>3</sup>
Agua atmosférica ... ..	14	10 <sup>3</sup>
<b>Total ... ..</b>	<b>1.454.327,2</b>	<b>10<sup>3</sup></b>

De estas cifras, se destaca la fuente impresionante, en porcentaje, que representan los océanos; también cabe notar la gran proporción que representan las aguas subterráneas dentro de las aguas terrestres, pero uno se pregunta ¿qué criterios se han seguido para esta evaluación?, principalmente, hasta qué profundidad hay que perforar para lograr este agua. No es nuestro propósito entrar en este tema y seguimos dando más datos expuestos en Reading en cuanto a aportaciones medias anuales. En efecto, es muy interesante tener alguna estimación de las diferentes partes del ciclo hidrológico.

El balance hidrológico se escribe  $P = E + R$   
 Con P precipitaciones  
 E evaporaciones  
 R escorrentías

$$R = U + S$$

U escorrentía subterránea  
 S escorrentía superficial

M. I. Lvovitch (61) da entonces los siguientes datos:

Parte de tierra costera ...	V (Km. <sup>3</sup> )	Lámina (mm.)
P ...	102.100	873
E ...	64.700	553
R ...	37.400	320
Océanos:		
P ...	410.500	1.137
E ...	447.900	1.240
R ...	37.400	103

En cuanto al balance de recursos hidráulicos se expone en el siguiente cuadro:

	Toda la tierra		Europa	
	Km <sup>3</sup>	Mm.	Km <sup>3</sup>	Mm.
P ...	108.400	730	7.025	714
R ...	38.150	260	2.950	302
U ...	12.000	81	1.000	102
S ...	26.150	179	1.950	198
E ...	70.250	470	4.075	414

3. AGUAS OCEÁNICAS, GLACIARIAS Y NIEVES

La ecuación del balance para los océanos (Budiko, 4) se escribe:

$$r + f = E$$

con r: precipitaciones

f: escorrentía de los continentes hacia el mar

E: evaporación.

Los datos de pluviometría se obtienen a partir de barcos,

y se refieren sólo a frecuencia; las cantidades precipitadas se conocen a partir de observaciones desde islas o estaciones costeras.

La evaporación proviene de observaciones directas utilizando la relación:

$$E = A (q_s - q)$$

con A: coeficiente que depende del viento

q<sub>s</sub>: humedad específica del aire saturado a la temperatura del océano.

q: humedad específica del aire en el barco.

Budyko analiza las diferentes fuentes de error posible e indica valores publicados por varios autores. Finalmente propone por su parte las siguientes cifras para todos los océanos:

$$r = 114 \text{ cm. } E = 126 \text{ cm. } f = 12 \text{ cm.}$$

Se pueden comparar estos datos con los expuestos anteriormente por M. I. Lvovitch y que son muy parecidos.

En su comunicación, Svonn Orvig (7) expuso el ciclo hidrológico en Groenlandia y en el Antártico. Las precipitaciones son difíciles de medir. Son debidas principalmente a a nieve y escarcha. El transporte de nieve motivado por el viento es generalmente importante. En el Antártico, la evaporación es prácticamente cero en invierno y 1 mm/mes en verano. El balance de las nieves perpétuas de Groenlandia es actualmente negativo de aproximadamente 85 Km<sup>3</sup> de agua por año. El balance de hielo del Antártico parece ser positivo, con una ganancia total anual probable de unos 600 Km<sup>3</sup> de agua.

V. D. Komarov y E. G. Popov (8) han estudiado el papel de la nieve en la URSS como elemento del balance. Concluyen diciendo que ésta es muy importante sobre el régimen de los ríos; por eso existen 3.400 estaciones nivales en la parte europea de la URSS, y 3.900 estaciones en la parte asiática. Proponen desarrollar:

— La investigación de forma a incrementar la precisión de los datos sobre el equivalente agua.

— Los métodos de cálculo de la intensidad de la nieve y de la evaporación de la cobertura nival.

— El estudio de la cobertura nival como factor de cambio de humedad entre el suelo y la atmósfera.

4. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El importante papel que desempeñan las aguas subterráneas en el balance hidráulico condujo a los científicos rusos (12) a elaborar el mapa de flujo subterráneo para todo el territorio de la URSS, cuya superficie supera los 20.000.000 de kilómetros cuadrados. La distribución de la escorrentía subterránea se refleja en dos mapas a escala 1:5.000.000. De forma general esta escorrentía subterránea que alimenta los ríos es del orden del 24 por 100 de la escorrentía total, y del 9 por 100 del total de las precipitaciones.

Entre los criterios existentes para separar las aguas superficiales de las aguas subterráneas, el profesor H. Schoel-

ler (11) destaca el de coeficiente de absorción de la capa definido por

$$C = \frac{Q_m}{Q_i}$$

con Q<sub>m</sub> = capacidad de absorción, es decir, el caudal máximo que puede circular por el acuífero.

Q<sub>i</sub> = capacidad de infiltración, es decir, el caudal que puede infiltrarse bajo las condiciones litológicas, climáticas, etcétera, existentes.

En regiones húmedas C < 1; existen entonces manantiales de rebosadero.

En zonas montañosas, donde hay un gran desnivel entre la alimentación y el desagüe, tenemos

$$\frac{Q_m}{Q_i} = 1.$$

Se desprende que lo que determina el caudal de una capa no es su capacidad de infiltración, sino su capacidad de absorción.

Cabe indicar el estudio (12) llevado en la cuenca de Tucson, en Arizona, que se propone determinar, mediante el análisis de Deuterio, en qué época del año se produce la recarga natural del acuífero.

A. A. Konoplyantsev (13) destaca el hecho de que se dispone generalmente de una información insuficiente sobre el régimen de las aguas subterráneas, lo que dificulta el establecer los balances hídricos. Se necesita entonces lo siguiente: registros de observaciones del régimen de las aguas subterráneas, información teóricamente bien fundada de las modificaciones del régimen de las aguas subterráneas en la zona (en el espacio) y, finalmente, métodos de las características cartográficas de los cambios del balance de aguas subterráneas en el territorio. Propone entonces plasmar el nivel relativo del agua utilizando para la cartografía un índice relativo:

$$\lambda = \frac{H_i - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

con H<sub>i</sub>: el nivel del agua en un año dado

H<sub>max</sub> y H<sub>min</sub>: niveles máximos y mínimos de todo el período de observación.

5. AGUAS SUPERFICIALES

Cuando en una zona no se dispone de estaciones de aforo, o cuando el régimen del río está modificado por el hombre, como puede ser con embalses, existe una gran dificultad para calcular la escorrentía total. H. Liebscher (18) propone entonces un método para trazar mapas de escorrentía a partir de las precipitaciones y de los datos de temperatura del aire. Se basa en los estudios que hizo Wundt en la República Federal Alemana, y que propuso la relación:

A = - 95 + 0,8 N - 23T  
 con A = escorrentía media  
 N = precipitaciones medias  
 T = temperatura media

Propone una nueva relación propia a Alemania:  
 A = - 255 + 0,88 N - 19,6 T.

Si se comparan los valores obtenidos por esta relación a los hallados directamente, se ve que hay que tener en cuenta la distribución de lluvia media según la estación del año. Se corrige entonces la relación precedente introduciendo un factor que tiene en cuenta la proporción de precipitaciones de invierno y de verano.

A. M. Alsaffar (19) presentó un método teórico para predicciones de caudales de estiaje; está basado sobre el estudio de la curva de vaciado de un embalse subterráneo.

6. EVAPORACIÓN

La determinación de la evaporación en tanto que elemento del balance es una importante tarea de la ciencia hidrológica. Mientras que la evaporación de las superficies libres está determinada por factores meteorológicos, la evapotranspiración es función, además de factores meteorológicos, de factores hidrológicos, de vegetación y de suelos.

La investigación teórica y experimental sobre problemas de evaporación de superficies libres está muy desarrollada en la URSS. V. I. Kuznetsov (22) nos indica que se lleva a cabo a partir de grandes depósitos y lagos hasta tanques de evaporación de 20 m.<sup>2</sup> Se examinan entonces los resultados obtenidos con diferentes aparatos, así como la influencia que tiene, al recubrirlos con finas películas de aceite de 0.005 y 0,1 mm., sobre los volúmenes evaporados. Estos se reducen en la mitad en el primer caso y en su décima parte en el segundo.

P. P. Kuzmin (31) presentó los métodos climatológicos y de balance para calcular la evapotranspiración. Se pueden obtener entonces valores medios anuales:

- por diferencia entre la pluviometría y la escorrentía
- aplicando la fórmula de Budyko:

$$E = \sqrt{\frac{R_0 X}{L} (1 - e^{-R_0/XL}) t h \frac{XL}{R_0}}$$

E: evapotranspiración en cm/año

X: precipitación en cm/año

R<sub>0</sub>: radiación en Kcal/cm.<sup>2</sup>/año

L: calor latente de evaporación en Kcal/gramo

Para determinar la media mensual a largo plazo, se puede aplicar el primer método o utilizar el método, dicho complejo desarrollado por Budyko:

$$E = E_0 \frac{W_1 + W_2}{2 W_0}$$

cuando

$$\frac{W_1 + W_2}{2} < W_0$$



y

$$E = E_0$$

cuando

$$\frac{W_1 + W_2}{2} \Rightarrow W_0$$

con  $E$  y  $E_0$ : evapotranspiración real y potencia mensual  
 $W_1$  y  $W_2$ : humedad del suelo a profundidad de 1 metro al comienzo y al final del mes.  
 $W_0$ : humedad crítica para la cual  $E = E_0$ .

La evapotranspiración real es de gran interés para el balance hídrico. En las zonas semi-áridas no cabe comparar de forma radical los mapas de pluviometría y de evapotranspiración potencial. Será necesario además tener en cuenta otros factores y particularmente la vegetación (30).

### 7. PLUVIOMETRÍA

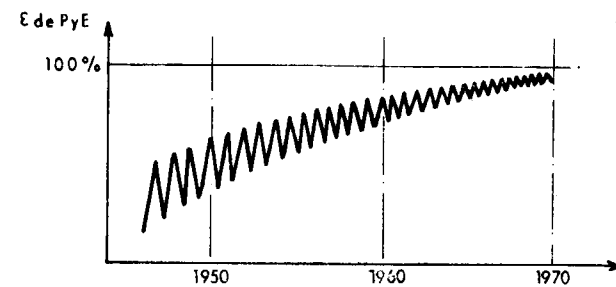
El cálculo de las principales precipitaciones sobre una cuenca se hacen principalmente a partir de las isoyetas, bien sea para la media mensual a largo plazo, o bien sea para la media anual.

Los errores pueden ser sistemáticos cuando se trata de tener en cuenta precipitaciones sólidas, o propios de las estaciones de medida, como pueden ser los debidos a los efectos del viento o la evaporación. Será necesario entonces (26) tener en cuenta la situación y las características de los aparatos de medida.

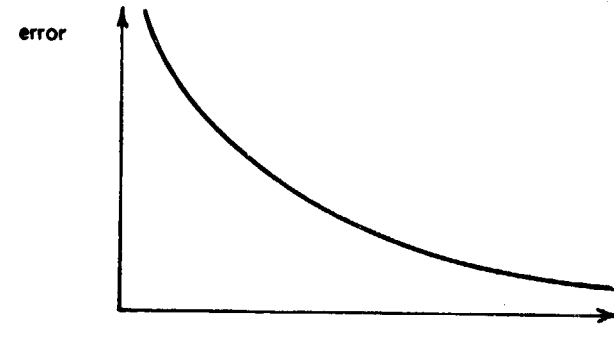
### 8. CONCLUSIONES

En la actualidad, para las diferentes componentes del balance hídrico mundial, existe una buena concordancia entre los diversos valores publicados. Esto significa que no se tienen grandes errores en los datos expuestos.

Está claro que la precisión es función de las escalas del espacio y del tiempo. Budyko indicó que su fluctuación en el tiempo fue la siguiente:



Pero si las componentes actuales para el balance hídrico mundial no tienen grandes errores, ya que se considera una gran escala de tiempo y de espacio, para regiones menos extensas y períodos más cortos, la exactitud es inferior:



¿Cómo aumentar la exactitud de nuestras medidas?:

— Ampliando las observaciones, las medidas.

— Determinando todas las componentes del balance de forma independiente (aunque se obtenga una suma algebraica diferente de cero).

### GRUPO DE TRABAJO SOBRE BALANCE HÍDRICO MUNDIAL (Decenio Hidrológico Internacional. UNESCO)

El grupo de trabajo celebró su cuarta sesión y adoptó el siguiente plan de trabajo por orden de prioridad:

- a) Completar los siguientes documentos en preparación:
  - i) Esquema científico sobre balances hídricos mundiales.
  - ii) Repasar los trabajos publicados sobre balances hídricos.
- b) Preparar unos materiales guías para la compilación de balances hídricos.
- c) Preparar proposiciones para mapas hidrológicos referentes al balance hídrico.
- d) Preparar una guía para mapas hidrológicos.
- e) Estimular a los Comités Nacionales para: organizar la recogida, el proceso y las sistematizaciones de los datos para su compilación para balances hídricos, y crear grupos de trabajo regionales para la compilación de balances de grandes cuencas hidrográficas o regiones naturales
- f) Repasar el posible efecto de técnicas de juicio remoto sobre la determinación de balances hídricos y caloríficos, y (si es necesario) sugerir nuevos proyectos de investigación orientados en la determinación de balances hídricos a gran escala.
- g) Estudiar los problemas planteados por la integración de modelos hidrológicos a pequeña escala con modelos hidrológicos a grande escala.
- h) Estimular a las organizaciones internacionales para compilar y publicar balances hídricos de:
  - i) Grandes lagos y depósitos.
  - ii) Artico y Antártico, así como otras zonas de hielo y nieve.
  - iii) Océanos.

### LISTA DE COMUNICACIONES PRESENTADAS

- (1) R. L. NACE: *Survey of world hydrology.*
- (2) A. A. SOKOLOV: *Principal problems of modern hydrology.*
- (3) R. C. SUTCLIFFE: *The scope of the Symposium: a geophysical problem.*
- (4) M. I. BUDYKO: *The water balance of the oceans.*
- (5) P. S. EAGLESON y R. F. LARIVIERE: *The scale of oceanic influence on continental precipitation.*
- (6) P. R. PISHARORY: *Water balance of the Indian Ocean north of 20° S.*
- (7) S. ORVIG: *The hydrological cycle of Greenland and Antarctica.*
- (8) V. D. KOMAROV y E. G. POPOV: *Snow cover on the territory of the USSR as a parameter of the water balance.*
- (9) V. M. KOTLYAKOV: *Land glaciation part in the earth's water balance.*
- (10) F. MÜLLER: *The glacier ice contribution in the world's water balance.*
- (11) H. SCHOELLER: *Some of the central problems of assessing ground water and its movements on the world and continental scale.*
- (12) B. I. KUDELIN y I. S. ZEKTSER: *The role of underground flow in the water balance of the U. S. S. R.*
- (13) A. A. KONOPLYANTSOV: *Evaluation of the ground water balance of large territories.*
- (14) G. CASTANY: *Importance de l'emmagasinement souterrain de l'eau dans l'établissement des bilans.*
- (15) R. DEGALLIER y C. JOSEPH: *Evaluation des ressources de nappes peu profondes au moyen d'un indice de sensibilité aux pluies.*
- (16) E. S. SIMPSON: *Distinguishing winter from summer recharge to ground water in southern Arizona by deuterium analysis.*
- (17) K. SZESZTAY y G. P. KALININ: *Surface waters as elements of the world water balance.*
- (18) H. LIEBSCHER: *A method of run-off mapping from precipitation and air temperature data.*
- (19) A. M. ALSAFFAR: *Forecasting of dry weather stream flow.*
- (20) M. KUTILEK: *Evaluation of soil moisture for water balance of large areas.*
- (21) T. G. CHAPMAN: *Estimating the frequency distribution of hydrological residence times.*
- (22) V. I. KUZNETSOV: *Experimental investigations and computation of evaporation from water surfaces.*
- (23) P. S. KUSIN: *Cyclic variations of river discharge in the Northern Hemisphere.*
- (24) E. G. POPOV: *Continental evaporation and precipitation.*
- (25) A. BLEASDALE: *Adequacy of assessments of precipitation, especially accuracy of point measurements.*
- (26) J. C. RODDA: *Rainfall measurement and representativity.*
- (27) A. P. BOCHKOV y L. R. STRUZER: *Estimation of precipitation as water balance element.*
- (28) J. NEMEC: *Precipitation and evaporation: their practical and operational aspects for the water cycle balance.*
- (29) S. GRINDLEY: *Estimation and mapping of evaporation.*
- (30) J. V. SUTCLIFFE y C. H. SWAN: *The prediction of actual evaporation in semiarid areas.*
- (31) P. P. KUSMIN: *Methods for the estimation of evaporation from land.*
- (32) T. WOODHEAD: *Mapping potential evaporation for tropical East Africa.*
- (33) M. SUGAWARA: *Meaning of water balance in warm humid islands.*
- (34) H. FLOHN: *Comments on water budget investigations, especially in tropical and sub-tropical mountain regions.*
- (35) R. R. HERRMANN: *Vertically differentiated water balance in tropical high mountains with special reference to the Sierra Nevada de Santa María Columbia.*
- (36) A. P. BOCHKOV y A. B. ZAVODCHIKOV: *Methods for the compilation of current water balances of river drainage basins of U. S. S. R.*
- (37) J. MACDOWALL: *A synoptic study for enumerating the role of the Great Lakes.*
- (38) D. F. WITHERSPOON: *Storage in the water balance of the Lake Ontario basin.*
- (39) B. S. BROWZIN: *Monthly water balance in tributary watersheds of the Great Lakes, St. Lawrence River basin as influenced by climatic factors.*
- (40) C. G. SVANIDZE y I. B. KHOMERIKI: *General scheme for calculating the water balance of closed inland seas and lakes by the method of statistical modelling.*
- (41) Z. A. VICULINA: *Methods for the computation of the water balance of reservoirs.*
- (42) R. KELLER: *Computation of the water balance scheme of the Federal Republic of Germany.*
- (43) D. STOOR: *A survey of water balance problems, projects and progress in Alberta.*
- (44) A. I. CHEBATAREV y A. P. BOCHKOV: *Water resources and water balance of the U. S. S. R.*
- (45) A. WILSON: *The long-term water balance of North America.*
- (46) G. BENNEH: *Rainfall and soil moisture of the closed forest zone of Ghana.*
- (47) R. J. HERAS: *Data for the study of the water balance of Spain.*
- (48) C. Q. GOIS: *Water balance in Angola for 1958-68*
- (49) H. PEREIRA: *Effects of Man.*
- (50) J. B. STEWART: *An experimental investigation of the influence of biological factors on evaporation from forests.*
- (51) A. BAUMGARTNER: *Water and energy balances of different vegetation covers.*
- (52) O. I. KRESTOVSKY y S. F. FEDEROV: *Study of water balance elements of forest and field water sheds.*
- (53) S. I. KHARCHENKO: *Methods for the study of water balance of irrigated lands and irrigation systems.*
- (54) R. J. FLOROV: *Determination of the evapotranspiration.*

tion of forest stands and the intraground water fluxes by means of climatic data.

- (55) J. JACQUET: *Global and regional water balances.*  
 (56) G. K. STIDD: *Meridional profiles of the Northern Hemisphere water balance.*  
 (57) D. HENNING: *Comparative heat balance calculations: first results of a global investigation.*  
 (58) R. MURRAY: *Some measurements of the meridional flux of water vapour across 30° N.*  
 (59) G. P. MALHOTRA y P. ROCK: *Hydrological budget of North America and sub-regions formulated using atmospheric vapor flux data.*  
 (60) S. MANABE y J. L. HOLLOWAY: *Simulation of the hydrological cycle of the global atmospheric circulation.*

drological cycle of the global atmospheric circulation.

- (61) M. I. LVOVICH: *World Water Balance, general report.*  
 (62) S. HASTENRATH: *A study of the atmospheric heat and moisture budget between equator and 60° N during the winter and summer seasons.*  
 (63) F. I. MORTON: *Catchment evaporation as manifested in climatological observations.*  
 (64) T. E. A. VAN HYLCKAMA: *Water balance and earth unbalance.*  
 (65) E. ERIKSSON: *Chemical aspects of the world water circulation.*

Recibido el 15-I-1971.

## Noticias

### ECONOMIA

#### LA PRODUCCION SIDERURGICA EN EL MES DE FEBRERO

En el pasado mes de febrero, la producción siderúrgica ha quedado afectada con una intensidad incluso superior a la del primer mes del año, por la contracción en el mercado a que ha dado lugar la recesión coyuntural de la economía española. Además de este efecto, es de destacar, en febrero, la incidencia sobre la producción siderúrgica del accidente del día 6 de dicho mes en la factoría de Avilés.

La producción de acero de las empresas integradas en la Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas (UNESID), servicio del Sindicato del Metal, se ha mantenido en febrero, con 553.407 t., prácticamente al nivel de la cifra registrada en el mismo período del año anterior.

Respecto a la obtención de laminados en caliente, que ya en enero acusó un sensible descenso, es de señalar, en febrero, que las 413.153 t. producidas, significan una baja del 6,5 por 100 con relación a febrero del año anterior. En el período bimestral transcurrido, los laminados en caliente suman un total de 1.080.245 t. en acero equivalente, lo que supone una contracción del 7,7 por 100 respecto a enero-febrero de 1970.

La única fase de la producción siderúrgica que registra una evolución cuantitativamente favorable es la de fabricación de arabio. Los hornos altos en funcionamiento han producido en febrero 326.664 t., frente a 298.803 t. en el mismo mes de 1970, con un incremento del 9,3 por 100. Dicho aumento se sitúa en un 14,9 por 100 para el conjunto de los dos primeros meses del año, al ascender a 711.541 t. la producción de arabio, contra 619.170 t. en el período correspondiente del año anterior.

A continuación se ofrecen los datos de enero y los totalizados en enero-febrero, así como las variaciones registradas:

EMPRESAS	PRODUCTOS	1971		Variación respecto a 1970	
		TONEELADAS		Porcentaje	
		Febrero	Enero-Febrero	Febrero	Enero-Febrero
<b>ARRABIO</b>					
Altos Hornos de Vizcaya, S. A.		136.792	269.282	+ 6,8	+ 4,3
Ensidesa		133.249	332.306	+ 14,5	+ 35,6
Uninsa		44.111	85.506	- 0,08	- 7,9
Otras fábricas		12.512	24.447	+ 22,4	+ 5,2
<b>Total</b>		<b>326.664</b>	<b>711.541</b>	<b>+ 9,3</b>	<b>+ 14,9</b>
<b>ACERO</b>					
Altos Hornos de Vizcaya, S. A.		148.060	297.057	+ 6,3	+ 6,0
Ensidesa		133.561	351.969	- 8,1	+ 13,4
Uninsa		47.039	96.268	- 6,1	- 6,1
Otras fábricas		224.747	432.636	+ 1,6	- 0,6
<b>Total</b>		<b>553.407</b>	<b>1.177.930</b>	<b>- 0,5</b>	<b>+ 4,4</b>

#### LAMINADOS EN CALIENTE (1)

Altos Hornos de Vizcaya, S. A.		168.723	340.371	- 7,41	- 6,79
Ensidesa		66.606	142.926	- 10,47	- 12,20
Uninsa		62.199	122.263	+ 14,55	+ 1,00
Otras fábricas		249.728	474.685	- 6,42	- 8,86
<b>Total</b>		<b>547.256</b>	<b>1.080.245</b>	<b>- 5,28</b>	<b>- 7,66</b>

(1) En acero equivalente.

#### LAS CONVERSACIONES DE TEHERAN

Como consecuencia del acuerdo adoptado en diciembre último por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (O. P. E. P.) en su reunión de Caracas, fueron convocadas las ocho compañías petrolíferas internacionales más importantes («majors»), para celebrar el 12 de enero una conferencia en Teheran, cuyo objetivo fundamental sería el de revisar las condiciones de las explotaciones de crudos en la zona del Golfo Pérsico.

Las reivindicaciones de la (O. P. E. P.) consistían en 1) Subida del impuesto por beneficios, que pasaría del 50 al 55 por 100, así como del precio de referencia fiscal para calcularlos; 2) baremos diferenciales en función de la calidad y situación geográfica, y 3) supresión de todos los descuentos. Las compañías petrolíferas juzgaron excesivas tales pretensiones, de modo que las negociaciones fueron suspendidas.

Pocos días más tarde, las compañías presentaron la contrapropuesta siguiente: 1) Aumento de precios de referencia fiscal y escala móvil para su revalorización anual; 2) precios geográficos, es decir, con primas a países más cercanos; 3) unificación fiscal, abolición de impuestos retroactivos y de la obligación de reinvertir beneficios, y 4) acuerdo global por cinco años. A esta postura se fueron sumando otras compañías petrolíferas, incluidas Hispanoil, hasta un total de 22.

Al reanudarse las conversaciones en Teherán, no se vislumbró ninguna posibilidad de acuerdo por la intransigencia de las partes interesadas. No obstante, con algunas interrupciones, prosiguieron no sólo en Teherán, sino en Trípoli. Pero finalmente, quedaron estancadas.

Para tomar una decisión, el 3 de febrero, la (O. P. E. P.) celebró en Teherán una Conferencia cumbre, cuya resolución fundamental era que el 15 de febrero los diez países productores tomarían medidas legales coordinadas de represalia, concretamente la elevación del precio de 89 centavos a \$ 1,25 por barril, suspendiendo los envíos a las compañías que antes del 22 de febrero no hubieran aceptado la subida.

#### PRODUCCION FRANCESA DE ACERO

La producción francesa de acero, mantenida sin grandes variaciones desde 1964 (19,7 millones de toneladas) a 1968 (20,4 millones de toneladas), ha experimentado un sensible aumento durante el año 1969, alcanzándose los 22,5 millones de toneladas, en tanto se estima que la cifra de la producción del año 1970 ascenderá a 24 millones de toneladas.

No obstante, la participación de la producción francesa en el sector mundial siderúrgico ha descendido de 4,8 por 100 en 1960 a 3,9 por 100 en 1969.

Por otro lado, la tercera parte del mercado interior del acero ha sido conquistada por empresas extranjeras, especialmente de los Estados Unidos (127,9 millones de toneladas de producción global en 1969), de Japón (82,1 millones de toneladas), de la República Federal Alemana (45,3 millones de toneladas) y del Reino Unido (26,8 millones de toneladas), y el año 1969, por primera vez en la historia de la siderurgia francesa, la balanza comercial del sector fue deficitaria. Con objeto de recuperarse en lo posible de estas infiltraciones extranjeras en el mercado nacional, las empresas siderúrgicas del vecino país, muy concentradas por otra parte, ya que tan sólo dos consorcios son responsables del 72 por 100 de la producción francesa de acero, se proponen invertir durante el período 1971-1975, para renovar y ampliar los equipos de producción del sector, unos 15.000 millones de francos (180.000 millones de pesetas aproximadamente), cantidad doble a la destinada para los mismos fines durante el período 1966-1970.

das de producción global en 1969), de Japón (82,1 millones de toneladas), de la República Federal Alemana (45,3 millones de toneladas) y del Reino Unido (26,8 millones de toneladas), y el año 1969, por primera vez en la historia de la siderurgia francesa, la balanza comercial del sector fue deficitaria. Con objeto de recuperarse en lo posible de estas infiltraciones extranjeras en el mercado nacional, las empresas siderúrgicas del vecino país, muy concentradas por otra parte, ya que tan sólo dos consorcios son responsables del 72 por 100 de la producción francesa de acero, se proponen invertir durante el período 1971-1975, para renovar y ampliar los equipos de producción del sector, unos 15.000 millones de francos (180.000 millones de pesetas aproximadamente), cantidad doble a la destinada para los mismos fines durante el período 1966-1970.

#### PETROLEO EN EL MAR DEL NORTE

Se anuncia en Londres que a mediados de 1971 se iniciará la explotación por la Phillips Petroleum Co. de su yacimiento petrolífero de Ekofisk, en el mar del Norte, a un ritmo de producción de 40.000 a 50.000 barriles diarios, que, al comienzo de 1973, podrá llegar hasta 300.000 barriles diarios. Para construir las instalaciones adecuadas en Ekofisk, será precisa una inversión que oscilará entre 350 y 400 millones de dólares.

#### PROSPECCIONES PETROLIFERAS EN LOS MARES DEL NORTE Y DE IRLANDA.

El Ministerio de Tecnología del Reino Unido ha decidido distribuir los permisos de prospección en los Mares del Norte y de Irlanda, dando preferencia a las Compañías petrolíferas con participación del «Gas Council» o a la «National Coal Board», así como a las firmas en las que se hallen representados de algún modo los intereses británicos.

Las nuevas concesiones implican la aceptación por parte de las firmas interesadas de un aumento de la participación británica (que pasa de 37 a 50 por 100) en los posibles beneficios de explotación obtenidos por aquéllas.

#### LA INDUSTRIA QUIMICA EN FRANCIA

El crecimiento durante el año 1969 del sector industrial químico francés fue del 20 por 100, según los datos facilitados por la «Unión de Industrias Químicas», en Francia. El importe de las ventas realizadas por la industria química del país vecino ascendió a 7.000 millones de dólares (490.000 millones de pesetas), mientras que la entidad citada estima que durante el ejercicio 1970 dicho importe alcanzará 8.000 millones de dólares (560.000 millones de pesetas).

Las exportaciones realizadas por la industria química fran-



cesa (valoradas en 1.290 millones, con exclusión de las destinadas a las zonas del franco), aumentaron en 24,6 por 100, experimentando un crecimiento de 11,4 por 100 sobre las correspondientes a 1968.

La fabricación de productos químicos orgánicos aumentó en 32,7 por 100 en 1968) y la de productos inorgánicos en 6,7 por 100.

#### EXPLORACIONES DE COBRE EN EL ECUADOR

El Gobierno del Ecuador ha firmado un contrato con la Overseas Mineral Development Co. del Japón para llevar a cabo durante cuatro años trabajos de prospección en la región Chaucha de los Andes. Se cree que en esta sección hay más de 100 millones de toneladas de mineral de cobre. De acuerdo con el contrato, la empresa japonesa gastará cinco millones de dólares para la exploración inicial. Si se localiza un suficiente número de yacimientos cupríferos, apropiados para un desarrollo económico, la compañía construirá las carreteras para el transporte hasta la costa, donde el Gobierno planea la construcción de un nuevo puerto. El Gobierno participará también en la administración de la empresa en formación, y recibirá el 55 por 100 de las utilidades netas, así como una regalía de 7,5 por 100 de la producción bruta.

#### EXTRACCION DE AZUFRE EN INDONESIA

La Freeport Indonesia, subsidiaria de la Freeport Sulphur Co. de los Estados Unidos, ha decidido emprender la extracción y beneficio de minerales de cobre concentrados en Irán Oeste (Nueva Guinea), proyecto que había estado estudiando durante los últimos tres años. Representa una inversión de 120 millones de dólares. La compañía es la primera empresa extranjera establecida en Indonesia, a los dos meses de haber ofrecido el Gobierno incentivos especiales a los capitales foráneos, incluyendo liberación de impuestos por tres años.

#### REFINERIA ESTATAL DE CINC EN PERU

El Gobierno sacará a subasta internacional una refinería estatal de cinc capaz de alcanzar 40.000 toneladas anuales. La refinería, incluyendo una planta para 70.000 toneladas de ácido sulfúrico, estará situada a unos cuarenta kilómetros al norte de Lima. Las inversiones para la refinería y la planta asciende a 27 millones de dólares, de los que Perú aportará diez.

El proyecto considera una segunda etapa para ampliar la producción, sería de 100.000 toneladas de cinc, 18.000 de ácido sulfúrico y más de 30.000 de plomo metálico.

#### MINERIA DE LATERITA EN LA REPUBLICA DOMINICANA

El Banco Mundial en Washington, D. C., ha aprobado un préstamo de 25 millones de dólares en favor de la Falconbridge Dominicana, una compañía subsidiaria de Falconbridge Nickel Mines de Toronto, Canadá, y la Armco Steel Corp., de Middletown, Ohio, con el objeto de ayudar a realizar el mayor proyecto industrial jamás emprendido en la República Dominicana. Se trata de un proyecto de 195 millones para la extracción y elaboración metalúrgica de mineral de laterita para la producción de ferromanganeso. Se espera que la República Dominicana se beneficiará en varias formas: en un período de dos años, las ganancias en divisas se calculan en 325 millones de dólares. Los fondos devengados por el Gobierno en forma de impuestos y dividendos se espera llegarán a unos 185 millones de dólares.

#### DERECHOS A LA EXPORTACION DE OXIDO ROJO DE HIERRO

Por Decreto 1377/1979, de 23 de abril («Boletín Oficial del Estado» de 25 de mayo de 1970). El óxido rojo de hierro en bruto (óxido férrico) que contenga en peso 70 por 100 o más, sin alcanzar el 75 por 100 combinado (valorado en  $Fe_2O_3$ ) abonará un derecho a la exportación de 250 pesetas tonelada métrica, peso bruto de mineral exportado.

El óxido rojo de hierro en bruto (óxido férrico) que contenga en peso 75 por 100 o más de hierro combinado (valorado en  $Fe_2O_3$ ) abonará un derecho a la exportación de 980 pesetas tonelada métrica, peso bruto de mineral exportado.

A los efectos de liquidación de los derechos arancelarios de exportación a dicho producto, será de aplicación la circular de la Dirección General de Aduanas núm. 456, de 16 de octubre de 1962, que aclaró lo que a tales efectos debe entenderse por «óxido rojo de hierro en bruto» (óxido férrico).

#### DERECHOS ARANCELARIOS DE LA SAL COMUN

Por Decreto 1302/1970, de 23 de abril. («Boletín Oficial del Estado» de 11 de mayo de 1970). Queda modificado el Arancel de Aduanas en la forma que figura a continuación:

25.01 Sal gema, sal de salinas, sal marina, sal de mesa, cloruro sódico puro, aguas madres de salinas, agua de mar: 25 por 100 mínimo específico 45 pesetas/kilogramos.

#### ACUERDO CON LA SUDAFRICA PARA LA VENTA DE ORO AL FONDO MONETARIO INTERNACIONAL

El 30 de diciembre de 1969 se anunció un acuerdo entre el Gobierno de Africa del Sur por el que este país puede

vender a aquella institución oro de nueva extracción, siempre que el precio en el mercado libre esté muy próximo, o sea inferior, al de 35 dólares la onza, y cuando Sudáfrica lo pretise por razones de su balanza de pagos.

#### POSIBLE EXCESO DE ACERO EN LA C. E. E.

Una Comisión de la Comunidad Económica Europea ha revelado que las recientes decisiones de intervenir en nuevas plantas, por parte de acerías en los países miembros, podría tener como consecuencia un exceso de capacidad, especialmente en el sector del fleje laminado en frío o caliente. En los primeros cuatro meses de 1969, el valor total de las inversiones planeadas fue de 488 millones de dólares. Esta cifra es considerablemente superior a los totales promedios de 154 millones para los períodos equivalentes de cuatro meses en los años 1956-1959; 530 millones para 1960-1961 y 165 millones para 1962-1968. La demanda por nuevas plantas parece haber sido exagerada debido a que los consumidores colocaron pedidos por acero en exceso de sus necesidades reales.

#### NUEVA ACERIA EN NUEVA ZELANDIA

Dos hornos eléctricos de 40 toneladas, pertenecientes a la New Zealand Steel Co., Ltd., acerca de Glenbrook, Auckland, han fundido el primer acero en la isla. La materia prima proviene de un yacimiento de arenas ferríferas, con reservas de más de 150 millones de toneladas de concentrado de hierro, y se halla en la región de Waikato North Head. Se estima que para el año 1971, la acería producirá más de 200.000 toneladas anuales de acero, de las que 130.000 toneladas serán en forma de palanquilla obtenida de las arenas ferríferas, y 70.000 toneladas de productos galvanizados, fabricados a base de fleje laminado en frío importado del extranjero.

#### VENEZUELA FOMENTA SU INDUSTRIA SIDERURGICA

La industria minera de extracción del hierro recibirá gran parte de los 228 millones de dólares que Venezuela planea invertir en los próximos años para desarrollar la explotación de sus recursos minerales, fuera del petróleo. El último buen año de la industria fue el de 1960, cuando exportó cerca de 20 millones de toneladas métricas. Posteriormente, las exportaciones se han reducido debido a las fluctuaciones de los precios mundiales y la competencia de otros países. Los fondos del Gobierno colaborarán con capitales privados para promover la construcción de un mayor número de plantas de beneficio. Además, Venezuela está haciendo gestiones con seis países productores de hierro

—Brasil, Chile, Gabón, India, Liberia y Perú— para la creación de una entidad que regularía los precios mundiales del hierro.

#### ACUERDO CON ALEMANIA PARA EL SUMINISTRO DE GAS

Durante varios meses se han desarrollado negociaciones entre el Gobierno soviético y las autoridades de Alemania Occidental sobre el suministro de gas a este último país. El día 28 de noviembre se llegó a un acuerdo por el que se estipula que a partir de 1973 se entregará a diversas empresas alemanas un volumen de 500 millones de metros cúbicos anuales de gas, con un incremento sucesivo cada año hasta que llegue a 3.000 millones de metros cúbicos anuales en 1979. El precio será algo inferior a 0,60 pfennig por mil unidades. El pago de los suministros de gas se hará en parte mediante la entrega de tuberías para gaseoducto valoradas en 1.200 millones de marcos. Un consorcio bancario encabezado por el Deutsche Bank canalizará los aspectos monetarios y financieros de la operación cuya duración ha sido pactada en veinte años.

#### ACUERDO CON ITALIA PARA EL SUMINISTRO DE GAS

El día 10 de diciembre fue ultimado un acuerdo entre Italia y la U. R. S. S. por la que este país suministrará gas natural al primero por un importe global que se estima en 3.500 millones de dólares. A cambio la U. R. S. S. recibirá un empréstito del Gobierno italiano al 4,5 por 100 que le permitirá adquirir tubos de acero, aparatos de telecomunicación y televisión, maquinaria de obras públicas y otros bienes de equipo. El precio establecido para el gas es más barato que el del procedente del Mar del Norte. Con este acuerdo el Gobierno italiano se asegura un suministro amplio de gas a precio razonable y obtiene contratos para algunas empresas italianas, especialmente para la planta siderúrgica de Tarento.

#### CONSTRUCION DE UNA SIDERURGICA EN PERU

Una siderúrgica que producirá un millón y medio de toneladas al año construirá en breve el Gobierno en Perú en la localidad sureña de Nazca, según acaba de anunciar el Ministro de Industria y Comercio, durante la visita que hizo a la zona donde estará ubicada la planta, en cuya construcción se contará con el asesoramiento de un grupo checoslovaco que, además, proporcionará la maquinaria. La siderúrgica que funciona en la ciudad norteña de Chimbote seguirá operando como una planta piloto.

## VARIOS

OBTENCION DE GASOLINA  
CON CATALIZADOR DE RENIO

La empresa petrolífera norteamericana «Standar Oil Co.» califica de revolucionario el nuevo catalizador de renio para la obtención de gasolina, puesto a punto en sus laboratorios. Con el nuevo procedimiento, será posible obtener gasolina de mayor número de octanos y rendimiento, con un tiempo de duración del catalizador mucho más largo. Los ensayos realizados con éxito desde hace varios años en tres refinerías norteamericanas de esta firma y las numerosas solicitudes de licencia de otras Empresas petrolíferas para la explotación de este nuevo catalizador hacen suponer que pronto desplazará este nuevo sistema al catalizador de platino ahora utilizado.

AUMENTO DE LA PRODUCCION  
DE CAL

La Pfizer Inc. inaugurará para fines de 1971 un horno rotatorio e instalaciones conexas capaces de producir anualmente 130.000 toneladas de cal granular. La cal dolomítica producida en planta de Gibsonburg, Ohio, E. U. A., tiene un contenido elevado en magnesio. Cuando se usa como aditivo en la fabricación del acero, con cal que contiene un nivel alto de calcio, reacciona formando escoria que elimina el oxígeno, azufre, fósforo y otras impurezas para la producción de acero de calidad alta.

La piedra caliza dolomítica se trata a temperaturas cuidadosamente controladas para obtener cal granular. La cal dolomítica de Pfizer se emplea para prolongar la duración de forros refractarios resistentes al calor en hornos básicos sopladados con oxígeno. Igualmente se utiliza en recipientes para la fusión eléctrica del acero.

La expansión del horno rotatorio incluye un enfriador por contacto, instalaciones para cribado y carga a granel y equipos para el control del polvo, de diseño avanzado.

La cal obtenida en hornos rotatorios especialmente diseñados es la más apropiada para satisfacer las rigurosas especificaciones en las industrias del acero y del vidrio. Para fundentes usados en la fabricación de acero, estas especificaciones incluyen un contenido de azufre sumamente bajo, pérdida baja de encendido, relación uniforme entre magnesio y calcio, un mínimo de finos y elevada reactividad.

Antes de la introducción de la cal dolomítica como aditivo en hornos básicos sopladados con oxígeno, se empleaba exclusivamente la cal con contenido alto en calcio.

El Dolo-Tect entra en solución más rápidamente que el óxido de calcio común. Por consiguiente, suministra a la escoria el óxido de magnesio que normalmente extrae de los revestimientos a base de magnesio en los hornos básicos sopladados con oxígeno. El equilibrio químico creado re-

duce la erosión del ladrillo refractario, aumentando así en forma significativa el número de cargas por revestimiento.

LA CONTAMINACION DEL  
AMBIENTE Y SU INFLUENCIA  
EN LA VIDA

El día catorce de enero, tuvo lugar la inauguración del curso de la Real Academia de Farmacia, correspondiendo el discurso solemne al académico Dr. López de Azcona, quien trató el tema: «La contaminación del ambiente y su influencia en la vida».

Después de considerar los antecedentes históricos y legales, principalmente los referentes al ramo de la minería y de las industrias mineralúrgicas, trato de los orígenes de las alteraciones ambientales, de la contaminación de la superficie sólida terrestre, de los ríos y de los mares.

Estudió especialmente la contaminación atmosférica, concluyendo el discurso con las medidas preventivas y posibles soluciones a adoptar.

EL GAS NATURAL UTILIZADO  
COMO COMBUSTIBLE DE VEHICULOS

La firma norteamericana «Pacific Lightin Corp.», de los Angeles, ha puesto a punto un sistema que permite el uso de gas natural como combustible para vehículos de motor, con lo que se reduce la contaminación atmosférica por los gases de escape hasta en un 90 por 100. Este sistema está siendo acoplado a 1.161 coches de dos empresas norteamericanas productoras de gas natural, de forma dual, para que estos vehículos puedan funcionar indistintamente con gas o con gasolina.

En la zona de San Francisco se prueban actualmente cuatro autobuses accionados por máquinas de vapor, patrocinada por el Ministerio de Transportes norteamericano, que la ha subvencionado con 450.000 dólares y que se encuentra orientada a reducir la contaminación atmosférica de la ciudad producida por el empleo de gasolina en los coches actuales.

OBSERVATORIO GEOFISICO EN  
UNA MINA ABANDONADA

En la mina abandonada «Anton» de Schiltach, en la Selva Negra, se instalará un observatorio para registrar con instrumentos de precisión y en un lugar libre de perturbaciones los movimientos mecánicos que temblores, oleajes, y gravedad del sol y de la luna desencadenan en la corteza terrestre.

Para este fin, la fundación de Volkswagenwerk, de Hano-ver, ha puesto a disposición 550.000 marcos. El observatorio será erigido conjuntamente por los institutos geofísicos de las Universidades de Karlsruhe y Stuttgart y el instituto de geodesia de Karlsruhe. Otra de las misiones

del nuevo observatorio es la de completar en trabajo interdisciplinar los conocimientos de la investigación internacional conjunta sobre la corteza de la tierra y su capa superior (hasta una profundidad de mil kilómetros).

Nuevas investigaciones internacionales han descubierto que hasta una profundidad de por lo menos setecientos kilómetros la configuración de la tierra es acusadamente heterogénea. Esta diferencia de estructura de la parte superior de la tierra está relacionada estrechamente con procesos que se trata de explorar y son la causa probable de movimientos tectónicos como la formación de montañas o el desplazamiento de los continentes.

ACARREO DE PETROLEO  
POR SUBMARINO

Un petrolero submarino, movido por energía nuclear y capaz de transportar por debajo de mares cubiertos de hielo, ha sido propuesto como solución económica para traer el petróleo desde las regiones árticas, como el Norte de Alaska, donde han sido descubiertos en fecha reciente grandes yacimientos petrolíferos. La eslora de esta nave sería de 275 metros con 43 metros de manga, y una profundidad de casco de 13 metros. Dotado de hélices gemelas, alcanzaría una velocidad de 18 nudos.

El submarino al navegar sumergido tendría una temperatura uniforme de 2° C y estaría protegido del viento, hielo, olas y tormentas. «En este ambiente constante y protegido, el submarino estará expuesto a mínimos riesgos ambientales, posibilitando un servicio de navegación regular con horarios precisos».

Según los estudios, el petrolero submarino permitirá transportar petróleo desde Alaska hasta la costa Este de Estados Unidos a un costo notablemente menor que el que implicaría la construcción de un oleoducto. Por otra parte, es imposible comparar los costos del transporte con los de un tanquero rompehielo de superficie. Los costos de un sistema superficial dependen de la aptitud de barcos de costo razonable para atravesar los hielos según programas fijos durante todo el año y a velocidades económicas.

El submarino propuesto puede ser cargado aun estando sumergido. Por consiguiente puede ajustar su rumbo según sea necesario para el servicio de otros yacimientos posiblemente descubiertos. Resultaría muy práctico para el transporte de petróleo desde islas del Artico, en caso de encontrarse petróleo allí. También podría preverse el transporte de petróleo a Europa.

Posiblemente podrían estudiarse submarinos hasta de 300.000 toneladas cuando existan astilleros suficientemente grandes para su construcción.

COMPUTADORA PARA  
DATOS HIDROLOGICOS

Un proyecto poco usual, que podría servir de guía para estudios similares, incluye la reunión de todos los datos hi-

drográficos relacionados con Sicilia. Como parte de este estudio, todos los datos sobre el agua han sido incorporados en una computadora Univac 1108 en Roma, enlazada con un terminal de teletipo en Palermo. Cualquier información sobre una región geográfica específica puede ser recuperada al ser consultada la computadora.

MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA  
DERRAMES DE PETROLEO

Los derrames de petróleo no sólo ocurren cuando se averían los petroleros o hay pérdidas en pozos perforados en lecho oceánico. Las gerencias de las plantas están mucho más preocupadas con los derrames que se producen a menudo cuando se rompe o estalla una manguera o tubo en las refinerías, centrales energéticas, depósito de almacenamiento o instalaciones para la venta. «Es necesario reconocer el hecho que dondequiera exista una instalación para el trasiego de petróleo, también hay la posibilidad de derrames».

Para controlar los derrames de petróleo en las aguas es necesario establecer un sistema que incluya planificación, equipos adecuados y entrenamiento del personal. Para este fin, se fabrican productos esenciales que incluyen aguiones de espuma de polietileno y una película plástica provista de contrapesos, además de una espumadera para recoger el petróleo. El punto más importante, consiste en determinar donde ocurrirán posiblemente los derrames, y el entrenamiento de una cuadrilla de obreros para combatirlo en caso de que se produzca.

IDENTIFICACION  
DE RECURSOS

La exploración electrónica, basada en computadora, de los recursos terrestres podría ser un primer paso importante para resolver el problema del hambre en el mundo.

El sistema está formado por dispositivos parecidos a una cámara fotográfica, o exploradores de espectros múltiples, que podrían ser puestos en órbita alrededor de la Tierra, en combinación con instalaciones fijas para elaboración de datos. Estos exploradores mantendrían un «censo» continuo de los recursos terrestres y elaborarían la información para producir sólo los datos significativos y prácticos deseados.

Un mapa ecológico del mundo incluiría información censal sobre puntos tales como el estado de cosechas, distribución de plantas, irrigación, recursos mineros, la distribución de contaminantes en la atmósfera y la observación de desastres naturales, como ciclones e incendios forestales.

PREPARACION DE ARENAS  
PARA FUNDICIONES

La colada de la fundición se hace más fácil gracias al proceso que se describe, de fluidización de la arena usada



en los moldes. El proceso fue inventado en el Instituto de Investigaciones Tsniitnash en Moscú, y consiste en mezclar la arena de moldeo con una pequeña cantidad de agente tensioactivo. Después de la mezcla, se forman burbujas que separan y lubrican los granos de arena, haciendo que fluya como un líquido. Para endurecer la arena, se agrega silicato sódico como aglomerante, más otra sustancia química que hace fraguar el silicato sódico.

Comparada con la arena seca común, la arena fluida contribuye a aumentar la producción. No hay necesidad de apisonarla. Las sustancias químicas empleadas son baratas, pudiendo recuperarse el 75 por 100 de la arena usada por un procedimiento en seco. El período de tiempo desde el moldeo a la colada es corto. Los moldes y hoyos son de dureza uniforme, y el acabado superficial de las piezas coladas informan es excelente.

## Estadística y Economía

### COTIZACIONES (\*)

Productos	Mercados y metales	Precios contado	
		11-11-70	4-11-70
Aluminio ... ..	Londres: Bruto 99 % . £ por Tm. ... ..	257,20	257,20
	París: Primera fusión, 99,50-99,60 %, francos los 100 kg. ....	337	337
Cinc ... ..	Londres: £ por Tm. ... ..	121,375	117,625
	París: Electro o refinado, 99,95 %, francos los 100 kg. ....	185	185
Cobre ... ..	Londres: Barras, £ por Tm. ... ..	460	458,50
	París: Primera fusión, barras 99 %, francos los 100 kg. ....	622	616
Estaño ... ..	Londres: £ por Tm. ... ..	1.509,50	1.514,50
	París: Refinado, francos los 100 kg. ....	20,59	20,71
Mercurio ... ..	Londres: £ por frasco de 76 libras ... ..	148	148
Níquel ... ..	Londres: 99 %, £ por Tm. ... ..	1.246,50	1.246,50
Plomo ... ..	Londres: £ por Tm. ... ..	117,125	117,625
	París: Dulce, sin refinar, en barras, 99,9 %, francos los 100 kg. ...	162	162
Volframio... ..	Londres: Chelines por Tl. ... ..	560	548,50

(\*) Por las dificultades informativas con Inglaterra se repiten las cotizaciones aparecidas en el núm. de nov.-diciembre.

## Información legislativa

### PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cádiz, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
277	18762	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de La Coruña, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
277	18763	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
277	18764	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lugo, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
277	18764	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Oviedo, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
277	18764	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, otorgando la concesión directa de explotación minera que se cita.
277	18765	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
277	18765	19-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Vizcaya, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
278	18818	20-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Burgos, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
278	18818	20-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
279	18893	21-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
282	19140	25-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guipúzcoa, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
282	19140	25-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
282	19141	25-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
282	19142	25-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Zamora, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
284	19278	27-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Burgos, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
284	19281	27-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
284	19282	27-XI-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Teruel, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
289	19681	3-XII-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
289	19683	3-XII-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Gerona, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
289	19683	3-XII-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Pontevedra, caducando el permiso de investigación minera que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
280	19683	3-XII-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
280	19684	4-XII-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Teruel, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
312	21098	30-XII-70	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el perímetro que se indica, comprendido en las provincias de Málaga y Cádiz.
312	21098	30-XII-70	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el perímetro que se indica, comprendido en las provincias de Huelva y Sevilla.
312	21098	30-XII-70	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
3	97	4-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Oviedo, caducando la explotación minera que se cita.
3	97	4-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
3	97	4-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
3	97	4-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Almería, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
3	97	4-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Almería, caducando las concesiones de investigación minera que se cita.
4	153	5-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
4	153	5-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lugo, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
4	153	5-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lugo, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
4	154	5-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Oviedo, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
4	154	5-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
6	242	7-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
7	290	8-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
7	290	8-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
7	290	8-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
10	503	12-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Avila, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
10	503	12-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
10	503	12-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cáceres, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
11	553	13-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
11	553	13-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, caducado los permisos de investigación minera que se citan.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
11	553	13-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
11	553	13-I-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
25	1414	29-I-71	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, publicando que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Soria.
28	1630	2-II-71	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, publicando que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Salamanca.
29	1706	3-II-71	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, publicando que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones de explotación de minerales de cobre en el perímetro que se indica, comprendido en las provincias de Lérida y Huesca.
34	2110	9-II-71	Ind.	Resolución de la Delegación de Minas, publicando que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Salamanca.
HIDROCARBUROS				
277	18761	19-XI-70	Ind.	Corrección de errores del Decreto 3077/1970, de 22 de agosto aprobando la concesión de «Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A.» y «Sociedad de Explotaciones de Petróleos Españoles, S. A.», a «Refinerías de Petróleos de Escombreras, S. A.», en un 1/3 y 1/3 por 100 en los permisos de investigación de hidrocarburos de zona I (Península), «Letur» y nueve más.
287	19523	1-XII-70	Ind.	Decreto 3352/1970, de 5 noviembre, aprobando el contrato de cesión de «Gao Of Spain» al I. N. I., de su participación en seis permisos de investigación de hidrocarburos.
293	19977	8-XII-70	Ind.	Decreto 3483/1970, de 12 de noviembre, otorgando segunda prórroga del permiso de investigación de hidrocarburos líquidos y gaseosos, solicitada por CAMPSA-CALSPAIN-TEXPAIN.
52	3434	2-III-71	Ind.	Decreto 340/1971, de 18 de febrero, otorgando la tercera prórroga, excepcional de permisos de investigación de hidrocarburos líquidos y gaseosos, solicitada por CIEPSA, SEPE, ENPASA.
285	19371	28-XI-70	Ind.	Orden de 27 de octubre de 1970, autorizando el levantamiento en la reserva definitiva a favor del Estado, de yacimientos de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos «Córdoba Segunda», de la provincia de Córdoba.
285	19372	28-XI-70	Ind.	Corrección de errores de la Orden de 30 de septiembre de 1970, adjudicando la investigación de las áreas de determinados bloques o subzonas en que quedó dividida la reserva a favor del Estado de la provincia de Huelva.
RESERVAS				
296	20118	11-XII-70	Ind.	Orden de 20 de noviembre de 1970, adecuando el perímetro de coordenadas geográficas, se divide en bloques y determina la modalidad de las investigaciones de la zona reservada para potasas, en las provincias de Barcelona y Lérida.



B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
296	20120	11-XII-70	Ind.	Orden de 25 de noviembre de 1970, autorizando el levantamiento de la reserva definitiva a favor del Estado, para carbón en el área II de Benisalem, y continuación de la misma en el área II de Selva (Mallorca).
17	859	20-I-71	Ind.	Orden de 15 de enero de 1971, modificando la reserva provisional a favor del Estado, existente en la provincia de Guadalajara, por adecuación del perímetro comprendido en la provincia de Guadalajara y Madrid, y prórroga en su vigencia.
18	923	21-I-71	Ind.	Orden de 15 de enero de 1971, autorizando la modificación de reserva a favor del Estado en la Zona Sur de la provincia de Murcia, por adecuación del perímetro y prórroga en su vigencia.
33	2023	8-II-71	Ind.	Orden de 15 de enero de 1971, autorizando la reserva provisional a favor del Estado para investigación en la zona de «Bailén-Linares» (Ciudad Real, Jaén y Córdoba).
52	3485	2-III-71	Ind.	Orden de 17 de febrero de 1971, prorrogando la reserva provincial a favor del Estado, para investigación de minerales de hierro, en perímetro comprendido en las provincias de Alava, Santander y Vizcaya.
27	1506	1-II-71	Ind.	Orden de 26 de enero de 1971, prorrogando la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en zona del Valle de Alcudía de la provincia de Ciudad Real.
VARIOS				
280	18966	23-XI-70	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, publicando la autorización concedida a la «Heredad Roque Grande», para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de monte de propios de Valsequillo (Las Palmas).
280	18969	23-XI-70	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, concediendo autorización a «Empresa Nacional Hidroeléctrica Ribagorzana», para aprovechar aguas subálveas del torrente de Can Balasch, en términos municipales de Castellsbisbal y Rubí (Barcelona).
280	18971	23-XI-70	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, concediendo autorización a doña Mercedes Vives Vida, para aprovechar aguas subálveas del Río Grande en término municipal de Barbará (Tarragona), con destino a riesgos.
280	18972	23-XI-70	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, concediendo autorización a D. Agustín Menéndez Menéndez, para aprovechar aguas subálveas del Arroyo Lasala, en término municipal de Caldevilla de Acio. Ayuntamiento de Cangas del Narcea Oviedo, con destino a usos domésticos.
296	20114	11-XII-70	Gob.	Orden de 21 de noviembre de 1970, declarando de utilidad pública el manantial denominado Fuente Miña, emergente en el término municipal de Casarabonella (Málaga).
53	3514	3-III-71	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Málaga, publicando la declaración de minero-medicinal de las aguas del manantial que se cita.

## Notas bibliográficas

### GEOFISICA

ANDRÉ DOURY: *Etude de L'évolution a grande distance des masses d'air marquées par une explosion nucléaire et reconstrées par un ballon plafonnant dans le Pacifique Sud.* «Rapport CEA-R 4093», 32 pág., 1970.

Durante los días 3 y 4 de septiembre de 1968, un encuentro fortuito se produjo en el Pacífico, entre un globo encargado de efectuar medidas de rayos solares a 100 mb. y masas de aire radiactivas procedentes de un ensayo nuclear reciente.

Después de haber construido durante varios días las trayectorias de diferentes elementos de esa masa de aire, y dados algunos órdenes de dimensión de los niveles de radiactividad previstos, se comenta y tiende a interpretar las circunstancias del encuentro, así como los niveles y las formas de las señales transmitidas por el globo.

Los movimientos de las nubes y del globo se consideran en las tres dimensiones del espacio, y las incertidumbres de posición y de altitud las discuten los autores.

Las enseñanzas son conducidas hacia el interés de las informaciones suministradas por los globos, comportan claramente las posibilidades de verificación de los cálculos de las trayectorias, de las dimensiones y de los niveles de contaminación de las nubes radiactivas evolucionando a distancia grande.—L. DE A.

HENRY FERRIEUX: *Ondes seismiques de compression liées aux explosions nucléaires souterraines du Sahara.* «Rapport CEA-4105», 41 pág., 1970.

En una primera parte, hace el autor un análisis bibliográfico teórico, concerniente a la generación de ondas sísmicas de compresión.

Destaca la influencia de diferentes parámetros, ligados a los medios de las condiciones de la explosión, sobre la amplitud de estas ondas.

En la segunda parte, confronta los resultados experimentados de la explosión efectuada en el Sahara, con las consideraciones teóricas enunciadas precedentemente.

Las leyes de amplitud son de la forma clásica:

$$A = KW^n \text{ o } d^{-m}$$

donde W es la energía del explosivo y d la distancia de los puntos de medida.

Una particularidad de los resultados de estas explosiones, reside en la puesta en evidencia de las leyes de amplitudes dependientes del emplazamiento geográfico de los puntos de voladura en el macizo.—L. DE A.

FRANÇOIS DUCLAUX: *Etude seismique des tirs nucléaires méthodes de mesure.* «Rapport CEA-R 4091», 25 págs., 1970.

Después de pasar revista a los diferentes métodos utilizados en Francia para el estudio, por vía sísmica, de las explosiones nucleares subterráneas, expone el método utilizado en un radio de cincuenta kilómetros alrededor de la voladura francesa del Sahara.

La comparación entre los diversos métodos pone en evidencia numerosas similitudes.

Los métodos utilizados fuera de Francia, se distinguen por su amplitud y la riqueza de los medios puestos en práctica. La técnica utilizada en el Sahara, se caracteriza por una importante concentración de medios de medida permanentes alrededor de los lugares de la explosión.—L. DE A.

K. HINZ with a contribution by A. J. Pannekoek: *Seismic reflection measurements with a pneumatic sound source in the ria de Arosa (NW. Spain).* «Leidse Geologische Medelingen». Vol. 37, págs. 169-184, 1970.

Durante 1968, fueron efectuados en la ría de Arosa (Galicia), perfiles sísmicos, con una longitud total de ciento cincuenta kilómetros por la Bundesanstalt für Bodenforschung (Hannover), con la colaboración de dos miembros del Departamento de Geología de la Universidad de Leiden (Holanda). Los perfiles revelan a una profundidad de 7-12 metros por debajo de arcillas marinas del Holoceno, la existencia de depósitos estratificados con un espesor de cerca de 30 metros (y hasta más de 60 en la parte exterior de la ría). Los depósitos estratigráficos tienen que haber sido formados durante un tiempo en que el nivel del mar fue bajo, probablemente durante las glaciaciones Riss y/o Würn. Estos depósitos pueden representar parcialmente deposiciones del río Ulla, pero en su mayor parte son conos de deyección fluviales de sus tributarios.—L. DE A.

### GEORAFIA FISICA

A. J. PANNEKOEK, LEIDEN: *The application of graphical methods to the piedmont relief of the Cantabrian Mountains, Spain.* «Annales de Geomorphologie», tomo suplemento 10, 1970, págs. 88-103, 3 figuras y 2 mapas.

La parte central de los Montes Cantábricos está bordeada al S. por un basto «piedmont», que se extiende ampliamente por los depósitos movedizos de edad miocena de la cuenca del Duero. Está separado de la cadena Cantábrica por

un escalón subsecuente desarrollado sobre capas poco resistentes, de edad cretácea superior de la flexión marginal.

Ha obtenido un primer esbozo de una carta morfológica del «piedmont», construyendo una superficie envolvente por el método de curvas de nivel generalizadas. En él se pueden distinguir los elementos siguientes: 1) Superficies altas, en gran parte cortadas, que representan los conos de los glaciares de los grandes ríos saliendo de la cadena. 2) Estas superficies son bordeadas hacia arriba por escalonadas desarrolladas a veces sobre el paleozoico, a veces sobre el conglomerado eoceno. 3) Varios niveles de terrazas, desembocan sobre todo, a lo largo del Carrión y del Orbigo, alargándose hacia arriba, donde destacan las altas superficies cónicas. 4) No obstante hacia abajo, las altas superficies y las terrazas son arrastradas por amplios valles en un paisaje ondulado, en el cual se encuentran obstáculos cubiertos de grava, testigos de antiguas superficies cónicas o de terrazas superiores.

Establece diagramas para las distancias horizontales de las curvas de nivel y se encuentra que los perfiles longitudinales de las terrazas y de las superficies altas de los conos aprovechan estas parábolas.

Prolongando las superficies parabólicas de los antiguos conos hacia abajo, donde ellas no existen, se puede reconstruir muy aproximadamente su extensión primitiva. Parece que la red fluvial, no solamente de la parte preservada al gran cono del Carrión, sino también hacia abajo donde la superficie ha desaparecido, es radial con relación a la superficie así reconstituida. Esta superficie ha debido extenderse hasta la superficie del Páramo, con la cual se confunde.

Es probable que el Esla, el río más importante de la región siga sobre una cierta distancia un curso radial sobre el cono del Carrión, que la empuja hacia el SW., de suerte que puede recoger las aguas de los ríos más occidentales. Más hacia abajo el Esla puede haber ocupado el cauce entre los grandes conos del Carrión y del Orbigo.

El Carrión, al contrario, ocupa todavía una posición mediana sobre el cono de drenaje radial, de suerte que este río no recibe más afluentes sobre una distancia de sesenta kilómetros y está mucho menos entallado que los otros ríos grandes.

Es lamentable que un trabajo hecho en España, tenga los resúmenes exclusivamente en alemán, inglés y francés.—L. DE A.

A. J. PANNEKOEK: *Additional geomorphological data on the ria Area of Western Galicia (Spain)*. «Leiden Geologische Mededelingen». Vol. 37, págs. 185-194, 1970.

Enfoca la geomorfología de Galicia Occidental, tomando en consideración la monografía de Nonn (1966). Y presenta un mapa de representación del relieve, tal como fue definido por Stearns y Pannekoek (1967), dando al mismo una interpretación. Este mapa, muestra más claramente un mapa de contornos ordinarios ya que las características principales del relieve no son controladas por las alineaciones

del basamento hercínico, sino por fallas de origen hercínico tardío o poshercínico, algunas de las cuales pueden haber sido reactivadas durante el Terciario.

El autor está de acuerdo en cuanto se refiere a la evolución geomorfológica, con la mayoría de las conclusiones de Nonn, aunque hay alguna divergencia en puntos de poca importancia. Los macizos montañosos aislados, cubiertos por restos de «pediplain» más viejos, existían ya en el Mioceno superior. Las depresiones entre estos macizos incluida la depresión mediana alargada, son el resultado de una erosión a lo largo de la falla preexistentes, primero durante el Mioceno y consecutivamente durante el Plioceno. Solamente unas cuantas depresiones son bordeadas por escarpas de fractura de origen post-Pontense.

Realiza el autor una tentativa de reconstrucción de la topografía del Mioceno superior y del Plioceno.—L. DE A.

## GEOLOGIA

EDUARDO CLAVELL, GERARD DEALQUE y SALVADOR REGUANT: *La situación estratigráfica de las margas de Bañolas*. «Acta Geológica Hispánica», año V, núm. 4, septiembre-octubre de 1970, págs. 94-96.

Demuestran que las margas de Bañolas (Almela y Ríos, 1943), y las margas que se sitúan encima de la «caliza de Taverne» (Reguant, 1967) entre Vie y El Far son dos formaciones distintas. Estas últimas se pueden llamar «margas de El Coll de Malla» y son de edad Biarritzense inferior, mientras que las «margas de Bañolas» son posiblemente del Luteciense inferior o medio.—L.

MERCADAL, B., VILLALTA, J. F., OBRADOR, A. y ROSELL, J.: *Nueva aportación al conocimiento del Cuaternario menorquín*. «Acta Geológica Hispánica», año V, septiembre-octubre de 1970, págs. 89-93.

En esta nota se estudian unos materiales sedimentarios bajo la acción del viento, que han suministrado abundante fauna, cuyo estudio permite conocer la posición estratigráfica de los mismos y, además se intenta establecer una síntesis general de los depósitos cuaternarios eólicos de la Isla de Menorca.—L.

L. SOLÉ SUGRAÑES y P. MASCAREÑAS: *Sobre las formaciones Ager y Bagà del Eoceno del Cadí (Prepirineo Oriental) y de unos pretendidos olistolitos del mismo*. «Acta Geológica Hispánica», año V, núm. 4, septiembre-octubre de 1970, págs. 97-101.

Definen en el Eoceno del Prepirineo oriental, entre los ríos Segre y Freser, la Formación Bagà y dos miembros de la Formación Ager: calizas con alveolinas y margas del Clot del Moro. Discuten también el origen y signifi-

cación de los afloramientos de yesos triásicos y otros de calizas con Foraminíferos incluidos en la formación de Bagà y que habían sido interpretados como olistolitos. Llegan a la conclusión de que el afloramiento de las calizas con foraminíferos es un bloque gravitacional subaéreo posteocénico, y que los otros dos están relacionados con accidentes tectónicos.—L.

GEORGES MILLOT: *Geología de las arcillas, meteorización, sedimentología, geoquímica*. Traducción por W. Farrand y H. Paquet. 85 figuras, 2 láminas en color, 15 tablas. XVI, 429 páginas, 1970.

El autor, Prof. de Geología en la Universidad Estrasburgo ha sido alumno de Jacques de Lapparent, fallecido en 1948, al cual según Millot, se le deben fundamentales avances en el estudio de las arcillas. Su sucesor en la cátedra, fiel a las enseñanzas del maestro, amplía en la presente obra los conocimientos adquiridos en esta rama de la Geología.

El autor dedica su obra a los Profs. C. W. Correns, de la Universidad de Göttingen (Alemania) y R. E. Grim, de la Universidad de Urbana (Estados Unidos).

Objeto de su obra, nos dice Millot, es la compilación de los conocimientos sobre el origen y desarrollo de los silicatos hasta ahora logrados, desde su origen en la meteorización hasta su transformación motivada por el metamorfismo.

Teniendo en cuenta la abundancia de trabajos sobre este tema, el autor se ve obligado a limitar su bibliografía. Entre los nombres que figuran en ésta, se encuentran los de algunos españoles (Martín-Vivaldi, Fontboté, Rosell, Colom, Truyols, Cano Ruiz, Sánchez Camazano). Sorprende, sin embargo, la ausencia de citas de otros trabajos de autores españoles, también importantes.

Se alude luego a las dificultades en obtener un criterio sobre la génesis de las arcillas, con el cual se hallen conformes los investigadores, ya que tan diversos son los medios en donde se constituyen. Señala después algunas de las falacias que persisten en la geología de las arcillas, a pesar de haberse demostrado su falsedad.

El prólogo concluye expresando el autor su agradecimiento a cuantos han ayudado a la publicación de su obra.

Siguen luego unas breves observaciones de los traductores respecto al significado más acertado de algunos términos.

La obra se divide luego en doce capítulos. El primero expone los grupos que comprenden los minerales de la arcilla: grupo de la caolinita, grupo de la mica, grupo de la montmorillonita, grupo de la clorita, grupo de la vermiculita, minerales arcillosos estratificados, grupo de la atalpulgita, sepiolita y paligorskita, óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.

Como conclusión de este capítulo se señala el valor y los peligros de la nomenclatura.

El capítulo segundo trata de las rocas arcillosas y comprende tres subcapítulos: historia de las investigaciones sobre la geología de la arcilla; clasificación y textura; rocas arcillosas de origen hidrotermal y de origen volcánico.

El capítulo tercero estudia la geoquímica de los iones de la hidrosfera.

El primer subcapítulo trata de la conducta de los iones en el agua; el segundo subcapítulo, de la solubilidad de la sílice y de la alúmina; el tercero, de la hidrólisis de los silicatos.

El capítulo cuarto describe el papel que desempeñan las arcillas en el ciclo geoquímico, que comprende las siguientes cuestiones: geoquímica de las series sedimentarias normales; interpretación geodinámica de las series sedimentarias, normales geoquímicamente; secuencias sedimentarias positivas y negativas; las series evolutivas de origen edafológico; confrontación y aspecto general de las series sedimentarias; el lugar que ocupan las arcillas en la parte superficial del ciclo geoquímico.

El capítulo quinto trata de la meteorización y de las arcillas del suelo y comprende: el mecanismo de la meteorización; la arenización; las arcillas del suelo. Entre las conclusiones de la arenización se habla del mito de la caolinización de los feldespatos, ya que el papel principal de ella, es decir, de la meteorización feldespática, es la hidrólisis, en tanto que la caolinización es un fenómeno posterior y no siempre efectivo en todos los climas salvo en los tropicales, en donde adquiere una gran importancia.

El capítulo sexto se dedica a las arcillas de los sedimentos continentales, y comprende los siguientes subcapítulos: depósitos glaciares eólicos; depósitos fluviales y estuarios; las facies siderolíticas; las series detríticas rojas; los «coal measures» (carbonífero productivo en Inglaterra), la argillita (Tonstein); las arcillas lacustres; las analcimolitas.

El capítulo séptimo trata de las arcillas sedimentarias marinas, dividido en ocho subcapítulos: sedimentos marinos actuales; series detríticas desde las areniscas, grauvacas, flysch, molasa (hasta las pizarras y argillitas; series alternantes. Las series margo-carbonatadas; la sedimentación alcalina con atalpulgita, sepiolita y montmorillonita. Los sedimentos glauconíticos. Las arcillas de los yacimientos de hierro. Las facies hipersalinas. Conclusiones.

El capítulo octavo estudia la evolución de la fracción arcillosa en algunas series sedimentarias de gran amplitud y comprende los cinco subcapítulos siguientes: Las areniscas cambro-ordovícicas del Sahara Central. El carbonífero de los Estados Unidos de Norteamérica. La sedimentación arcillosa triásica de Marruecos y Francia. Los minerales arcillosos de las cuencas terciarias del África occidental. Visión sinóptica de la evolución de las arcillas en las grandes series sedimentarias.

El capítulo noveno comprende la silicificación, el peder-nal o sílex, el crecimiento de los cristales. Los subcapítulos tratan de los datos químicos, mineralógicos, geológicos y petrográficos. La silicificación y el crecimiento de los cristales.

El capítulo décimo trata de la génesis de los minerales de la arcilla su herencia y su transformación.



El capítulo undécimo estudia la neoformación en la naturaleza y la síntesis en el laboratorio de las arcillas.

El capítulo duodécimo y final describe la geoquímica superficial y el ciclo de los silicatos.

La presentación de esta obra es excelente, la acostumbra da de esta editorial.—J. G. DE LL.

#### GEONUCLEONICA

M. HURLEY y colaboradores: *Variations in isotopic abundances of strontium, calcium, and argon related topics*. «M. I. T.-1981», 18 informe, 1970, 159 págs. Cambridge, Massachusetts, 1 diciembre 1970.

En este decimoctavo informe anual, tan interesante como los anteriores, se da cuenta de los siguientes estudios regionales:

Datación radiométrica de las rocas precámbricas de Corea, Nuevo trabajo de las series Katarchean Imataca de Venezuela, Edad de los granitos del tipo Barre, del este de Vermon, Edad Rb-Sr de la roca conjunta del complejo Kanuku de Guyana, Edad de la provincia Liberiana (ca. 2.700 m. a.) y provincias adyacentes en Liberia y Sierra Leona, Relación de la edad radiométrica de las rocas graníticas cercanas a Calais, Maine, de la orogenia Acadense, Edad radiométrica de las intrusiones del paleozoico medio en el escudo mobil apalachiano-caledoniano, Relaciones iniciales Sr<sup>87</sup>/Sr<sup>86</sup> en los terrenos de granulita piroxénica, Investigación isotópica Rb/Sr. de rocas en conjunto de las granulitas de Africa del Este.

También dan cuenta de las siguientes tesis: «Ph. D.», El papel de la lertzolita y piroxenita granatífera en la constitución del manto superior, Formaciones de hierro del precámbrico canadiense, sus edades y elementos traza en su composición, Edad e investigaciones paleomagnéticas en los diques diabásicos precámbricos.

Entre las técnicas figuran: Procesos de dato y verificación de espectrómetros de masas, Evaluación por fluorescencia de rayos X y espectrometría de masas de Rb y Sr en algunos silicatos patrón.

Completa el tomo la acostumbrada sección de asuntos diversos, resúmenes de las comunicaciones presentadas a Congresos y bibliografías de las obras recibidas. — L.

PIERRE TAVERÓN y BERNARD BOITEUX: *Mesure directe de l'argon atmosphérique par spectrométrie de masse*. «CEA-R 4016», 11 págs., 1970.

La comunicación tiene por objeto evidenciar que la medida directa por espectrometría de masas, del argón atmosférico, no es muy precisa si el aparato se ha calibrado con argón atmosférico.

Se mejora notablemente la precisión utilizando mezclas tipo precisas.—L. DE A.

ANDRÉS GALOFRÉ TORREDEMÉR: *Hidrología de la cuenca de la riera de Argentona*. «Agua», septiembre-octubre 1970, páginas 31-42.

En el trabajo a que nos referimos, llega el autor a las siguientes conclusiones:

1) En la cuenca de la riera de Argentona, excavada en los materiales graníticos de la Cordillera Litoral Catalán, existe un acuífero libre aluvial, formado por las arenas gruesas y finas procedentes de la erosión del granito que forma el zócalo. De este acuífero procedía hasta junio de 1968 la totalidad del agua usada en la zona.

2) En este acuífero, de profundidad media de unos 30 metros se pueden distinguir unas ciertas unidades hidrogeológicas. a) Acuífero utilizado totalmente en las captaciones de Dosrius. b) Cubeta de Argentona con algunos acuíferos laterales. c) Cubeta de Cerdanyola. d) Valle bajo de riera.

3) En este acuífero se hallan numerosas captaciones, casi todas ellas mediante pozos abiertos y minas, cuya agua se destina a: a) Abastecimiento de Dosrius, Argentona y Barcelona (captaciones de Dosrius), con unos 3 hm<sup>3</sup>/año. b) Abastecimiento de Mataró, con unos consumos que oscilan entre 2 y 5 hm<sup>3</sup>/año. Actualmente debe haber disminuido mucho en razón de los caudales aportados a Mataró, procedentes del nuevo abastecimiento de Barcelona con aguas del Ter 5 hm<sup>3</sup>/año.

4) Actualmente en la propia riera, esta intrusión salina no existe, excepto en la misma ciudad de Mataró. — L. DE A.

FANCISCO VILARÓ: *Conceptos básicos en la explotación conjunta de aguas superficiales y subterráneas*. «Agua», septiembre-octubre, 1970, págs. 2-11.

Después del detenido estudio el autor llega a unas conclusiones, con las cuales estamos totalmente de acuerdo, ya que siempre he sostenido que las aguas superficiales y subterráneas, debían considerarse conjuntamente y principalmente por aquellas personas especializadas en geología y labores subterráneas.

Las conclusiones son las siguientes:

Dada la concepción de la hidrología y sus métodos, no pueden considerarse por separado los recursos superficiales y los subterráneos.

Los recursos superficiales y subterráneos no son aditivos y el volumen que se explote de unos y de otros depende de los métodos operativos aplicados a la explotación.

La utilización conjunta de embalses superficiales y subterráneos de forma planificada puede mejorar sensiblemente la explotación de los recursos hidráulicos de una región.

La recarga artificial es un excelente método que permite una mejor integración de los elementos físicos de la cuenca en la regulación, distribución y mejora de la calidad de los recursos hidráulicos, pero su aplicación está condicionada a factores físicos, económicos y sociales que deben tenerse muy en cuenta.—L. DE A.

## PREMIO DE PERIODISMO

# “SANTA BARBARA”

CONVOCATORIA PARA 1971

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio “SANTA BARBARA” para 1971, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la importancia de LA GEOLOGIA COMO BASE DE LA INGENIERIA CIVIL.

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al premio se precisa que el trabajo se haya publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas entre las revistas, aquellas que sean técnicas y entre los autores quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1972.

La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar en los primeros meses del año 1972.

Ríos Rosas, 23

MADRID-3

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

## Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

## Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

## Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

## Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

# PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS POR EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

## MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:50.000

Hoja y Memoria 250 pesetas.

N.º 31, Ribadesella (Asturias).

N.º 502, Matilla de los Caños del Río (Salamanca).

N.º 54, Ríoseco (Asturias).

N.º 79, La Puebla de Lillo (Asturias).

N.º 503, Las Veguillas (Salamanca).

N.º 501, Fuente de S. Esteban. (Salamanca).

Memoria núm. 1.118-24, Granadilla de Abona y las Galletas .....	100 pesetas.
» » 1.110 Isora .....	100 »
» » 1.104 Tenerife.....	100 »
» » 1.111 Güímar.....	100 »

## MAPA GEOLOGICO NACIONAL DE SINTESIS, Escala 1:200.000

Hoja y Memoria 400 pesetas.

N.º 1, La Coruña.

N.º 11, Reinosa.

2, Avilés.

12, Bilbao.

3, Oviedo.

17, Orense.

4, Santander.

18, Ponferrada.

5, Bermeo.

19, León.

7, Santiago de Compostela.

20, Burgos.

8, Lugo.

29, Valladolid.

9, Cangas de Narcea.

32, Zaragoza.

10, Mieres.

## MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:400.000

Hojas N.º 1-2 y 9-10, correspondientes a Galicia, cada hoja..... 200 pesetas.

## MAPA LITOLOGICO DE ESPAÑA PENINSULAR E INSULAR Escala 1:500.000

En cuatro hojas más leyenda (puede formarse como mural) con nota explicativa.... 700 pesetas.

## MAPA GEOLOGICO DEL SAHARA ESPAÑOL, Escala 1:200.000

En 14 hojas correspondientes a las Zonas Norte y Central, cada hoja..... 300 pesetas.

## MAPA DE SINTESIS DE SISTEMAS ACUIFEROS DE ESPAÑA PENINSULAR, BALBARES Y CANARIAS

Escala aproximada 1:1.660.000..... 100 pesetas.

## MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Cada tomo 300 pesetas

Tomo 76: Guía Geológico-Minera de la Provincia de Madrid, (con mapa provincial, Escala 1:200.000), por Perez Regodón.

Tomo 77: Sobre la Geología de la provincia piritífera del SO. de la Península Ibérica, por G. K. Strauss.



## PUBLICACIONES EN PRENSA, PROXIMA APARICIÓN

### MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:50.000

Hoja y Memoria 250 pesetas.

Hoja y Memoria N.º	937, El Cerro de Andévalo.	Hoja y Memoria N.º	536, Guadalajara.
»	» 938, Nerva.	»	» 537, Auñón.
»	» 960, Valverde del Camino.	»	» 538, Villar del Ciervo.
»	» 991, Iznalloz.	»	» 525, Ciudad Rodrigo.
»	» 1.009, Granada.	»	» 552, Fuente Guinaldo.

### MAPA GEOLOGICO NACIONAL DE SINTESIS, Escala 1:200.000

Hoja y Memoria 400 pesetas.

N.º 21, Logroño.	N.º 36, Vitigudino.
» 24, Berga.	» 40, Daroca.
» 27, Verín.	» 43, Plasencia.

### MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:400.000

Hoja núm. 17-18 correspondiente al S. de Galicia y N. de Portugal, hoja..... 200 pesetas.

### MAPA DE RECONOCIMIENTO HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS

Precio..... 300 pesetas.

### MEMORIA DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Cada tomo 300 pesetas.

Tomo 78.—Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del N. de España.

Tomo 79.—Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa.

Tomo 80.—Estudio Geológico de la Provincia de Alava.

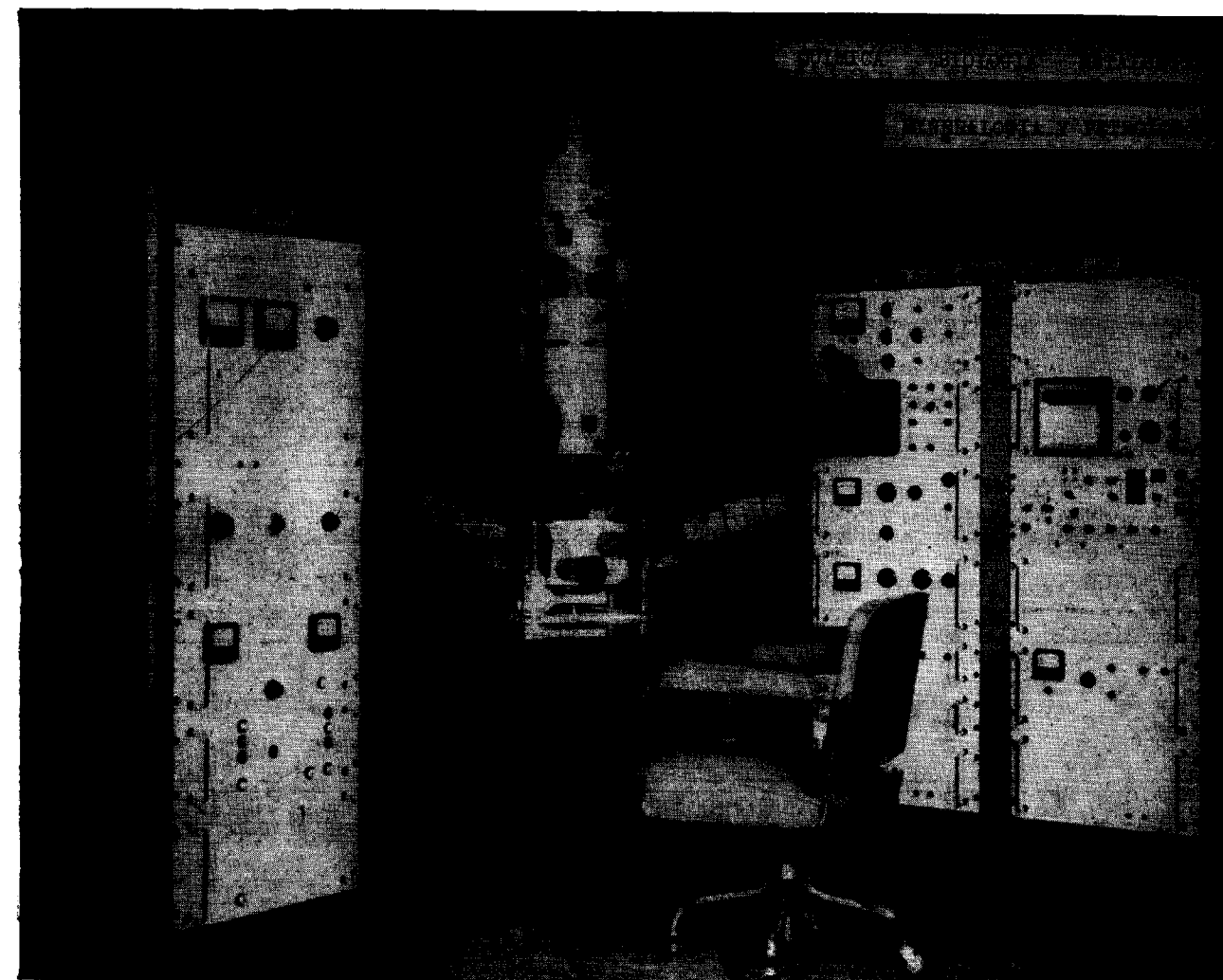
## BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

Editados los 6 fascículos correspondientes al  
Tomo 81, Año 1970

### NUEVOS PRECIOS DE SUSCRIPCION A PARTIR DEL 1 DE ENERO DE 1971

	España	Extranjero
1 año.....	900 pesetas.	1.350 pesetas.
2 años.....	1.700 »	2.500 »
3 años... ..	2.400 »	3.600 »

## LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

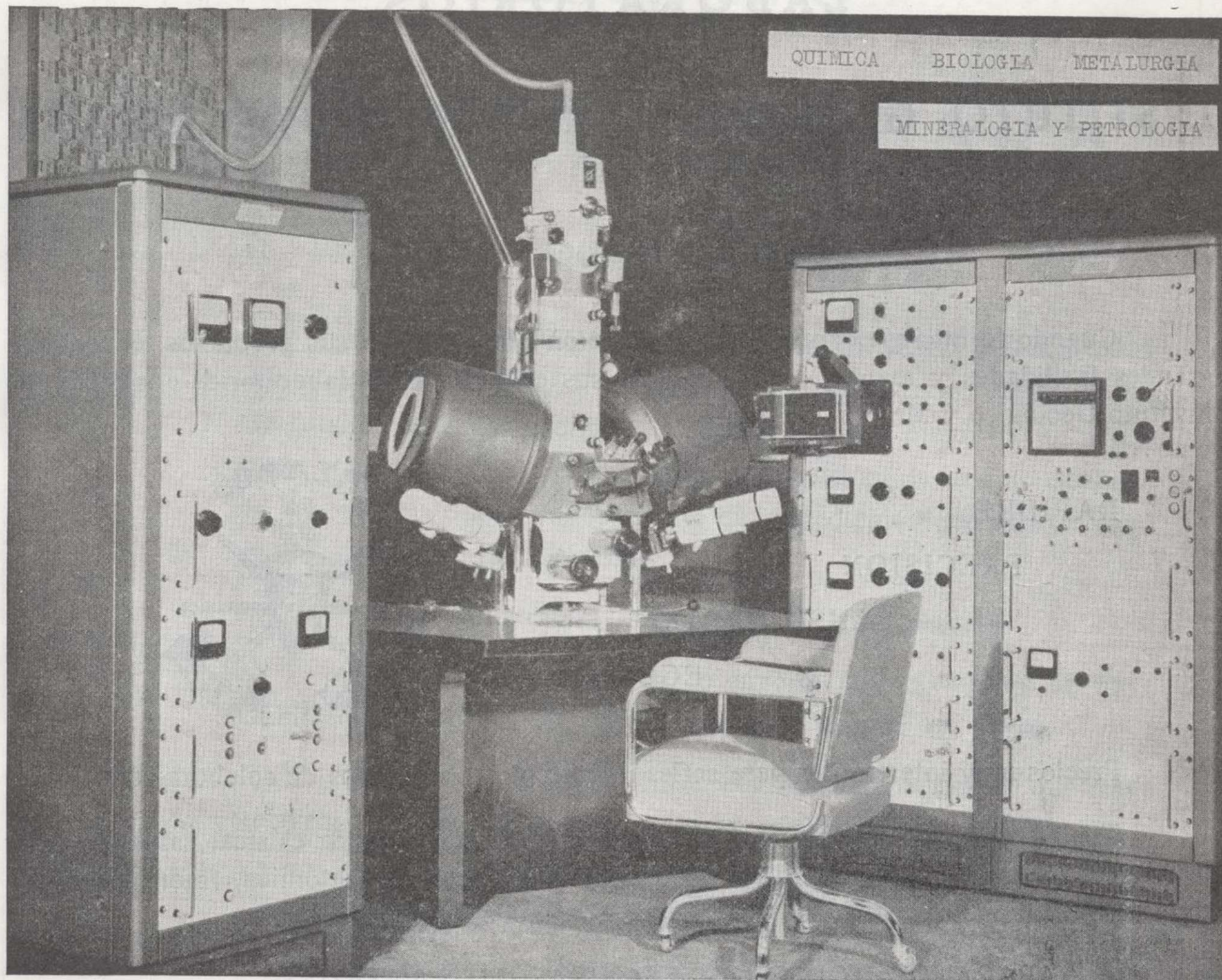
Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3



# 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

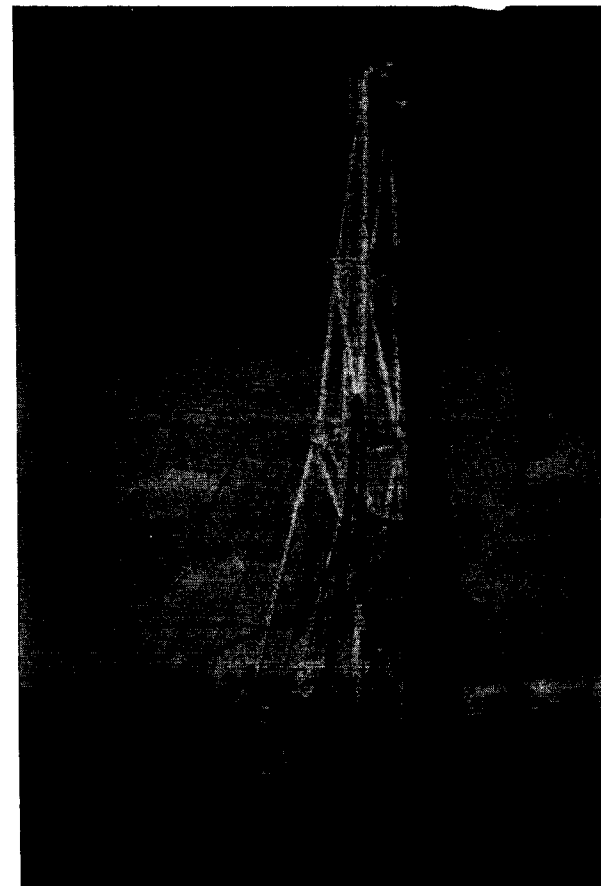
Madrid-3



# Kaolines de Lage, S. L.

Lage (La Coruña)

**Kaolines**  
lavados para las  
industrias papelera y  
cerámica



## ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 300 mts.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento de pozos arenados.
- Testificación eléctrica (PS y Resistividad).
- Acidificaciones.

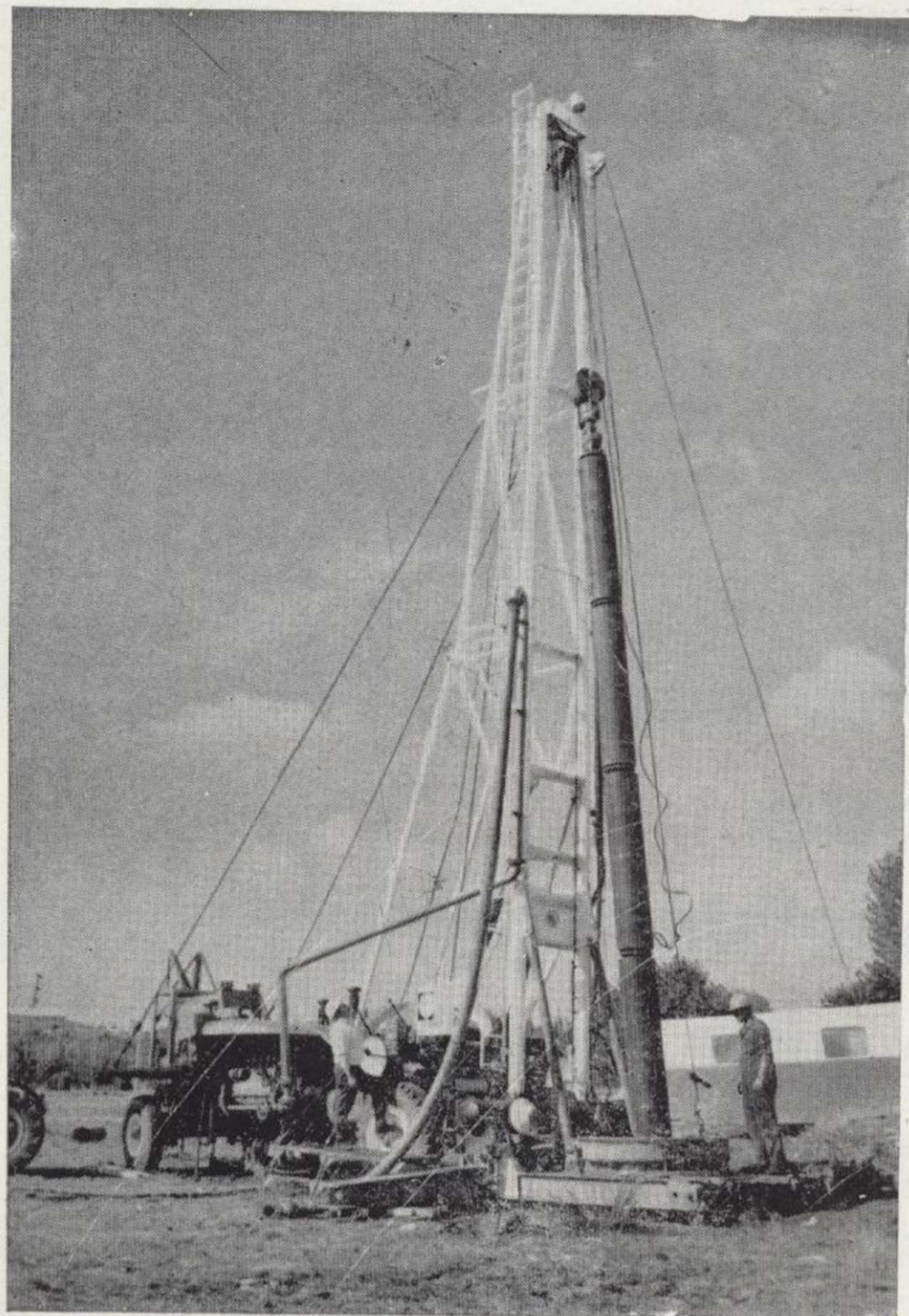
## AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso  
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72  
MADRID - 16

### SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR Y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».  
Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm.  
Sacamuestras especiales a percusión.  
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.





## ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

# AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

## SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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