

En este número:

- Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas.
- Los Hyolitha del Cámbrico y Ordovícico de Sierra Morena y Montes de Toledo y su interpretación Paleozoológica.
- Las corrientes del Estrecho de Gibraltar, una importante fuente de energía.
- Relación entre la estructura profunda de la corteza terrestre y magmatismo alcalino en zonas de rift continental.
- Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 T. XC, Sexto Fascículo. Noviembre-Diciembre 1979

boletín geológico y minero

geología • minería • aguas subterráneas • estudios de minerales • mineralurgia





**exploración, investigación e
ingeniería de desarrollo de recursos
del subsuelo y plataforma continental**



**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

**domicilio social y gerencia:
serrano, 116. madrid-6
☎ 262 41 10***

**protección del medio ambiente
y tratamiento de residuos
urbanos e industriales**

**centro de investigación "juan gavala"
carretera de andalucía, km. 12
getafe (madrid)
☎ 797 34 00***

**ordenación geológica
de la infraestructura para el
desarrollo regional**

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS



- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento de pozos arenados.
- Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).
- Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

Testiguelo 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 500 m.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

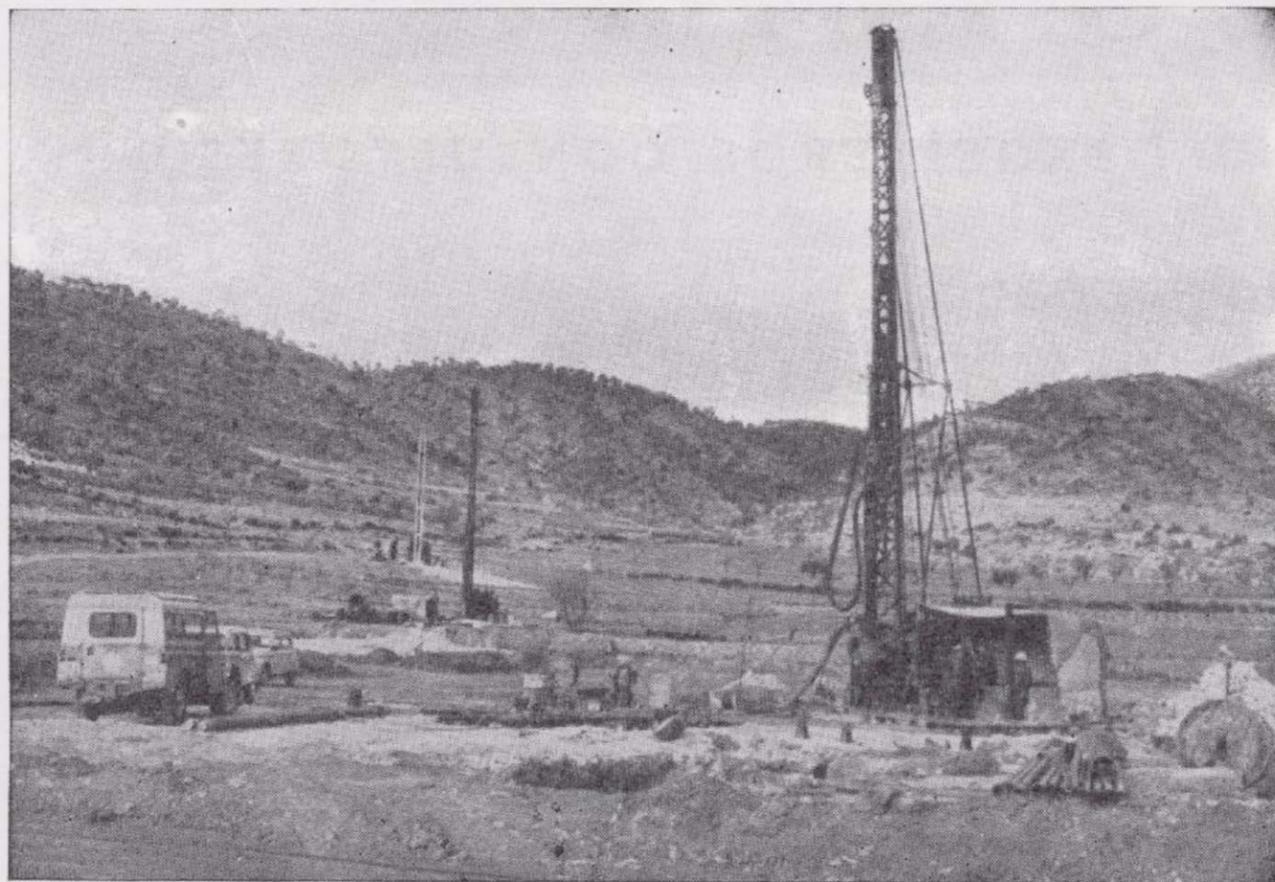
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

SONDEOS RODES



SONDEOS PARA

CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, INVESTIGACIONES GEOLOGICAS Y ELIMINACION DE AGUAS RESIDUALES.

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.

EQUIPOS DE PERFORACION A PERCUSION Y ROTACION PARA PROFUNDIDADES HASTA 1.400 METROS.

★ ★ ★

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

★ ★ ★

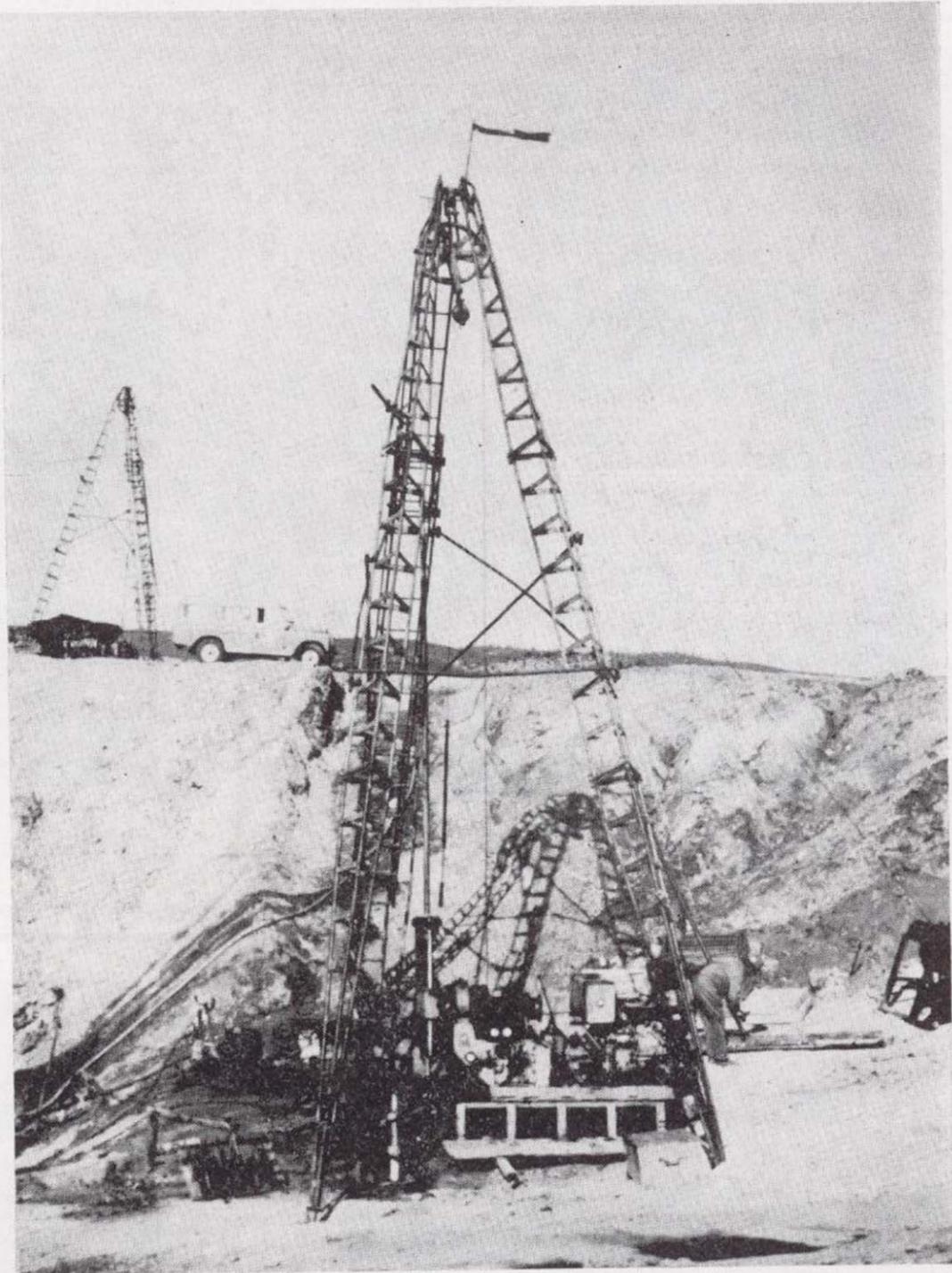
ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

TERRATEST

equipos
adecuados
a
cada
problema
manejados
por
expertos



SONDEOS DE EXPLORACION MINERA Y GEOLOGICA

- Recuperación continua de testigo con métodos wire-line o convencional. Sistemas especiales para rocas poco consistentes. Perforación con tricono o martillo de fondo y recuperación de detritus.
- Estudios y control de perforación de sondeo. Mediciones de inclinación y desviación y orientación de testigos.
- Sondeos geotécnicos para la industria de la Construcción.

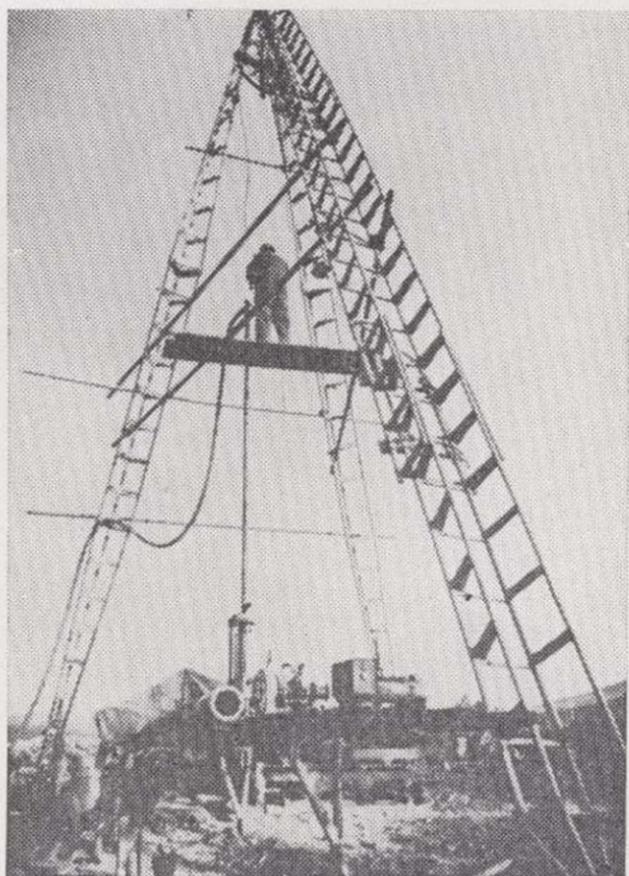


Oficina Principal

MADRID: Avda. de José Antonio, 70 - 6º. Teléfono 248 68.00

IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

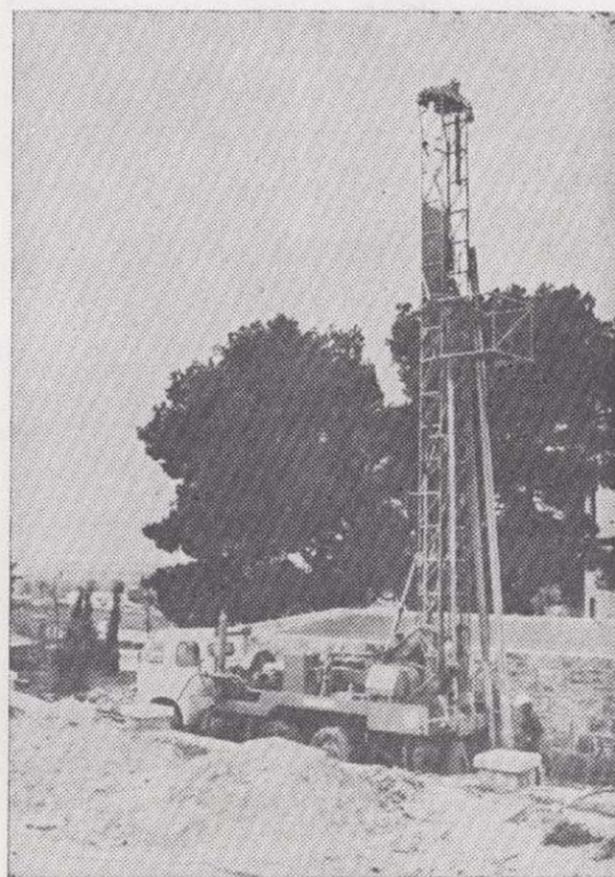
Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier
problema de perforación.

**MINERIA.
ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES, ETC.**

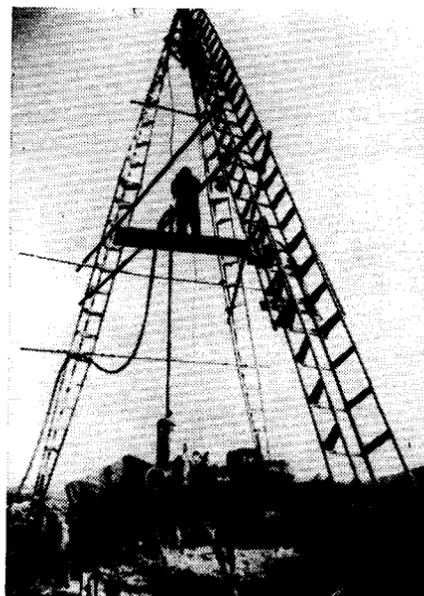
- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.



**LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.º
TELF. 261 08 07-MADRID-6**

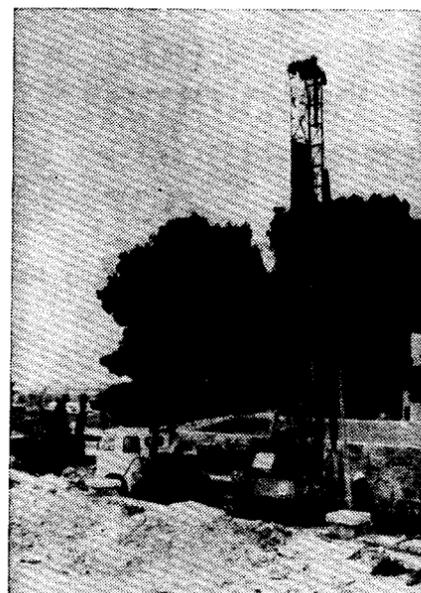
IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954



Le resuelve cualquier
problema de perforación

MINERIA.
ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES, ETC.



- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.500 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- RotoperCUSión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.

LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.º
TELF. 261 08 07 - MADRID-6

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

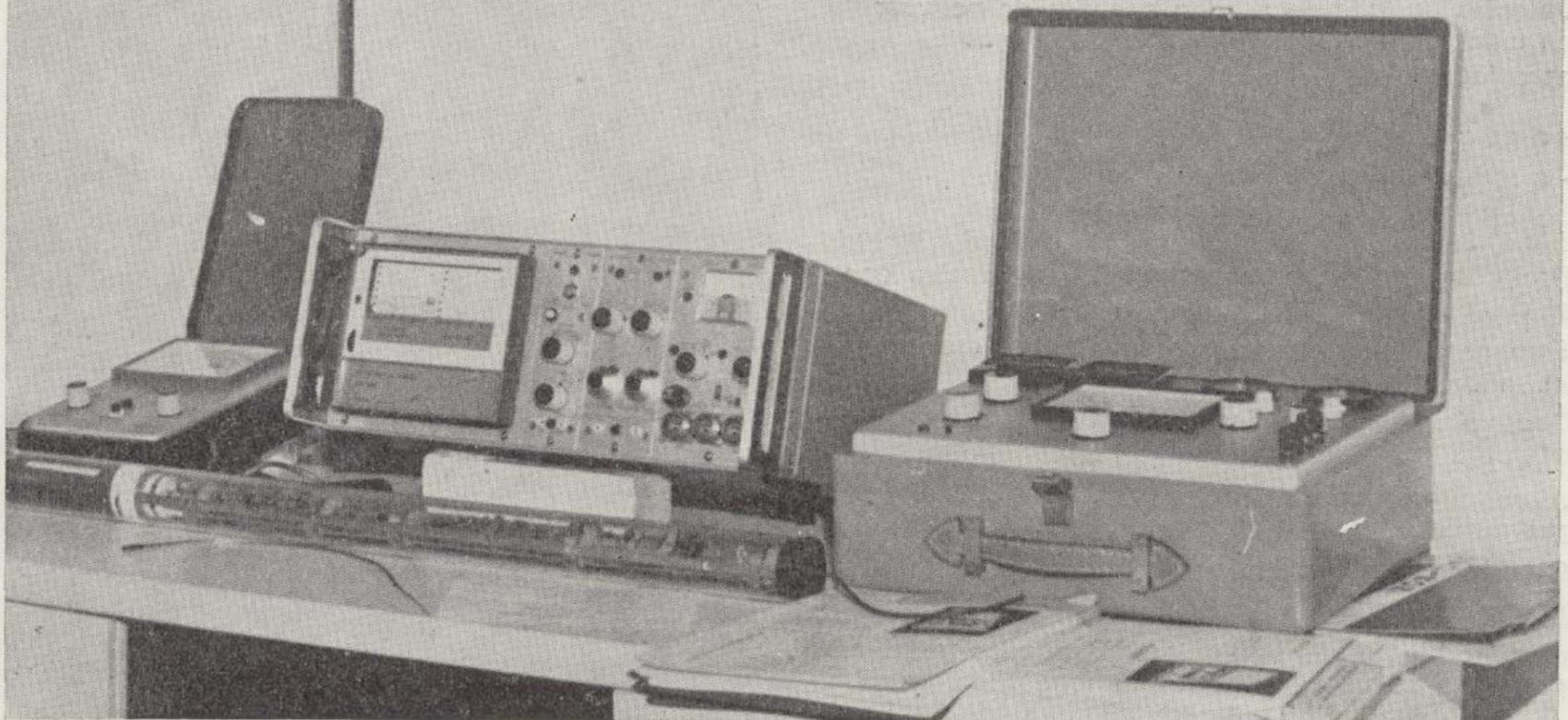
- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CÁLCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA-METALOGENIA.
- PROYECTOS MINEROS.
- CONTROL DE COSTOS.

General Mola, 210, 1.º D — Teléfonos 250 18 03 - 45 — MADRID-2

GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

Virgen del Val, 28 - MADRID-27 - Teléfono 404 85 34



EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN
A.C. Y D.C.

POLARIZACION ESPONTANEA

POLARIZACION INDUCIDA

MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

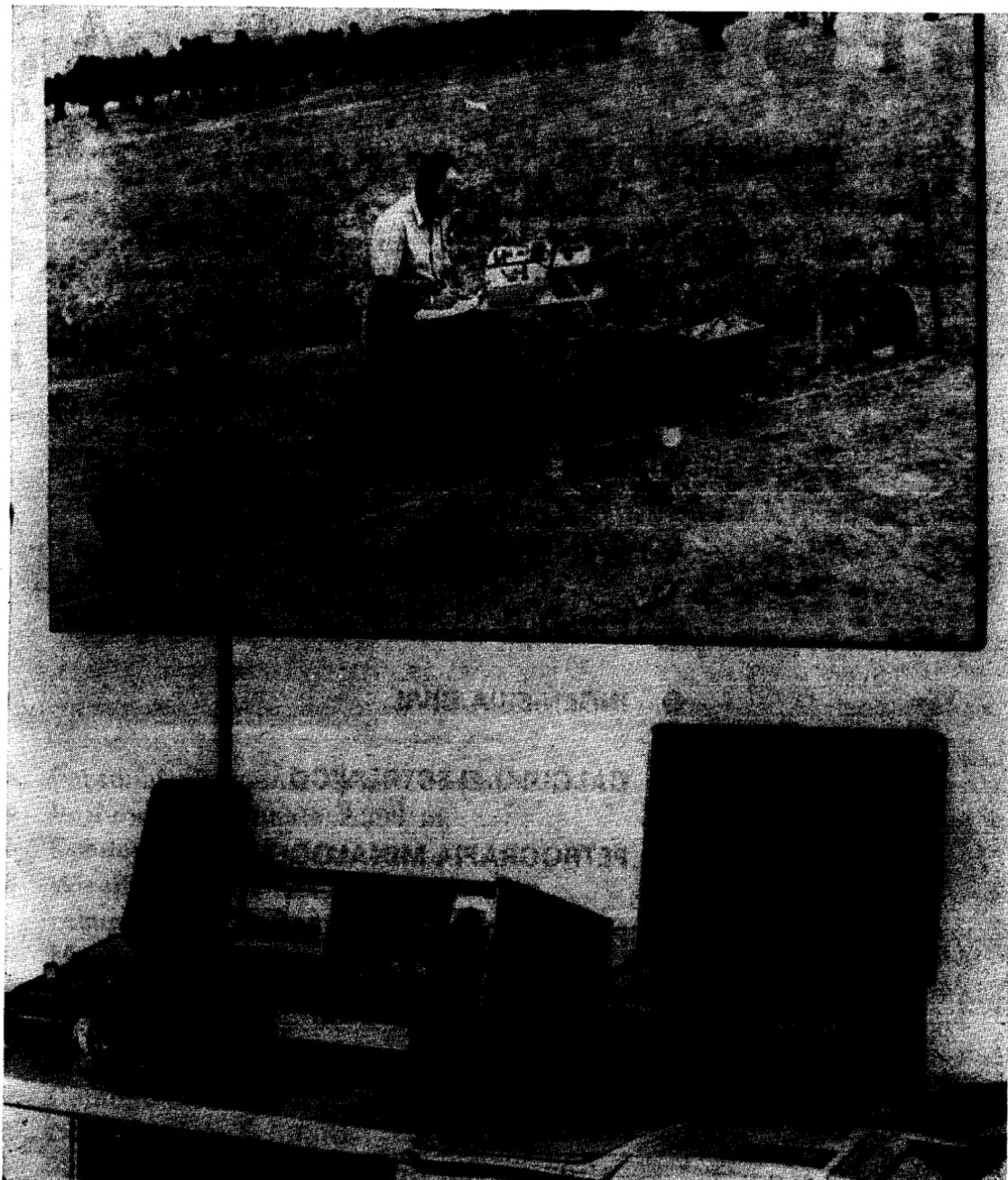
TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS

GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

Virgen del Val, 28 - MADRID-27 - Teléfono 404 85 34



SISTEMAS DE MEDIDA PARA LOS SIGUIENTES CAMPOS

- RESISTIVIDAD Y POTENCIAL.
- GRAVIMETRIA.
- MAGNETOMETRIA.
- RADIOMETRIA.
- CALIDAD DE AGUAS.
- NIVELES.
- POLARIZACION INDUCIDA.
- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.
- ELECTROMAGNETOMETRIA.
- SISMICA.
- PROPIEDADES DE PAVIMENTOS.
- TESTIFICADORES DE SONDEOS.
(Potencial-resistividad-gamma)

ECONOMIA INDUSTRIAL

Revista mensual, editada por el Servicio de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Industria

- *llega a todos los industriales españoles*
- *interesa a todos los industriales españoles*

Si tiene algo que decir a los industriales españoles, dígalo a través de las páginas de

ECONOMIA INDUSTRIAL

Servicio de Publicaciones: Doctor Fleming, 7 - Madrid (16)

Teléfs. 250 02 01 - 02 - 03 - 04



Vegarada profundiza en su problema de agua y lo soluciona.

Dondequiera que esté en la geografía española, cualquiera que sea su problema de agua, recurra al asesoramiento de Vegarada. Poseemos la técnica y experiencia necesarias para proporcionarle toda el agua que necesite. Desde los trabajos de proyección y alumbramiento, hasta la realización de obras de conducción, puesta en riego o depósito, abastecimiento y distribución de caudales. Solicite información sin compromiso.



Vegarada

Guzmán el Bueno, 133
Tels. 233 71 00-253 42 00 MADRID-3



Pb-10

Tomo 90

Fascículo VI

Noviembre - Diciembre 1979

Boletín Geológico y Minero

revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1877 - 4.ª serie



SUMARIO

Geología	F. JEREZ MIR: Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas	1
	M.ª DOLORES GIL CID: Los Hyolitha del Cámbrico y Ordovícico de Sierra Morena y Montes de Toledo y su interpretación Paleozoológica	54
Energía	F. CAÑADA GUERRERO: Las corrientes del Estrecho de Gibraltar, una importante fuente de energía	63
Geofísica	J. L. BARRERA y E. BANDA: Relación entre la estructura profunda de la corteza terrestre y magmatismo alcalino en zonas de rift continental	74
Estudio de minerales y rocas	M.ª A. BUSTILLO y A. DE LA IGLESIA: Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución	86
Información	Noticias.—Información Legislativa.—Notas bibliográficas.—Índice de materias.—Índice de autores	93

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - Madrid-16

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

**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

Ejemplar de Hyolithes de San Pablo de los Montes (Toledo).
Edad Ordovícico Medio.

Foto: M.ª DOLORES GIL CID

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas

Por F. JEREZ MIR (*)

RESUMEN

A lo largo de varios años el autor ha intentado una síntesis geológica (tectónica, estratigráfica, paleogeográfica) entre los diversos sectores o transversales de las Cordilleras Béticas, desde Cádiz hasta las Baleares, con una mayor insistencia sobre el Subbético sensu lato y, en especial, sobre las relaciones entre este último y el Complejo Dorsal-Maláguide-Penibético. El método seguido consiste en un análisis bibliográfico de los estudios más importantes realizados hasta hoy por distintos autores, alternado con un reconocimiento sobre el terreno de dichos trabajos. Todo ello ha permitido, a través de diversas hipótesis de trabajo y sus correspondientes antítesis, lograr una síntesis coherente que lleva implícito un nuevo modelo tectónico general de carácter plurifásico. Este modelo puede desplegarse mediante reconstrucciones retrotectónicas sucesivas, correspondientes a las etapas principales de desorganización paleogeográfica. De esta manera, se puede conseguir una aproximación gradual a la situación relativa de los distintos dominios paleogeográficos del geosinclinal bético, en las distintas épocas.

Las conclusiones principales son las siguientes: 1) El Subbético presentaba, al final del Aquitaniense, una estructura en abanico, divergente y asimétrica, con dos niveles de mantos (arriba, el Subbético Medio y, abajo, el Subbético Externo e Interno). 2) El Penibético constituía la cobertera que falta al paleozoico del Maláguide y deslizó, gravitatoriamente y hacia el Norte, sobre el Subbético Interno s. str. y la Unidad Almarchal-San Cristóbal. 3) El Aljibe deslizó sobre las Zonas Externas, más o menos conjunta y/o simultáneamente con el Penibético. 4) El arco tectónico de Gibraltar fue también un arco paleogeográfico, pero mucho más abierto que el actual. El conjunto Dorsal-Maláguide era el borde externo de las Zonas Internas. El Subbético Interno (Mencal-Zegrí-Pedroso) es un equivalente lateral de las Unidades de Tánger-Almarchal-San Cristóbal. El Subbético Medio y el Subbético Externo (U. Villares-Benamejí-Paterna) se continúan en las facies margosas del Prerif s. str.

Por medio de mapas y cortes estructurales, el autor expone una disección completa de la estructura de las Cordilleras Béticas.

RESUME

Durant plusieurs années, l'auteur a tenté une synthèse géologique (tectonique, stratigraphique, paléogéographique) entre les divers secteurs ou transversales des Cordillères Bétiques, de Cadix aux Baléares, en insistant sur le Subbétique sensu lato, et tout particulièrement sur les relations entre ce dernier et le Complexe Dorsale-Malaguide-Penibétique. La méthode suivie a consisté en une analyse bibliographique des études les plus importantes réalisées jusqu'à ce jour par différents auteurs, alternant avec une reconnaissance sur le terrain de ces études et en une intégration parallèle et simultanée de cette expérience externe avec celle de l'auteur. Tout ceci a permis, au moyen de diverses hypothèses de travail et de leurs antithèses correspondantes, d'obtenir une synthèse cohérente avec les données existantes et valable pour les diverses transversales, qui implique un nouveau modèle tectonique général de caractère pluriphásique. Ce modèle peut se déplier au moyen de reconstructions rétrotectoniques successives correspondantes aux étapes principales de désorganisation paléogéographique. De la sorte, on peut obtenir une approximation graduelle à la situation relative des divers domaines paléogéographiques du géosynclinal bétique au cours des différents époques.

Les principales conclusions sont les suivantes: 1) Le Subbétique présentait, à la fin de l'Aquitaniens, une structure en éventail, divergente et asymétrique, avec deux niveaux de nappes (au-dessus, le Subbétique moyen et, au-dessous, le Subbétique externe et interne). 2) Le Pénibétique, qui constituait la couverture qui manque au Paléozoïque malaguide, glissa, par gravité et vers le Nord, sur le Subbétique interne s. str. et l'Unité Almarchal-San Cristóbal. 3) L'Aljibe glissa sur les zones externes, d'une manière plus ou moins conjointe et simultanée avec le Pénibétique. 4) L'arc tectonique de Gibraltar fut aussi un arc paléogéographique, mais beaucoup plus ouvert que l'arc actuel. L'Ensemble Dorsale-Malaguide constituait le bord externe des zones internes. Le Subbétique interne (Mencal-Zegrí-Pedroso) est un équivalent latéral des Unités de Tanger-Almarchal-San Cristóbal. Les Subbétiques moyen et externe (U. Villares-Benamejí-Paterna) se prolongent par les faciés marneux du Prerif s. str.

Au moyen des cartes et de coupes structurales, l'auteur expose une dissection complète de la structure des Cordillères bétiques.

(*) Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

PROPUESTAS SOBRE UN DISTINTO MODELO TECTÓNICO GENERAL Y UN DIFERENTE CONCEPTO DE LA PALEOGEOGRAFÍA, ENTRE EL TRIÁS Y EL MIOCENO MEDIO

I. PRESENTACION

El presente trabajo constituye el primer avance de algunas de las conclusiones provisionales del autor, adquiridas tras ocho años de trabajo continuado, en las distintas transversales de las Cordilleras Béticas, desde Cádiz hasta las Baleares (1). Al decir algunas, me refiero a que sólo he tenido en cuenta, entre las citadas conclusiones, aquellas a partir de las cuales pueda derivarse, de forma más directa, alguna contribución al esclarecimiento, principalmente, de la paleogeografía del orógeno bético.

Las obvias limitaciones de espacio, en relación con la amplitud geográfica y temática de este trabajo, me obligan a quedar lejos de ser exhaustivo en la presentación de los hechos o prolijo en las argumentaciones. Precisamente por ello, he llevado a cabo un mayor esfuerzo en la ilustración a base de dibujos.

También por lo que se refiere a la brevedad del texto, debe tenerse en cuenta que lo que aquí se presenta es una serie de conclusiones cuyo desarrollo y discusión detallados pienso llevar a término en un próximo trabajo de mayor envergadura, que se encuentra en fase de elaboración.

(1) Esas conclusiones forman parte de mi Tesis doctoral (SINTESES DE LA ZONA SUBBÉTICA. RELACIONES ENTRE LAS ZONAS EXTERNAS E INTERNAS DE LAS CORDILLERAS BÉTICAS), en curso de realización. He podido llegar a ellas, entre otras razones, gracias a la experiencia personal, principalmente la de campo, adquirida, en gran parte, de forma paralela al desarrollo de mi labor dentro de la Empresa Nacional Adaro. Una serie de circunstancias favorables me permitieron participar, primeramente, en el Plan MAGNA (1972: Hojas de Calasparra, Cieza y Mula; 1974: Hoja de Orce) y, posteriormente, y de forma sucesiva, en una serie de investigaciones sobre temas de hidrogeología (Proyecto Bajo Segura —provincias de Murcia y Alicante y parte de las de Granada y Almería, 1973-75), geotermalismo (provincia de Murcia, 1973), petróleo (Sintesis de las Cordilleras Béticas y, especialmente, del Campo de Gibraltar, 1976), fosfatos (Zona Subbética, provincias de Murcia, Jaén, Granada y Málaga, 1977), evaluación de emplazamientos de centrales nucleares (Béticas en general y Almería, en particular, 1977), y, por último, los lignitos mesozoicos y terciarios (Zonas Prebética, Subbética y Depresiones Interiores, incluida la isla de Mallorca, 1978-79).

Por lo mismo, también conviene advertir que los distintos temas serán abordados de un modo muy directo, ahorrándose las introducciones al uso en las que suele exponerse los conceptos más comunes existentes sobre cada particular. Así, se presupone que el lector está al tanto de la problemática pasada y actual de las Cordilleras Béticas y, deliberadamente, se deja para un trabajo más extenso y sistemático, ya citado más arriba, el tratar aquel tipo de cuestiones.

Lo que más adelante se expone es, en esencia, una hipótesis, es decir, una suposición que permite establecer relaciones entre unos hechos determinados y, de esa manera, explicarnos por qué se producen. En este caso las premisas de esa hipótesis están constituidas por el cúmulo de los hechos más sobresalientes (debidamente integrados, aquí, a modo de afirmaciones generales) que se ha venido poniendo de manifiesto, por diversos autores y a lo largo de un dilatado período de tiempo, en el ámbito de las Cordilleras Béticas.

Así, pues, a partir de la experiencia de los demás, he llevado a cabo un esfuerzo de integración en la experiencia propia. En el curso de esta labor he encontrado, como es lógico, hipótesis diferentes e incluso datos contrapuestos, a veces sobre problemas de gran transcendencia (2) y, a menudo, procedentes de autores que han trabajado simultáneamente o sucesivamente en la misma zona o en áreas contiguas o próximas.

Por otro lado, he pretendido hacer un trabajo de síntesis que no se limitara a una simple suma de las partes, sino que tuviese un cierto grado de coherencia entre las soluciones dadas a los diversos problemas. Esa coherencia habría de ser mayor cuanto más amplia fuese la zona a la que aquél hace referencia.

(2) V. gr.: vergencia de los mantos y edad de su emplazamiento; significado y origen del Triás de Antequera; edad de las fases tectónicas, número de ellas, ordenación en el tiempo de las mismas y ubicación de sus efectos en el espacio; existencia, extensión y datación de los fenómenos diapíricos; magnitud de los corrimientos; significado, edad y patria paleogeográfica de algunas formaciones muy significativas —casos del Aljibe y de la U. Algeciras—; delimitación y atribución a uno u otro dominio de otras unidades con flyschs del Campo de Gibraltar; problema de la unión de las cadenas béticas y norteafricanas; determinación de las formaciones que «sellan» verdaderamente el contacto entre las Zonas Internas y Externas y de la edad de aquéllas; y atribución al Subbético o Prebético de determinadas «unidades intermedias», por citar solamente algunas de las cuestiones más importantes, sobre las que, aun hoy día, persiste la ambigüedad y se mantiene la controversia.

Finalmente, la metodología seguida para la consecución del modelo pasa, en primer lugar, por un planteamiento de los problemas; continúa con la formulación de las distintas hipótesis posibles y termina con la comprobación de estas últimas y la elección de aquella que está más en consonancia con los hechos.

II. INTRODUCCION (figs. 1 y 14)

Una primera conclusión de carácter general es la de que, en las distintas transversales de las Cordilleras Béticas, y bajo una diversidad más bien aparente, puede observarse que existe esencialmente, el mismo esquema de funcionamiento. Ello resulta válido, además, tanto en la dimensión cronológica (igual número de fases tectónicas y similar localización de éstas en el tiempo) como espacial (un mismo esquema geométrico como resultado de fases correlacionables) (3).

Una segunda conclusión es que ese modelo tectónico es de carácter plurifásico, es decir, complejo, lo que implica submodelos diferentes para cada una de las fases sucesivas.

Por otro lado, el objetivo último de este trabajo es conseguir una restitución aproximada de la paleogeografía imperante en las Cordilleras Béticas durante las distintas épocas y, para ello, hemos escogido un método retrotectónico.

Esta reconstrucción se limita, por el momento, a definir aproximadamente la posición relativa de los distintos dominios y/o subdominios paleogeográficos. No obstante, se ha procurado también estudiar el conjunto de esas posiciones en el mar-

(3) Es muy importante tener en cuenta este punto de vista, pues, en base a él, nos es lícito tratar aquí cada problema concreto a la escala de las Cordilleras Béticas (en general también se ha tenido en cuenta los datos referentes al Norte de Marruecos, Argelia y Sicilia-Calabria, aunque todos de origen bibliográfico), integrar todas las observaciones que hacen referencia a una misma cuestión y extrapolar al conjunto de la zona, de modo que tengan validez general aquellos hechos más significativos que, aunque sólo localmente, puedan ser observados de una manera clara, no estén en contradicción con ninguna otra de las observaciones acumuladas sobre el problema de que se trate. Ello es lógico por otra parte, dado que en cualquier estudio sobre una zona determinada, sea esta grande o pequeña (y téngase en cuenta lo relativos que son estos conceptos de magnitud) siempre ocurre que determinados hechos pueden ser mejor observados en un sitio que en otro.

co de actuación de la tectónica de placas y, más concretamente, en relación con la apertura del Atlántico y la configuración del conjunto de las placas y cratones que se diferenciaron e interfirieron en el área del Mediterráneo Occidental, desde el principio del Jurásico.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se puede comenzar a delimitar lo que es importante y lo que resulta accesorio, en cuanto a la consecución del citado objetivo.

Lo más directo parece ser, en principio, definir cuántas y cuáles son las principales etapas de desorganización paleogeográfica. O lo que es lo mismo, determinar aquellas fases tectónicas que han tenido mayores consecuencias en cuanto a operar grandes cambios en la paleogeografía. Dichas fases son, en definitiva, las que dieron lugar a fenómenos de aloctonía de gran envergadura.

En las Cordilleras Béticas, hay señales evidentes de la existencia de una multiplicidad de fases tectónicas, acaecidas desde el principio del Jurásico hasta la actualidad. Sin embargo, en lo referente a traslaciones de masas de gran magnitud (fenómenos generalizados de corrimiento y/o formación de «pilas» de escamas que supongan o no fuertes acortamientos en la horizontal, pero que, en cualquier caso, impliquen cambios profundos de la paleogeografía anterior), únicamente cabe señalar cuatro fases principales, escalonadas en el tiempo de la siguiente forma: Luteciense terminal, Aquitaniense terminal, Burdigaliense inicial y, por último, intra-Langhiense. El análisis de estas cuatro fases que son las más importantes de la etapa de inversión del geosinclinal, constituye el núcleo de esta comunicación. No obstante y con objeto de completar la visión sobre la evolución tectónica y las relaciones espacio-temporales a lo largo de esta última, también se hace aquí un breve examen sobre otras fases menores de la misma etapa de inversión y también sobre las etapas de pre-inversión y post-inversión del geosinclinal subbético.

Después de haber analizado los distintos fenómenos (principalmente en sus aspectos geométricos) a nivel de coberteras sedimentarias, se intenta establecer una hipótesis evolutiva sobre la cinemática de los distintos movimientos (oceanización, subducción y desgarres) a nivel de placas y cratones y a escala del Mediterráneo Occidental (incluyendo, no sólo las Cordilleras Béticas, sino

ZONAS	DOMINIOS	SUBDOMINIOS	Carácter paleogeográfico más sobresaliente	SECTOR ORIENTAL E INSULAR	SECTOR CENTRAL	SECTOR OCCIDENTAL
PREBETICO * Sensu lato o ZONA PREBETICA	EXTERNO **		Cobertura de plataforma continental (creación del Surco)	S ^{as} de Alcaziz, Lletor y Ca Zoria	No aflora	No aflora
	INTERNO **	Parte meridional del Prebetico Interno.		Garcapacha, S ^a de la Puerta, S ^{as} de Marmolance, Muy próximas al Subbético Externo, Font Calent y serie de Ibiza.	No aflora	No aflora
ZONAS EXTERNAS	EXTERNO ***		Surco	S ^a del Corcau, Embalse de Alfonto XIII, Río Benamor (ver la Riberita), Riberita de la Riberita, Vertiente Occidental de S ^a de la Saga.	S ^a de Almadén, "Ventanas" de Huelmas, Cañada del Santo Cristo y Peña Cambión, S ^a del Jabariz, Los Nuevos, Ventanas de Valdecarlos, Caceres, Puerto de Zegri, Arroyo de Pinar, Cerro de la Cruz y Loma de las Granadas, S ^{as} de Arcas y Pedroso.	Ventanas de la "Unidad de Paterna" (Zona de Paterna de Rivera, Chauve, 1968).
	MEDIO Sensu lato	*** Subbético Medio Septentrional.	Umbrales	S ^a del Lloro, S ^{as} de Burrete y de Oupar.	S ^a de la Cruz, S ^a de la Pandera, S ^a de Cabra.	S ^a de Estepa y S ^a de las Cabras.
	O	*** Subbético Medio Sensu S.	Surco	S ^a de Ricote, S ^{as} de Ponce, Ceperos y El Charco.	Alcun de Ortega, Cuesta de los Gallardos, S ^a de la Coloma, S ^{as} de Albayate, Horconera y Rute	S ^a de los Caballos y S ^a de Zafarzar
	SUBBETICO S. Str.	*** Subbético Medio Meridional	Umbrales	La Cantera (entre S ^a de Ponce y Peñarubia)	No existe equivalente	No existe equivalente
SUBBETICO * Sensu lato o ZONA SUBBETICA	INTERNO ***	Subbético Interno S. Str. (Fiysh Subbético Interno)	Surco	S ^a de Peña Rubia, Zona alta del río Luchena y Embalse de Puentes, Zona del Río Caramejo o del Alcaide, S ^a de la Pinososa y Zona de Randa (Aquitanense pelágico), en Mallorca.	Macizo del Menciai y Zona de Pedro Martínez a Domingo Pérez, Puerto de Zegri, Arroyo de Pinar, Cerro de la Cruz y Loma de las Granadas, S ^{as} de Arcas y Pedroso.	S ^a del Tablón (S ^a Blanquilla, S ^{as} del Pinar y Lagarín, La Silla, Ventanas de las U. Algarrobo, Almarchal y Camarote)
	DORSAL BETICA *****		Borde exterior del cratón de Alborán	Jabalón	Ventanas de Alfajar, de la Mora y del Púlpito, Peña de Mágina, S ^a de Ego, Villo y A ^a de los Piedros (U. Robledo)	Unidad de las Nieves y Zona de Benadialid.
	MALAGUDE *****		Cobertura del cratón de Alborán	S ^a Espuña y Menorca	S ^a de Cogollos.	Montes de Málaga.
	PENIBETICO		Cobertura del cratón de Alborán	S ^{as} del Pericay, Gigante, Meria y Orce, S ^a Norte de Mallorca y Zona de Artá.	S ^a Harana, S ^{as} de Paraganda y Madrid, Hacho de Loja y S ^a Gorda, S ^a del Torcal.	"Penibético de Ronda-Torcal" (S ^{as} del Valle de Abdaláiz, Los Marinos y Libar, S ^a Espuña y Los Canutos)
	ALPUJARRIDE	Ullabona-Cucharón	Borde interior del cratón de Alborán (coligante en la subducción)	S ^{as} de Callosa y Orihuela, S ^a de Carrascos, S ^a de Almáguo	S ^a de Luján.	Casares-S ^a Bermeja.
	NEVADO-FILABRIDE	Alpujarrides S. Str.	Cobertura (subducción) de Alborán	Cerro Gordo, S ^a Algarrobo, S ^a Almenara, S ^a de los Filabres, S ^a Cabrera, S ^a Alhamilla.	S ^a Nevada.	

* Esta división en Zonas sólo tiene sentido paleogeográfico hasta el principio del Burdigaliense inferior.

** Esta división en dominios tiene sentido paleogeográfico en el Jurásico terminal-Cretácico inferior, fundamentalmente.

*** Esta división en dominios tiene sentido paleogeográfico en el Jurásico (a partir de las medio-superior), fundamentalmente. No obstante, en el Fiysh Subbético Interno tendría mayor sentido, durante el Jurásico terminal-Cretácico inferior.

**** En este subdominio es un hecho casi general la falta de sedimentos del Eoceno superior-Aquitaniense, probablemente por haber quedado prácticamente emergido, como consecuencia de la fase rini-Lute-ciense que afectó, principalmente al dominio Dorsal-Malaguide.

***** Esta división en dominios sólo tiene sentido paleogeográfico hasta el Luteciense terminal.

CUADRO I

EQUIVALENCIA DE LOS DOMINIOS, UNIDADES Y SERIES DESCRITAS POR LOS DIVERSOS AUTORES EN LA ZONA SUBBETICA Y PENIBETICO, CON LA DIVISION PALEOGEOGRAFICA GENERAL PROPUESTA (De Norte a Sur).

ZONAS	DOMINIOS **	SUBDOMINIOS **	SECTORES ORIENTAL E INSULAR	SECTOR CENTRAL	SECTOR OCCIDENTAL
PREBETICO * Sensu lato o ZONA PREBETICA	EXTERNO		"Unidad intermedia" de la Saga (Foucault, 1960). Subbético Externo-U. Ramblas (Paquet, 1969). Subbético Frontal (Baena, 1973). Subbético Externo (L. Jerez, F. Jerez, García-Monzón, 1974). Prebético Meridional (Azema, 1977). - El Jurásico aflora solamente en un punto (S ^a del Lugar) del sector.	U. de los Villares (Busnardo, 1960) - El Jurásico aflora en la S ^a de Jabariz, Cerro de San Cristóbal y S ^a Almadén, Ventanas de Huelmas y de Santo Cristo.	U. Paterna (Chauve, 1968) - No aflora el Jurásico en ningún punto del sector.
	MEDIO Sensu lato o SUBBETICO S. Str.	Subbético Medio-Septentrional.	Subbético Externo-U. de la Solana, Cauras y Burrete- (Paquet, 1969). Subbético Externo (Azema, 1977).	Complejo Subbético Frontal (Busnardo, 1960-62-64). Subbético Externo-U. Grajalas (García Dueñas, 1967). Conjunto de la Pandera (Sanz de Galdeano, 1973).	Subbético con jurásico calizo o Subbético norte (Peyre, 1960-62).
SUBBETICO * Sensu lato o ZONA SUBBETICA	INTERNO	Subbético Interno S. Str.	Subbético Interno (Peña Rubia-U. S ^a de Ponce- Paquet, 1969) - El Jurásico no aflora en ningún punto del sector.	Subbético con jurásico margoso o Subbético Sur (Peyre, 1960-62). Subbético S. Str. (excepto S ^a de Chanzas-Algarrobo. Vera, 1966) Subbético Medio-Meridional (García Dueñas, 1967).	Subbético Medio-Meridional (Cruz San Julián, 1974).
	PENIBETICO *	*** (Fiysh Subbético Interno). Es el mismo subdominio anterior con facies, en parte, diferentes.	Serie de la S ^a de Orce (Villanueva, 1970). Penibético (Baena, Jerez F. et al., 1976). Penibético (S ^a Norte de Mallorca: Escandell y Colom, 1960). Prebético (S ^a Norte de Mallorca: Fontboté y al., 1974).	Penibético intermedio (Peyre, 1960-62)-U. Zafaraza (1) (Vera, 1966). U. S ^a Gorda (Linares y Vera, 1965). U. Parapanda-Hacho de Loja (Vera, 1966). Dominio Subbético Interno (García Dueñas, 1967). (1) - Excepto Serie de Baños de Alhama que pertenece a la Dorsal).	U. Algarrobo (Chauve y alt., 1966) U. Almarchal y Camarote (Didon, 1967-69) U. San Cristóbal (Bourgeois, 1970) - El Jurásico sólo aflora en S ^a Blanquilla (Norte), Lagarín, S ^a Pinar, Escamas de Boyar, Silla y al S. de Gaurcín (U. Camarote). U. Ronda (Durr, 1967). U. Ronda-Penibético (Hoeppener y al., 1964) U. Ronda-Torcal (Peyre, 1969).

* El autor estima que el Penibético es de origen interno (e intimamente relacionado con el Malaguide) aunque desde el Burdigaliense inferior ocupa una posición tectónica "supra-subbética", alóctona y absolutamente desvirtuada con respecto a su patria paleogeográfica.

** División utilizada por el autor de este trabajo, única y de carácter general (aplicable a todas las transversales de las Cordilleras Béticas).

*** Este subdominio representa, fundamentalmente, un cambio lateral de facies (sobre todo en el Jurásico terminal-Cretácico inferior), del Subbético Interno S. Str. en el sentido de Este a Oeste. Está desarrollado principalmente en el sector occidental (donde, a la inversa y coherentemente con esta interpretación, el Subbético interno S. Str. prácticamente desaparece -último afloramiento en la S^a del Tablón-. En el sector central probablemente también está presente (significando aquí un cambio transversal -de Norte a Sur- del citado Subb. Interno S. Str.) aunque sólo en forma de testimonios alóctonos (U. Arditte 2, Bourgeois, 1978) removilizados en varias fases que, no obstante, indican su probable presencia enraizada en profundidad bajo el Subbético Interno S. Str. Las facies del Fiysh Subbético Interno no alcanzarían el sector oriental.

CUADRO II

también las cadenas norteafricanas desde Marruecos hasta Sicilia).

Finalmente y en forma de Apéndices y Notas, para no romper la continuidad del texto, se tratan algunos temas importantes muy relacionados con todo lo anterior que contribuyen a completar y hacer más explícitas las opiniones del autor ya expresadas en los apartados anteriores. Esos Apéndices hacen referencia a la isla de Mallorca y Depresión del Guadalquivir, al contacto Zonas Externas-Zonas Internas, a la tectónica del Triás, a las Unidades Intermedias entre Prebético y Subbético, y al Aljibe y otras unidades alóctonas del flysch del Campo de Gibraltar.

Conviene añadir que, por comodidad, la nomenclatura seguida comúnmente en el texto es, salvo indicación en contrario, la establecida por el autor en esta comunicación. Ella es única y válida para todas las transversales y constituye, por tanto, un aspecto más de la síntesis que aquí se propone. En cualquier caso y como puede verse, se incluye un Cuadro de equivalencias entre la división aquí propuesta y las establecidas, en cada transversal, por los demás autores. Además, en el otro Cuadro, de signo geográfico, y en el detalle de las numerosas figuras que acompañan al texto, creemos que queda suficientemente explícita la posición del autor, respecto a la atribución de las diversas unidades a uno u otro dominio.

III. LA ETAPA DE PRE-INVERSION DEL GEOSINCLINAL

Durante la etapa de pre-inversión del geosinclinal bético, cuya duración va desde el Triás hasta el final del Eoceno medio, ha habido una actividad orogénica prácticamente continua que empieza en el Triás (volcanismo), continúa en el Lias medio-superior (importante fase distensiva, responsable de la creación de dominios y subdominios con distinta subsidencia —principalmente en la Zona Subbética— y del volcanismo espilitico que acompaña a la manifestación de esas diferenciaciones) y afecta, mediante variados fenómenos de interrupción de la sedimentación (lagunas, hardground, etc.), también a los pisos superiores (v. gr.: Oxfordiense) del Jurásico. Desde el final del Jurásico y durante todo el Cretáceo inferior (hasta el Aptiense-Albiense) el fenómeno más destacado es el desarrollo de facies de flyschs (sobre todo

en el sector occidental de la Cordillera) ligado, probablemente, a la apertura del Atlántico Norte iniciada en el Golfo de Gascuña.

Otras manifestaciones de la actividad tectónica, presentes tanto en el Cretáceo inferior como en el superior, son los fenómenos de «slumping» (Subbético medio de Jaén), olistolitos sedimentarios (Penibético del área de Vélez Blanco) y brechas intraformacionales (zona del Mencal, en la parte meridional del Subbético). Este mismo tipo de manifestaciones ocurren también durante el Paleoceno. Por último, antes de la fase del Luteciense terminal, cabe destacar una ante-Ypresiense superior (conglomerados de base en determinadas unidades, v. gr.: U. de Malaver —Bourgois, 1970— del Campo de Gibraltar) y otra intra-Luteciense (bien patente en el Malaguide de Sierra Espuña —Paquet, 1969—).

IV. LAS FASES MAYORES DE LA ETAPA DE INVERSION DEL GEOSINCLINAL

La inversión en sentido amplio, del geosinclinal subbético, comienza al final del Luteciense, pero la fase de inversión, en sentido estricto, no ocurre hasta el Aquitaniense terminal. La fase del Burdigaliense inicial es como un epílogo de la inmediata anterior. El Burdigaliense inferior y el Burdigaliense superior-Langhiense conforman la etapa tardi-geosinclinal (parte final de la etapa de inversión en sentido amplio que culmina con los mantos intralanghienses y el plegamiento intraserravaliese de las superficies de corrimiento de estos últimos).

Las fases de que se va a tratar en este apartado son, como se dijo en la Introducción, las únicas que dieron lugar a fenómenos importantes de aloc-tonía o a cabalgamientos de gran magnitud, pero unos y otros considerados en dirección más o menos transversal a la del alargamiento de los distintos dominios, o lo que es igual, en dirección paralela a la de los principales cambios de facies de un dominio a otro. Esta advertencia previa va en el sentido de que, aunque se ha postulado más arriba la existencia de sólo cuatro fases (Luteciense terminal, Aquitaniense terminal, Burdigaliense inicial e intra-Langhiense) que supongan cambios de gran envergadura en la paleogeografía anterior, el autor deja la puerta abierta a la existencia de alguno o algunos otros movimientos im-

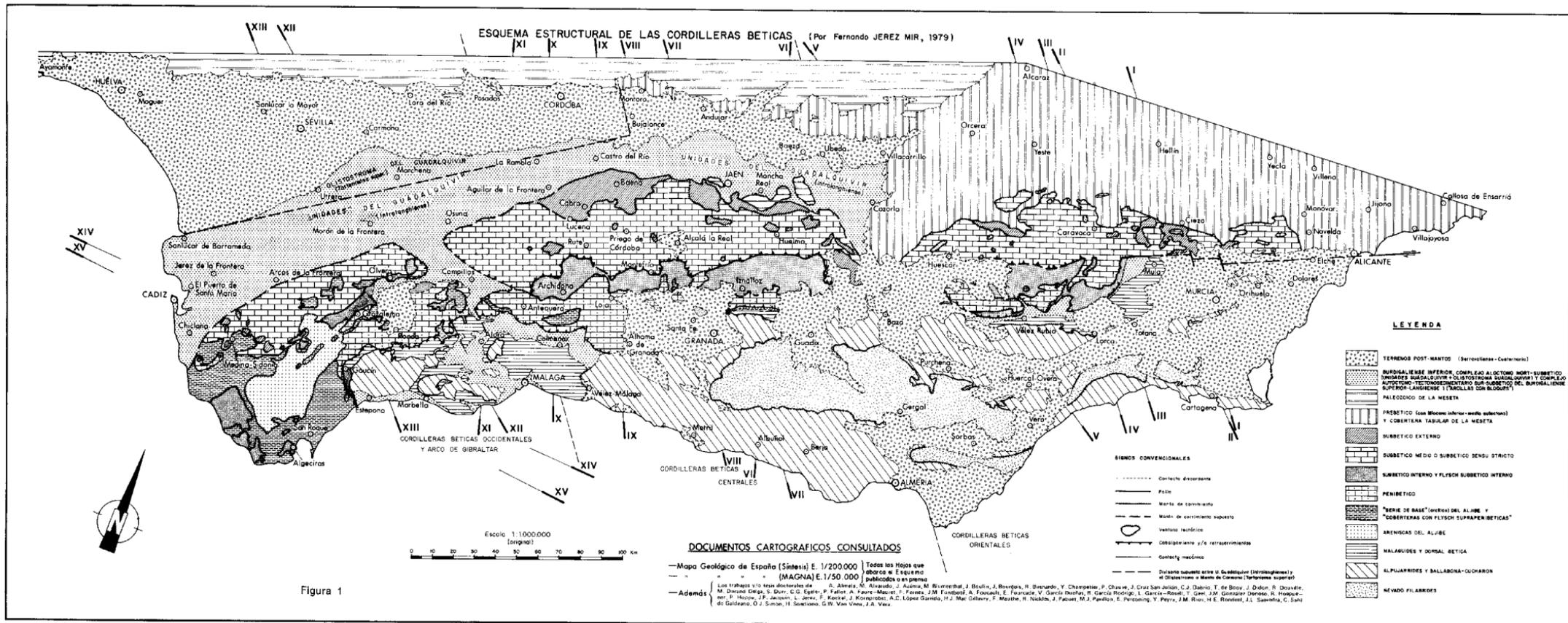


Figura 1

portantes de dirección longitudinal, es decir, paralela a las franjas isópicas. Estos movimientos podrían estar ligados, principalmente, a desplazamientos laterales de las placas europea y africana a lo largo de la Falla de las Azores, lo cual implicaría que pudieron alcanzar gran magnitud, como puede colegirse de los datos existentes sobre la apertura del Atlántico. Sin embargo, lo que sí puede afirmarse es que, si aquellos movimientos existieron, ellos no implicaron fenómenos importantes de acortamiento transversal o de aloctonía en las distintas coberteras sedimentarias de las Zonas Externas y del Conjunto Dorsal-Maláguide-Penibético. Y, también, que en cuanto a la confirmación y consiguiente cálculo de la posible envergadura, en dirección longitudinal, de dichos movimientos, los métodos geológicos usuales no permiten, por sí mismos, resolver este tipo de problemas.

En el análisis de las fases que siguen se trata, principalmente, de determinar cómo es la estructura (punto de vista geométrico), cuando se constituyó (punto de vista cronológico) y cuál es su origen y desarrollo (punto de vista cinemático). La metodología seguida para ese análisis consiste en partir de unas premisas y, en base a éstas, establecer todas las hipótesis posibles. Seguidamente, se somete a estas últimas a comprobación, se elimina las que están en contradicción con hechos bien establecidos (o, en cualquier caso, demostrables a posteriori, en cuyo caso y mientras tanto, también se formulan en forma de premisa) y se determina, en la medida de lo posible, una única hipótesis que esté en consonancia con aquéllos.

En referencia a lo que se acaba de decir, el autor es consciente de que el análisis anterior puede resultar, de momento, un tanto apriorístico, ya que se parte de unas premisas preestablecidas. Es verdad que, entre estas premisas, unas son susceptibles de ser mejor aceptadas (por tratarse de asuntos más conocidos y en los que hay un acuerdo más general), mientras que no ocurrirá lo mismo con otras (por consistir en aspectos más o menos novedosos, no contemplados suficientemente hasta hoy, en la bibliografía al uso). Pero éste pretende ser un trabajo sistemático, en el que se da el mismo rango a todas las premisas, sean originales o no, de modo que si entráramos en la discusión de una sola de ellas también habría que hacerlo con el resto (en

coherencia con la unidad del trabajo), lo cual nos llevaría a alcanzar una extensión prohibitiva para una comunicación como la presente y, en definitiva, a retrasar la publicación de estas conclusiones, cuya argumentación detallada y sistemática pretende desarrollar el autor en sucesivas comunicaciones.

Por último, conviene añadir que puesto que el método a emplear consiste en una reconstrucción retrotectónica, lo que procede es empezar por la fase más moderna, ya que sólo después de recomponer los movimientos debidos a esta última (que ocultan o, al menos, metamorfosean los ocasionados por las fases anteriores), estaremos en buenas condiciones para dilucidar la naturaleza de la fase y/o etapa inmediatamente anterior.

A) Los movimientos divergentes de corrimiento y cabalgamiento del conjunto Subbético s. lato-Penibético, en el Mioceno Medio (Fase intra-Langhiense o fini-Tardi-geosinclinal) (figs. 8, 9, 10, 11, 12 y 13; y Apéndices 1, 4 y 5)

Premisas:

1. Existen unos terrenos fundamentalmente autóctonos, generalmente dispuestos entre sí en continuidad estratigráfica, de edad Mioceno inferior-medio, depositados principalmente al Norte y al Sur de la Zona Subbética y, a cuya base, puede observarse claramente un contacto estratigráfico discordante, respectivamente, sobre el Prebético y Zonas Internas.
2. Es un hecho general y claramente establecido que los terrenos del Mioceno inferior-medio citados más arriba, están recubiertos, tectónicamente, por el conjunto del Subbético más el Penibético.
3. El recubrimiento tectónico a que hace referencia el punto anterior es de edad intra-Langhiense, tanto al Norte como al Sur de la Zona Subbética, por lo que puede deducirse que se trata de un movimiento de carácter sincrónico. Este hecho de conjunto está, a su vez, basado en otra serie de hechos menores que son los siguientes:
 - a) Los terrenos más modernos situados bajo la superficie de corrimiento son de edad Burdigaliense superior-Langhien-

se 1, tanto los situados al Norte, como los del Sur de la Zona Subbética.

- b) Los terrenos más modernos situados sobre el manto que han participado en el corrimiento, también son de edad Burdigaliense superior-Langhiense 1.
- c) La edad de los terrenos más antiguos, depositados posteriormente al fenómeno de corrimiento y no afectados por este último, es Langhiense 2-Serravaliense 1.

Hipótesis posibles

Solamente caben las dos siguientes:

- A) Que se trate de una única superficie de corrimiento (un único movimiento en un solo sentido).
- B) Que sean dos superficies de corrimiento y/o cabalgamiento distintas (un único movimiento en dos sentidos opuestos).

Comprobación

Más explícitamente, el caso A) implicaría que los contactos de corrimiento y/o cabalgamiento situados a la base del Subbético, unos en posición septentrional y otros en posición meridional, enlazarían por debajo de este último constituyendo, en realidad, un único y mismo contacto (es decir, un único y mismo manto de corrimiento) lo que significaría, a su vez, el admitir el supuesto de una posición absolutamente desenraizada y alóctona sobre el Mioceno medio, para el conjunto del Subbético *sensu lato* más el Penibético y, en consecuencia, el aceptar también una relación de continuidad (sin el intermedio del Subbético *s. lato* y Penibético) entre el Prebético y el Maláguide.

Dentro de esta hipótesis caben dos posibilidades que son:

- a) El manto (único) proviene del Norte.
- b) El manto (único) proviene del Sur.

El caso a) es absurdo, ya que nos llevaría a situar la patria paleogeográfica del Subbético *s. lato* (más el Penibético) en la Meseta Ibérica, puesto que se admite, como premisa, que los conjuntos del Prebético y Cobertera Tabular de la Meseta constituyen dominios adyacentes y son paraautóctono y autóctona, respectivamente.

El caso b) implicaría admitir un origen paleogeográfico interno y ultra-Maláguide para el conjunto del Subbético *s. lato* (más el Penibético). Aunque, *a priori*, esta posibilidad no es tan absurda como la anterior es, no obstante, también desechable, entre otras razones, porque está bien establecida la relación de continuidad paleogeográfica (ver Apéndice 5) entre la «Unidad Intermedia» (Foucault, 1960; incluida en el Subbético Externo por el autor de este trabajo) y el Prebético autóctono (en la posibilidad b, esa relación habría de establecerse entre la citada Unidad Intermedia y el Maláguide, suposición que no viene apoyada, hasta ahora, por ninguno de los hechos conocidos).

Conclusión

Luego si no es a) ni b) tampoco es A) y, por tanto, es B).

Esta solución significa que hubo un movimiento de carácter divergente (desde el punto de vista geométrico) y sincrónico.

La causa directa de ese movimiento debió ser una elevación de la Zona Subbética (según un eje situado, aproximadamente, en la línea media de dicha zona), lo cual motivó que el Subbético Externo y el Subbético Medio (principalmente el Subbético Medio-Septentrional —siempre en la nomenclatura del autor de este trabajo—) se deslizaran hacia el Norte, mientras que el conjunto del Subbético Interno y Penibético, lo hacían hacia el Sur. Este mecanismo superficial debió ser fundamentalmente gravitatorio.

La causa indirecta, equivalente al mecanismo profundo, debió consistir en una compresión a nivel de zócalo que conllevaría el acercamiento de dos cratones diferentes (correspondientes a las Zonas Externas e Internas respectivamente) e, incluso, el acortamiento de aquéllos mediante fallas inversas (esto último ocurriría en el caso de que el choque o contacto de dichos cratones se hubiese ya establecido, anteriormente, como producto de una fase más antigua).

La fase intra-Langhiense supone, en definitiva, el final de la etapa tardi-geosinclinal, si bien, posiblemente, hubo otra compresión intra-Serravaliense puesta de manifiesto, entre otros fenómenos, por el plegamiento de la superficie de corrimiento de los mantos intra-langhienses acabados de estudiar.

B) El corrimiento del conjunto Penibético-Coberteras con flysch suprapenibéticas-Aljibe, al principio del Burdigaliense inferior (Fase Burdigaliense inicial o penibético-numídica) (figs. 2, 3, 4, 11, 12 y 13; Apéndices 1 y 2; y Cuadros 1 y 2)

Premisas

1. Es un hecho que el Penibético ocupa una posición totalmente alóctona y absolutamente desenraizada, sobre los terrenos pertenecientes a la parte meridional (Subbético Interno) del Subbético *s. lato*.
2. El recubrimiento tectónico a que hace referencia el punto anterior es de edad Burdigaliense inicial.

Este hecho de conjunto está, a su vez, basado en otra serie de hechos menores que son los siguientes:

- a) Los terrenos más modernos situados bajo la superficie de corrimiento son de edad finiaquitaniense-burdigaliense inferior (siempre anterior a la F. Viñuela, —BOULIN, 1973—, también del Burdigaliense inferior).
- b) Los terrenos más modernos del manto que han participado en el corrimiento son de edad Burdigaliense inferior (BOURGOIS, 1978).
- c) La edad de los terrenos más antiguos depositados posteriormente al fenómeno de corrimiento (y no afectados por este último) es Burdigaliense inferior (F. Las Millanas —BOURGOIS y al., 1972—, F. Viñuela y F. Fuente —SOEDIONO, 1971—).

Hipótesis posibles

En principio, sólo caben las dos hipótesis:

- A) El manto viene del Norte.
- B) El manto viene del Sur.

Comprobación

En el caso A conviene advertir que, según lo ya expresado en la primera premisa, el Penibético ocuparía, desde un punto de vista geométrico-estructural, una posición de «epimanto» similar a la del Subbético medio *s. lato* o «manto episubbético» (véase más adelante, en el apartado de la fase finiaquitaniense o de divergencia), es decir,

que pertenecería a la capa más superficial dentro de los distintos niveles de mantos existentes en la zona subbética.

En relación con la afirmación expresada en el párrafo anterior y en la hipótesis de que la patria del Penibético se situara al Norte de su posición relativa actual sobre el Subbético Interno, lo más coherente sería ligar directamente el manto penibético con el borde meridional del manto episubbético (Subbético Medio *s. lato*). De este modo, a pesar de la brusquedad del cambio de facies que esta última suposición implica, podríamos imaginar la hipótesis de que el Penibético (con facies de calizas en el Jurásico) constituía una especie de umbral diferenciado equivalente a un Subbético medio-meridional, diferente, por tanto, del Subbético medio *s. str.* (con facies margosas en el Jurásico) y simétrico o convergente, en cuanto a las facies calcáreas, respecto del Subbético medio-septentrional

Pues bien, esta hipótesis A) en su solución más coherente acabada de expresar no es admisible, entre otras razones, por la premisa siguiente:

3. Es un hecho que hay, en general (es decir, en todas las transversales), una continuidad litológico-estructural reveladora de una similar continuidad paleogeográfica, entre el borde meridional del Subbético medio y el borde septentrional del Subbético Interno, sin que sea posible, por tanto, interponer entre ambos ningún otro dominio y, mucho menos, un dominio con facies fuertemente heterópicas (como es el Penibético) con respecto a las de aquéllos.

Lo anterior, a su vez, implica que la posición alóctona del Penibético sobre el Subbético Interno no corresponde a la fase finiaquitaniense o de divergencia —véase más adelante—, sino que fue alcanzada en otra fase que, lógicamente, sólo podría ser anterior o posterior a aquélla.

Conclusión

Luego si no es A), es B), es decir, que el manto Penibético viene del Sur.

Pero, aún, dentro de esta última hipótesis cabe distinguir entre dos posibilidades.

- a) La patria del Penibético se sitúa entre las Zonas Internas y el Subbético Interno.

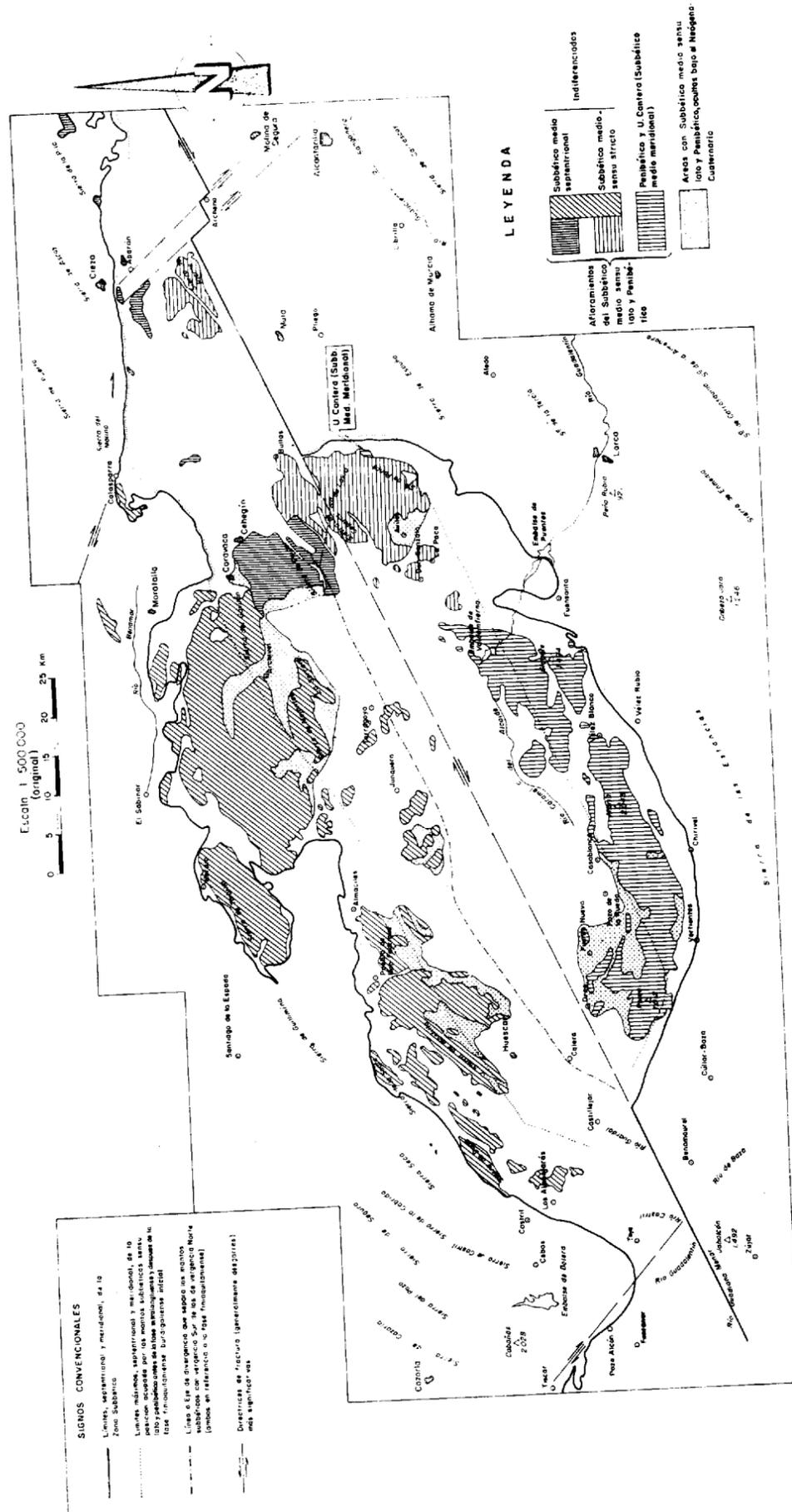


Figura 2.—MAPA DE AFLORAMIENTOS DEL SUBBÉTICO MEDIO SENSU LATO (exceptuado el Triás) Y PENIBÉTICO, Y AREAS DONDE ES PROBABLE SU EXISTENCIA COMO YACENTE ESTRATIGRAFICO (Sector Oriental).

b) La patria del Penibético es interna (suprabética o ultrabética).

La posibilidad a) es la que se ha venido tradicionalmente admitiendo en la bibliografía al uso.

El autor, en este trabajo, descarta esta posibilidad en base a la siguiente premisa:

- Es un hecho que hay una continuidad litológico-estructural relevadora de una similar continuidad paleogeográfica, entre el borde meridional del Subbético Interno, por un lado, y las unidades más externas de la Dorsal (hasta el Luteciense terminal) y conjunto Dorsal-Maláguide (desde el Luteciense terminal al Aquitaniense terminal), por el otro.

Luego si no es viable la posibilidad a) sólo queda admitir la posibilidad b), es decir, que la patria del Penibético es interna.

Pero, en este último caso, caben aún varias opciones, ya que en la Zona Bética s. str. existen varios conjuntos tectónicos, correspondientes a otros tantos dominios paleogeográficos y el Penibético podría, a priori, relacionarse con cualquiera de ellos. Esos dominios son, como es sabido, el Maláguide, Alpujarride (incluido el Ballabona-Cucharón) y Nevado-Filabride. Parece, en principio, más lógico al autor escoger, entre las tres opciones anteriores, aquella que relacionara más o menos directamente al Penibético con el dominio Maláguide. En la concepción del autor esta opción significa que el Penibético no alcanzaría la categoría de dominio bien diferenciado con respecto al Maláguide, sino que aquél constituiría la continuación de éste hacia el Sur o incluso podría ser, en parte, una variación lateral del citado Maláguide, de modo que ambos constituirían un mismo y único dominio paleogeográfico que bordeaba, por el Norte, el continente bético-rifeño. Coherentemente con esta solución, la patria tectónica (coincidente, por otro lado, con su situación paleogeográfica relativa) del Penibético, antes de la fase Burdigaliense inicial, ocuparía una posición supra-Maláguide entendiendo por Maláguide, en este punto, solamente el paleozoico de este último dominio; es decir, que, en definitiva, el Penibético podría corresponder, precisamente, a la cobertera mesozoica-paleógena que hoy día puede observarse que falta sobre el paleozoico de amplios sectores, correspondiente a la mayor parte

de los afloramientos del citado dominio Maláguide. La causa directa del deslizamiento, de carácter gravitatorio y hacia el Norte, del Penibético, debió ser una elevación generalizada de las Zonas Internas que favoreció, a su vez, el despegue de materiales de distinta competencia (la superficie de despegue estaría situada a la base del Triás, es decir, entre éste y el Paleozoico).

Ligado a este deslizamiento del Penibético (que constituía, de esta manera, un verdadero manto de corrimiento ultrasubbético) estaría, probablemente, el corrimiento del conjunto Aljibe (Areniscas más «Serie de base») —U. Algeciras sobre el Subbético Interno s. str. y, principalmente, sobre la Unidad Almarchal— San Cristóbal, por intermedio del Penibético (ver Apéndice 2).

Por último, conviene tratar el aspecto de la posición cronológica relativa de estos últimos movimientos o fase penibético-numídica, con respecto a la fase de «divergencia». De entrada y, de acuerdo con las premisas sobre las edades de los corrimientos explícitas en los apartados correspondientes de ambas fases, conviene hacer notar el hecho de que, entre una y otra, debió mediar un período de tiempo relativamente muy corto y de ahí la principal dificultad para establecer la posición cronológica relativa de ambas. De todos modos, basándonos en los datos más recientes, parece ser que la serie del Penibético alcanzaría al Burdigaliense inferior bien datado (BOURGOIS, 1978), en tanto que en las series de los distintos dominios y subdominios del Subbético, afectados por la fase de divergencia, sólo se ha datado, con seguridad, hasta el Aquitaniense terminal. De acuerdo con esto último, pues, la fase que podríamos llamar «penibética» o «penibético-numídica» (por afectar, fundamentalmente, a estos dos elementos) sería posterior a la «fase de divergencia».

C) Los movimientos divergentes de corrimiento y cabalgamiento del Subbético Externo, Medio e Interno, al término del Aquitaniense (Fase fini-Aquitaniense, de divergencia o de inversión en s. str.) (figs. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13; Apéndices 5 y 6; y Cuadros 1 y 2)

En lo que sigue se supone que la fase intra-Langhiense ha sido reconstruida retrotectónicamente, de modo que el estado de cosas de que se parte es anterior a dicha fase.

Premisas

1. Desde un punto de vista geométrico-estructural, y de un modo general, puede definirse tres pisos o niveles (no en el sentido de Mattauer —1973—, sino con un matiz más puramente geométrico), en cualquier transversal completa de la Zona Subbética.

Dichos niveles son los siguientes, de arriba a abajo:

- En posición superior, el manto EPISUBBÉTICO (equivalente al Subbético Medio s. lato). Este está constituido por una serie de unidades, aflorantes generalmente en posición central con respecto al conjunto de la Zona Subbética, bien relacionadas entre sí mediante una continuidad litológico-estructural más o menos perfecta y que presentan un Trías bien aflorante a la base, hecho que constituye su rasgo estructural más fundamental y definitorio (ver Apéndice 6).
- En posición intermedia, los MANTOS INFRASUBBÉTICOS (equivalentes al Subbético Externo —ver Apéndice 5— y Subbético Interno). Ambos constan de una serie de unidades aflorantes, respectivamente, en posiciones septentrional y meridional respecto de la Zona Subbética. Dichas unidades están recubiertas tectónicamente por las del Subbético Medio s. lato mediante un contacto que, al Norte, es siempre de corrimiento, mientras que, al Sur, debido a una mayor escasez de ventanas tectónicas (del Subbético Interno bajo el Subbético Medio) resulta más difícil precisar la envergadura del recubrimiento el cual, en algunos casos (verigracia el Sector central y más concretamente, la línea Caregiuela-Alamedilla-Guadahortuna-Campotéjar-Sierra de Chanzas-Fuentes de Cesna), puede quedar en un cabalgamiento de mayor o menor envergadura (desde varios centenares de metros —Sierra de Chanzas— hasta 5 km —«ventana» de capas rojas senonienses, situada a unos 3 km al Sur de Montillana—).
- En posición inferior está el Prebético, al Norte, y el conjunto Dorsal-Málagaide, al Sur. Ambos están recubiertos, tectónicamente, por los mantos infrasubbéticos (el Prebético por el Subbético Externo y el Conjunto Dorsal-Málagaide, por el Subbético Interno).

2. Los recubrimientos tectónicos citados más arriba (los del manto episubbético sobre los mantos infrasubbéticos y los de estos últimos sobre el Prebético y Dorsal-Málagaide) son, fundamentalmente, de edad finiaquitaniense en todos los casos, por lo que puede deducirse que se trata de un movimiento de carácter sincrónico.

Este hecho de conjunto está, a su vez, basado en otra serie de hechos menores que son los siguientes:

- a) Los terrenos más modernos situados bajo las superficies de corrimiento y/o cabalgamiento citados son, en todos los casos, de edad Aquitaniense (hasta el Aquitaniense terminal incluido). (En cada uno de esos pisos o niveles geométrico-estructurales, las series que los componen presentan terrenos desde el Trías al Aquitaniense terminal, sin discontinuidades sedimentarias y/o tectónicas importantes en la vertical.)
- b) Los terrenos más modernos pertenecientes a los distintos mantos y que han participado en el corrimiento, también son de edad Aquitaniense (hasta el Aquitaniense terminal incluido).
- c) La edad de los terrenos más antiguos depositados posteriormente al fenómeno de corrimiento y no afectados por este último, es Burdigaliense inferior.

Hipótesis posibles (Problema 1.º)

En cuanto a las hipótesis posibles, y puesto que existen tres pisos geométrico-estructurales separados entre sí por dos niveles de superficies de corrimiento (lo cual no quiere decir, a priori, sólo dos superficies de corrimiento, sino un mínimo de dos y un máximo de cuatro), es menester tratar por separado los dos problemas siguientes:

Primer problema.—Relación del nivel superior (manto episubbético) con el nivel intermedio (manto infrasubbético).

Segundo problema.—Relación del nivel intermedio (mantos infrasubbéticos) con el nivel inferior (Prebético y Dorsal-Málagaide).

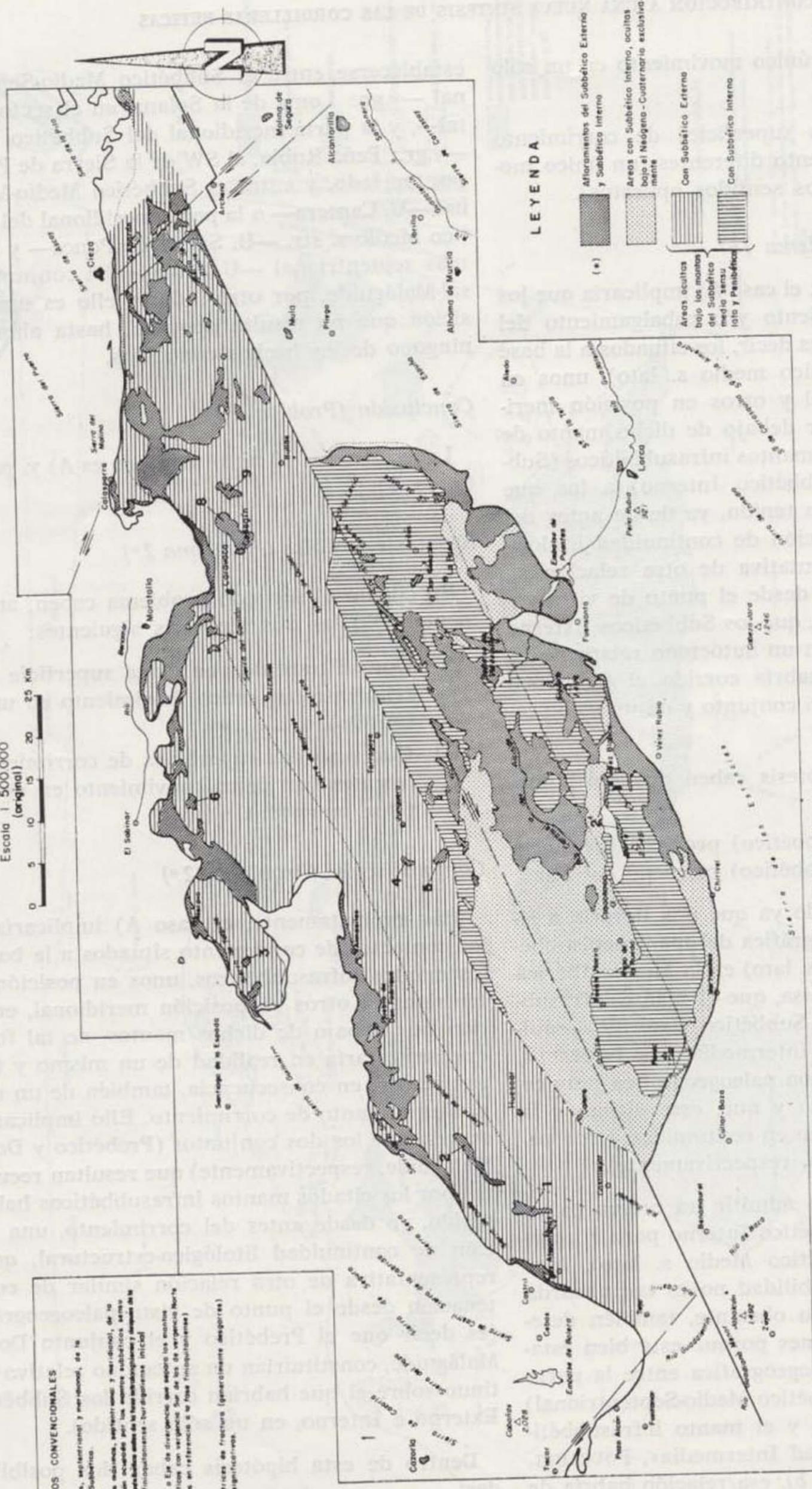
En cuanto al primer problema, sólo caben las dos hipótesis siguientes:

- A) Que se trate de una única superficie de co-



Figura 3.—Idem anterior (Sector Central).

Escala 1:500,000 (original)



SIGNOS CONVENCIONALES

--- Límites, septentrional y meridional, de la Zona Subbética.

--- Límites méridional, septentrional y meridional, de la zona ocupada por las series subbéticas, entre loto y para loto, así como de la fase intralotiana y loto de la fase intralotiana - Jurásico inferior (LITOL).

--- Línea de Eje de divergencia que separa las series subbéticas con vergencia Sur de las de vergencia Norte (ambas en referencia a la fase intralotiana).

--- Directrices de fracturas (generalmente desgarres) más significativas.

LEYENDA

- (*) Afloramientos del Subbético Externo y Subbético interno
- Areas con Subbético Interno, ocultas bajo el Neógeno - Cuaternario exclusivamente
- Areas ocultas bajo los montes del Subbético medio sensu lato y Pasibético
- Con Subbético Externo
- Con Subbético Interno

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 1', 2' Ventanas tectónicas del Subbético externo e interno

(*) El Subbético Externo (al N) y el Subbético Interno (al S.) están claramente separados por el eje de divergencia. No hay, pues, posibilidad de confusión, aunque lleven ambos la misma trama.

NOTA.- Las áreas de los Subbéticos Externo e Interno, que están situadas respectivamente al N. de la "línea máxima septentrional" y al S. de la "línea máxima meridional", constituyen coberturas (sin substrato jurásico) cuyo patrón tectónico, inmediatamente anterior a la fase intralotiana, se situaría al S. y al N., respectivamente, de las citadas líneas, donde debe estar hoy oculto su substrato jurásico.

Figura 5.—MAPA DE AFLORAMIENTOS DEL SUBBETICO EXTERNO Y DEL SUBBETICO INTERNO, Y AREAS DONDE ES PROBABLE SU EXISTENCIA COMO YACENTE ESTRATIGRAFICO Y/O TECTONICO (Sector Oriental).

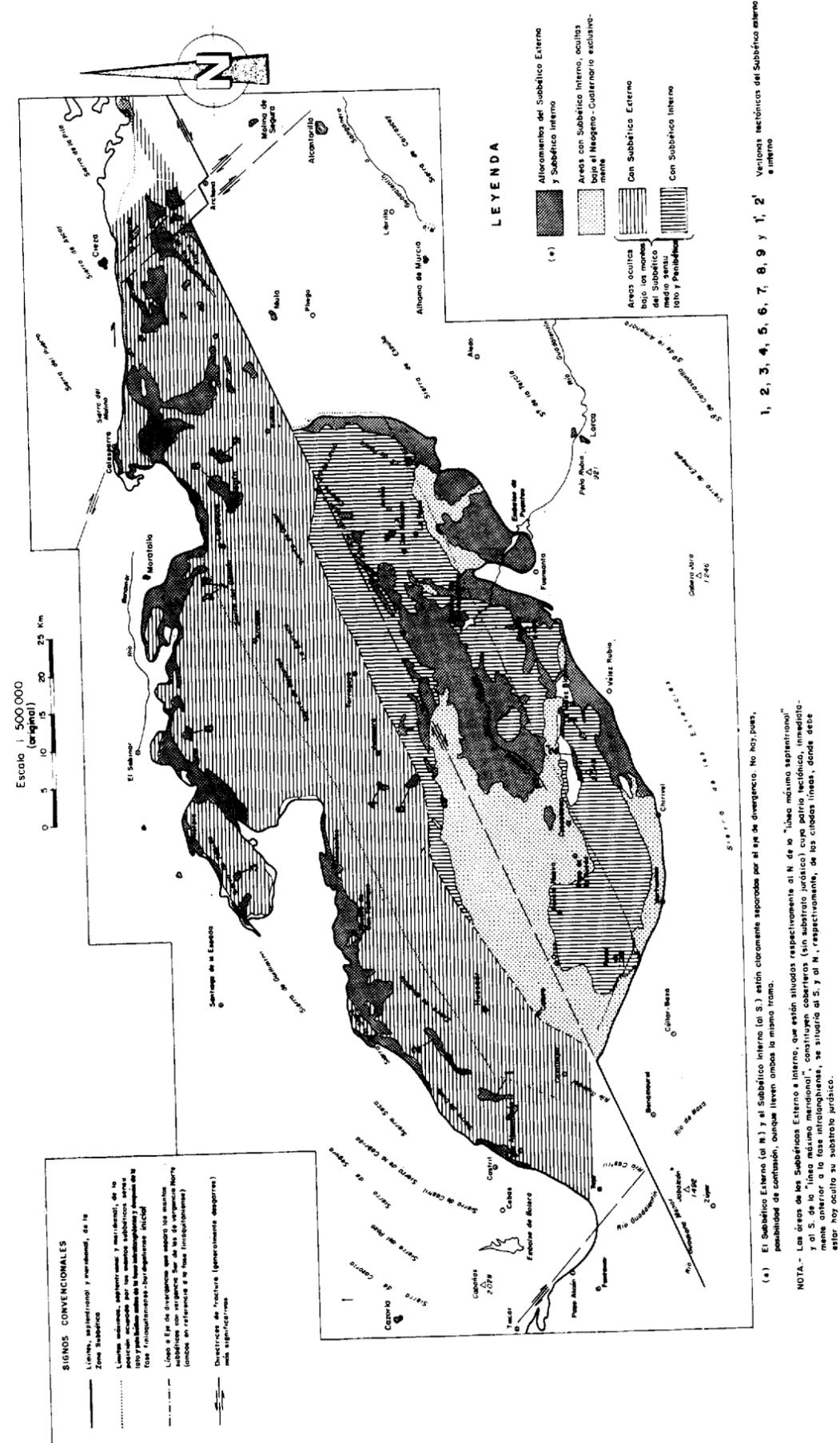


Figura 5.—MAPA DE AFLORAMIENTOS DEL SUBBÉTICO EXTERNO Y DEL SUBBÉTICO INTERNO, Y ÁREAS DONDE ES PROBABLE SU EXISTENCIA COMO YACENTE ESTRATIGRAFICO Y/O TECTONICO (Sector Oriental).

- a) Los mantos (infrassubbéticos) provienen del Norte.
- b) Los mantos (infrassubbéticos) provienen del Sur

El caso a) es absurdo ya que nos llevaría a situar la patria paleogeográfica de los mantos infrassubbéticos (Subbético Externo e Interno) en la Meseta Ibérica (se admite, según se dijo, como premisa, que el Prebético y Cobertera Tabular de la Meseta están en continuidad y son parautóctono y autóctona, respectivamente).

El caso b) implicaría admitir un origen paleogeográfico interno y ultra-Maláguide para el conjunto de los mantos infrassubbéticos. Esta posibilidad es, asimismo, desechable, por las mismas razones aducidas en el caso A-b de la fase intra-Langhiense.

Conclusión (Problema 2.º)

Luego si no es a) ni b) tampoco es A) y, por lo tanto, es B).

Esta solución significa que hubo un movimiento de carácter divergente (desde el punto de vista geométrico) y sincrónico. Así pues, en esta FASE DE DIVERGENCIA, el manto episubbético (Subbético medio s. lato) corrió sobre el Subbético Externo pero además y simultáneamente, también corrió y/o cabalgó sobre el Subbético Interno. Al mismo tiempo ocurrió que, de estos dos últimos (mantos infrassubbéticos), el primero corrió y/o cabalgó sobre el Prebético y, el segundo, hizo lo mismo sobre el conjunto Dorsal-Maláguide. El resultado fue, así, una estructura de abanico relativamente simétrica (el defecto de simetría vendría dado por una mayor envergadura del corrimiento de las ramas septentrionales —Subbético Externo y parte septentrional del Subbético Medio s. lato— con respecto al corrimiento y/o cabalgamiento de las ramas meridionales (4).

Para explicar el anterior movimiento, es necesario invocar una compresión a nivel de zócalo que conllevaría el acercamiento del cratón ibérico y del cratón bético-rifeño. Este acercamiento no debió de ser simplemente frontal sino que tuvo, probablemente, una fuerte componente lateral (posiblemente de dirección ENE-WSW, con sentido del cratón bético-rifeño hacia el W). En el curso de ese acercamiento, el Subbético s. lato sufriría una «extrusión por barrido» debido a la conjunción de los empujes frontal y lateral. Ello implica

que la zona previamente ocupada por el Subbético s. lato era un área de «cuasi» corteza oceánica o, al menos, un área de corteza continental tan delgada que, prácticamente, se comportó como si no existiera esta última. Y ello supone, a su vez, que el límite meridional del cratón ibérico coincidía, aproximadamente, con el límite meridional del Prebético; y, asimismo, que el borde septentrional del cratón bético-rifeño sería más o menos el mismo que el borde septentrional del conjunto Dorsal-Maláguide.

A nivel de placas, y puesto que el cratón ibérico pertenece a la placa europea mientras que el cratón bético-rifeño lo asignamos, en principio, a la placa africana, lo dicho más arriba implica que los cratones ibérico y bético-rifeño estaban separados, precisamente, por la zona (de corteza casi oceánica, como ya se dijo) ocupada por el Subbético s. lato (100 km de anchura, por término medio). Dentro de este margen o espacio en sentido transversal habría que situar, pues, la Falla de las Azores (nos referimos a la transformante atlántica principal que separa las placas europea y africana). Aunque, a priori, resulta difícil entrever una posición claramente privilegiada, el autor propone aquí una ubicación del citado accidente sobre el límite Zonas Internas-Zonas Externas y, más concretamente sobre el límite Dorsal-Subbético Interno.

(4) Además, teniendo en cuenta que el «eje de divergencia» se sitúa, aproximadamente, sobre la línea central del Subbético Medio s. str. (parte meridional del Subbético Medio s. lato) esta interpretación nos llevaría a discutir la aplicación o asignación que, respecto de los conceptos de Zonas Internas y Externas y, también, de Zona Axial, se ha venido haciendo en la bibliografía al uso sobre las Cordilleras Béticas. Y así, si nos atenemos al sentido original de esas definiciones (recordemos que «par définition, le déversement se fait de l'intérieur vers l'extérieur de la chaîne; on peut ainsi définir des zones externes e internes; dans le cas de chaînes symétriques les parties internes, souvent appelés "Zone axiale" sont déversées dans deux directions opposés sur deux zones externes», según M. Mattauer, 1973) habría que considerar, al menos desde ese punto de vista exclusivamente geométrico (es decir, sin tener en cuenta otros aspectos como el metamorfismo, etc.), que las Cordilleras Béticas constituyen una cadena bimarginada y algo asimétrica (mayor amplitud de las vergencias hacia el Norte), en la que el Subbético juega el papel de zona axial mientras que el cratón bético-rifeño es, en realidad, un antepaís (el otro antepaís sería, lógicamente, el cratón ibérico). Esto es coherente con la pauta seguida en este trabajo, en el cual cuando hablamos de las distintas etapas de la evolución del geosinclinal bético en general, en realidad nos estamos refiriendo, estrictamente hablando, al geosinclinal Subbético (flanqueado por una plataforma septentrional —el Prebético— y otra meridional —el conjunto Dorsal-Maláguide-Penibético—).



LEYENDA

- Altiplanos del Subbético Externo y del Subbético Interno
- Areas con Subbético Externo e Interno ocultos bajo el Mioceno-Cuaternario, exclusivamente
- Con Subbético Externo
- Con Subbético Interno
- Subbético Interno oculto por las "coberturas flysch supraplenéticas"

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 } Vectores y semivectores técnicos del Subbético Externo y Subbético Interno, respectivamente.

1', 2', 3', 4' } Vectores técnicos del Subbético Externo y Subbético Interno, respectivamente.

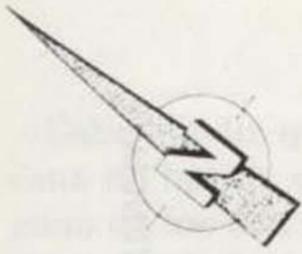
SIGNOS CONVENCIONALES

- Límites, estructurales y morfológicos del Subbético
- Líneas de divergencia que separan las zonas subbéticas con respecto a la vergencia lateral (basado en referencia a la fase supraplenética inicial)
- Direcciones de fracturas (esguras) más significativas

Escala 1:500.000 (original)

0 5 10 15 20 25 Km

Figura 6.—Idem anterior (Sector Central).



LEYENDA (*)

- Afloramientos del Subbelice Externo y del Flysch Subbelice Interno (Máculas de devolición)
 - Areas con Subbelice Externo y Flysch Subbelice Interno acortas bajo el Mioceno -Cuaternario sucesivamente.
 - Con Subbelice Externo
 - Con Subbelice Interno
 - Con Flysch Subbelice Interno
- Areas acortas solo las montañas del Subbelice interno (sin el Flysch Subbelice Interno) y las montañas de la Sierra de Guadalupe y Sierra de Guadalupe y Sierra de Guadalupe.
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10

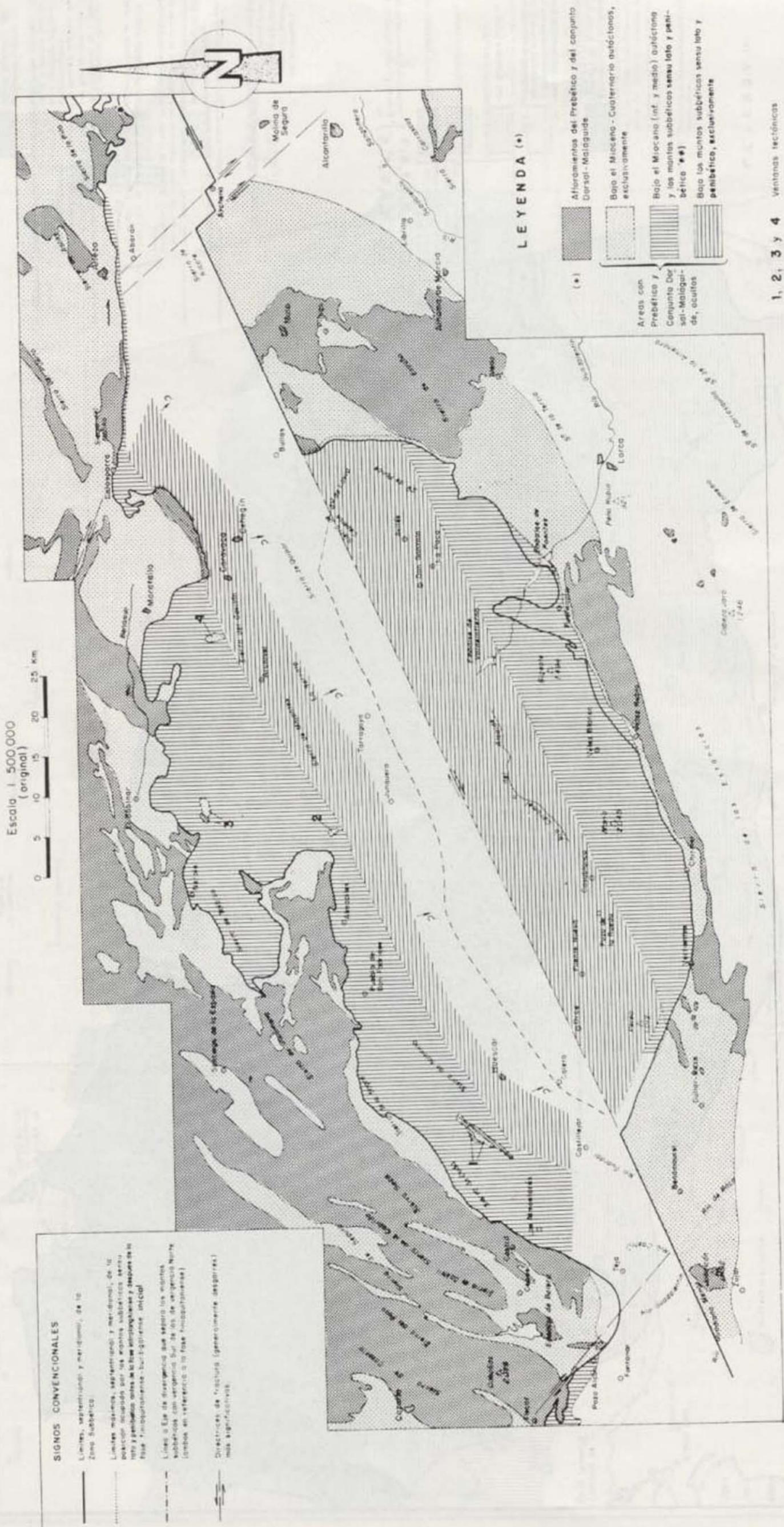
SIGNOS CONVENCIONALES

- Línea de contacto - convencional de las Zonas Subbelice y Zona Superbelice (convención de las Zonas Subbelice).
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.
- Línea de Eje de divergencia que separa las montañas de la Sierra de Guadalupe y Sierra de Guadalupe y Sierra de Guadalupe.
- Línea aproximada de contacto entre el Paleozoico de la Sierra de Guadalupe y el Paleozoico de la Sierra de Guadalupe y Sierra de Guadalupe.
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.
- Línea de contacto - convencional de la posición NE-SW por las montañas subbelice y zona superbelice y después de la fase Frío-templado-subhelice.



Figura 7.—Idem anterior (Sector Occidental).

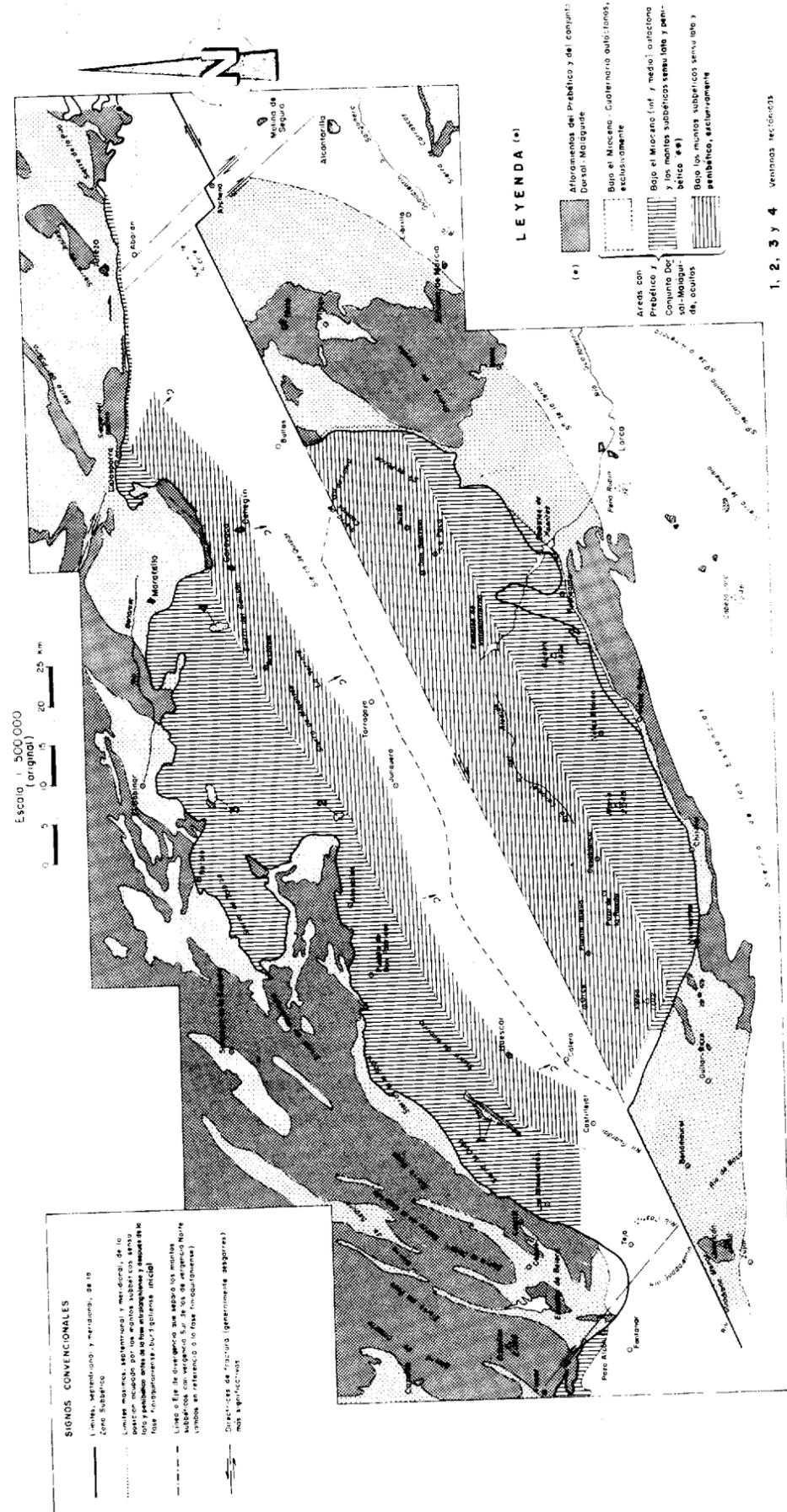
Escala 1:500.000 (original) 0 5 10 15 20 25 km



(*) El Prebético (al N.) y el Malaguide (al Sur) están claramente separados por el eje de divergencia. No hay, pues, posibilidad de confusión, aunque lleven ambos la misma trama.

(**) Más la Formación Sogano, en la zona de la Fuensanta - María - Vertientes

Figura 8.—MAPA DE AFLORAMIENTOS DEL PREBETICO Y DEL DOMINIO DORSAL-MALAGUIDE Y AREAS DONDE ES PROBABLE SU EXISTENCIA COMO YACENTE ESTRATIGRAFICO Y/O TECTONICO (Sector Oriental).



1, 2, 3 y 4 Ventanas verticales

(*) El Prebético (al N.) y el Maláguide (al Sur) están claramente separados por el eje de divergencia. No hay, pues, posibilidad de contacto, aunque lleven ambas la misma trama.

(**) Más la Formación Sano, en la zona de la Fuenteja-Maria-Vertientes

Figura 8.—MAPA DE AFLORAMIENTOS DEL PREBÉTICO Y DEL DOMINIO DORSAL-MALAGUIDE Y AREAS DONDE ES PROBABLE SU EXISTENCIA COMO YACENTE ESTRATIGRAFICO Y/O TECTONICO (Sector Oriental).

Cabe añadir que entre las placas europea y africana no habría un contacto de subducción, en ninguno de los dos sentidos posibles (es decir, los que resultan de invertir la posición de los dos elementos que intervienen, el subducido y el cabalgante o subduciente), sino un contacto frontal (en el sentido de enfrentamiento a un mismo nivel, sin subducción posterior o consiguiente).

En definitiva, la fase finiaquitaniense o «fase de divergencia», supone el final de la etapa geosinclinal propiamente dicha, es decir, la fase de inversión, en sentido estricto, del geosinclinal.

Por último, conviene poner de manifiesto que, como consecuencia de esta fase y, precisamente a partir de ella, las divisiones terminológicas de Prebético, Subbético y conjunto Dorsal-Maláguide e, incluso, las de Zonas Externas y Zonas Internas, ya no pueden seguir aplicándose en cuanto a la distribución paleogeográfica de los terrenos del Burdigaliense inferior y Burdigaliense superior-Langhiense ya que ellos se depositan, indistintamente y sin grandes cambios transversales de facies, sobre los distintos ámbitos acabados de citar.

D) El cabalgamiento Dorsal-Maláguide (Fase fini-Luteciense) (figs. 8, 9, 10, 11, 12 y 13; y Apéndice 3)

En primer lugar conviene aclarar que, salvo algunos aspectos, donde mejor puede estudiarse esta fase dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas, es en el área de Sierra Espuña, donde fue puesta de manifiesto por PAQUET (1966). No obstante, existen suficientes pruebas no sólo en el resto de las Cordilleras Béticas sino también en todo el Norte de Africa, de que esta fase afectó al ámbito general de estas cadenas, si bien es cierto que sus principales efectos sobre la cobertera (en forma de acortamientos por cabalgamiento, de envergadura relativamente grande) estuvieron localizados principalmente en los dominios Dorsal y Maláguide.

La existencia de esta fase se apoya en las siguientes premisas:

1. En el ámbito de la Dorsal y del Maláguide se observa una serie de escamas, con vergencia hacia las Zonas Internas, de modo que las series más externas (con facies más pe-

- lógicas) cabalgan, en general, a las más internas (en facies más costeras).
2. La constitución de tales escamas, debió tener lugar en el Luteciense terminal.

Esta observación se fundamenta en otros hechos menores que son los siguientes:

- a) Los terrenos más modernos que están implicados en las distintas escamas son de edad Luteciense terminal.
- b) Los terrenos más antiguos no afectados por las citadas escamas, y que sellan a estas mediante un contacto estratigráfico discordante, son de edad Eoceno superior (Auver-siense).

No obstante lo manifestado más arriba sobre la importante influencia de esta fase en el ámbito Dorsal-Maláguide, mi opinión es que ella tuvo también una repercusión destacada en las Zonas Externas y, dentro de éstas, principalmente en el subdominio Subbético medio en sentido estricto (según la nomenclatura del autor de este trabajo). Esa repercusión vendría apoyada, fundamentalmente, en el hecho generalizado de la falta o manifiesta escasez de sedimentos del Eoceno Superior-Aquitaniense que presenta el subdominio acabado de citar. De acuerdo con ello, la fase fini-Luteciense bien pudo constituir el principio de la etapa de inversión del geosinclinal subbético (etapa que no se culminaría, paroxismáticamente, hasta el final del Aquitaniense, con la «fase de divergencia») iniciada, lógicamente, con el levantamiento (y consiguiente no-depósito) de la parte central de dicho geosinclinal constituida, precisamente, por el Subbético Medio en sentido estricto.

Cabe añadir que, como consecuencia de esta fase y precisamente a partir de ella, las divisiones terminológicas de Dorsal y Maláguide ya no pueden seguir aplicándose en cuanto a la distribución paleogeográfica de los terrenos del Eoceno Superior-Aquitaniense ya que estos últimos se depositan, indistintamente y sin grandes cambios transversales de facies, sobre ambos dominios acabados de citar.

V. LAS FASES MENORES DE LA ETAPA DE INVERSION DEL GEOSINCLINAL

Además de esas cuatro fases mayores estudiadas en los apartados precedentes y dentro de la etapa

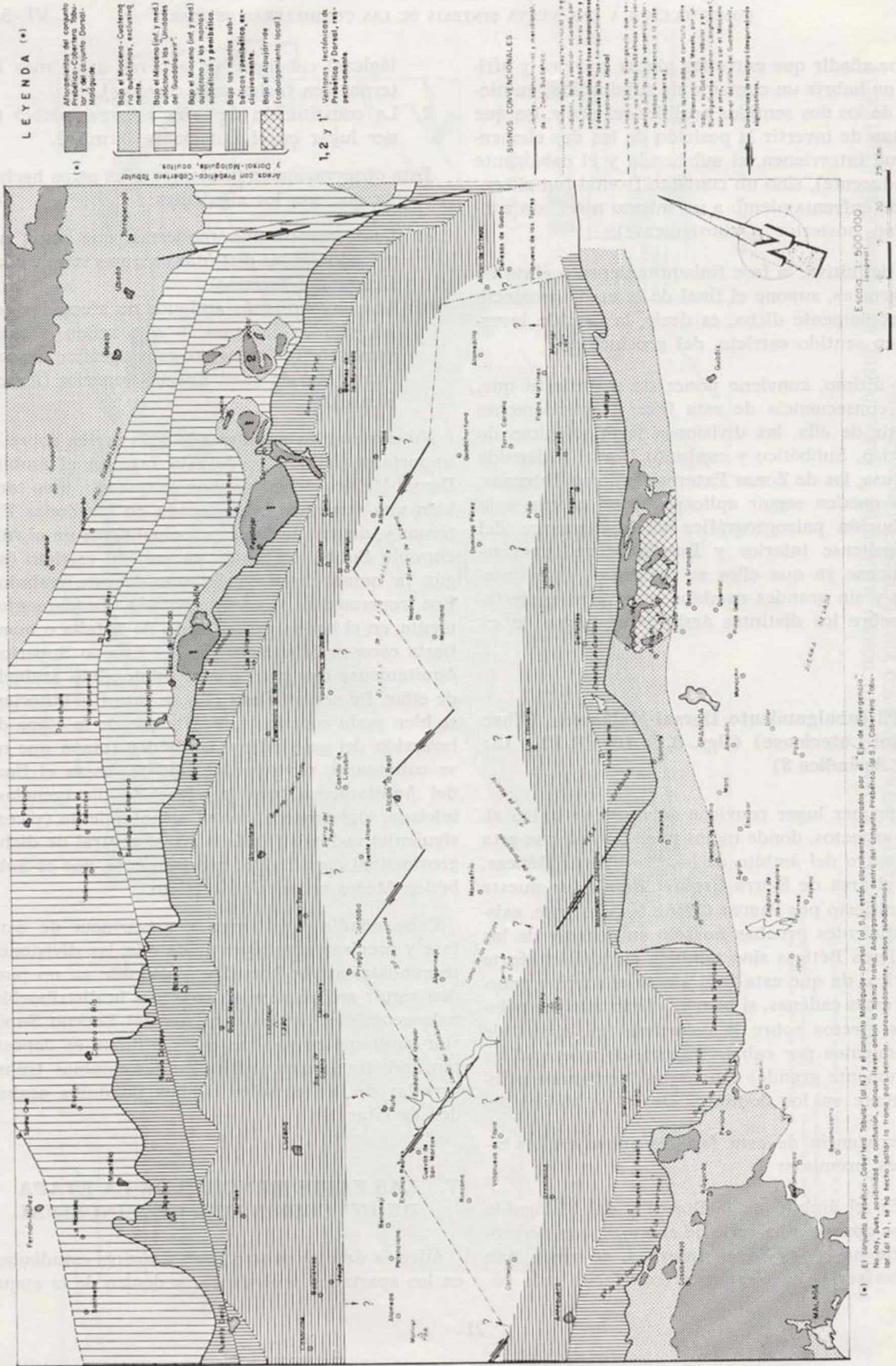


Figura 9.—Idem anterior (Sector Central).

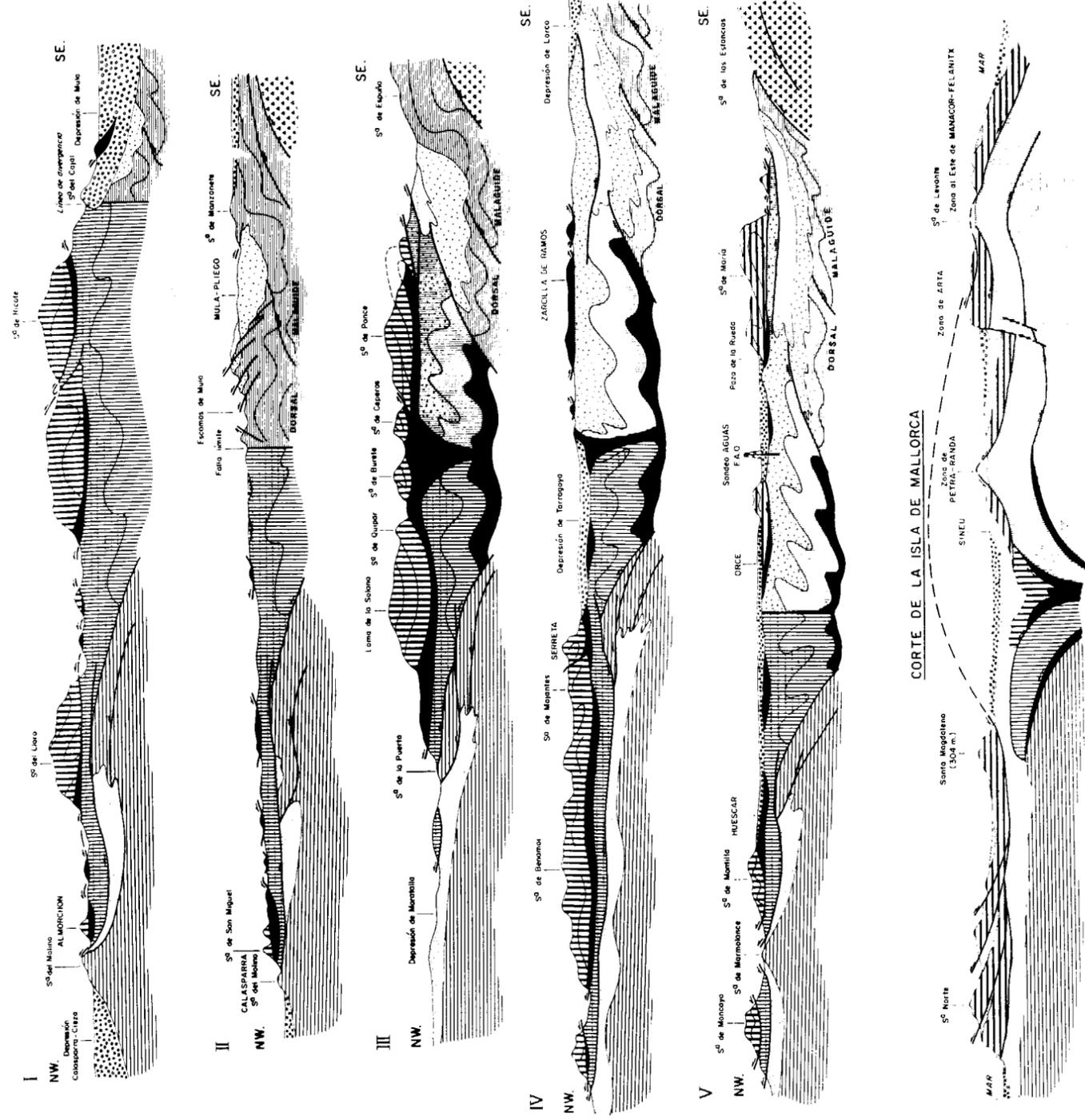


Figura 11.—CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS DE LAS CORDILLERAS BETICAS (Sector Oriental).

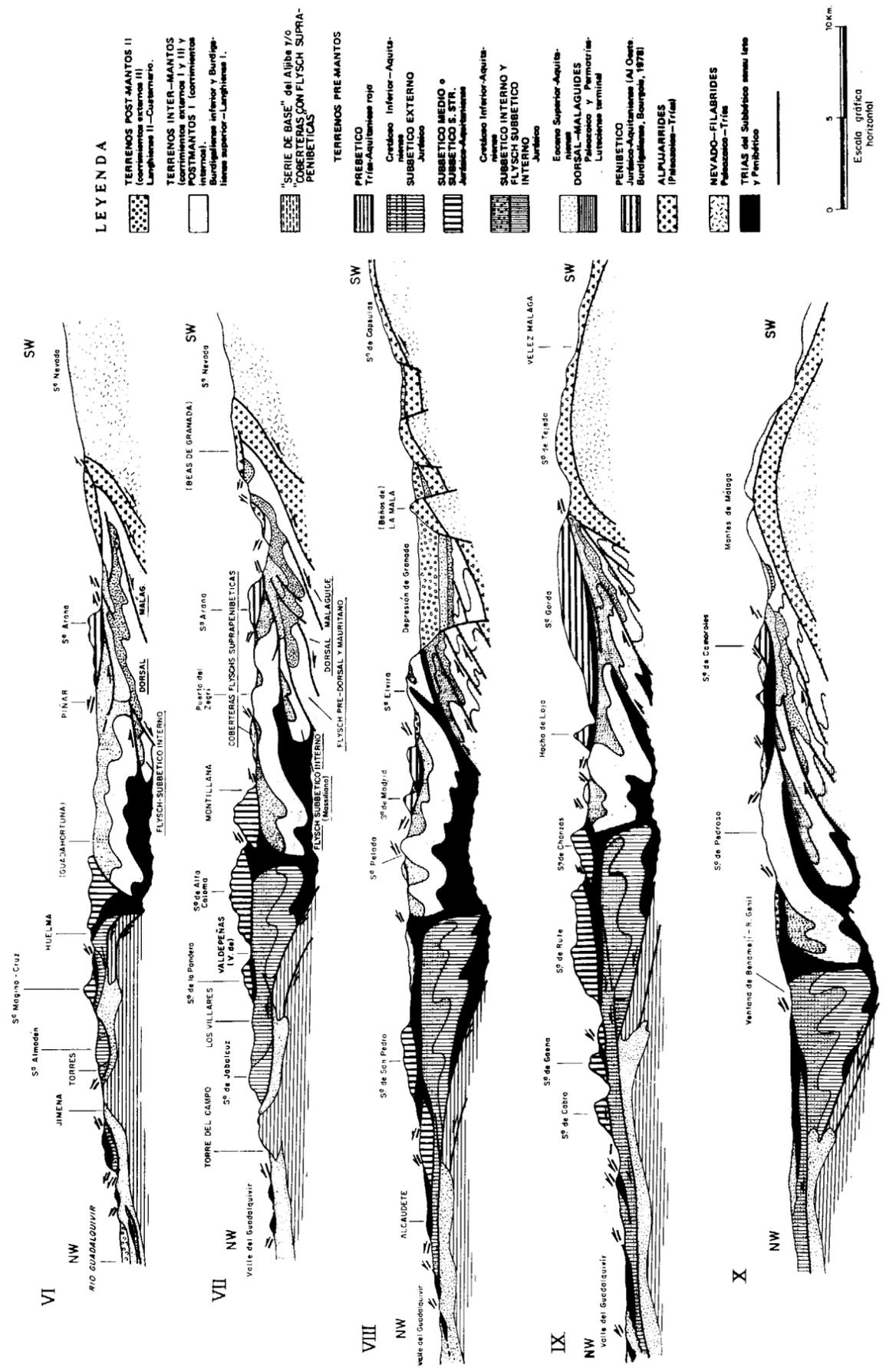


Figura 12.—Idem anterior (Sector Central).

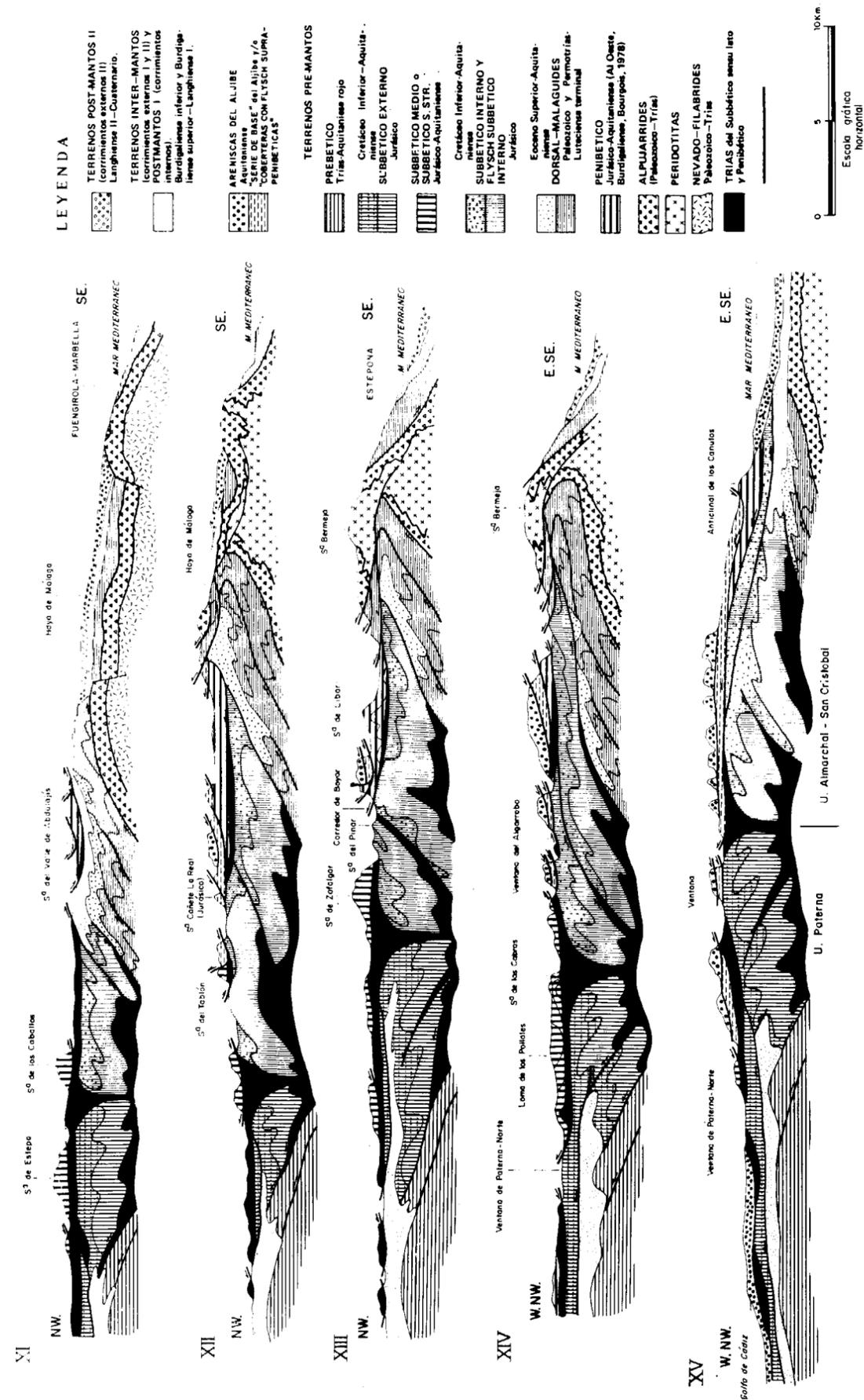


Figura 13.—Idem anterior (Sector Occidental).

de inversión, existieron otras fases menores cuyas manifestaciones más importantes, a las que nos referiremos más adelante, están restringidas a los dominios de la Dorsal, Maláguide y Penibético.

La situación cronológica de la actividad tectónica correspondiente a estas últimas es, principalmente, intra-oligocena (entre Oligoceno inferior y Oligoceno medio-superior), fini-oligocena, Burdigaliense inicial e intra-Burdigaliense.

La fase intra-oligocena que se corresponde, probablemente, con la apertura de la cuenca argelo-provenzal (y que, por lo tanto, tiene aquí un carácter distensivo y lleva pareja la formación de nuevo suelo oceánico en la parte central del Mediterráneo occidental) afecta, principalmente, al área Dorsal-Maláguide-Penibético y, también, a diversas unidades con flyschs del Campo de Gibraltar ocasionando emersiones en unas áreas y fuertes discordancias a la base de los terrenos inmediatamente posteriores, en otras. Pero su mayor repercusión viene representada por el carácter de flysch que adquieren estos últimos depósitos. Tanto esas discordancias como el citado carácter flysch, son perfectamente observables en el sector oriental de las Cordilleras Béticas (área de Mula-Río Pliego), aunque el último de los aspectos citados está aún mejor representado en diversas unidades del Campo de Gibraltar (v.gr.: flysch de las Unidades de Argüelles y Algeciras). Hay que añadir que esta fase va también aparejada con la formación de fallas inversas (inmejorablemente representadas, con vergencia hacia el Noroeste, en la Unidad de Mula —L. JEREZ, F. JEREZ y G. GARCÍA-MONZÓN, 1974—) lo que implica que la distensión en un área determinada (en este caso, la cuenca argelo-provenzal) sea compatible con efectos de compresión simultánea en otro área distinta (5).

La fase fini-oligocena puede en realidad considerarse como una continuación de la anterior, de modo que los depósitos subsiguientes sólo están separados de los inmediatamente anteriores por una discordancia más o menos pronunciada. Dichos depósitos que abarcan todo el piso Aquitaniense, son de carácter flyschoides (siempre en referencia, como se dijo, al área Dorsal-Maláguide y unidades con flyschs del sector occidental) y presentan, a menudo, unos tonos rojizos (formación Aozaina —BOURGOIS y al., 1972—, Formación Roja conti-

nental del río Pliego —JEREZ y al., 1974— y Aquitaniense rojizo continental de Mallorca).

La fase menor del Burdigaliense inicial (que es posterior y, por tanto, diferente de la fase mayor que dio lugar al corrimiento del conjunto Penibético-Aljibe, al principio del Burdigaliense inferior) dio lugar, principalmente, a una serie de cabalgamientos más o menos locales del frente de las Zonas Internas sobre las Zonas Externas (por razones metodológicas, estos cabalgamientos serán estudiados más adelante, por lo cual nos remitimos al Apartado VII).

La fase intra-Burdigaliense (entre Burdigaliense inferior y Burdigaliense superior-Langhienense) se

(5) Me parece oportuno destacar aquí el carácter flyschoides que presenta, principalmente, la formación de margas arenosas y areniscas del Oligoceno medio-superior del conjunto Dorsal-Maláguide (carácter que es más claramente observable en las inmediaciones de Pliego —al NE de Sierra Espuña—, desde esta población hasta uno o dos kilómetros al Sur y Suroeste de la misma). En relación con ello estimo conveniente poner de manifiesto el parecido litoestratigráfico que existe, no sólo a ese nivel, sino también en otros horizontes estratigráficos (v. gr.: las pudingas del Oligoceno Inferior de la Sierra de Espuña) entre este paleógeno de la zona del río Pliego y determinadas unidades del Campo de Gibraltar asignadas al flysch mauretano (U. Algeciras) o bien al flysch predorsaliano (U. Argüelles). En base a esto último, el autor infiere que el flysch mauretano puede constituir, en realidad, la cobertera de una Dorsal muy externa que prácticamente no aflora, enraizada, en ningún punto de las Cordilleras Béticas (el único lugar sería en la Unidad de Mula, y aun allí no afloraría, por falta de erosión suficiente, el substrato jurásico-cretáceo inferior, donde se encontrarían los elementos estratigráficos más definitorios de dicha dorsal). Esa ausencia de afloramientos enraizados (la U. Algeciras y las «Coberteras de flysch suprapenibéticas» se presentan, en general, como totalmente alóctonas y sin su substrato jurásico) sería debido, precisamente, al recubrimiento tectónico que el Subbético Interno s. lato (que incluye, hacia el Oeste, al Flysch Subbético Interno o flysch massiliano), ejerció sobre el conjunto Dorsal-Maláguide, justamente al final del Aquitaniense (fase de divergencia).

También en relación con lo anterior el autor añade aquí su opinión de que la formación de margas arenosas y areniscas del Oligoceno Medio-Superior (PAQUET y al., 1974) del área de Pliego, citada más arriba, es correlacionable, por un lado, con la enigmática Formación Solana (GEEL, 1973) aflorante en la cercana zona del Embalse de Puentes-Corredor de Vélez Rubio y, por otro lado, con las arcillas oligocenas y subnumídicas de la «Serie de base» del Aljibe (CHAUVE, 1968). De la primera afirmación se deduce que la Formación Solana pertenecería al ámbito Dorsal-Maláguide. De lo aseverado en segundo lugar puede colegirse que, así como la Formación de Areniscas del Aljibe sucede, en continuidad y hacia el techo, a las arcillas subnumídicas, también la Formación Roja continental del río Pliego (de edad exclusivamente Aquitaniense, incluyendo la base y el techo de este último; JEREZ y al., 1974) sigue, de la misma manera, a los terrenos del Oligoceno Medio-Superior anteriormente señalados; y, según esto, es lícito presumir que las Areniscas del Aljibe abarcan sólo y exclusivamente todo el piso Aquitaniense y son correlacionables con la Formación Roja del río Pliego.

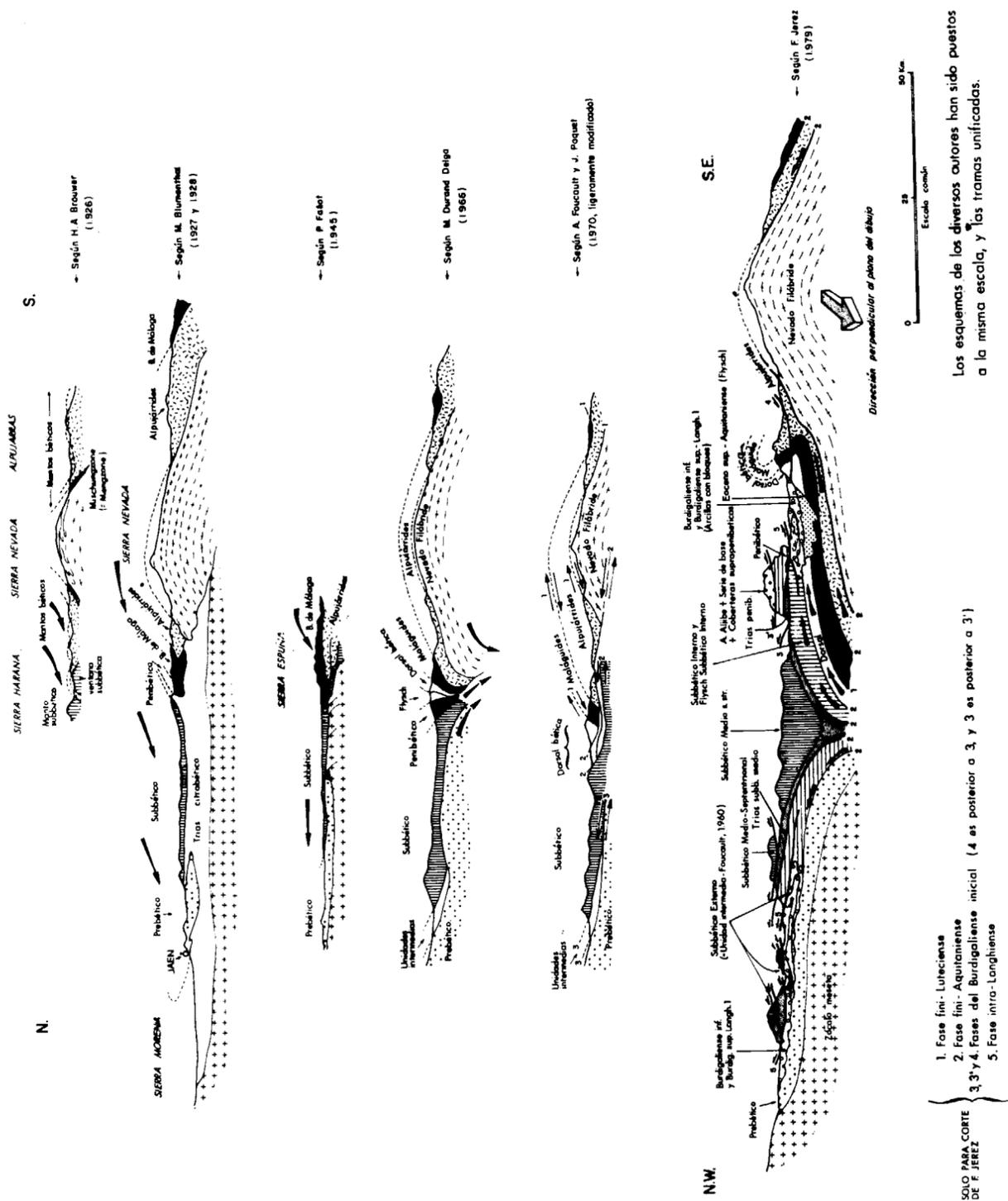


Figura 14.—ALGUNAS HIPOTESIS SOBRE LA ESTRUCTURA DE LAS CORDILLERAS BETICAS

VI. LA ETAPA DE POST-INVERSION DEL GEOSINCLINAL

Dentro de la etapa de post-inversión del geosinclinal bético (BOUSQUET y al., 1976) se puede poner de manifiesto otras dos fases principales que son renegantes respecto de la tectónica alpina propiamente dicha aunque, lógicamente, algunas grandes direcciones estructurales actuantes durante las etapas anteriores han condicionado fuertemente, de hecho, el funcionamiento relativo de los diversos bloques afectados por esas fases.

La más antigua de estas últimas tiene un carácter distensivo, comienza después de la compresión intra-Serravaliense (post-Serravaliense, según otros autores —BOUSQUET y al., 1976—), y se ex-

pone de manifiesto por nuevos cabalgamientos del frente de las Zonas Internas que tienen una vergencia Norte y son, además, locales y de pequeña envergadura (v.gr.: área occidental del corredor de Vélez Rubio). Otra manifestación es la formación de pliegues transversales a las directrices béticas (v.gr.: al Norte de la Bahía de Alcudia, en Mallorca —ESCANDELL y COLÓN, 1963—). A esta fase sucede inmediatamente un cambio relativamente importante en la paleogeografía, indicado, principalmente, por la mucha mayor amplitud de la zona de depósito alcanzada por los terrenos del Burdigaliense superior-Langhiense, con respecto a la de los del Burdigaliense inferior.

Aparte de las anteriores, existe una última fase (citada al final del Apartado IV-A) de edad intra-Serravaliense que constituye el cierre del ciclo alpino propiamente dicho, en el área de las Cordilleras Béticas. Su existencia viene probada por el plegamiento de la superficie de corrimiento de los mantos intra-langhienses (principalmente la situada a la base del Subbético y sobre el Mioceno autóctono del Prebético), la acentuación de algunas escamas y fallas inversas de la fase fini-Aquitaniense (escamas de Cazorla) y la formación de otras nuevas (fallas inversas y cabalgamientos en el Prebético de Alicante), la removilización en pequeña escala de algunos accidentes de desgarre también fundamentalmente producidos en la etapa fini-Aquitaniense (v.gr.: falla de la Línea Eléctrica-Calasparra-Cieza) e incluso la formación de fallas inversas antitéticas, con vergencia Sur (v.gr.: Prebético de Jaén —GARCÍA ROSSELL, 1972—).

VII. HIPOTESIS SOBRE LA CINEMATICA DE OCEANIZACION, SUBDUCCION Y DESGARRES, EN EL MEDITERRANEO OCCIDENTAL (figs. 15, 16, 17, 18, 19 y 20)

Los hitos o etapas más significativas, desde el punto de vista tectónico y/o tectosedimentario, que han regido la evolución del Mediterráneo occidental durante el ciclo alpino, serían los siguientes:

En el Lias medio (figura 19) existirían dos zonas de «rifting». Una, situada en el borde meridional de la placa europea, correspondía al espacio necesario para la ubicación de los distintos dominios del Subbético s. lato. La otra, dispuesta en dirección transversal a la anterior, estaba situada en el interior de la placa africana, y separaba dos cratones diferenciados (a saber: el cratón africano s. str. y, el cratón mediterráneo-occidental s. lato), entre los cuales existía el espacio necesario

tiende, fundamentalmente, desde el Tortonense inferior hasta el final del Cuaternario antiguo, dividida en dos ciclos separados por un cambio en la dirección de la distensión (Norte-Sur, en el primero, y Este-Oeste, en el segundo) acaecido durante el Plioceno inferior. La fase más moderna consiste en una compresión, de dirección Norte-Sur, iniciada al final del Villafranchiense y que aún perdura, como tal, en la actualidad.

Por otro lado, mientras que la primera de las fases acabadas de citar es responsable de la individualización y posterior evolución de las denominadas Depresiones Interiores (en ella funcionaron como fallas normales muchos accidentes que, en etapas anteriores, tuvieron otro carácter —v.gr.: desgarres—), la segunda implica: a) la formación de pequeñas y locales fallas inversas detectables en los rellenos sedimentarios de las depresiones neógenas (cuenca de Tabernas, en la provincia de Almería); b) la removilización, en pequeño grado y con carácter de desgarre, de accidentes de este mismo tipo cuyo desplazamiento principal debió ocurrir en fases más antiguas (v.gr.: accidente de Palomares); c) la formación de algunos pliegues suaves, pero de relativa envergadura (anticlinales de Hurchillo y Benejuzar); y d) el actual levantamiento, por plegamiento de fondo, de la zona axial de Sierra Nevada.

para la ubicación del conjunto Rif Externo-Pre-rif s. str. y sus dominios equivalentes de Argelia (que son, respectivamente: Zona Prekabyla septentrional y Flysch Sur-Kabylo, por un lado y Dahra-Babor septentrional y Zonas Subkabyla y Prekabyla meridional, por el otro) y Sicilia.

Según la disposición anterior, la sedimentación en la zona Subbética (incluida el área de depósito del Flysch Subbético Interno —ver apéndice 7 y figura 19—) se llevaría a cabo sobre el borde meridional de la placa europea en un área de corteza continental muy adelgazada (el verdadero cratón ibérico estaría ubicado a unos 100 km al Norte del borde meridional de la placa europea, a la que dicho cratón pertenece), en tanto que la sedimentación de las zonas intra-rifeñas y pre-rifeñas s. str. (ésta última, con facies margosas desde el Cretáceo inferior), en Marruecos, y la de sus dominios más o menos equivalentes en Argelia y Sicilia, se produciría en el interior de la placa africana, entre los cratones africano s. str. y mediterráneo-occidental s. lato, sobre una corteza continental también muy adelgazada.

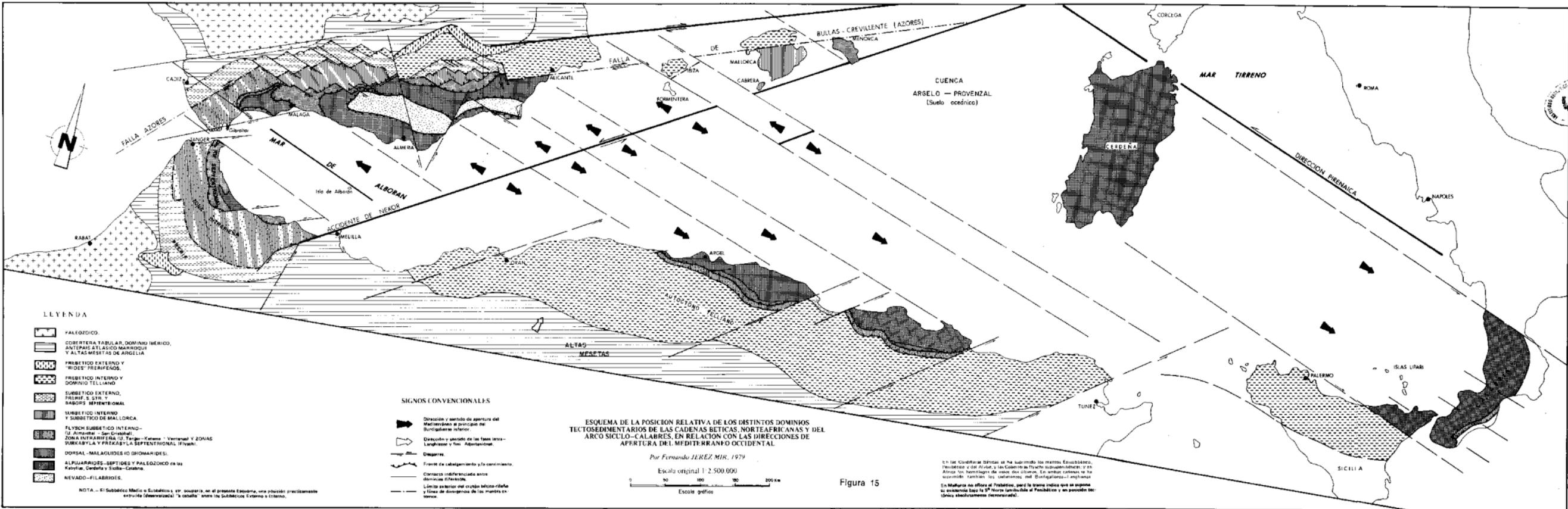
Pues bien puede afirmarse que, considerando ambas placas por separado (es decir, atendiendo individualmente a la estructura de cada una de las dos placas —europea y africana—), esa posición relativa de los cratones, acabada de expresar, debió mantenerse relativamente estable hasta el final del Luteciense y ello vendría apoyado, fundamentalmente, por la ausencia de acortamientos importantes (escamas, cabalgamientos o fenómenos de corrimiento) en las respectivas coberturas mesozoico-terciarias.

Por el contrario, la posición relativa de las placas europea y africana considerada, principalmente, en dirección paralela al límite adyacente de ambas (es decir paralela a la falla de las Azores), tuvo que variar, de hecho, como obligatoriamente se deduce de los datos existentes sobre las aperturas sucesivas del Atlántico Sur y Atlántico Norte. Esos datos implican, como ya es sabido y en lo que se refiere a la falla acabada de citar, un funcionamiento sinistrorso desde el Lías hasta el Jurásico terminal y una inversión (funcionamiento dextrorso) del anterior sentido relativo de desplazamiento, a partir de esa última edad, coincidiendo con la apertura del Atlántico Norte iniciada en el Golfo de Gascuña. No obstante lo anterior, resulta aún muy difícil sólo con los datos geológicos existentes, evaluar en qué medida (so-

bre todo, en cuanto a la magnitud de los desplazamientos relativos del conjunto de las posiciones primitivas de los distintos dominios sedimentarios adscritos a una placa con respecto al conjunto de las posiciones análogas en la otra placa) y, también, en qué manera (principalmente, en cuanto a la distribución de determinados materiales sedimentarios muy significativos —v.gr.: los flysch cretáceos—) influyeron esos movimientos relativos experimentados por las placas europea y africana a lo largo de la falla de las Azores.

Antes del final (es decir, en un período, no precisado, ubicado entre el Jurásico terminal y el Luteciense terminal) o *al término del Luteciense* pudo darse un proceso de oceanización en el dominio Nevado-Filábride. Este proceso de creación de corteza oceánica no tendría por qué llevar aparejado un fenómeno contrapuesto de subducción sino que los bordes de esa corteza pudieron, por el momento, comportarse como bordes pasivos de tipo atlántico. Sin embargo, ese proceso de oceanización sí traería consigo la individualización y posterior separación, a un lado y a otro de la zona afectada por dicho fenómeno, de dos bloques o subcratones en el interior del cratón mediterráneo-occidental s. lato, a saber: el subcratón nor-teafricano y el subcratón mediterráneo-occidental s. str. (figura 19). A su vez, este movimiento relativo de separación de esos dos subcratones, en el caso de que hubiera ocurrido al final del Eoceno medio, pudo ser la causa del empuje y consiguiente compresión de los sedimentos antelutecienses de los dominios Dorsal y Maláguide, motivando así la formación de escamas con vergencia contraria (hacia las Zonas Internas) a la del citado empuje y creando, de esta manera, lo que en adelante sería el dominio común del Conjunto Dorsal-Maláguide, sobre el que se sedimentarían facies flyschoides entre el Eoceno Superior y Aquitaniense incluido (v.gr.: flysch de la U. Mula-Río Pliego y flyschs mauretanos postlutecienses).

A partir del Oligoceno medio pero, fundamentalmente, al final del Aquitaniense, se produjo un importante empuje hacia el ENE de la placa africana s. lato que motivó su ruptura y la consiguiente diferenciación de la microplaca mediterránea-occidental, por un lado, y de la placa africana s. str., por el otro (fig. 19). A partir de ello, esa línea de ruptura funcionó como un borde activo realizándose la subducción (figura 20) de la microplaca acabada de citar, bajo la placa africana en s. str. y consumiéndose así la corteza oceánica creada



- LEYENDA**
- PALEOZOICO
 - CUBIERTA TABULAR, DOMINIO IBERICO, ANTERIOR ATLASICO MARIQUOI Y ALTAS MESETAS DE ARGELIA
 - PLEISTOCENO EXTERNO Y "BOLSA" TRIENSIENSE
 - PLEISTOCENO INTERNO Y DOMINIO TELLIANO
 - SUBBETICO EXTERNO, PALMERIA Y S. Y. SABORS MEDITERRANEA
 - SUBBETICO INTERNO Y SUBBETICO DE MALLORCA.
 - FLUJO SUBBETICO INTERNO - (Z. Almería - San Cristóbal)
 - ZONA INTRAFRANCA (Z. Tago - Tarragona) Y ZONAS SUBIBERICA Y PREIBERICA SEPTENTRIONAL ITALIANA
 - DORSAL - MALAGUENSE O GOMARINENSE.
 - ALPUJARRAIDES - SEPTIDES Y PALEOZOICO de las Kevirias, Cerdña y Sicilia - Calabria.
 - NEVADO - FILABRIDES.

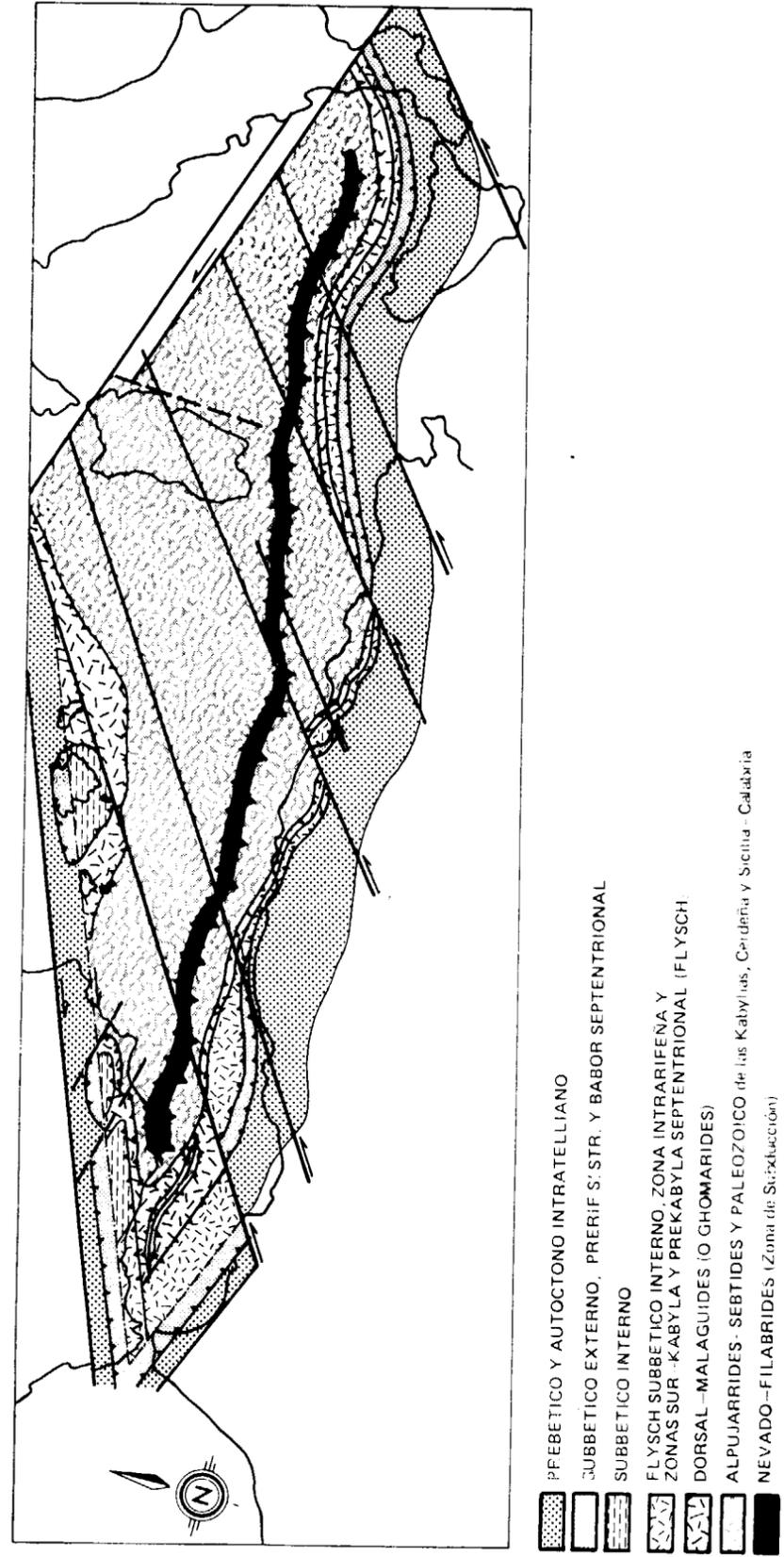
- SIGNOS CONVENCIONALES**
- Dirección y sentido de apertura del Mediterráneo en períodos de Burdigalense inferior
 - Dirección y sentido de las fases intra-Lombardense y Terc. Alpujarrasense
 - Desgarros
 - Frente de cabalgamiento y/o corrimiento
 - Contacto indiferenciado entre dominios diferentes
 - Límite superior del cróno ibérico-celibe y línea de divergencia de las masas en tónica

ESQUEMA DE LA POSICION RELATIVA DE LOS DISTINTOS DOMINIOS TECTOSEDIMENTARIOS DE LAS CADENAS BÉTICAS, NORTEAFRICANAS Y DEL ARCO SICULO-CALABRES, EN RELACION CON LAS DIRECCIONES DE APERTURA DEL MEDITERRANEO OCCIDENTAL.

Por Fernando JEREZ, M.R., 1979
Escala original 1:2.500.000
Escala gráfica 0 50 100 150 200 Km

En las condiciones tónicas se ha suprimido los máximos Eneobético, Paleógeno y del Alborán, y las Cadenas de Flysch subbéticas, y en Almería los horstolitos de estos dos últimos. En ambas cadenas se ha suprimido también los sedimentos más Burdigalenses - Lombardenses. En Mallorca se omite el Triénense, pero la zona indica que se supone su existencia bajo la 3ª Hoja (ver título de la publicación y en posición de tónica absolutamente tectónica).

Figura 15



Los Signos Convencionales son análogos a los de la figura 15.

Figura 16.--ESQUEMA DE LA POSICION DE LOS DISTINTOS DOMINIOS TECTOSEDIMENTARIOS DE LAS CADENAS BETICAS, NORTEAFRICANAS Y DEL ARCO SICULO-CALABRES OCUPADA POR EFECTO DE LA FASE FINIAQUITANIENSE, DESPUES DE LA DERIVA HACIA WSW DEL CRATON BETICO-RIFEÑO.

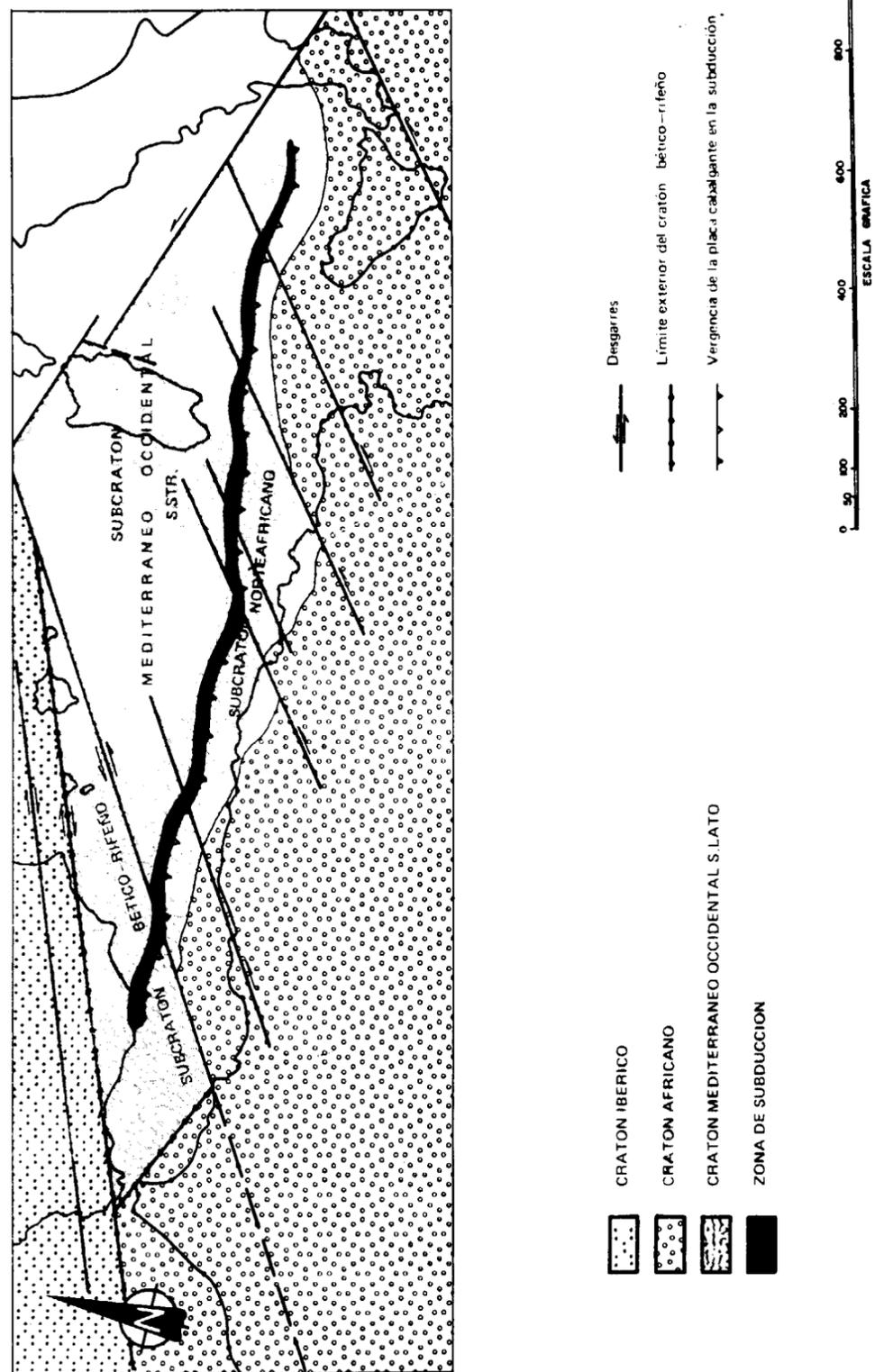


Figura 17.—ESQUEMA DE LA POSICION RELATIVA DE LAS PLACAS EUROPEA, AFRICANA Y MEDITERRANEA Y DE SUS CRATONES CORRESPONDIENTES, OCUPADA POR EFECTO DE LA FASE FINIAQUITANIENSE DESPUES DE LA DERIVA HACIA EL WSW DEL CRATON BÉTICO-RIFEÑO.

anteriormente en la zona ocupada por el dominio Nevado-Filábride. Aparejado con este fenómeno de subducción, pudo producirse un fenómeno de metamorfismo en los complejos del Mulhacén y Veleta (el primero de ellos, subducido en primer lugar, resurgiría subsiguientemente, cabalgando al segundo, tal como proponen PUGA y DÍAZ DE FEDERICO —1976—), pertenecientes a la placa subducida y asimismo, otro metamorfismo (no exacta ni necesariamente coincidente en el tiempo con el anterior) en los Alpujárrides Occidentales, adscritos a la placa cabalgante. También en relación con estos procesos pudo ocurrir el fenómeno de fusión y posterior ascenso, a través de los materiales alpujárrides, de las peridotitas de Ronda y Beni-Bouchera (figura 20).

El movimiento relativo de subducción entre las placas africana s. str. y del mediterráneo-occidental, tendría un efecto secundario sobre sus cratones correspondientes. De esta manera pudo motivarse, por un lado, el acercamiento relativo entre los cratones africano s. str. y norteafricano, logrando con ello la expulsión, por extrusión, de los materiales correspondientes a las zonas pre-rifeña s. str. e intra-rifeña y a los dominios equivalentes a estas últimas en Argelia y Sicilia que vendrían, así, a cabalgar hacia el Sur al autóctono telliano y quizás también, a superponerse hacia el Norte sobre el conjunto Dorsal-Ghomaride (figura 20). Por otro lado y, más o menos simultáneamente con lo anterior, pudieron formarse los cabalgamientos primordiales de los Maláguides-Ghomarides sobre los Alpujárrides-Sebtides, los de éstos sobre el Ballabona-Cucharón y, en fin, los de los dos últimos complejos citados sobre el Nevado-Filábride (figura 14).

Como culminación del empuje hacia el ENE de la placa africana s. lato debieron manifestarse, en el interior de esta última y al final del Aquitanienso, una serie de desgarres paralelos de tipo sinistrorso, cuyo prototipo sería el importante accidente de Nekor (Melilla-Sur de Mallorca y Menorca). (Figuras 15, 16, 17 y 18.) Estos desgarres podrían corresponderse, en profundidad, con fallas transformantes pertenecientes a la dorsal medio-atlántica (Atlántico Sur). La dirección de esas fallas sería ligeramente oblicua a la dirección de la que, más arriba, hemos venido en considerar como falla de las Azores (equivalente al límite Zonas Internas-Zonas Externas y, más en concreto, al accidente de Bullas-Crevillente —FOUCAULT,

1974—). Esta oblicuidad lleva al hecho de que el accidente de Nekor (el más septentrional de la serie de accidentes paralelos citados más arriba) y la falla de las Azores se cortarían en un punto situado entre Menorca y Cerdeña, más o menos equidistante de ambas islas y algo al Norte de ellas. Todo esto supone, desde un punto de vista geométrico, la preexistencia de una especie de cuña de forma triangular delimitada en el borde septentrional de la placa africana s. lato (más concretamente, situada «a caballo» de la placa africana s. str. y de la microplaca mediterráneo-occidental). Esa cuña estaría ocupada por el que podría denominarse subcratón bético-rifeño (figura 17), el cual no representa un subcratón diferenciado a añadir a los citados anteriormente sino que correspondería, en realidad, a la parte septentrional de los subcratones norteafricano y mediterráneo-occidental. Pues bien, la anterior oblicuidad de ambas direcciones pudo contribuir indirectamente a que, ante el empuje de Africa, se ejerciera una sobrepresión en ese área en forma de cuña bético-rifeña debido, fundamentalmente, a la falta de espacio. De este modo esa situación pudo forzar un movimiento de «expulsión» hacia el WSW del citado bloque bético-rifeño (figura 17). Esa sobrepresión y el posterior movimiento de expulsión pudieron ocasionar, primeramente, el plegamiento y, en segundo lugar, la «extrusión» por «barrido lateral» de los distintos dominios del Subbético, originándose así la estructura de mantos en abanico descrita al tratar de la fase finiaquitaniense (figuras 16 y 20) (6).

Al final de la fase mayor del Burdigaliense inicial (y anteriormente al depósito de la Formación Viñuela) se produjo en las Cordilleras Béticas en general pero, más acusadamente, en sus sectores central y occidental (que ocuparían entonces la mayor parte del actual Mar de Alborán), una serie de desgarres (figura 15) de tipo dextrorso, aproximadamente paralelos al Accidente de la Línea Eléctrica (7) (y probablemente un tanto iniciados o preformados, singenéticamente con este último, en la etapa inmediatamente anterior). El prototipo de estos desgarres sería la «Falla del río Genil» que se extendería desde Granada hasta Puente Genil, pasando por el Embalse de Iznajar y Norte de Benamejí (dicho accidente estaría posteriormente retocado por otro, también de carácter dextrorso pero de dirección Guadiana Menor, que pasa cerca del borde oriental de Sierra Gorda). La mayor parte de estos accidentes posee un salto cuya

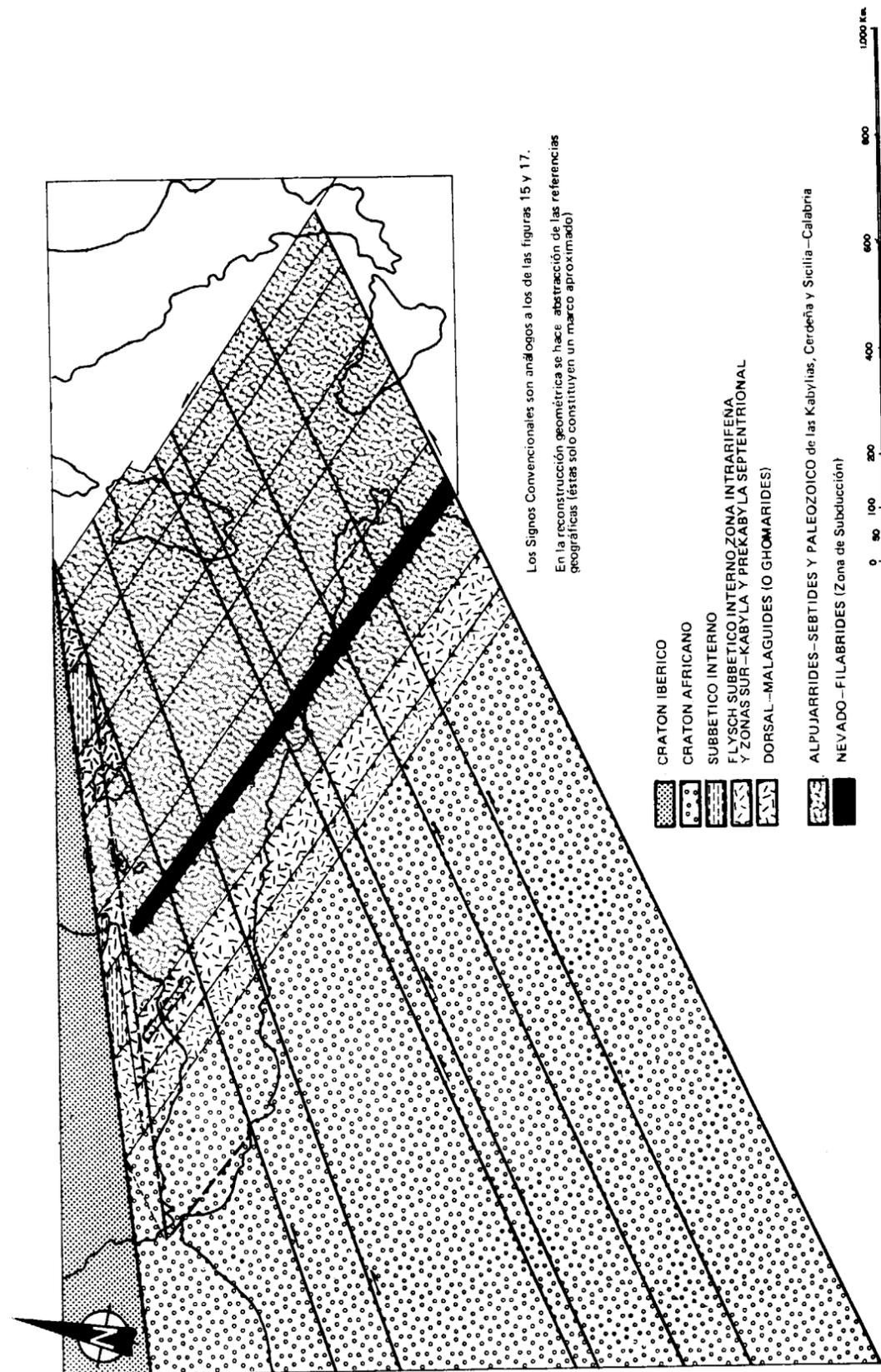


Figura 18.—ESQUEMA DE LA POSICION RELATIVA DE LOS DISTINTOS DOMINIOS TECTOSSEDIMENTARIOS OCUPADA POR EFECTO DE LA FASE FINIAQUITANIENSE, ANTES DE LA DERIVA, EN SENTIDOS OPUESTOS, DEL CRATON BETICORIFEÑO Y DE LOS SUBCRATONES AFRICANOS.

(6) Al término de la fase finiaquitaniense la traza de la Falla de las Azores (o Accidente de Bullas-Crevillente) debía coincidir, aproximadamente y en la vertical, con la traza en superficie de la «Línea de Divergencia» (figuras 5, 6, 7 y 16) de los mantos subbéticos. El Accidente de Bullas-Crevillente debió funcionar entonces como desgarre dextrorso. Su salto en dirección, es decir, hacia el WSW, a nivel de zócalo, fue probablemente de unos 200 km. Su longitud, constatable en superficie, sería superior a los 1.000 km (desde el Cabo de Trafalgar en Cádiz hasta más allá —ENE— de Menorca). Este accidente debió inducir otros desgarres paralelos, de tipo y sentido de giro similares al suyo, en el cratón ibérico. El más señalado de estos últimos sería el que tuvo por efecto, de un lado, la delimitación entre el Prebético y la Cordillera Ibérica; según esto, el límite entre Prebético y Cordillera Ibérica sería una falla de desgarre, dextrorsa, que conllevaría una traslación del Prebético hacia el WSW opinión que, al menos desde este punto de vista, es justamente la inversa de la expresada por HERMES —1978—. Por otro lado es probable que, en relación con la deriva del subcratón bético-rifeño hacia el WSW, se produjese el cabalgamiento del Rif septentrional o interno sobre la zona externa intra-Rifeña, en el norte de Marruecos. A su vez, ese cabalgamiento pudo estar ligado, genéticamente, a los accidentes de desgarre de dirección ENE-WSW que lo limitan al Norte (desgarre dextrorso del Estrecho de Gibraltar) y al Sur (desgarre sinistrorso, al sur de Beni-Bouchera). Otro accidente similar pudo ser el que dio lugar a la preformación (la formación propiamente dicha ocurriría al transformarse dicho accidente en falla normal) del límite meridional de la futura antifosa intra-Tortonense del Guadalquivir.

(7) Es importante destacar que la falla de Bullas-Crevillente ha inducido probable y directamente, además, otros accidentes no paralelos, sino oblicuos a él. Entre estos últimos hay que señalar, como el más importante, la conocida «Falla de la Línea Eléctrica». Esta fue interpretada, primeramente, como una falla fundamentalmente paleogeográfica (L. JEREZ, 1973) y, más tarde, como un desgarre de gran magnitud (hasta 40 km) de tipo dextrorso (L. JEREZ, 1978; RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1978). El autor de esta nota se une a esta última interpretación, pero añadiéndole las precisiones que siguen:

La falla de la Línea Eléctrica tiene algo más de 100 km de longitud; se extiende desde Molinicos, al NW, hasta Fortuna, al SE, y pasa, aproximadamente, por las poblaciones de Letur, Socovos, Calasparra, Sur de Cieza y por el borde suroccidental de la Sierra de la Pila. La magnitud de su salto debió alcanzar la mitad de su longitud, es decir, unos 50 km, cantidad que se corresponde con la del salto producido en el límite Prebético Externo-Prebético Interno (según la nomenclatura de L. JEREZ, 1973) entre el Calar del Mundo y Calasparra. Además, en mi opinión, las escamas con vergencia al NW que afectan al Prebético Externo y conforman el «Arco de Cazorla» deben estar genéticamente ligadas al Desgarre de la Línea Eléctrica. No casual, sino significativamente, el acortamiento calculado (40 km, según RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1978) para esa «pila de escamas» es, aproximadamente, de la misma longitud que el salto estipulado más arriba para el citado Accidente de la Línea Eléctrica. La propuesta anterior resolvería, por tanto, satisfactoriamente, el problema de ese acortamiento del Prebético y su ubicación concreta, necesarios para una explicación coherente de la acción y repercusión en el entorno, del importante accidente acabado de citar. Lo anterior implica que la edad de la formación de dicho accidente, así como la de las escamas citadas sería, fundamentalmente, finiaquitaniense (fase

de divergencia). En opinión del autor, por tanto, el Mioceno Inferior-Medio implicado en las escamas (otros autores —DABRIO, 1972, y RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1978— consideran que las escamas son de edad Tortonense, opinión que discrepa con la nuestra) indica que hubo una removilización de estas últimas (coincidente con la fase de mantos intra-Langhiense), pero, esta vez, de tipo gravitatorio y pequeña envergadura.

magnitud oscila entre 10 y 20 km (si bien la longitud en sí, de esos accidentes, es realmente bastante mayor). El efecto de conjunto de todos esos desgarres consistió en una «deformación en escalera» (8) y en sentido transversal-oblicuo, respecto de la orientación más o menos paralela de los distintos dominios del Subbético, mantenida y adoptada por efecto de la fase anterior (finiaquitaniense). En definitiva, todo ese proceso supuso una traslación en bloque del conjunto de las Zonas Internas y Externas hacia el NW y, consiguientemente, un «estiramiento» (figura 15) de los distintos dominios tectónico-sedimentarios, de forma que éstos abarcaron un espacio mayor del que anteriormente les correspondía y contribuyeron, de esa manera, al alargamiento de la rama bética del primitivo Arco de Gibraltar. Más o menos genéticamente relacionados con estos desgarres pudieron estar los cabalgamientos (fase menor del Burdigaliense inicial —véase apartado V—) sobre las Zonas Externas que afectan al frente de las Zonas Internas y que están prácticamente restringidos, en las Cordilleras Béticas, a la zona de la Serranía de Ronda y del Sur de Sierra Harana (figura 15) (9).

(8) Ello se pone claramente de manifiesto en la figura 15, donde puede observarse cómo los extremos peninsulares de la «línea de divergencia» (situados respectivamente en Alicante y Cabo de Trafalgar) han permanecido inamovibles mientras, en la zona intermedia entre aquellos dos, dicha línea (que se mantendría rectilínea al final de la fase de divergencia) ha sufrido múltiples desplazamientos relativos.

(9) En el caso de la Serranía de Ronda, dichos cabalgamientos se extienden desde Casares hasta el Chorro y su efecto principal consiste en una inversión local de la posición primitiva y primordial de los mantos internos de la fase finiaquitaniense. Dicha inversión condujo al Alpujarride sobre el Maláguide y a este último sobre la Dorsal; pero además, el conjunto de estos últimos llega a cabalgar al Penibético (bien directamente, o bien por intermedio de las «Coberteras con flysch suprapeníbéticas» —ver Apéndice 2— que recubren alóctonamente a este último).

En el caso de la zona ubicada al sur de Sierra Harana, los cabalgamientos tienen unas características similares a los que se acaba de describir, si bien allí los fenómenos son aún más llamativos debido a la existencia, bajo las dolomías Alpujarrides de ventanas tectónicas del Conjunto

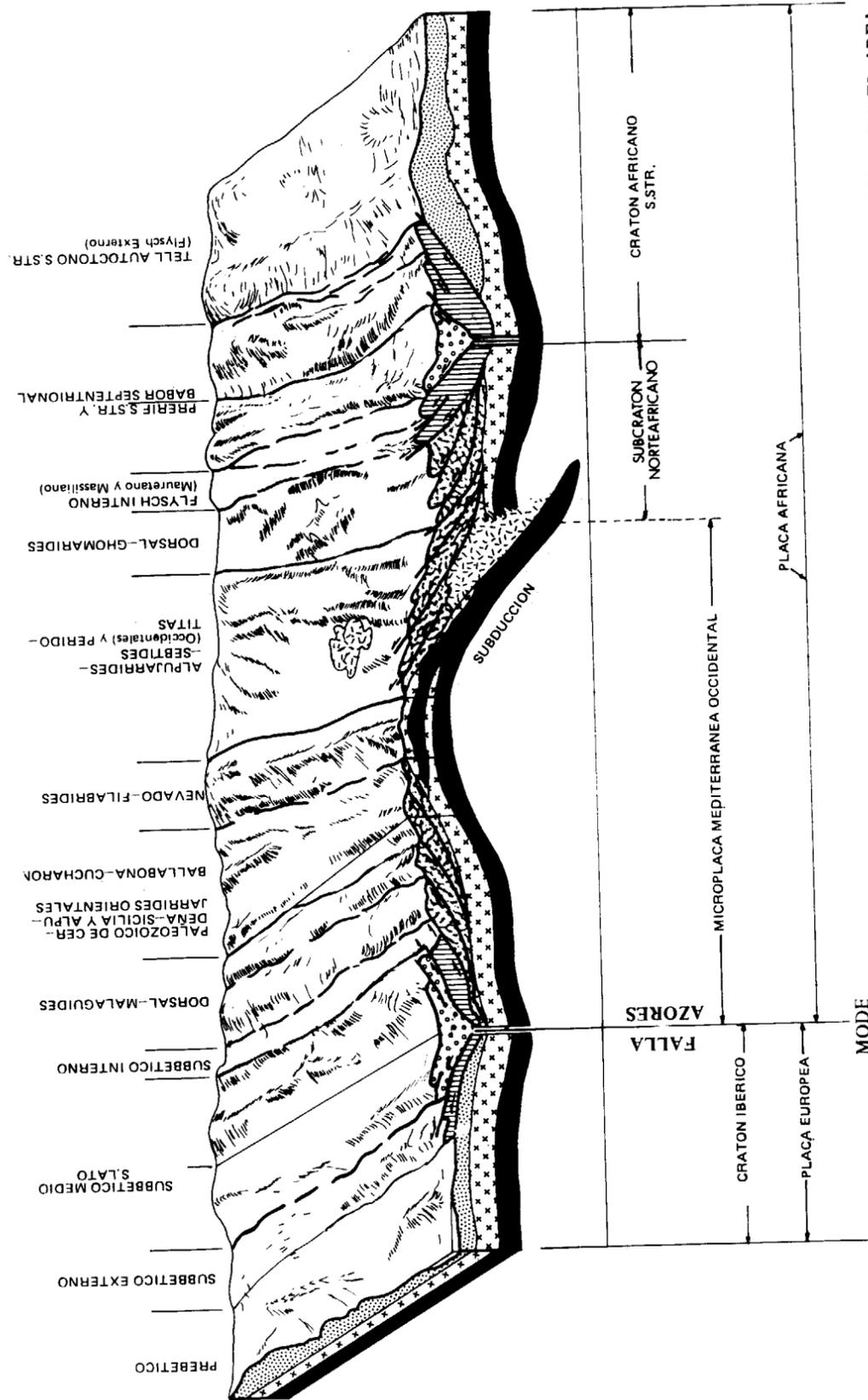


Figura 20.—MODELO DE TECTONICA DE PLACAS, E INTERACCION DE LOS CRATONES Y SUS EFECTOS SOBRE LA COBERTERA, EN EL AREA DEL MEDITERRANEO OCCIDENTAL Y EN LA FASE FINIAQUITANIENSE O DE DIVERGENCIA.

mentos en que me baso para hacer esta afirmación son, entre otros, los siguientes:

1. Los terrenos marinos y autóctonos del Burdigaliense superior-Langhiense ocupan toda la Depresión central de Mallorca y se extienden, sin solución de continuidad, desde el mismo borde meridional de la Sierra Norte hasta el borde septentrional de la Sierra de Levante, de modo que se les encuentra discordantes sobre los afloramientos mesozoicos y paleógenos de la zona de Petra-Randa. Esta extrapolación puede hacerse, principalmente, con el apoyo de los afloramientos del citado mioceno inferior-medio marino, aunque también puede añadirse a esto otros datos procedentes de sondeos (en gran parte inéditos).
2. El borde meridional de la unidad III (FALLOT, 1948), es decir la situada más al sur en la Sierra Norte, está recubriendo, tectónicamente, al Mioceno inferior-medio marino de la Depresión central, por medio de un contacto mecánico horizontal. Pude observar este contacto mientras trabajaba en una reciente investigación sobre los lignitos mallorquines. Dicho contacto está situado al pie meridional del Pico de Santa Magdalena y es fácilmente observable gracias a la existencia de una serie de desmontes realizados recientemente. El contacto es visible durante varios cientos de metros, en dirección transversal con respecto al borde general de la Sierra Norte (o, lo que es igual, en dirección transversal con respecto a la vergencia de la Unidad III) y se efectúa a nivel de las dolomías del Lías inferior, de modo que llega a aflorar, incluso, un delgado filete del Triás.
3. La vergencia de las distintas escamas (incluida la más meridional, de la que forma parte el «Puig» de Santa Magdalena) es hacia el norte, y los terrenos más modernos que están implicados en ellas, son de la misma naturaleza y edad que los del Burdigaliense marino existente al sur del citado Puig de Santa Magdalena. La forma más simple de conciliar estos dos últimos hechos es considerar que el contacto situado en este último lugar tenga la misma vergencia (hacia el norte) que las escamas.
4. De los puntos anteriores se deduce que el

Puig de Santa Magdalena y, por tanto, toda la gran unidad meridional de la Sierra Norte a la que aquel está directamente ligado, están en posición absolutamente alóctona y desenraizada; y que, teniendo en cuenta la ya citada continuidad del Burdigaliense marino sobre la Depresión central, es preciso deducir que la patria tectónica de la unidad a la que pertenece el Puig de Santa Magdalena estaba situada, cuando más cercana, sobre la Sierra de Levante (en realidad, su patria paleogeográfica estaría situada aún más al sur, como se dirá más adelante —fase mayor del Burdigaliense inicial—).

5. Una vez aceptado lo anterior, ello implica que las escamas más septentrionales (unidades I y II de FALLOT, 1948) deben estar, consideradas en conjunto y en relación con un substrato común a todas ellas, afectadas por el mismo contacto mecánico basal y horizontal visible al sur del Puig de Santa Magdalena, y por tanto, en posición también íntegramente alóctona y desenraizada. De ello también se deduce que ambas escamas tendrían un mismo origen meridional lejano (análogo al de la unidad III). La base de este último razonamiento es que, como ya fue puesto de relieve por otros autores (FALLOT, 1948; COLOM, 1975) las tres unidades de la Sierra Norte están íntimamente ligadas desde un punto de vista estratigráfico-paleogeográfico y, por lo tanto, desde esta óptica resultaría incoherente asignar un origen meridional tan lejano a la unidad III y no hacer lo mismo con las unidades I y II. Por otro lado, esa incoherencia resultaría todavía mayor teniendo en cuenta (como se verá al hablar de la fase mayor del Burdigaliense inicial) que la patria paleogeográfica de la unidad III estaría situada aún más al sur de la Sierra de Levante, por lo que esta última constituiría para estas unidades, solamente una «patria tectónica» intermedia entre sus posiciones primitiva (patria paleogeográfica) y actual.

B) La fase mayor del Burdigaliense inicial (ver apartado IV-B y apéndice 2).

En la Sierra de Levante de Mallorca afloran una serie de unidades tectónicas (Alóctono de la Sierra de Levante) apiladas unas encima de otras. Este apilamiento es mayor, en cuanto al número

de unidades, en la mitad nororiental (zona de Artá) de dicha elevación, que en la mitad suroccidental (zona al Este de Manacor-Felanitx) de la misma. Ello determina el hecho de que, sólo en esta última mitad, aflora el substrato de esas unidades que constituye, posiblemente, el Autóctono relativo común de todas ellas (Autóctono de la Sierra de Levante). Los terrenos pertenecientes a este Autóctono que afloran, principalmente, al Sur y Sureste de Manacor y Felanitx, presentan pliegues de dirección NW-SE. Por el contrario, las unidades de este último sector que están corridas sobre los anteriores terrenos y, también, todas las unidades aflorantes en la zona de Artá presentan, tanto en sus pliegues como en sus frentes de corrimiento y cabalgamiento, una dirección NE-SW que es prácticamente perpendicular a la anterior (y paralela a la dirección general de la Sierra de Levante). Precisamente en base a esa oposición existente en las directrices estructurales aunque, también, de acuerdo con ciertas diferencias en las facies respectivas, establecemos, aquí, esta división de la Sierra de Levante en dos pisos estructurales: el inferior o Autóctono relativo y el superior o Alóctono (este último subdividido, a su vez, en una serie de unidades apiladas entre sí).

Por otro lado, ocurre que el Autóctono relativo de la Sierra de Levante tiene, en los tramos del Jurásico y Cretáceo, facies subbéticas sensu lato, que, a su vez, presentan ciertas afinidades con el Maláguide. Por esta razón pensamos, más concretamente, que esas facies podrían asimilarse a un Subbético Interno (cerca, paleogeográficamente, al Maláguide). Sentado esto, y teniendo en cuenta la posición relativa superior del Alóctono de la Sierra de Levante, creemos apropiado aplicar a este último las premisas anteriormente explícitas en relación con la Fase mayor del Burdigaliense inicial o Fase penibético-numídica (ver apartado IV-B, premisas 1 y 2). Ello implica que asimilamos, al dominio Penibético sensu lato, el conjunto de las unidades que componen el Alóctono de la Sierra de Levante y, además, que este último debe tener una procedencia meridional (respecto al Subbético Interno del Autóctono de la Sierra de Levante). Ello también significa que el Alóctono de la Sierra de Levante se instaló, en este último lugar, al principio del Burdigaliense, es decir, en una fase anterior y claramente delimitada, con respecto a la fase (intra-Langhiense) que afecta, más sobresalientemente, a los materiales de la Sierra Norte de Mallorca.

Teniendo en cuenta, además, que la patria tónica (inmediatamente anterior a la fase intra Langhiense) de la Sierra Norte de Mallorca habrí que ubicarla (ver apartado A de este mismo apéndice), cuando más al Norte, precisamente también sobre la Sierra de Levante puede, a priori, colegirse que las unidades de la citada Sierra Norte formaban parte (desde el Burdigaliense inicial hasta iniciado el Langhiense) del Alóctono de la Sierra de Levante. Parece lógico que las Unidades de la Sierra Norte (Unidades I, II y III de FALLOT —1948— y COLOM —1975—) debían ser las más superiores, estructuralmente (dado que ellas fueron las más fuertemente removilizadas en la etapa intra-Langhiense), del Alóctono de la Sierra de Levante. Ello implica que dichas unidades tendrían una procedencia más meridional que las que actualmente afloran en la propia Sierra de Levante formando parte del citado Alóctono. Ello quiere decir que, paradójicamente, los sedimentos (desde el Trías al Aquitaniense incluido) de la Sierra Norte de Mallorca puede que sean los más meridionales de toda la isla desde el punto de vista paleogeográfico.

Diremos, para terminar, que ya DARDER (1911) puso de manifiesto la diferencia de significado edad entre los cabalgamientos de la Sierra de Levante y los de la Sierra Norte de Mallorca, si bien databa aquellos como del principio del Oligoceno BOURROUILH (1973), sin embargo, parece no distinguir ambas fases al afirmar, que en el NE de Mallorca la fase que ha engendrado las estructuras tangenciales es posterior al Burdigaliense de Son Servera. En mi opinión este último mioceno, en realidad, Burdigaliense superior-Langhiense y sobre él existe, corrido (y ello es lo que da pie a la anterior afirmación de BOURROUILH), un isle tectónico de materiales mesozóicos similares a lo de la zona de Artá; pero la existencia de dicho isleo constituye un hecho local y aislado, en contraste con el fenómeno de corrimiento (y cabalgamientos acompañantes), extendido en la mayor parte de la Sierra de Levante, que sólo implica terrenos hasta el Aquitaniense incluido (quizá hasta un Burdigaliense inicial) pero que, en absoluto envuelve al Burdigaliense inferior s. lato ni Burdigaliense superior-Langhiense.

Por último, en cuanto a las correlaciones de facies, añadiremos que los terrenos pertenecientes a las diversas unidades de la Sierra Norte de Mallorca han venido siendo relacionados, genera-

mente, con el Prebético (FONTBOTÉ y al., 1974), o bien, han sido adscritos parte de ellos al Prebético Interno y, otra parte, al Subbético (Subbético Medio-septentrional, en la nomenclatura de este trabajo) comprendidos entre los ríos Segura y Vinalopó (AZEMA y al., 1974). A nuestro modo de ver y como puede deducirse de lo dicho más arriba, las tres unidades de la Sierra Norte de Mallorca, junto con las que están corridas sobre el Autóctono de la Sierra de Levante, tienen un origen muy meridional (probablemente la zona de Emile Baudot, al sur de la isla) y, sus facies, son más próximas a las del Penibético (recuérdese que en nuestra opinión, este último se halla, desde el punto de vista paleogeográfico, íntimamente relacionado con el Maláguide —incluido el Maláguide de Menorca—) que a las de cualquier otro dominio de los establecidos en las Cordilleras Béticas. Coincidiendo, en parte, con esta última hipótesis, ya ESCANDELL y COLOM (1960) asignaban, a la Zona Subbética, su serie I o inferior de la Sierra Norte de Mallorca y, a la Zona Penibética, la serie II o superior de la misma sierra. Y, aún, mucho más recientemente, las ideas desarrolladas en la admirable tesis de MATAILLET y PECHOUX (1978), donde se estudia un pequeño sector del extremo occidental de la citada Sierra Norte convergen, desde muchos puntos de vista, con la interpretación sostenida, más arriba, por el autor de esta comunicación.

Apéndice 2) Origen paleogeográfico y movimientos con aloctonía de las «Coberteras con flysch suprapenibéticas» y del Aljibe

Como es sabido, el conjunto Aljibe (encima)-U. Algeciras (debajo) se encuentra actual y fundamentalmente, en una posición suprapenibética (ésta implica, a su vez, una posición supra-subbética, ya que el Penibético «flota» sobre el Subbético interno s. lato —véase apartado IV, B—). La U. Algeciras (DIDÓN, 1960) es la más importante, por su extensión, de una serie de unidades que están situadas, alóctonamente, sobre el Penibético y que denominamos aquí «Coberteras con flysch supra-penibéticas». A su vez, todas estas unidades están, en general, recubiertas por el manto del Aljibe. Tanto las series de aquellas como las de este último, presentan términos casi exclusivamente cretáceo-paleógenos, pero que alcanzan e incluyen, completamente, al Aquitaniense. Por otro

lado, la U. Algeciras es correlacionable con la de Beni-Ider, en el Norte de Marruecos. La patria paleogeográfica de ambas debía estar situada en el borde interno de las Zonas Externas Norteafricanas, tal como ha propuesto recientemente BOURGOIS (1978), opinión que comparto en esta comunicación.

Los afloramientos de las Coberteras con flysch supra-penibéticas aparecen, como su nombre indica, ligados a los del Penibético. Teniendo en cuenta eso y, además, el hecho de que la posición actual de este último también es alóctona, lo más lógico es deducir que aquellas unidades (de origen externo) deslizaron sobre el Penibético (de origen interno), en una fase anterior a la del corrimiento de este último sobre el Subbético Interno s. lato. De ese modo, cuando este corrimiento tuvo lugar, el Penibético llevaba ya, sobre sí, a las unidades acabadas de citar.

Por otro lado, los afloramientos del Aljibe (GAVALA y LABORDE, 1924) aparecen ligados, fundamentalmente, a los de las Coberteras con flysch supra-penibéticas y, los de estas últimas, como se dijo más arriba, a los del Penibético. Según esto, lo más coherente es inferir, por analogía, que el deslizamiento del Aljibe sobre el Penibético pertenece a la misma fase y tuvo el mismo carácter que la traslación, de aquellas coberteras, sobre este último. Pero como estas coberteras son de origen externo (en tanto que la patria del Penibético es interna), dicha traslación tuvo que efectuarse, necesariamente, desde el exterior hacia el interior de la cadena. Así, de acuerdo con lo que se acaba de decir, el corrimiento del Aljibe debió hacerse en el mismo sentido (es decir, hacia el interior de las Zonas Internas). Hay que tener, además, en cuenta que, entre las series numídicas (MATAUER y DURAND DELGA, 1958) y las del flysch mauretano (BOUILLIN, 1970; equivalente a las unidades Algeciras-Beni Ider), hay una relación transicional (de modo que unas son coetáneas respecto de las otras y ambas debieron depositarse en continuidad, según una dirección transversal al orógeno) y que, en el esquema geométrico resultante de ese corrimiento unívoco y unidireccional, el manto numídico adoptó la posición superior. Esto implica que la solución espacial y cinemática que parece, a priori, más sencilla, es la de situar la patria paleogeográfica del Aljibe, también en el norte de África y al exterior de la del flysch mauretano (solución ya propuesta, en su reciente tesis, por BOUR-

GOIS —1978—, aunque basada en otro tipo de argumentos). De ese modo, en una primera fase (seguramente la fini-Aquitaniense o de divergencia) las series del Numídico deslizarían hacia el Norte sobre las mauretanas y así ambas se trasladarían, conjuntamente, en la misma dirección y sentido anteriores, sobre las Zonas Internas en general y el Penibético, en particular. Ambos tipos de series, recién instaladas tectónicamente sobre las Zonas Internas, volverían a deslizar, poco después (fase Burdigaliense inicial), sobre las Zonas Externas norteafricanas y béticas (en éstas últimas, por intermedio del Penibético).

En resumen, la U. de Algeciras (así como sus homólogas, U. Beni-Ider —DURAND DELGA y MATTAUER, 1960—, en Marruecos y flysch Guerrouch —DURAND DELGA y LAMBERT, 1956— en Argelia) y la del Aljibe (así como su homólogo, el manto numídico) alcanzaron su emplazamiento actual en dos fases, inversas en cuanto a su vergencia o sentido del desplazamiento. En la primera (fini-Aquitaniense), se produciría la «internalización» hispanoafriicana (o traslación desde las Zonas Externas norteafricanas hasta las Zonas Internas bético-norteafricanas) de esas unidades. En la segunda, ocurriría la «externalización» (o traslación desde las Zonas Internas bético-norteafricanas hasta las Zonas Externas béticas, por un lado —caso de las unidades Algeciras y Aljibe— y hasta las Zonas Externas norteafricanas, por otro lado —caso de las unidades de Beni-Ider y Guerrouch, y del manto numídico—) de las mismas. Como conclusión, pues, las unidades Algeciras y Aljibe son de origen paleogeográfico africano y han sufrido, por tanto, una «hispanización», término que ha sido introducido recientemente por BOURGOIS (1977), de acuerdo con la conclusión anterior. No obstante, y para delimitar nuestra postura, aclaremos que nuestro concepto de hispanización es muy diferente del expresado por este último autor sobre todo en cuanto al número de unidades afectadas, a la forma en que se realizaría dicho fenómeno y a la edad de este último. En definitiva, opino que el concepto de hispanización sólo puede aplicarse a las «Coberteras con flysch suprapenibéticas» (cuya unidad más importante es la U. Algeciras) y al manto del Aljibe, pero no a los flysch cretáceos paraautóctonos (unidades Almarchal-San Cristóbal) los cuales constituyen precisamente (mediante su cambio de facies hacia el Subbético Interno por un lado, y su continuidad estructural y paleogeográfica con la Zona de Tánger-Ketama, por el

lado opuesto) la garantía de la existencia paleogeográfica, desde los tiempos mesozóicos, del Arco de Gibraltar (ver apéndices 4 y 7).

Apéndice 3) La edad de la primera formación que «sella» el contacto mecánico Zonas Externas-Zonas Internas (formación más antigua de la «zona límite»)

El autor de esta nota está plenamente de acuerdo con J. PAQUET (1966) en la existencia, ubicación cronológica y algunos otros aspectos de la fase fini-Luteciense, pero no lo está en cuanto al significado y trascendencia tectónica que el último citado propone para aquélla. Y ese desacuerdo se deriva, fundamentalmente, de una diferente interpretación, por mi parte, en cuanto a la disposición relativa de los terrenos posteriores a dicha fase, ubicados en la zona situada entre la Peña Rubia (borde oriental de la Sierra de Ponce) y la Sierra de Espuña.

Esta disposición relativa que PAQUET propone para dicha zona, parte de su personal interpretación en la cual sostiene que el Eoceno superior que «sella» las escamas de Sierra Espuña estaría más o menos en perfecta continuidad (sin accidentes importantes de por medio) con los sedimentos, de la misma edad, pertenecientes al Subbético más meridional o interno (en este caso, la Peña Rubia). Por otro lado PAQUET (1969) opina también que los sedimentos de la Unidad de Mula (L. JEREZ, F. JEREZ y GARCÍA-MONZÓN, 1974) anteriores al Eoceno superior, pertenecen al Subbético Interno. Toda esta interpretación le lleva, en definitiva, a la conclusión de que el Eoceno superior constituye un «verdadero» sello entre las Zonas Internas (Maláguide de Sierra Espuña) y Externas (Subbético de Peña Rubia y U. de Mula) de modo que, a partir de esa edad, entre los conjuntos del Maláguide y Subbético, no habrían existido movimientos relativos de envergadura relativamente importante (cabalgamientos de gran salto y/o corrimientos, en dirección transversal a las bandas isópicas, o bien desgarres orientados paralelamente a dichas bandas).

Conviene insistir, por otro lado, en el hecho de que esa interpretación de PAQUET, no revisada a fondo desde el tiempo de su enunciación, ha venido siendo comúnmente aceptada por una gran mayoría de los autores (como puede comprobarse

en la bibliografía al uso) y tomada, generalmente, como base de apoyo para ulteriores consideraciones.

Teniendo en cuenta la trascendencia de la anterior interpretación, en cuanto a su influencia sobre las distintas hipótesis elaboradas o por elaborar sobre las Cordilleras Béticas en general y, más particularmente, sobre las relaciones entre las Zonas Externas e Internas, es por lo que el autor de esta nota, que sustenta una opinión radicalmente distinta en aspectos importantes, se permite exponer aquí las dos premisas fundamentales en que se asienta esta última.

1. Los materiales del Eoceno superior no constituyen un «sello» entre las Zonas Internas y Externas, sino que este fenómeno de sellado no ocurre, de forma generalizada, hasta el Burdigaliense inferior, análogamente a como ha sido puesto de manifiesto de forma local y admirablemente (mediante la demostración de la autoctonía y correlación cronoestratigráfica de las formaciones La Viñuela y Santana), por MATHIS (1974), al norte de Vélez-Málaga. En realidad, en la Zona del Río Pliego, dicho sello no puede ponerse verdaderamente de manifiesto hasta el Burdigaliense superior (representado por la formación de margas verdes y arenosas, con cantos de paleozóico, que intercalan areniscas microconglomeráticas y silixitas) ya que el Burdigaliense inferior, equivalente a la F. Viñuela, o no se depositó, o fue barrido por la erosión; pero no obstante, este último mioceno puede encontrarse, autóctono y discordante sobre las Zonas Internas, en la cercana región del Corredor de Vélez Rubio representado por la Formación Fuente —(SOEDIONO, 1971)—, la cual es perfectamente correlacionable con las formaciones Santana y La Viñuela, citadas más arriba.
2. El Subbético Interno estaría corrido hacia el Sur, sobre el conjunto Dorsal-Maláguide. La envergadura del corrimiento sería superior a los quince kilómetros (eso sin tener en cuenta el deslizamiento posterior —fase intra-Langhiense—, también hacia el Sur, del mismo Subbético Interno sobre el Mioceno inferior-medio autóctono que recubre al citado conjunto Dorsal-Maláguide). La edad de dicho fenómeno sería finiaquitaniense y, desde un punto de vista dinámico, aquél estaría

relacionado con la «fase de divergencia» (véase apartado IV-C). En este contexto, los sedimentos de la Unidad de Mula anteriores al Eoceno superior, constituirían la cobertera mesozóica-paleógena de la Formación Dorsal-Maláguide, los sedimentos del Eoceno superior-Aquitaniense pertenecientes a aquélla unidad, habrían depositado en continuidad con los de la misma edad del Maláguide de Sierra Espuña, pero relativamente lejos (como mínimo, quince kilómetros, distancia equivalente a la envergadura del corrimiento últimamente citado), según la dirección transversal a las bandas isópicas, de los terrenos de la misma edad del Subbético Interno de la Peña Rubia.

En conclusión, entendemos aquí por «Zona Límite», la ocupada por los terrenos autóctonos que están justamente «a caballo» entre las Zonas Externas e Internas, y que sellan el verdadero contacto (o «Contacto Límite Primordial») de aquellas dos, ocultando la naturaleza de este último en la mayor parte de su longitud.

Estrictamente y en nuestra opinión, el Contacto Límite Primordial sólo es visible, considerando las Cordilleras Béticas en toda su longitud, en el sector oriental, entre Bullas y el Embalse de la Cierva (al norte de Mula). Únicamente allí, es donde se ponen en contacto, en superficie, los materiales más septentrionales o externos de las Zonas Internas (Unidad de Mula), con los de las Zonas Externas (representados, en este lugar, por un Subbético Medio y/o Externo). No obstante, como dicho contacto forma parte, en realidad, del Accidente de Bullas-Crevillente (véase apartado VII) la ubicación de aquél se puede extrapolar, en verdad (y más allá del tramo Bullas-Embalse de La Cierva) a todo lo largo del accidente acabado de citar. Ello implica y lo propugnamos aquí, que el contacto entre las Zonas Internas y Externas consiste en un desgarre dextrorso y rectilíneo, al menos desde los Baños de Zújar (al norte de Baza y del Jabalcón) hasta Alicante. Si tenemos en cuenta que esa distancia es mayor de 200 km (y, además, que ella significa un mínimo, puesto que la falla de Bullas-Crevillente es claramente comprobable, indirectamente —puntos termales, etc.—, a lo largo de toda esa distancia) nos parece lógico, a priori, propugnar que el Contacto Límite Primordial sea, en el resto de las Cordilleras Béticas, de la misma naturaleza que el Accidente de Bullas-Crevillente;

y, aún más, que sea, en realidad, una prolongación más o menos rectilínea (hay que tener en cuenta que dicho accidente fue deformado, posteriormente, por fallas del tipo Guadiana Menor) de este último. Así pues, no habría subducción sino simplemente desgarré, a nivel de zócalo (probablemente coincidente con una falla transformante —Falla Azores—, a nivel de placas), entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas. Ello no es obstáculo para que, a nivel de coberteras mesozoico-aquitanienses (aunque, en las Zonas Internas también estaría implicado gran parte del paleozoico), las cosas ocurran de otro modo; y así, de acuerdo con lo que mantuvimos más arriba (véase fase de divergencia, apartado IV-C), propugnamos aquí que el contacto entre las Zonas Internas y Externas es de obducción, de modo que el conjunto Dorsal-Maláguide resulta cabalgado, hacia el Sur, por el Subbético Interno y, ello, con una magnitud que puede evaluarse (mejor en el sector oriental) en un mínimo de 15 kilómetros.

Así pues, la Zona Límite, entendida como se dijo más arriba, no existe, en realidad, antes del depósito del Burdigaliense inferior (Formación La Viñuela-Santana). Previamente a esa fecha (y después de la fase finiaquitaniense) sólo puede hablarse, propiamente, de un contacto mecánico (Contacto Límite) entre las Zonas Internas y Externas. Dicho contacto se realizaría, por un lado (a nivel de coberteras), entre el Subbético Interno y el conjunto Dorsal-Maláguide; por otro lado (a nivel de substrato cristalino), entre el cratón bético-rifeño (dependiente de la placa africana sensu lato) y, el cratón ibérico (dependiente de la placa europea). Este contacto entre cratones (equivalente al contacto profundo entre las Zonas Internas y Externas) es pues distinto y, además, está situado, generalmente, más hacia el norte (probablemente, en la vertical de la «línea de divergencia» de los mantos, bajo el Subbético Medio) que el contacto entre coberteras (equivalente al contacto superficial —más visible actualmente, en la Zona Límite —entre las Zonas Externas e Internas).

Apéndice 4) Los fenómenos de aloctonía en la Depresión del Guadalquivir

El último fenómeno importante (aunque posterior a la tectónica alpina propiamente dicha), en cuanto a traslaciones de gran envergadura que afecten en extensión considerable a masas de gran

magnitud, está representado por el olistostroma del Guadalquivir o Manto de Carmona (PERCONIG, 1960-62). En relación con este tema, el autor de esta nota desea hacer algunas puntualizaciones que significan, al menos en parte, la introducción de algunos criterios nuevos respecto de los que se encuentran en la bibliografía al uso.

El «Manto de Carmona» es de edad intra-Tortoniente (Tortoniense superior, probablemente; PERCONIG, 1978). Su génesis estaría ligada a la formación de la «Antefosa septentrional o post-alpina del Guadalquivir». El borde meridional de esta antefosa pudo ser una falla normal, creadora del desnivel necesario para los posteriores deslizamientos, que jugó aprovechando el trazado de una falla de desgarré más antigua (paralela y singénética, quizás, respecto del desgarré, dextrorso y de edad fundamentalmente finiaquitaniense, que separa al Prebético de la Cordillera Ibérica). La posición de esta falla pudo ser, concretamente, una línea rectilínea extendida desde San Lúcar de Barrameda hasta unos 10 km al Sur de Burjalance, pasando también algo al Sur de Utrera y Marchena.

Por otro lado, es muy importante diferenciar el Olistostroma del Guadalquivir o Manto de Carmona, de las denominadas Unidades del Guadalquivir, situadas más al Sur y que, a mi modo de ver, son correlacionables con las unidades del mismo nombre estudiadas, en la transversal de Ubeda, por GARCÍA-ROSSELL (1972). Esas unidades también son alóctonas, pero la edad de su corrimiento es anterior (intra-Langhiense). Cuando las unidades del Guadalquivir se trasladaron por primera vez, la antefosa septentrional del Guadalquivir, citada más arriba, probablemente estaba emergida (el Tortoniente Superior se deposita allí directamente sobre el Paleozoico, según PERCONIG, 1960). La primera cuenca de recepción de las unidades alóctonas del Guadalquivir debió estar constituida por terrenos del Mioceno inferior-medio más o menos análogos y correlacionables con los de la misma edad que, en posición autóctona, se observa sobre el Prebético de Jaén y Cobertera Tabular de la Meseta, en el Sur de Ubeda y en los alrededores de Villacarrillo y Cazorla. Esa primitiva cuenca de recepción citada debía estar ubicada, por tanto, al Sur y al Este de la futura antefosa que albergaría, posteriormente, al Olistostroma del Guadalquivir y constituyó, en realidad, una anterior o más antigua «Antefosa meridional o intra-alpina del Guadalquivir». Esta cuenta debía empalmar, con se-

guridad, a través de la zona de Campillos (figura 1) con la cuenca de similar edad emplazada en la Hoya de Málaga, Rincón de Estepona y Norte de los Montes de Málaga. Esta última cuenca albergó al complejo tectosedimentario de Colmenar-Periana de edad Burdigaliense superior-Langhiense. La sedimentación de éste debió acaecer, por tanto, en la etapa inmediatamente anterior al deslizamiento de las Unidades del Guadalquivir hacia el Norte, por un lado, y anterior, también, al resbalamiento de parte del Penibético (Zona del Valle de Abdalagís-Torcal-Sierra Gorda de Loja y Trias penibético de Antequera), con su comparación alóctona de Coberteras con flysch suprapeníbéticas, y del Subbético (Trias de Campillos) hacia el Sur por otro lado (recuérdese por otro lado —apartado IV, B y apéndice 2— que el conjunto Penibético —Coberteras con flysch ocupaba, a su vez, una posición alóctona sobre el Subbético Interno, desde el Burdigaliense inferior— anteriormente al depósito de las formaciones Santana y La Viñuela).

Así pues, la antigua antefosa de las Unidades del Guadalquivir se extendía desde Cádiz hasta Cazorla bordeando, por tanto, el límite septentrional del Subbético (ya estructurado en una etapa más antigua —fase de divergencia—). Conviene aclarar que, en realidad, esa antefosa continuaba desde Cazorla hasta Mallorca, situándose sobre la parte meridional del Prebético. No obstante, en ella puede establecerse, desde el punto de vista tectónico, una divisoria transversal situada sobre el Accidente del Guadiana Menor. La pertinencia de esa divisoria se basa en la distinta disposición geométrica, según la dirección vertical, adoptada por las diferentes unidades del Subbético como consecuencia de su deslizamiento hacia el Norte, a pesar de que el mecanismo de ese deslizamiento, de carácter gravitatorio, fue esencialmente el mismo en ambos casos. Así, al Oeste del Guadiana Menor, las unidades del Guadalquivir están constituidas, predominantemente, por Trias del Subbético Medio y coberteras cretáceo-terciarias (generalmente sin substrato jurásico) originarias, principalmente, del Subbético Externo; mientras tanto, al Este del Guadiana Menor ocurre esto mismo pero, además, este Subbético Externo lleva, generalmente encima y deslizándose conjuntamente con él, al Subbético Medio, el cual porta series más o menos completas desde el Trias al Aquitaniense. Otra diferencia es que, mientras al Oeste del Guadiana Menor, los terrenos de las Unidades del Guadal-

quivir incluyen un mioceno inferior-medio (generalmente, en facies de margas moroníticas o silixíticas del Burdigaliense superior-Langhiense) que, por lo tanto, es alóctono, al Este de dicho río el mioceno de esa edad está generalmente ausente (a excepción del Penibético de la Sierra Norte de Mallorca) en las distintas unidades subbéticas deslizadas (incluidas las del Subbético Externo o «Unidad Intermedia» —véase apéndice 5—), durante la fase intra-Langhiense.

Esto último está en relación con el problema de la situación de la cuenca de depósito de las moronitas del Burdigaliense superior-Langhiense del sector occidental de las Cordilleras Béticas. Efectivamente si, como es verdad, estas moronitas son fundamentalmente alóctonas (han deslizado, hacia el Norte, dos veces: una en la fase intra-Langhiense y otra, en el Tortoniente superior), su cuenca original de sedimentación debía situarse hacia el Sur de su posición actual. Por otro lado, esas moronitas debieron depositarse, principalmente, sobre el Subbético Externo pero, también, sobre las partes más septentrionales del Subbético Medio (y, a menudo, directamente sobre el «Trias de Antequera» que ya estaba aflorante por efecto de la fase finiaquitaniense y constituía, a excepción de la banda triásica de Antequera-Archidona, la base estratigráfica del Subbético Medio s. lato).

El problema de la ubicación de las moronitas en la etapa anterior a la fase intra-Langhiense, es el mismo que se presenta al intentar retrotraer el Subbético hasta su posición anterior a dicha fase y es, en definitiva, un problema de espacio. La solución a este problema puede encontrarse, únicamente, en un acortamiento a nivel de zócalo ya que, si esa reconstrucción retrotectónica se intenta hacer operando solamente sobre la superficie actual, se aboca al hecho de que el Subbético «no cabe». Dicha solución viene impuesta, fundamentalmente, por el hecho de la autoctonía (estamos en contra de la aloctonía de gran envergadura, propuesta por BOURGOIS —1978— a este respecto) del mioceno inferior-medio de las zonas de Olvera-Guadateba (equivalente a la Formación de «Arcillas con bloques» —BOURGOIS, 1973— y a la Formación de Guadateba —CRUZ SAN JULIÁN, 1974—), Valle de Abdalagís (equivalente, aunque sólo parcialmente, al Neonumidien —BOURGOIS, 1978—), pasillo de Colmenar (complejo de Colmenar-Periana —VERA, 1966— y PEIRE —1974—), Hoya de Málaga y Rincón de Estepona (Flysch de Este-

pona —DIDON, 1969—). En efecto, si dicho mioceno es autóctono, sus terrenos nos sirven como punto de referencia para establecer un límite suroriental al movimiento de retracción de las masas subbéticas hacia el Sur, sobre el citado mioceno. El acortamiento de zócalo invocado más arriba, supondría un movimiento relativo de subcabalgamiento del bloque noroccidental (sobre el que estaba situada la antigua antifosa de las moronitas) hacia el Sureste, o lo que es lo mismo, un cabalgamiento del bloque suroriental (donde estaba situado el Subbético y las moronitas autóctonas sobre este último) hacia el Noroeste. Hay que añadir que este acortamiento de zócalo sólo se hace necesario como solución, en cuanto a la fase intra-Langhiense, ya que el deslizamiento posterior del Manto de Carmona puede explicarse, simplemente, por un movimiento relativo de elevación y subsidencia, que afectaría, respectivamente, a la Zona Subbética y a la «Antefosa septentrional del Guadalquivir».

Otro problema, referente a la tectónica de este sector occidental del Guadalquivir, es el de la relación existente entre el «Manto de Carmona» (PERCONIG, 1960) y la «Unidad de Paterna» (CHAUVE, 1968). Este último autor consideró la posibilidad de una relación directa entre ambos complejos, de modo que pudieran constituir una misma y única unidad que enlazaría por debajo del Subbético s. lato. Para el autor de esta nota, como puede fácilmente deducirse de todo lo anterior, el manto de Carmona (que es de edad tortoniense superior) no tiene una relación directa con la unidad de Paterna (que es equivalente al dominio subbético Externo, y por tanto, los terrenos de su serie estratigráfica sólo alcanzan al Aquitaniense terminal). Esto no es óbice para que sí exista, de hecho, una relación indirecta en el sentido de que, parte de los terrenos pertenecientes a la cobertura de la Unidad de Paterna (al igual que otros terrenos de otras unidades del Subbético y aún del Aljibe) fueran removilizados, primeramente, en la fase intra-Langhiense (pasando a formar parte de las Unidades del Guadalquivir) y, posteriormente, en el Tortoniense superior (pasando a integrar el Manto de Carmona). Por último, está la cuestión del área de depósito de las moronitas de edad más antigua (principalmente aquitaniense) o bien más moderna (v.gr.: Andaluciense) que las del Burdigaliense superior-Langhiense, las cuales, de hecho, también afloran en el sector occidental. Pues bien, en nuestra opinión las primeras forman

parte de los distintos dominios del Subbético propiamente dicho y constituyen, precisamente, el techo de la serie de diversas unidades subbéticas. A éstas, pertenecerían algunas de las moronitas más meridionales (v.gr.: las que afloran al Oeste de la Sierra de las Cabras, cerca de las ventanas de la Unidad de Paterna —CHAUVE, 1968—) del sector occidental que son correlacionables con sedimentos, de facies parecida, aflorantes en el sector oriental (silexitas del Oligoceno superior y Aquitaniense, en la zona del río Caramel —Vélez Blanco—). Su edad es anterior a la fase principal (finiaquitaniense) que afectó al Subbético, de modo que su depósito debió estar condicionado por la evolución preorogénica (con respecto a dicha fase) de la Zona Subbética. A partir de dicha fase, su evolución tectónica estaría concatenada a la de las distintas unidades subbéticas, sobre las que las citadas moronitas se depositaron. En cuanto a las moronitas andalucienses, no existe mayor problema tectónico paleogeográfico, puesto que son fundamentalmente autóctonas.

Apéndice 5) La cuestión de las Unidades Intermedias entre el Prebético y el Subbético

Aunque el límite entre Prebético y Subbético es, fundamentalmente, tectónico, de hecho se pasa de una a otra zona, de una forma gradual a través de ciertas «Unidades Intermedias», expresión utilizada primeramente por FOUCAULT (1960) y aún usada o mantenida en la actualidad por los diversos autores, en relación con esta cuestión.

A priori, dicha cuestión puede enfrentarse deduciendo que, forzosamente, las citadas unidades existirán, bien en la parte meridional del Prebético o bien en la parte septentrional del Subbético, por lo cual cabría pensar que sólo hay dos soluciones: a) atribuirles a uno u otro de los dos dominios conocidos, y b) asignarlas a una «Zona Intermedia» de nueva creación, con carácter o rango de dominio más o menos independiente de los otros dos.

Desde el punto exclusivamente facial o estratigráfico, entre las Unidades Intermedias hay algunas (v.gr.: Sierra de la Puerta, Garrapacha, etc.) que aunque presentan ciertas afinidades subbéticas (nos referimos a aquel Subbético sobre el que no existe ambigüedad en cuanto a su definición como tal) son, en verdad, mucho más parecidas al

Prebético (y, de hecho, la generalidad de los autores las sitúan, paleogeográficamente, dentro de este último). Sin embargo, existe otra serie de unidades, también calificadas de intermedias (v.gr.: U. Rameles —PAQUET, 1969—; U. Villares —BUSNARDO, 1960-62—; U. Sagra —FOUCAULT, 1960—), en las que la discrepancia, en cuanto a su atribución al Prebético o Subbético, está generalizada y se mantiene actualmente (y así, son consignadas bien como Prebético meridional —BUSNARDO, 1960-62; AZEMA, 1977, etc.— o bien como Subbético Externo —PAQUET, 1969; BAENA, 1974; L. JEREZ, F. JEREZ y GARCÍA-MONZÓN, 1974), si bien parece ser que, al menos en la transversal de Murcia (que es, sin lugar a dudas, la más adecuada para observar la transición de facies entre el Prebético y el Subbético), la mayoría de los autores que han trabajado en esta última, y en ese tema, se inclinan claramente por la segunda opción.

Volviendo a lo dicho en el penúltimo párrafo y, teniendo en cuenta el hecho de que, en general, unas unidades son más afines al Prebético mientras que otras lo serían al Subbético (según lo expresado en el párrafo anterior), parece lógico concluir que: 1) no parece adecuado establecer un nuevo dominio ya que, en principio, las características estratigráficas de dichas unidades permiten asimilarlas, predominantemente, a uno u otro dominio (Prebético o Subbético) de los ya conocidos; y 2) si a pesar de utilizar este último criterio aún persiste la ambigüedad o el desacuerdo respecto a determinadas unidades, parece que los criterios estratigráficos no serían los más adecuados para su empleo en la resolución de este problema, ya que se prestan y se prestarán siempre a la subjetividad de cada autor (grado de conocimiento de las series, unas transversales mejor estudiadas que otras, etc.); aparte de que, y esto es lo más importante, está la dificultad de la existencia de importantes recubrimientos (sobre todo de tipo tectónico pero también, sedimentario) que hacen que la correlación entre unas y otras unidades sea siempre imperfecta, al faltar determinados datos necesarios para ella.

Quizás sea, por tanto, conveniente buscar criterios más claros, incluso a costa de ser menos ortodoxos. Si los estratigráficos no resultan adecuados, parece forzado el utilizar criterios tectónicos. De hecho, cuando se trata la cuestión del límite septentrional del Subbético, la norma usual es partir de la base de que este último se encuen-

tra corrido sobre el Prebético y tomar, como límite entre los dos, el contacto de dicho corrimiento. Pero, en referencia a este punto, es importante dejar bien claro que la simple formulación anterior no resuelve nuestro problema ya que, entre los terrenos prebéticos y subbéticos propiamente dichos (es decir, libres de ambigüedades en cuanto a su atribución paleogeográfica) se intercalan, de forma bastante generalizada, las «Unidades Intermedias». En definitiva, nos parece acertada la convención de que el límite Prebético-Subbético venga definido por el contacto de corrimiento del segundo sobre el primero, porque así viene impuesto por la tectónica de la zona. Pero pensamos que, en este punto, es necesario añadir y precisar algo más, puesto que la duda sigue existiendo en cuanto a trazar dicho contacto por debajo o por encima de las Unidades Intermedias.

Afortunadamente, la propia «tectónica de la zona» puede brindarnos una solución. Para ello conviene reparar en la posición (no casual, por supuesto, sino impuesta por la propia naturaleza de las cosas que es, en este caso, la realidad tectono-sedimentaria de la existencia de dominios paleogeográficos diferentes que condicionan respuestas tectónicas también diferentes) relativa de las unidades intermedias, en general, con respecto a los terrenos del Mioceno inferior-medio autóctono. Así, puede observarse que este Mioceno descansa, mediante contacto estratigráfico discordante, sobre determinadas unidades intermedias (concretamente, sobre aquellas más septentrionales —Garrapacha, Sierra de la Puerta, Sierra de Marmolance—, en las que el acuerdo es general sobre su atribución al Prebético). Pero, a su vez, ese mismo Mioceno resulta cabalgado por otra gran parte de aquellas (concretamente por las de ubicación ambigua en la bibliografía al uso aunque, de hecho y como se dijo más arriba, hay mayoría de autores, al menos en algunas transversales, que se inclinan por su inclusión en el Subbético).

Visto lo anterior, proponemos aquí el utilizar la observación a que se refiere el párrafo precedente para separar el Prebético del Subbético. De acuerdo con ello, el Mioceno inferior-medio autóctono actuaría como un nivel-guía separador, u horizonte de referencia, de manera que las unidades intermedias infrayacentes con respecto a él (y, por tanto paraautóctonas y cabalgadas) pertenecerían al Prebético, en tanto que las suprayacentes (y, por tanto, alóctonas y cabalgantes) serían del Subbético.

co. Conviene poner de manifiesto que, en esta comunicación, no sólo se ha seguido este criterio (ver figuras 1, 5, 6 y 7) sino que, además, se ha considerado que las unidades suprayacentes con respecto a dicho mioceno conforman y definen, precisamente, el dominio Subbético Externo.

Conviene añadir que el criterio empleado es claramente válido para el sector central. En consecuencia, también sería válido para el sector occidental ya que aunque, en este último no aflora el Prebético, consideramos que la correlación propugnada, en este trabajo, entre el Subbético Externo de Los Villares-Nueva Carteya (BUSNARDO, 1960) y las «ventanas» de la Unidad de Paterna (CHAUVÉ, 1962), es suficientemente consistente, a través de las ventanas de Priego-Carcabuey y Benamejí-Central Eléctrica del Río Genil (esta última, descubierta por el autor de este trabajo, en el mismo cauce del río, junto a la Sierra de las Manchas). Lo mismo podría decirse para el sector oriental, desde Huescar hasta la Sierra del Lugar (al Sur de la Garapacha), con lo cual resulta que el criterio es válido, en definitiva, desde la provincia de Cádiz hasta el límite de la de Alicante. Sin embargo, más al Este esa forma de discernimiento podría, en principio, prestarse a dudas. Así, concretamente, ello podría ocurrir con el caso de las Sierras de Font-Calent y Mediana situadas cerca de Alicante y también, con la «Unidad de Ibiza», en la isla del mismo nombre. Como es sabido (AZEMA y al., 1974; RHANGHEAR, 1969), las series de las citadas sierras y las de esa unidad son perfectamente correlacionables entre sí. Entonces, el problema se presenta por dos razones. En primer lugar porque, desde el punto de vista estratigráfico, dichas series intermedias son, valga la redundancia, intermedias entre las que, con el criterio anterior, hemos incluido en el Prebético y las denominadas como Subbético Externo. Y, en segundo lugar porque, desde un punto de vista tectónico, mientras que la Serie de Ibiza se presenta cabalgante sobre el Mioceno Inferior-medio (al modo de las unidades intermedias suprayacentes o subbéticas), no ocurre lo mismo con las series de las Sierras de Mediana y Font-Calent que son, a lo más, para autóctonas y, en cualquier caso, están clara y directamente ligadas al Prebético, también para autóctono, situado inmediatamente al Norte de ellas. De acuerdo con todo esto, habría pues razones tanto para incluir a estas series en el Prebético como para hacerlo en el Subbético. En cualquier caso, queda claro que todas ellas (es decir,

las citadas de Ibiza y Alicante) pertenecerían al mismo dominio pues, como se dijo más arriba, son perfectamente correlacionables. El autor de este trabajo, ha optado por la primera solución (su inclusión en el Prebético) y ello, en base al siguiente razonamiento. Puesto que se ha convenido por todos los autores y, de una manera general, que el límite Prebético-Subbético viene definido por un contacto de corrimiento de relativa importancia, resultaría muy forzado el pretender introducir un contacto de tal envergadura al Norte de las Sierras de Font-Calent y Mediana (aún admitiendo que éstas no son totalmente autóctonas) de modo que, cartográficamente, parece mucho más natural extender el Prebético hacia el Sur (incluyendo esas dos sierras, entre cuyos materiales y los del Prebético no se interpone, en absoluto, el Mioceno inferior-medio) hasta el contacto con las Zonas Internas (el cual está oculto por el Neógeno post-mantos y es de naturaleza mecánica —desgarre dextro de Bullas-Crevillente— véase apéndice 3—). Aceptado lo anterior y, puesto que la Serie de Ibiza es correlacionable con las de Mediana y Font-Calent se impone, a pesar de las apariencias tectónicas en contra, considerar también a aquella como Prebético.

Finalmente, cabe añadir que en Mallorca no se plantea este tipo de problemas, pues, en nuestra opinión (ver Apéndice 1), allí no aflora en absoluto, no sólo el Prebético, sino ni siquiera series homologables o próximas a las denominadas «Unidades Intermedias».

Apéndice 6) La tectónica del Triás en la Zona Subbética: las cuestiones del manto de Antequera-Cambil y el diapirismo

La gran extensión del Triás de la Zona Subbética en general y, particularmente, la del Triás del sector occidental o Triás de Antequera ha sido el motivo fundamental de que, desde antiguo diversos autores hayan venido considerándolo como un ente más o menos independiente, aunque de origen diverso. Así, por ejemplo, entre las interpretaciones más antiguas de este cariz, está la de Staub (1926) para el cual el Triás de Antequera constituía un dominio independiente de origen ultrabético; y, entre las más modernas, la de CRUZ SAN JULIÁN (1974) que, aunque también opina que dicho Triás constituye un dominio independiente del Subbético s. lato, propone para aquél un ori-

gen citrabético (Ultra-Subbético Interno, concretamente). Para el autor de esta nota, el Triás de Antequera, como la mayor parte del Triás aflorante en la Zona Subbética, constituye la base estratigráfica del Subbético Medio s. lato. La gran extensión actual del Triás de Antequera se debería, fundamentalmente a que ha sido «estirado» (mediante fenómenos de «rabotage» basal, despegues gravitatorios en general y resedimentación en brechas y olistolitos) sucesivamente, con ocasión de tres fases tectónicas (fini-Aquitaniense o de divergencia, intra-Langhiense o de las Unidades del Guadalquivir y Tortoniense superior o del Olistotroma-Manto del Carmona-del Guadalquivir). En este proceso, el Triás se ha mezclado íntimamente con diversos terrenos del substrato sobre el que deslizaba, de modo que, en realidad, amplios afloramientos que aparecen cartografiados como Triásico (sobre todo los situados más al Norte de la Zona Subbética) en diversos documentos al uso, están constituidos en realidad por una brecha (BOURGOIS, 1975-78) en la que predominan, con mucho, los elementos triásicos y cuya génesis (tectónica o sedimentaria) no está, considerada en conjunto, totalmente dilucidada. Otras cuestiones muy relacionadas con la anterior serían la forma y edad de la primera «mise and place» del Triás de Antequera (o de su equivalente, más al Este, el Triás de Cambil). Las opiniones sobre este tema existentes en la bibliografía al uso son, también, divergentes y van desde las que propugnan, al menos parcialmente, un origen diapírico (SANZ DE GALDEANO, 1974) hasta las que invocan fenómenos de corrimiento pero de edad más o menos antigua (v. gr.: intracretácea; CRUZ SAN JULIÁN, 1974). Aunque ya está implícita en otros lugares del presente texto, reitero aquí mi opinión de que el Triás de Antequera-Cambil constituye, salvo excepción (ver párrafo siguiente), la base estratigráfica del Subbético Medio. Y también la de que dicho Triás permaneció en posición autóctona, no aflorante en la superficie, hasta el final del Aquitaniense (fase de divergencia), en cuyo momento cabalgó, con relativa amplitud, a los materiales cretáceo-aquitanienses del Subbético Interno y Externo (a este último, con mayor envergadura de cabalgamiento).

A la afirmación anterior referente a la asignación del Triás de la Zona Subbética al dominio Subbético medio, hay que hacer algunas excepciones. La más importante de ellas es la que se refiere al Triás perteneciente a la base estrati-

gráfica del Penibético. Generalmente, este Triás está cubierto, en contacto normal, por la serie jurásica penibética (Triás de los alrededores de Ronda y, también, el cortado en el sondeo de Cerro Gordo —PERCONIG, 1960-62—); pero, en alguna ocasión, aflora al descubierto de forma más o menos independiente y con relativa amplitud. Este es el caso del Triás de Antequera propiamente dicho, que constituye una banda continua que va desde el río Guadalhorce, al Norte de la Sierra del Valle de Abdalajís, hasta el Hacho de Loja (para reaparecer, algo más al Este, al Norte de Moraleda de Zafayona). Esta banda de Triás, que cabalga al Subbético Interno de las Sierras del Pedroso y Sur de Montefrío se enraíza, en la opinión del autor (que coincide, en ello, con la de PEYRE —1974—), bajo el Penibético de las Sierras del Valle de Abdalajís, Torcal y Sierra Gorda de Loja, constituyendo la base estratigráfica de aquél.

En cuanto al tema del diapirismo, este fenómeno ha sido invocado repetidamente por diversos autores (RÍOS, 1955; FOUCAULT, 1965; GARCÍA DUEÑAS, 1967; SANZ DE GALDEANO, 1973, en las áreas de Ricote, Pozo Alcón, y del Sur y Norte de Alcalá la Real, respectivamente). El problema principal no radica en la existencia o no de dicho fenómeno sino, más precisamente, en cuanto a su envergadura —extensión en la horizontal— y, también, en cuanto a su ubicación cronológica. La respuesta a estas dos cuestiones, por parte de los autores acabados de citar puede resumirse, con algunas variaciones, de la manera siguiente. En la cuestión referente a la extensión del fenómeno, habría que colegir (dada la amplitud de las áreas sobre las que proponen el diapirismo como solución) que consideran que el diapirismo es un fenómeno relativamente generalizado en la zona subbética. Y en cuanto a la cuestión cronológica, esos mismos autores han propuesto, fundamentalmente, una ubicación intracretácea basándose en la edad de los terrenos (cretáceos) que más generalmente aparecen ligados directamente con el Triás.

Mi posición, ante esas dos mismas cuestiones anteriores, se puede resumir de la manera siguiente. En primer lugar, el diapirismo no sería un fenómeno generalizado, sino que, por el contrario, tendría un carácter sólo muy local, en lo que se refiere a la zona subbética (otro caso, sería la halocinesis, sin extravasamiento del Triás, a la

que el autor no niega una cierta y mayor influencia en esa zona); y en segundo lugar, ese diapirismo no sería, salvo en algún caso aislado (v. gr.: ¿Peña de Martos? —SANZ DE GALDEANO, 1973—), de edad intracretácea, sino mucho más moderno (finiaquitaniense, tortoniense o más posterior). Pero además y, por otro lado, ese diapirismo habría sido posible, fundamentalmente, gracias a la removilización previa del Triás, el cual constituía el nivel de despegue en los distintos cabalgamientos y/o mantos de corrimiento generados en etapas tectónicas anteriores (finiaquitaniense e intralangiense, fundamentalmente). Esto último implica que en la mayor parte de los escasos lugares donde puede hablarse de un verdadero diapirismo, en el ámbito de la Zona Subbética, ese Triás diapírico sea un Triás fundamentalmente alóctono, ya en el origen de ese fenómeno diapírico. En definitiva y, pasando a un plano más concreto, los «fenómenos diapíricos» descritos, por ejemplo, en las áreas de Ricote y Pozo Alcón, son interpretados por el autor de esta nota (y en ello coincide con la opinión de otros autores; v. gr.: L. JEREZ, F. JEREZ y GARCÍA-MONZÓN, 1974; BAENA, 1973) como fenómenos de simple «mezcla tectónica», originada coetáneamente con la traslación o corrimiento del Triás sobre los diversos terrenos (cretáceo-paleógenos, principalmente) con los que, generalmente, se encuentra más o menos íntimamente mezclado; y también, por ejemplo, en el caso del Triás diapírico situado al SW del Mencil (existe otro Triás de origen distinto, tal y como ya intuyó IBÁÑEZ FREGENAL —1969—, situado al NW del Mencil, que pertenece al Subbético Medio y cuyo contacto de base es de cabalgamiento) y perteneciente al Subbético Interno, el fenómeno diapírico, allí visible, posiblemente no hubiera llegado a producirse de no haberse removilizado, previamente, el Triás, durante la fase finiaquitaniense (en la que el Subbético Interno cabalgó al conjunto Dorsal-Maláguide).

Hay que añadir que lo dicho más arriba no es óbice para que el autor admita, sin lugar a dudas, la existencia clara de un diapirismo mucho más amplio (en el sentido de extensión geográfica) y también, en general, más antiguo, en las zonas más externas de las Cordilleras Béticas (v. gr.: el Prebético s. lato y, particularmente, el Prebético de Alicante). Entre los ejemplos más idóneos de estos últimos diapiros podrían citarse los de la Rosa, Pinoso, Valle del Vinalopó, Agost, Finestrat y Altea.

Apéndice 7) La cuestión del Arco de Gibraltar: relación entre las cadenas béticas y norteafricanas

En la concepción del autor, la solución al «problema» del Arco de Gibraltar, en lo que se refiere a las Zonas Externas (la identidad de las Zonas Internas béticas y rifeñas es más manifiesta y menos discutida), no hay que plantearla en el Estrecho de Gibraltar, sino en el interior de la Península Ibérica. La identidad y la continuidad estructural y paleogeográfica entre el Norte de Marruecos (Rif Externo) y la parte meridional del Campo de Gibraltar, me parecen indiscutibles. Dejemos un poco de lado los flyschs alóctonos y completamente desenraizados (U. Algeciras y Aljibe, en España, y sus homólogas, U. Beni-Ider y del Numídico, en Marruecos) que, evidentemente, no sirven, de una forma directa, para probar la existencia del arco paleogeográfico. Pero, sentado esto, reiteramos que la identidad y continuidad, acabadas de citar, son manifiestas entre las U. Tanger-Ketama y las U. Almarchal-San Cristóbal (BOURGOIS, 1970); y que éstas, aunque también han sido afectadas, por fenómenos de corrimiento, puede considerarse que, en conjunto y al menos parcialmente, están enraizadas o paraautoctonas. De acuerdo con lo anterior, la ubicación espacial del problema del Arco de Gibraltar no estaría entre los afloramientos de las U. Tanger-Ketama y los de las U. Almarchal-San Cristóbal, es decir, en el Estrecho de Gibraltar, sino que dicho problema habría que plantearlo más hacia el interior de la Península Ibérica y, aún más concretamente, entre las U. Almarchal-San Cristóbal y la Zona Subbética propiamente dicha.

En mi opinión y para concretar, la U. Almarchal-San Cristóbal es un equivalente lateral del Subbético Interno (Sierra de Pedroso-Loma de las Granjas-Puerto del Zegrí-Mencil) razón por la cual en este trabajo hemos denominado, a veces, a dicha unidad, como Flysch Subbético Interno. Como bien puso de relieve CRUZ SAN JULIÁN (1974) es manifiesta la correlación de facies entre la Sierra del Tablón (que, curiosamente, para BOURGOIS —1978— pertenece a los flysch de Gibraltar-Unidad de San Cristóbal, mientras que CRUZ SAN JULIÁN la incorpora al Subbético) y el Subbético del Zegrí (Subbético Medio-meridional, en la nomenclatura de CRUZ SAN JULIÁN —1974— que sigue a GARCÍA DUEÑAS —1967—). Por otro lado, es también evidente el parecido entre determinadas

facies del Subbético del Mencil, situadas al Sur de este macizo (entre las cuales he encontrado plaquetas de microbrecha de *Aptychus*), y la Unidad de Algarrobo (CHAUVE y al., 1966; incluida, posteriormente, en la U. San Cristóbal —BOURGOIS, 1970—).

A este último respecto, conviene aclarar que no compartimos la opinión de BOURGOIS (1977-1978) cuando incluye la U. San Cristóbal en su Formación de Arcillas con bloques, de edad Burdigaliense, al modo de olistolitos sedimentarios. En mi opinión, la Formación de Arcillas con bloques es de edad Burdigaliense superior-Langhiense y no incluye a la U. San Cristóbal, ni tampoco a las Coberteras con flysch suprapeníbéticas (cuya parte más importante está formada por la U. Algeciras) ni, mucho menos, al manto del Aljibe. Además, la Formación de Arcillas con bloques es correlacionable, como se dijo (ver Apéndice 4), con la Formación del Guadateba, el flysch de Estepona, el Complejo Colmenar-Periana, etc.; todos los cuales son, salvo mecanizaciones locales, esencialmente autóctonos (al contrario de la aloctonía, de gran envergadura, propuesta por BOURGOIS). Todo ello no es obstáculo, sino al contrario, para que la Formación de Arcillas con bloques se alimente, como de hecho ha ocurrido, a base de olistolitos sedimentarios provenientes, no sólo de todas las unidades acabadas de citar, sino también, aunque en menor medida, del Subbético. Para establecer un paralelo con otras regiones de las Cordilleras Béticas, podemos afirmar que ese complejo proceso tectonosedimentario sería simultáneo y muy similar al representado en la Formación Espejos (SOEDIONO, 1971) del sector oriental (si bien, en esta última, las «áreas fuente» son distintas y, además, no hay olistolitos de «unidades-flysch» y sí, en cambio, una gran abundancia de los procedentes de las Zonas Internas —Permotrias del Maláguide, etc.—).

Por otro lado, estoy más o menos de acuerdo con la antigua concepción (de los autores franceses, en general, y de DIDON —1969— y BOURGOIS —1970— en particular) referente a la relación de continuidad paleogeográfica (en dirección transversal a las bandas isópicas y en el sentido de más externo a más interno), entre las diversas unidades (U. Sierra del Pinar, Flysch del Corredor de Boyar, etcétera) hoy día integradas, en el conjunto Almarchal-San Cristóbal, y la Dorsal bética. Dicha relación se establece, precisamente, a través de las

diversas unidades predorsalianas (v. gr.: U. Camarote —DIDON, 1961—). Análogamente, y siguiendo el clásico esquema de DURAND DELGA (1966), comparto la idea de que la Dorsal era, desde el punto de vista paleogeográfico, la continuación del Maláguide hacia las Zonas Externas y que, este último dominio, ocupaba el borde externo de las Zonas Internas.

En cuanto al resto del Subbético (Subbético Medio sensu lato y Subbético Externo o Unidad de Paterna —CHAUVE, 1962—), encuentro su equivalente en el Prerif. s. str. (facies margosas desde el Cretáceo inferior —DURAND DELGA, 1960-62—); pues, si bien los terrenos pre-rifeños s. str. están en gran parte removilizados alóctonamente sobre el Tortoniense (BOURGOIS, 1978), de modo análogo a como lo está el Subbético Externo (véase Apéndice 4) en el Manto de Carmona (PERCONIG, 1960-1962) del Bajo Guadalquivir, resulta incontestable la posición paleogeográfica externa de aquéllos en relación con la posición, más interna, de la zona intrarifeña de Tánger-Ketama (al igual que el Subbético Medio y el Externo son más externos que la Unidad de San Cristóbal, en la misma transversal).

El Penibético, no es una cuestión a resolver en cuanto al problema de la relación entre las zonas externas béticas y rifeñas puesto que, desde nuestro punto de vista (véase Apartado IV-B y Apéndice 2), el Penibético pertenece, paleogeográficamente, a las Zonas Internas.

Por último, el Prebético y, más concretamente, el Prebético Interno encuentra su homólogo en el autóctono telliano y, más particularmente, en el autóctono intratelliano y nortelliano. No obstante, ello no implicaría que el conjunto Prebético Interno-Autóctono telliano conformara, necesariamente, la curvatura correspondiente a la zona del Arco de Gibraltar en sentido estricto. El autor imagina, por el contrario y como más factible, una solución paleogeográfica del citado arco en la que todos los dominios externos béticos y africanos, anteriormente citados, se continuaran y dibujaran la curvatura del Arco de Gibraltar, a excepción de los dominios del Prebético y del Autóctono telliano. Estos dos últimos quedarían más o menos en paralelo, pero sin llegar a juntarse, hacia el meridiano de Gibraltar y adheridos, respectivamente, a los zócalos cratónicos ibérico y africano. El anterior esquema implicaría, a su vez y probablemente, una dicotomía o bifurcación

del conjunto Subbético Externo-Prerif s. str. a la altura del meridiano de Gibraltar, en dos ramas que irían en la dirección de los bordes atlánticos ibérico y africano, respectivamente. Ello, a su vez, sería concebible si imaginamos que, sólo las partes más internas del Prerif s. str. y el Subbético Medio conforman, en realidad, el Arco de Gibraltar. Mientras tanto, entre las partes más externas del Prerif s. str. y el Subbético Externo se produciría, primeramente, una «junción» en paralelo y, después de recorrer así un cierto trayecto hacia el Oeste, ocurriría la «disyunción» de ambas en las dos ramas occidentales, ibérica y africana, más arriba citadas.

Nota.—Las principales ideas contenidas en el presente texto fueron ya difundidas por el autor, bajo el título de «Nueva hipótesis sobre la paleogeografía de las Cordilleras Béticas en el Jurásico» y mediante exposición oral, ilustrada con diapositivas (correspondientes a las distintas figuras y cuadros que acompañan al texto), ante los asistentes al II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de España, celebrado en Granada del 1 al 6 de octubre de 1969.

BIBLIOGRAFIA (*)

ANDRIEUX, J.; FONTBOTÉ, J. M., et MATTAUER, M.: *Sur un modèle explicatif de l'arc de Gibraltar*. Earth and Planetary Science Letters, vol. 12, núm. 2, pp. 191-198 (1971).

AZEMA, J.: *Etude géologique des confins des Provinces de Murcia et d'Alicante (Espagne)*. Thèse, Paris (1977).

BOURGOIS, J.: *La transversale de Ronda, Cordilleras Béticas, Espagne*. Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'arc de Gibraltar. Thèse, Besançon (1978).

BOURROUILH, H.: *Stratigraphic, Sedimentologie et Tectonique de l'île de Minorque et du Nord-Est de Majorque (Balears)*. Thèse, Paris (1973).

BUSNARDO, R.: *Hypothèses concernant la position des unités structurales et paléogéographiques de la transversale Jaén-Granada (Andalousie)*. Geol. Mij., 43, pp. 264-267 (1964).

CHAUVE, P.: *Etude géologique du Nord de la province de Cadix*. Mem. Inst. Geol. y Min. España, t. LXIX, 377 pp., 1 carte (1968).

(*) Razones de espacio nos obligan a no citar, expresamente, toda la bibliografía consultada, por lo que este listado se limita fundamentalmente a una serie de trabajos regionales necesarios para la explicación del modelo geológico establecido. De forma general puede añadirse que este trabajo de síntesis no hubiera sido posible de no contar además con los datos aportados por los autores del MAGNA, así como la Síntesis del IGME a escala 1:200.000.

COLOM, G.: *Geología de Mallorca*. Diputación provincial de Baleares. C. S. I. C. (1975).

CRUZ-SANJULIÁN: *Estudios geológicos del sector Cañete la Real-Teba-Osuna*. Tesis, Granada, 431 pp. (1974).

DIDON, J.: *Etude géologique du Campo de Gibraltar*. Thèse, Paris (à paraître in Mem. Inst. Geol. y Min. España) (1969).

DIDON, J.; DURAND DELGA, M., et KORNPROBST, J.: *Homologies géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar*, B. S. G. F. (7), XV, núm. 2, pp. 77-105, 1 carte en couleurs (1973).

DUBOIS, M.: *Etude géologique des environs d'Ubrique (Province de Cadix, Espagne)*. Thèse 3ème cycle. Besançon (1971).

DURAND DELGA, M.; HOTTINGER, L.; MARCAIS, J.; MATTAUER, M.; MILLIARD, Y., et SUTER, G.: *Données actuelles sur la structure du Rif*. Extrait du Livre à la mémoire du Professeur Pault Fallot, Paris (1960).

DURAND DELGA, M.: *Esquisse structurale de L'Algérie en 1961*. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris (1962).

DURAND DELGA, M.: *Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berberie*. Publications du Service Geologique de l'Algerie (1969).

DURAND DELGA, M.: *Hypothèse sur la genèse de la Courbure de Gibraltar*. B. S. G. F. (7), XV, núm. 2, pp. 119-120 (1973).

DURR, S.; HOEPPENER, R.; HOPPE, P., und KOCKEL, F.: *Géologie des montagnes entre le Rio Guadalhorce et le Campo de Gibraltar (Espagne méridionale)*. Livre mém. Prof. P. Fallot, Mém. h. sér. S. G. F., t. I, pp. 209-227 (1960-1962).

EGELER, C. G., et SIMON, O. J.: *Sur la tectonique de la zone bétique (Cordillères bétiques, Espagne)*. Verhandl. Kon. ned. Akad. West., Afd. Nat. (1), 15, núm. 3, 90 pp., 16 fig., 3 pl. (1969).

FALLOT, P.: *Les Cordillères bétiques*. Est. géol., Cons. sup. de Inv. Cient., Inst. Lucas Mallada, núm. 8, pp. 83-172 (1948).

FERNEX, F.: *Tectonique et Paléogéographie du Bétique et du Pénibétique orientaux. Transversale de la Paca-Lorca-Aguilas (Cordillères bétiques, Espagne méridionale)*. Thèse, Fasc. Sc. Univ. Paris, 983 pp. (1968).

FOUCAULT, A.: *Etude géologique des environs des sources du Guadalquivir (Provinces de Jaén et de Granada, Espagne méridionale)*. Thèse, Paris (1971).

GARCÍA-DUEÑAS, V.: *La Zona Subbética al Norde de Granada*. Tesis. Univ. de Granada (1967).

GARCÍA-ROSSELL, L.: *Estudio geológico de la transversal de Ubeda-Huelma y sectores adyacentes*. Tesis doctoral, Granada (1972).

GEEL, T.: *The geology of the Betic of Malaga, the Subbetic, and the zone between these two units in the Vélez Rubio Area (Southern Spain)*. Thesys, Amsterdam (1973).

KIEKEN, M.: *Résumé des connaissances acquises au cours des vingt dernières années dans le Hodna, le Titteri et la partie occidentale des Biban (département d'Arger)*. Bull. du B. R. G. M. (deuxième série), sect. IV, núm. 1, pp. 45-47 (1970).

MATAILLET, R., y PECHOUX, J.: *Etude géologique de l'extrémité occidentale de la Sierra Nord de Majorque (Balears, Espagne)* (1978).

MATHIS, V.: *Etude géologique de l'extrémité orientale de la zone de Colmenar (Province de Malaga, Espagne)*. Thèse de 3ème cycle, Besançon (1974).

MAUTHE, F.: *La Geologia de la Serranía de Ronda (Cordillera Bética occidental)*. Bol. Geol. Min., t. LXXXII, pp. 1-36, 2 figs., 1 lám. (Traducción de D. J. Gómez de Llerena) (1971).

MONTENAT, C.: *Les formations néogènes et quaternaires du levant espagnol (Province d'Alicante et de Murcie)*. Thèse, Paris (1973).

PAQUET, J.: *Etude géologique de l'Ouest de la province de Murcie (Espagne)*. Mém. S. G. F., N. S., mémoire núm. 111, t. XLVIII, 270 pp. (1969).

PEYRE, Y.: *Géologie d'Antequera et de sa région (cordillères bétiques, Espagne)*. Thèse, Paris (1974).

SANZ DE GALDEANO, C.: *Geología de la transversal Jaén-Frailes (provincia de Jaén)*. Tesis doctoral. Univ. de Granada (1973).

SOEDIONO, H.: *Geological investigations in the Chirivel area province of Almeria-south eastern Spain*. Thesys, Amsterdam (1971).

VAN VEEN: *Geological investigations in the region west of Caravaca south-eastern Spain*. Thesys, Amsterdam (1969).

VERA, J. A.: *Estudio Geológico de la Zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes*. Tesis doctoral. Mem. Inst. Geol. Min. España, 191 pp., 27 figs., 17 láms., 2 planos (1966).

Los Hyolitha del Cámbrico y Ordovícico de Sierra Morena y Montes de Toledo y su interpretación Paleozoológica

Por M.^a DOLORES GIL CID (*)

RESUMEN

En este trabajo ofrecemos una descripción morfológica de los Hyolitha (Molusca) en base, fundamentalmente, a los trabajos publicados por los especialistas en el grupo, así como en los aspectos paleozoológicos comprobados en nuestros ejemplares; por otra parte, describimos y figuramos material Cámbrico y Ordovícico de este grupo de fósiles, en series españolas.

RESUME

Dans ce travail nous donnons une description morphologique des Hyolitha (Molusca); nous avons basé ce travail fondamentalement dans les publications sur les Hyolitha des auteurs specialist dans ce group ainsi que dans les caractères paleozoologiques de notre materiael d'au the part, nous donnons une figuration du materiel cambrien et ordovicien espagnol du group des Hyolitha.

INTRODUCCION

En las investigaciones efectuadas dentro de las series de edad Paleozoico Inferior, y más concretamente Cámbrico y Ordovícico, se puede observar una generalizada ausencia, en el apartado relativo al contenido paleontológico, de estudios realizados sobre el grupo de los Hyolitha; es necesario reconocer la escasa difusión que hasta el momento ha tenido este grupo de fósiles, de manera que sus características morfológicas no han sido familiares a los investigadores de las series paleozoicas.

Tampoco datan de muy antiguo los verdaderos estudios en profundidad efectuados acerca de estos fósiles. Podríamos resumir y aunar en los profesores SISOIEV, YOCHELSON, MAREK RUNNEGAR y POJETA los mejores especialistas sobre estos moluscos. El profesor RUNNEGAR ha obtenido resultados excelentes en sus trabajos acerca de los aspectos paleobiológicos, sistemáticos y bioestratigráficos de estos fósiles. Los profesores YOCHELSON y MAREK han publicado varios trabajos en los cuales tratan

tanto la Paleobiología como la distribución de los Hyolitha en el área mediterránea. La bibliografía que hemos manejado sobre el tema no nos ha proporcionado grandes datos acerca de la presencia de Hyolitha en las series españolas. Los profesores R. y E. RICHTER (1940), que trabajaron intensamente en el contenido paleontológico del Paleozoico Inferior hispano, nos dan noticia de material de Hyolitha en el Cámbrico Inferior de Sierra Morena, más concretamente en Alanis, asociado a Trilobites (*Saukianda*, *Reserops*, etc.).

En el Cámbrico de la Montaña Negra, THORAL (1935) describe material de Hyolitha asignándole una posición sistemática dentro de los Moluscos de «posición sistemática incierta»; los fósiles obtenidos por este autor fueron datados por el mismo como del Tremadoc Medio y Superior de la Montaña Negra, asociado a Conuláridos; este autor considera a los Hyolitha divididos en dos grupos: género *Hyolithus* EICHWALD, el cual comprende el subgénero *Orthotheca* NOVAK, que abarca todas las formas cuya apertura es plana o casi plana, y el subgénero *Hyolithes* EICHWALD.

Para la elaboración del presente trabajo hemos tomado como base los trabajos de THORAL y

RICHTER, así como los recientes de YOCHELSON, MAREK, RUNNEGAR, POJETA y SISOIEV; asimismo, hemos efectuado consultas sobre nuestro material fósil a los profesores YOCHELSON y MAREK, quienes han atendido amablemente nuestras peticiones dándonos los consejos, bibliografía y ánimos siempre que se lo hemos solicitado.

CARACTERES GENERALES SOBRE LA MORFOLOGIA Y PALEOBIOLOGIA DE LOS HYOLITHA

Los Hyolitha son Moluscos de concha cónica, generalmente calcárea y operculada, que aparecen como fauna pre-trilobítica en la base del Cámbrico (*Egdetheca aldanica* MISSARZHEVSKY, ROZANOV et al., 1969, en: RUNNEGAR, 1975). Se presentan con relativa abundancia en las series del Cámbrico y en el Ordovícico, siendo más escasos en el Pérmico Medio y Superior.

Los Hyolitha fueron descritos por primera vez por EICHWALD en el Ordovícico de Estonia, considerándolos como problemática; posteriormente se les ha considerado gusanos, pterópodos, cefalópodos, o bien se les ha asignado «incertae sedis». Han sido estudiados por BARRANDE, COBOLD, HALL, NOVAK, HOLM, MATTHEW, WALCOTT y recientemente se han efectuado estudios sobre su paleobiología por los autores ya mencionados en el apartado precedente.

HOLM contó 178 especies descritas, que se distribuían de la siguiente manera: 55 en el Cámbrico, 68 en el Ordovícico, 22 en el Silúrico, 30 en el Devónico, 7 en el Carbonífero y 1 en el Pérmico. En 1958, SISOIEV citó más de 400 especies, indicando que indudablemente los Hyolitha se desarrollaron fundamentalmente en el Cámbrico, si bien antes de dicho período ya existían; después se extinguen gradualmente, desapareciendo en el Pérmico Medio; la explicación del porqué se extinguieron los Hyolitha puede ser debido a la presencia de moluscos más avanzados y a los trilobites junto con nautiloideos, cefalópodos y placodermos.

Los Hyolitha son más comunes en rocas con marcado carácter arcilloso, si bien pueden aparecer en todo tipo de rocas sedimentarias marinas, excepto en aquellas de origen hipersalino, dolomítico o recifal. Usualmente aparecen asociados a trilobites, braquiópodos y tipos primitivos de gasterópodos, siendo rara su asociación a corales y briozoos.

Forma de la concha

Podemos considerar que la concha constituye el esqueleto externo de los Hyolitha (exoesqueleto); este esqueleto es alargado, cerrado por uno de sus extremos, con una simetría bilateral, poca ornamentación, pudiendo presentarse aparentemente lisa; ligeramente convexo por un lado, si la orientación se efectúa por el lado ventral (MAREK, 1967) (figuras 1 y 2). Es característica fundamental para diferenciar los Hyolitha de otros grupos, según los principales especialistas del tema, el hecho de que exista una apertura apical. Se podría establecer un paralelismo morfológico entre la concha de los Hyolitha y un cono; este cono podría aparecer también en grupos tales como los Monoplacóforos y los Gasterópodos, si bien la diferencia reside en cuestiones de enrollamiento y curvatura; así, la concha de un pelecípodo está formada por dos valvas disjuntas; desde luego, es evidente que la concha de los Hyolitha no es homóloga a estas valvas.

La concha de un Hyolitha podemos describirla morfológicamente de la siguiente forma:

- cono alargado, que puede presentar transversalmente septos
- opérculo
- estructuras curvadas, denominadas helens Figuras 3 y 4 A.

El cono presenta dos tipos fundamentales de concha (MAREK, 1976):

- Tipo hyolítico, y 2, Tipo orthotécido (figs. 5 y 6).

El opérculo de los Hyolitha es una pieza destinada a efectuar el cierre y la apertura de la concha; como base de descripción tomaremos la dada por MAREK en 1976 para el *Ellegantilites elegans* (BARRANDE, 1847) (figs. 4a y b).

Los helens son dos estructuras curvadas que presentan una fina ornamentación transversa constituida por líneas; los helens presentan una curva descrita de forma logarítmica (figs. 1 y 4A).

La concha de los Hyolitha puede aparecer ligeramente curvada, vista en forma lateral; esta curvatura parece seguir una espiral logarítmica con un ángulo de tangencia muy bajo; esto lleva consigo que la curvatura no sea apreciada claramente, salvo en estados tempranos de la concha; este gra-

(*) Dpto. de Paleontología. Fac. de C. Geológicas. Madrid.

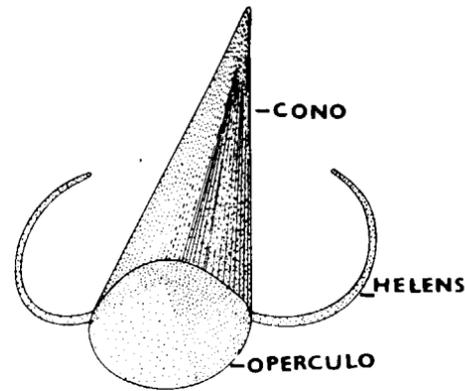


Figura 1.—Exoesqueleto del Hyolites *Pauxillites pauxillus* (NOVAK, 1891).

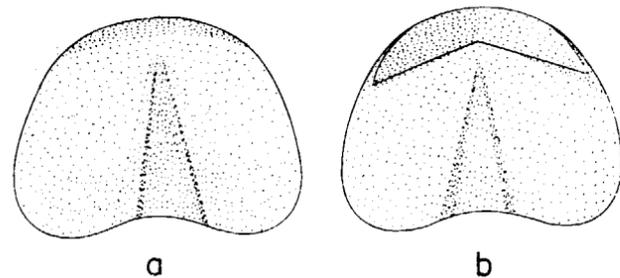


Figura 2.—Opérculo del Orthothecido *Neprotheca housina* (MAREK, 1967).
a = superficie externa.
b = superficie interna.

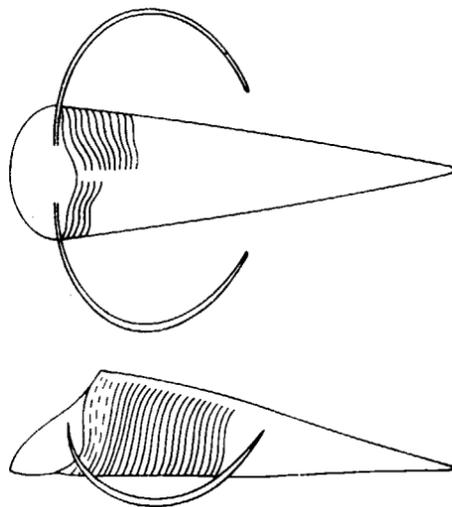


Figura 3.—Hyolítido con opérculo cerrado en vista dorsal y lateral, según MAREK, 1976.

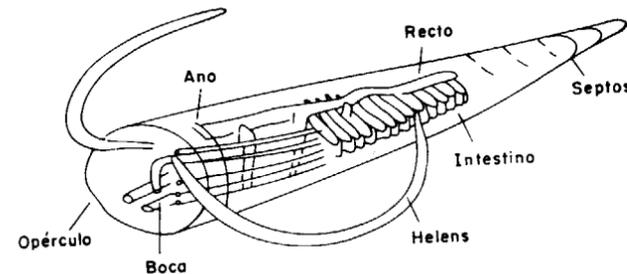


Figura 4 a.—Reconstrucción de Hyolites *Gompholites striatus*. BARR, según MAREK, 1967.

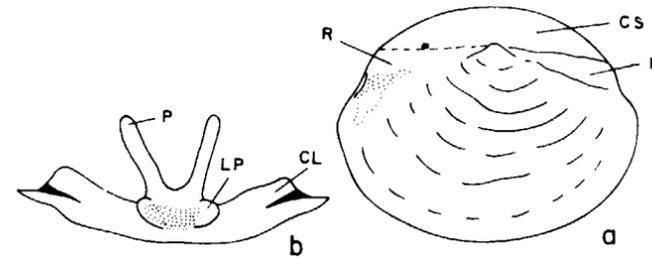


Figura 4.—El opérculo del Hyolites *Elegantilites elegans* (BARRANDE, 1847).

a = superficie externa. R, tectulum; CS, escudo cardinal; F, surco principal.
b = vista posterior dorsal. P, proceso cardinal; CL, clavícula; LP, lóbulo cardinal corto (según MAREK, 1976).

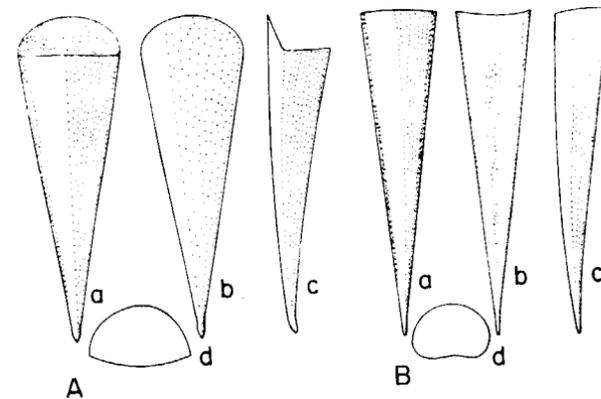


Figura 5.—Tipos básicos de la concha de los Hyolitha.

A = concha de Hyolitha.
B = concha de Orthothecida.
a = vista dorsal; b = vista ventral; c = vista lateral; d = sección (según MAREK, 1976).

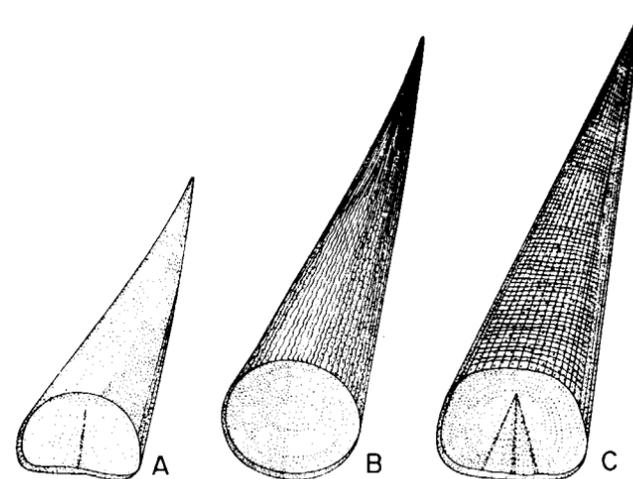


Figura 6.—Conchas representativas de tres Orthothecida, con opérculo en posición de vida:

A = *Neprotheca sarkaensis* (NOVAK, 1891), Llanvirn de Bohemia.
B = *Cirtotheca* sp. nov. Cámbrico Medio de Bohemia.
C = *Bactrotheca teres* (BARRANDE, 1867), Llanvirn de Bohemia.

do parece que es menor que el que presentan los escafópodos actuales. Los Orthothécidos pueden tener la superficie basal lisa o convexa. En términos generales la sección transversal de un Hyolitha varía desde triangular hasta suboval. Vistos desde arriba, tanto el tipo hyolítido como el orthothécido tienen simetría bilateral.

Estructuras internas

En la figura hemos representado la organización interna de un Hyolitha, basada en un *Gompholites striatus* BARR. Esta idea puede completarse en la figura 7, en la que aparece una sección sagital de la parte anterior (opercular) de un Hyolitha; el opérculo en este diagrama aparece abierto.

MAREK (1963) considera que el opérculo va unido al cono por pares de músculos que extienden inserciones ventrales y dorsales para la apertura del cono; al contraer los músculos tendría lugar la acción de cierre, siendo el relajamiento de los mismos el que lo abriría.

THORAL en 1935, en su trabajo sobre la fauna paleozoica de la Montaña Negra, figura y describe unos Hyolitha extraordinariamente bien conservados, en los cuales podemos apreciar claramente el tubo digestivo; este presente forma de U, visiblemente replegado.

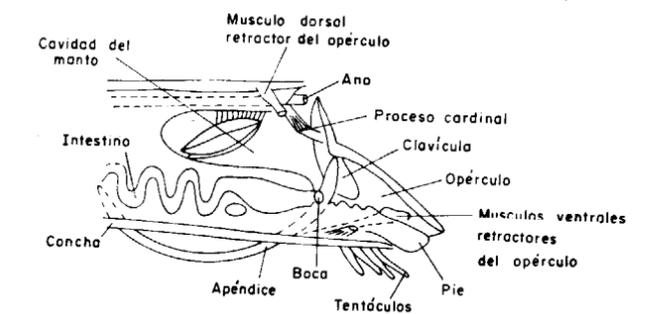


Figura 7.—Semidiagrama de sección sagital de la porción anterior de un Hyolites con su opérculo. MAREK, 1976.

Forma de vida

La forma de vida de los Hyolitha ha sido interpretada en base al tipo de estructuras esqueléticas que presentan; así, según RUNNEGAR (1975), tenían un tipo de alimentación que podía obedecer a uno o bien a la combinación de los siguientes cuatro métodos:

- a) carnívoro agresivo
- b) alimentación por pacerura
- c) alimentación tomando como base los depósitos
- d) filtrado de alimentos.

El primero de los métodos lleva consigo una locomoción. La aparentemente limitada movilidad de los Hyolitha sugiere un habitat bentónico con un filtrado de alimentos o bien una alimentación basada en los sedimentos depositados. El intestino sinuoso nos lleva a pensar en una dominancia de la dieta herbívora (PELSENEER, 1906: 44).

El valor de la curvatura refleja un grado de movimiento; las formas rectas tienen una mayor superficie de fricción y son menos móviles; se considera que las formas con secciones circulares, elípticas o cuadradas pueden haber sido sedentarias o pelágicas con el ápice introducido en el fondo marino; las formas de concha más gruesas serían probablemente incapaces de llevar una vida pelágica, a menos que poseyeran un potente aparato locomotor. Los Hyolitha con bordes pronunciados o labios son interpretados como bentónicos errantes. Cabe pensar también en la posibilidad de que algunas formas hayan pasado un período embrionario de carácter pelágico y otro período adulto de tipo bentónico.

La interpretación de los helens ha sido variada; algunos autores han sugerido que eran estructuras balanceadoras de un tipo de Hyolitha que vivía enhiesto sobre su punta. HOWELL, STBBLEFIELD y YOCHELSON se suman a esta hipótesis para aquellas formas que no puedan ser diferenciadas dorsal y ventralmente; en este caso los helens servirían como mecanismo de balanceo. YOCHELSON las interpreta como elementos de sostén del opérculo mientras éste permanece abierto.

Existe la idea de que durante el proceso ontogénico hay un cambio de vida y habitat; estas opiniones están basadas en las observaciones efectuadas en el pequeño ápice redondeado en el estado inicial, prolongado en un pequeño tubo que se extiende; el estado inicial del verdadero Hyolitha es como una bala fusiforme, con sección circular; la etapa juvenil del crecimiento que seguiría a esta bala fusiforme sería la aparición del opérculo.

Clasificación sistemática

Los Hyolitha se consideran un grupo extinto dentro de los Moluscos; la posición sistemática de estos fósiles fue un enigma durante mucho tiempo. La historia de la clasificación ha sido descrita por MAREK en 1967: 64, por lo que no consideramos necesario repetir este punto. Los Hyolitha fueron diferenciados por primera vez como Clase por MAREK en 1963: 69; esta Clase tiene un orden que está especialmente más conocido: el de los Hyolithida. SISOIEV en 1968 divide a los Hyolithida en dos subclases: Hiolitomorpha y Orthothecimorpha, si bien YOCHELSON y MAREK (1976: 65), consideran preferible reconocer los órdenes en lugar de las subclases. Así pues, quedarían: Hyolithida (SISOIEV) y Orthothecida (MAREK).

Los Hyolitha de los yacimientos españoles

En España, como ya hemos indicado anteriormente, son escasas las referencias bibliográficas a este grupo de moluscos. Hay que recordar, no obstante, el trabajo de R. & E. RICHTER sobre el Cámbrico Inferior de Andalucía, en el cual se describen y figuran Hyolithes en las capas de Saukianda, concretamente en el «Cortijo de José Lázaro», Alanis.

Por nuestra parte hemos encontrado fauna fósil en los siguientes yacimientos:

A) Montes de Toledo:

Navas de Estena: 16 ejemplares
San Pablo de los Montes: 18 ejemplares
Ventas con Peña Aguilera: 2 ejemplares

B) Sierra Morena:

Alanis: 7 ejemplares
Zafra: 6 ejemplares
Trasierra: 10 ejemplares

El material obtenido nos animó a efectuar un estudio de detalle, para lo cual nos pusimos en contacto con L. MAREK y E. YOCHELSON. Ambos investigadores coincidieron en aconsejarnos que no se debían hacer determinaciones específicas, dado que no se había encontrado juntos cono y opérculo; debemos señalar que para efectuar una buena determinación específica es necesario que tengamos el cono y el opérculo del espécimen a determinar.

Dadas las condiciones de nuestro material decidimos limitarnos, por el momento, a figurar y des-

cribir los ejemplares recogidos, dando asimismo su localización y asociación faunística.

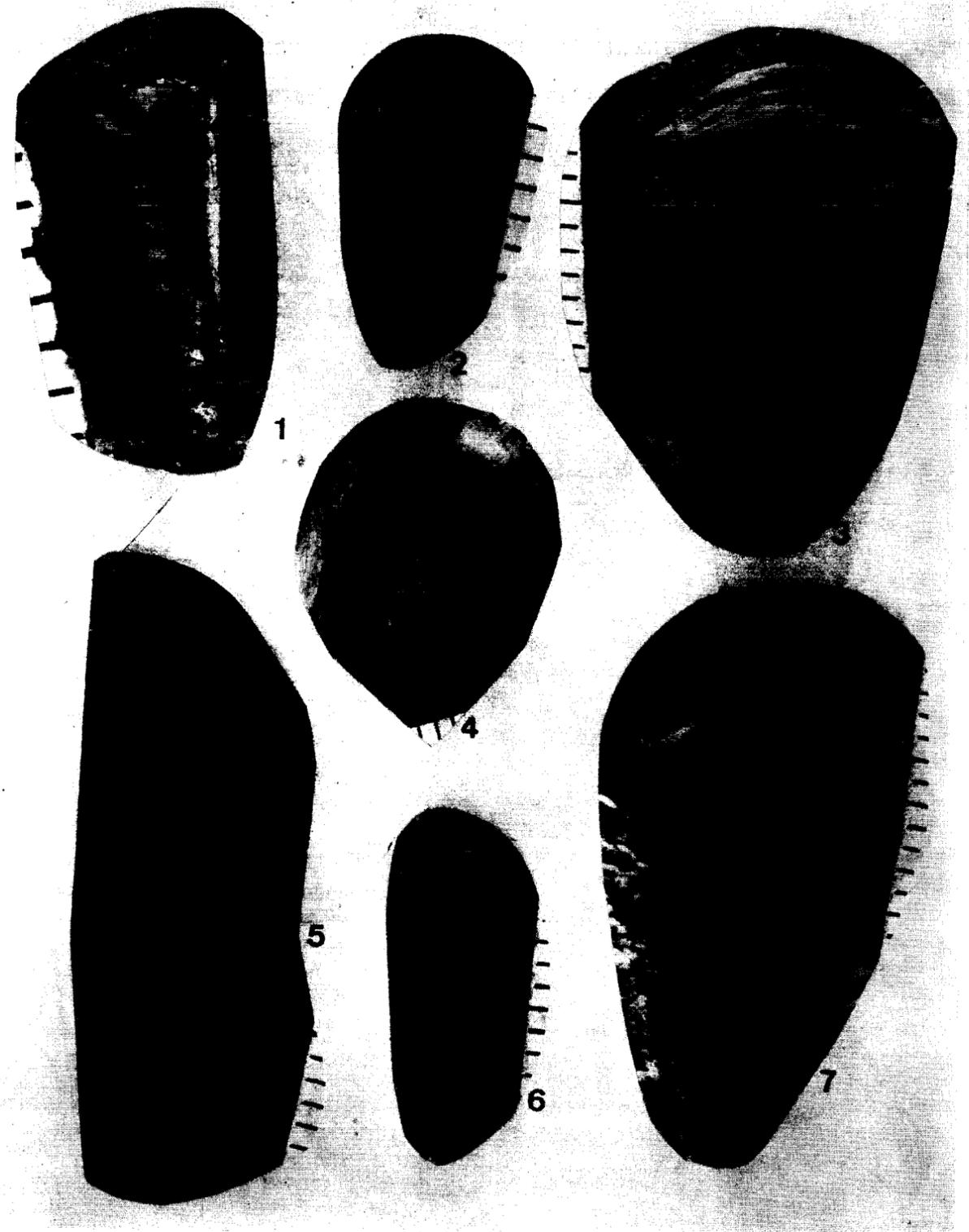
En el material del Cámbrico Inferior, podemos decir que procede de la localidad de Alanis (Sevilla), más concretamente del Cortijo de José Lázaro; este yacimiento es el mismo ya indicado por R. & E. RICHTER (1940); se trata de fragmentos de conos aislados de sus correspondientes opérculos; los ejemplares presentan un tamaño mediano sobre pizarras verdosas y a veces amarillentas, de grano muy fino. La asociación está formada por Trilobites, Braquiópodos y Arqueociatos. Nosotros hemos estudiado los Trilobites y hemos obtenido la siguiente relación: Saukianda, Perrector, Eops, Strenueva, Alanisia y Camaraspis; no tenemos evidencia de ningún opérculo. Lámina II, números 2, 3, 4 y 9.

En el material del Cámbrico Medio tenemos ejemplares de dos yacimientos: Trasierra (Córdoba) y Zafra (Badajoz). El yacimiento de Trasierra nos ha proporcionado numerosos opérculos y fragmentos de conos. Este yacimiento es particularmente interesante dado que, junto a los Hyolitha aparecen Paradoxides y Trilobites que parecen pertenecer a la parte superior del Cámbrico Inferior; se trataría, por tanto, de un yacimiento en el cual estarían representadas faunas de paso del Cámbrico Inferior al Cámbrico Medio; el estado de conservación de estos fósiles es mucho mejor, en cuanto a conservación, que el de Alanis.

En Zafra (Badajoz), el estado en que se encuentran los Hyolithes es muy defectuoso; se podría decir que nos encontramos ante verdaderos fantasmas; la parte que correspondería al animal ha sido sustituida por un proceso de alteración, borrándose en su mayor parte las características morfológicas; en este yacimiento no han aparecido opérculos.

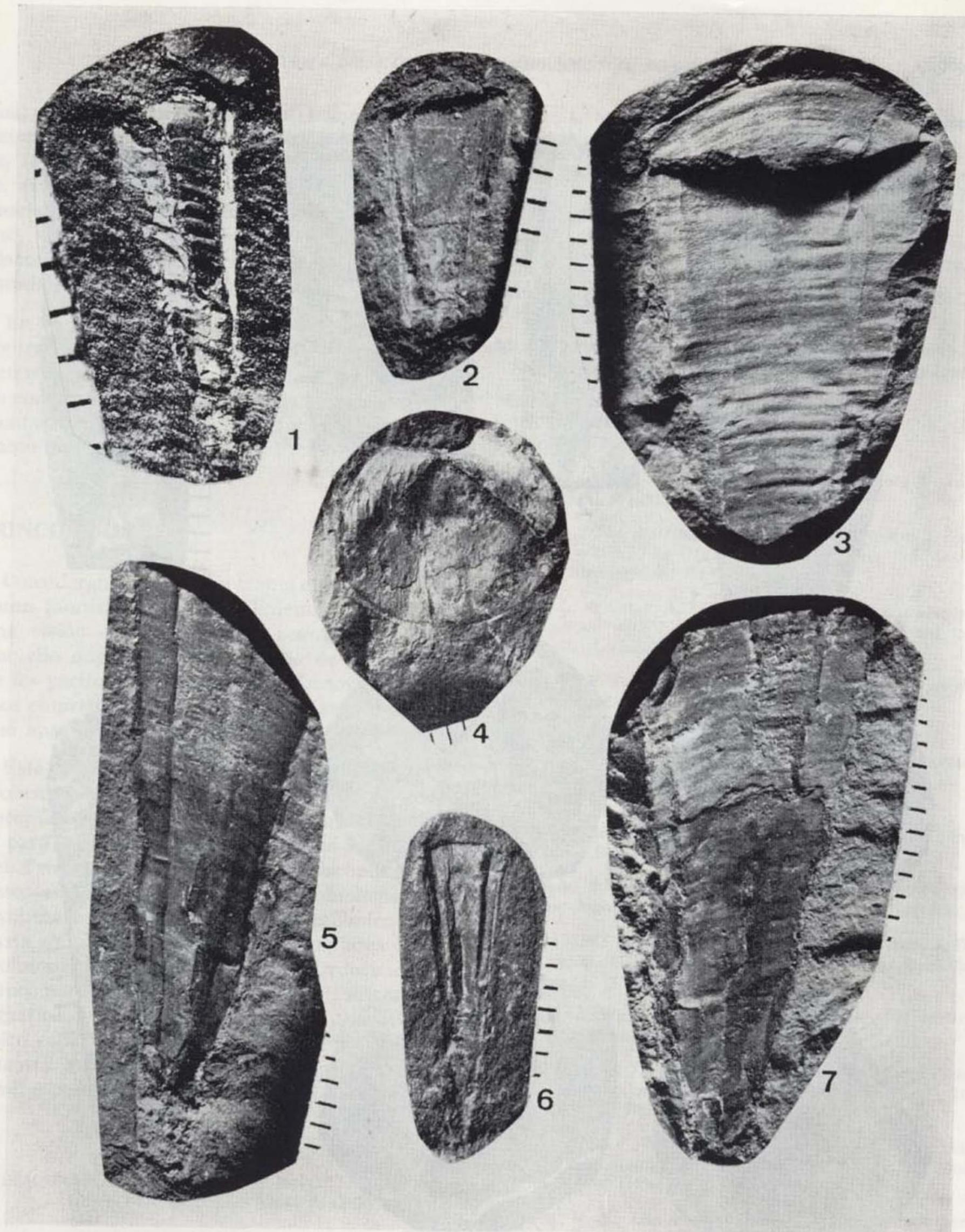
En el Ordovícico, hemos encontrado tres puntos fosilíferos hasta el momento. En Navas de Estena ha aparecido un buen material, aunque por las características de las pizarras (negras, muy finas) aparecen totalmente aplanados y carentes de algún relieve; este yacimiento ha sido el de más reciente descubrimiento, permaneciendo actualmente en estudio su contenido faunístico. Por el momento aparecen asociados a Graptolites, que están siendo estudiados por J. C. GUTIÉRREZ MARCO.

En San Pablo de los Montes (Toledo), hemos obtenido abundante material constituido por co-



LAMINA I

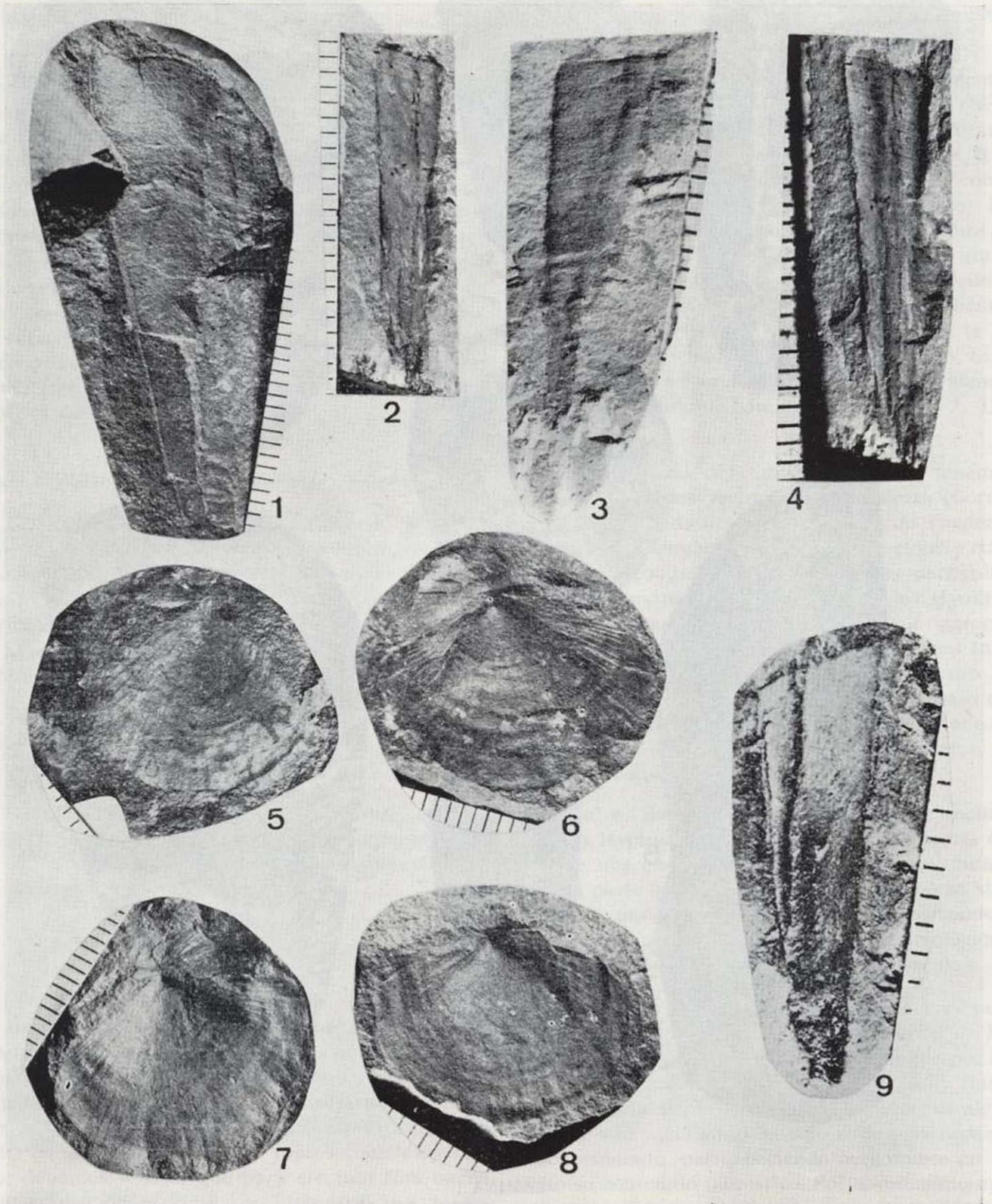
- 1.—Porción anterior de un cono. San Pablo de los Montes (Toledo).
2.—Fragmento de molde externo de Hyolithes sp. San Pablo de los Montes (Toledo). SPO2. 7 mm × 3 mm.
3.—Molde externo del borde apertural del cono de un Hyolithes sp. Aparece en la parte superior un fragmento del opérculo deformado. SPO9. 2 mm × 13 mm. San Pablo de los Montes (Toledo).
4.—Opérculo de *Elegantillites* cf. *elegans* (BARRANDE, 1847). Aparece claramente la superficie externa, en la cual podemos diferenciar el apex, proceso cardinal, los surcos. SPO1. San Pablo de los Montes (Toledo).
5 y 7.—Molde externo e interno de la parte distal del cono de un Hyolithes sp. No está conservado en su totalidad el cono; solamente tenemos una porción final. SPO7 (a y b) 30 mm × 13 mm. San Pablo de los Montes (Toledo).
6.—Molde externo de un cono en el que aparece bien conservada la región de apertura y el vértice. SPO5. 13 mm × 3 mm. San Pablo de los Montes (Toledo).
Todos los ejemplares del 1 al 7 aparecen asociados a faunas cuya edad es Llanvirniense.



LAMINA I

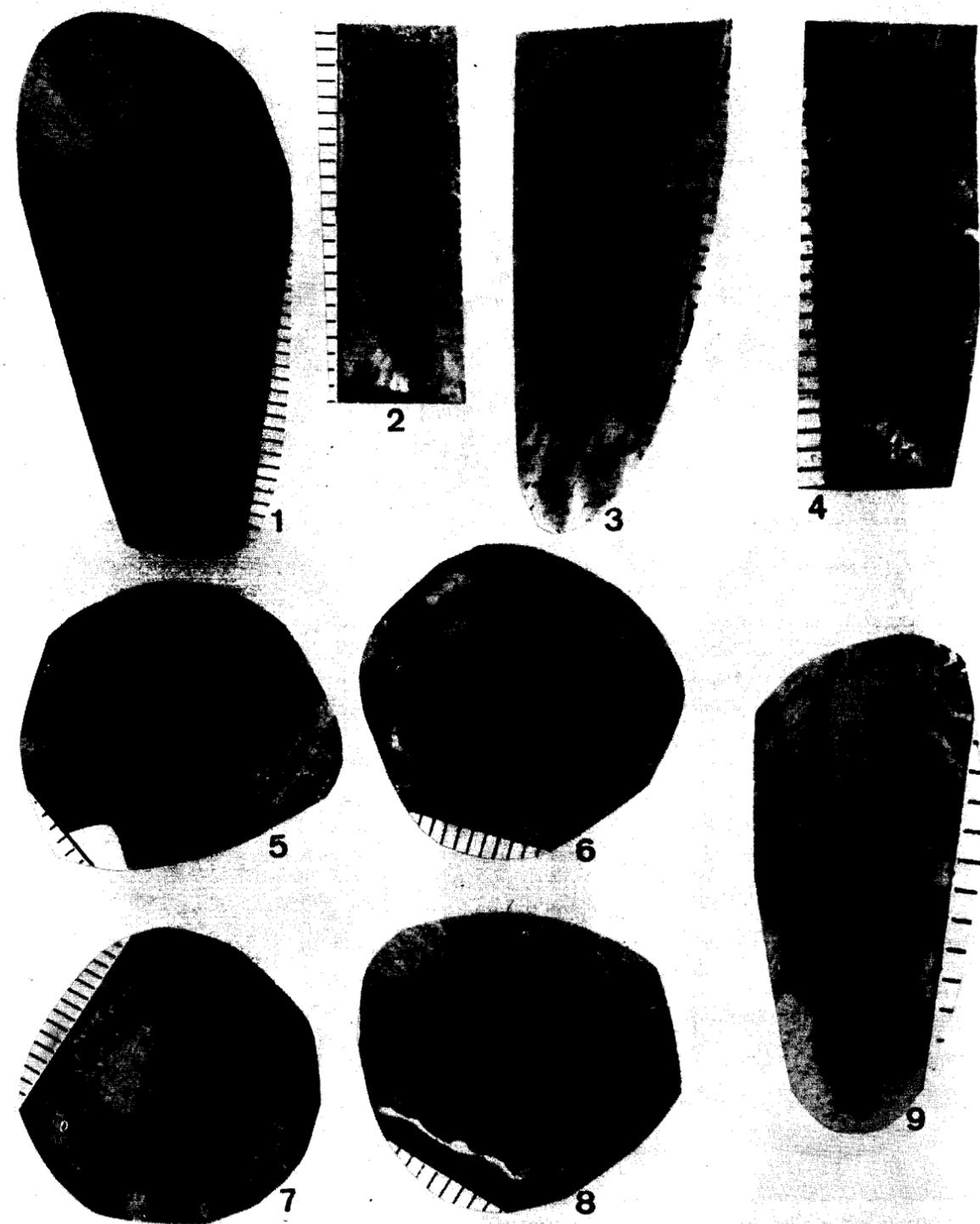
- 1.—Porción anterior de un cono. San Pablo de los Montes (Toledo).
 2.—Fragmento de molde externo de *Hyolites* sp. San Pablo de los Montes (Toledo). SPO2. 7 mm × 3 mm.
 3.—Molde externo del borde apertural del cono de un *Hyolites* sp. Aparece en la parte superior un fragmento del opérculo deformado. SPO9. 2 mm × 13 mm. San Pablo de los Montes (Toledo).
 4.—Opérculo de *Elegantillites* cf. *elegans* (BARRANDE, 1847). Aparece claramente la superficie externa, en la cual podemos diferenciar el apex, proceso cardinal, los surcos. SPO1. San Pablo de los Montes (Toledo).
 5 y 7.—Molde externo e interno de la parte distal del cono de un *Hyolites* sp. No está conservado en su totalidad el cono; solamente tenemos una porción final. SPO7 (a y b) 30 mm × 13 mm. San Pablo de los Montes (Toledo).
 6.—Molde externo de un cono en el que aparece bien conservada la región de apertura y el vértice. SPO5. 13 mm × 3 mm. San Pablo de los Montes (Toledo)

Todos los ejemplares del 1 al 7 aparecen asociados a faunas cuya edad es Llanvirniense.



LAMINA II

- 1.—Fragmento de molde externo con el extremo final parcialmente relleno, de un cono de *Hyolites* sp. Trasierra (Córdoba). T-5 30 mm × 14 mm. Base de Cámbrico Medio.
- 2, 3 y 4.—Moldes externos del cono de *Hyolites* (?) *textor*. Yacimiento RA, Alanis (Sevilla). Cámbrico Inferior.
- 5, 6, 7 y 8.—Opérculos de *Hyolites* sp. del yacimiento de Trasierra (Córdoba). Base del Cámbrico Medio.
- 9.—Molde externo de cono de *Hyolites* (?) *textor*. Yacimiento RA-7. Alanis (Sevilla).
- Los ejemplares están datados en virtud de la fauna asociada con la que se ha encontrado.



LAMINA II

- 1.—Fragmento de molde externo con el extremo final parcialmente relleno, de un cono de *Hyolites* sp. Trasierra (Córdoba). T.5 30 mm × 14 mm. Base de Cámbrico Medio.
 2, 3 y 4.—Moldes externos del cono de *Hyolites* (?) *textor*. Yacimiento RA, Alanis (Sevilla). Cámbrico Inferior.
 5, 6, 7 y 8.—Opérculos de *Hyolites* sp. del yacimiento de Trasierra (Córdoba). Base del Cámbrico Medio.
 9.—Molde externo de cono de *Hyolites* (?) *textor*. Yacimiento RA-7. Alanis (Sevilla).
 Los ejemplares están datados en virtud de la fauna asociada con la que se ha encontrado.

nos y algunos opérculos; aquí hemos llegado a determinar la presencia de *Elegantillites* BARRANDE, 1847, basándonos en el opérculo principalmente; esto nos daría una edad Llanvirniense. Aquí la asociación viene dada por: Asaphidae, Dalmanitidae, Calimenaceos (*Neseuretus* y *Colpocoryphe*), Placopariinae, Illaenidae, Orthidos, Graptolites (en estudio) y Moluscos.

En Ventas con Peña Aguilera (Toledo), hemos encontrado solamente dos ejemplares que no hemos determinado a nivel genérico, dado su mal estado de conservación. La fauna asociada que aparece en Ventas es la misma que en el yacimiento de San Pablo de los Montes.

CONCLUSIONES

Consideramos muy importante el estudio del conjunto faunístico de los yacimientos para obtener una visión completa de los acontecimientos; es por ello que, paralela al estudio de los trilobites de los yacimientos Cámbricos y Ordovícicos, hayamos emprendido la tarea de estudiar la fauna fósil que aparece asociada a ellos.

Este es el caso de los *Hyolitha*, grupo extinto de Moluscos, que hasta ahora no ha gozado de una apropiada difusión y que consideramos importante para la total interpretación de las comunidades del Paleozoico. En este trabajo recopilamos los datos existentes acerca de la Paleobiología de los *Hyolitha* y damos una relación de yacimientos que, hasta ahora, han suministrado ejemplares de estos Moluscos, tanto Cámbricos como Ordovícicos. Dejamos para un posterior trabajo la clasificación sistemática de los ejemplares de *Hyolitha* del Paleozoico español, el cual, por el momento, no se encuentra aún en condiciones de ser clasificado a nivel específico.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA E IMPORTANTE EN EL GRUPO DE FOSILES ESTUDIADOS

- FISHER, D. W.: *Small conoidal shells of uncertain affinities*. In R. C. Moore (Ed.): *Treatise on Invertebrate Paleontology*. W. Miscellaneous, 98-143. Univ. Kansas Press & Geol. Soc. Amer. (1962).
 HOWELL, B. F. & STUBBLEFIELD, C. J.: *A revision of the fauna of the North Welsh Conocoryphe viola beds implying a Lower Cambrian age*. *Geol. Mag.* 87 (1), 1-6 (1950).

HYMAN, L. M.: *The Invertebrates 6, Mollusca I*. McGraw-Hill, New York (1967).

LEHMANN, U.: *New aspects in ammonite biology*. North Amer. Paleont., Conv., Chicago, 1969, Proc. I, 1251-1271 (1971).

MAREK, L.: *New knowledge on the morphology of Hyolithes*. *Sbornik. Geol. Ved. paleontologie, rada P, 1*, 53-73 (1962).

MAREK, L.: *Nové rody Hyolitů z óeskeho ordoviku*. *Cas Nar. muz, odd prirodov* 135 (2), 89-92 (1966).

MAREK, L.: *The class Hyolitha in the Caradoc of Bohemia*. *Sbornik Geol. Ved. paleontologie, rada P, 1*, 51-113 (1967).

MAREK, L.: *Maxilites gen. n. ze stredniho kambria (Hyolitha)*. *Middle Cambrian hyolithes: Maxilites gen. n.* *Cas Nar, muz odd. prirodov.* 141 (1/2), 69-72 (1972).

MAREK, L.: *New Lower Ordovician hylithid genera*. *Vestnik UUG* 49 (5), 287-291 (1974).

MAREK, L.: *The distribution of the mediterranean ordovician Hyolitha*. *The Ordovician System. pro. Pal. Assoc. symp.* Birmingham, 491-499 (1976).

MAREK, L. & GALLE, A.: *The tabulate coral Hyostragulum, an epizoan with bearing on hyolithid ecology and systematics*. *Lethaia*, 9, 51-64 (1976).

MAREK, L. & YOCHELSON, E.: *Paleozoic Mollusk: Hyolitha (Mollusca)*. *Lethaia*, 9, 65-82 (1964).

NOVAK, O.: *Zur Kenntniss der fauna der Etage F-fl der palwozoischen Schichtengruppe Böhmens*. *D. k. Böhm. Ges. wiss. Sitzungsber.* 27 (1886).

RICHTER, R. & E.: *Die Saukianda stufe von Andalusien sine fremde in europaischen ober Kambriem*. *Abh. sencken natur Ges* 450, 1-88 (1940).

RUNNEGAR, B. & POJETA, J. JR.: *Molluscan phylogeny: the paleontological viewpoint*. *Science*, 186, 311-317 (1974).

RUNNEGAR, B.; POJETA, J. JR.; MORRIS, N. J.; TAYLOR, J. D.; TAYLOR, M. E. & MCCLUNG, G.: *Biology of the Hyolitha*. *Lethaia*, 8, 181-191 (1975).

SINCLAIR, G. W.: *Notes on the nomenclature of Hyolithes*. *Journ. Paleont.* 29, 72-85 (1946).

SYSSOIEV, V. A.: *To the morphology, systematics and systematic position of hyoliths*. *Akad. hayk. C. C. C. P.*, 116 (2), 304-307 (1957).

SYSSOIEV, V. A.: *The superorder Huolithoidea*. *Fundamentos de Paleontología. Moluscos-Cefalópodos, II*, 190, Moscú (en ruso) (1958).

SYSSOIEV, V. A.: *The ecology of hyoliths*. *Mem. Acad. Ciencias U. R. S. S.*, 127 (4), 892-895. Moscú (en ruso) (1959).

SYSSOIEV, V. A.: *The classification of the family Hyolithoidea*. *Acad. Ciencias U. R. S. S.*, S. O. Rama científica filial de Yakust, 4, 54-56 (1960).

SYSSOIEV, V. A.: *The microstructure of the shell of hyoliths and their systematic position*. *Akad. hyak C. C. C. P.*, 131 (5), 1156-1158 (1962).

- TERMIER, G. & TERMIER, H.: *Observations sur le genre Biconulites (Mollusque?, Hyolithoides)*. Soc. Hist. Nat. Toulouse, Bull. 107, 349-355 (1971).
- THORAL, M.: *Contribution a l'etude paleontologique de l'Ordovicien inferieur de la Montagne Noire et revision sommaire de la fauna cambrienne de la Montagne Noire*. 362 pp., Thesis, Montpellier (1935).
- YOCHELSON, E. L.: *The operculum and mode of life of Hyolithes*. Journ. Paleont., 35, 152-161 (1961).
- YOCHELSON, E. L.: *Notes on the class Conoconchia*. Journ. Paleont., 35, 162-167 (1961 a).
- YOCHELSON, E. L.: *A new Late Devonian gastropod and its bearing on problems of open coiling and septation*. In: J. T. Dutre (Ed.): *Paleozoic perspectives: a paleontological tribute to G. Arthur Cooper*. Smithsonian Contribut., Paleontology, 3, 231-244 (1971).
- YOCHELSON, E. L.: *Redescription of the Early Cambrian Helenia bella Walcott, an appendage of Hyolithes*. U. S. Geol. Surv. Journ. Res., 2:6, 717-722 (1974).
- YOCHELSON, E. L.; FLOWER, R. H. & WEBERS, G. F.: *The bearing of the new Late Cambrian monoplacophoran genus Knihtoconus upon the origin of the cephalopods*. Lethaia, 6, 275-310 (1973).
- YOCHELSON, E. L.; MAREK, L. & FLOWER, R. H.: *Late Cambrian hyolithoid Kygmaeoceras redescribed*. Journ. Paleont., 43, 1274-1276 (1969).
- YOCHELSON, E. L. & HERRERA, H. E.: *Un fósil enigmático del Cámbrico inferior de Argentina*. Ameghiniana, XI, 283-294 (1974).

Recibido: 18-9-79

Las corrientes del Estrecho de Gibraltar, una importante fuente de energía. Esquema de un proyecto para su aprovechamiento.

Por F. CAÑADA GUERRERO (*)

ABSTRACT

We consider both Straits of Gibraltar streams, the Atlantic one and the Mediterranean one, superposed and inverse, as an important and inexhaustible source of energy, able to supply $2,5 \times 10^{11}$ Kwh/year.

We sketch also the lines of a big projet to exploit these streams, that at the same time, would unite by wide ways, through the Straits, Europe and Africa.

The projet, once it feasibility is proved, should be jointly undertaken by Spain and Morocco, and it cost would be approximately of 33×10^9 \$.

RESUMEN

En las páginas que siguen, vamos a considerar las dos corrientes del Estrecho de Gibraltar, superpuestas e inversas, la suma de cuyos caudales se estima en $2,4 \times 10^6$ m³/seg, como una importante e inagotable fuente de energía.

Se plantea su aprovechamiento, tras los necesarios estudios de viabilidad, con la construcción de grandes diques.

Esta energía equivaldría, teóricamente y en una primera estimación, a la de 25×10^6 Kw instalados que, por sus muchas horas de utilización, podrían suponer unas 2,4 veces el total de energía, de todos los orígenes, producida en España al año actualmente.

Por otra parte, los diques permitirían la construcción de amplias vías que comunicarían Europa y Africa, y de grandes puertos a su abrigo.

La empresa tendría que acometerse conjuntamente por España y Marruecos, por estar la zona dentro de sus aguas territoriales. Aunque habría que tener en cuenta los obstáculos internacionales que podrían llegar a ser invencibles.

Las inversiones a realizar se aproximarían a los $2,3 \times 10^{12}$ ptas., lo que supone unos 1.500 \$ por Kw instalado.

1. SOLO UNA PEQUEÑA PARTE DE LA ENERGIA DEL AGUA EN MOVIMIENTO ES APROVECHADA

La energía del agua en movimiento ha sido utilizada, hasta ahora, en condiciones muy restringidas. Sólo cuando en una pequeña masa de agua se concreta una gran cantidad de energía, ha sido aprovechada. Pero la energía del agua en movimiento es enorme.

Son conocidos los numerosos ensayos realizados para aprovechar las corrientes de marea, que hasta el momento, sólo en casos muy singulares, han tenido una aplicación industrial.

Son muchos también los intentos, que no han pasado de la fase de ensayos, para utilizar la energía de las olas.

Pero que conozcamos, nunca se ha intentado utilizar la grande y constante energía de las corrientes marinas ni la de los grandes ríos, cuando en sus cauces no se dan desniveles importantes.

Considerando el caudal del Amazonas, por término medio de 80.000 m³/seg, existen en su cauce zonas por las que el agua circula a una velocidad de 7 y más m/seg. Esta energía de la corriente, con canalizaciones adecuadas, podría aprovecharse. Y otro tanto podríamos decir del Misisipi y de otros grandes ríos.

Pero donde las cifras que miden la energía se hacen realmente importantes, es cuando consideramos las corrientes oceánicas.

(*) Dr. Ingeniero de Minas.

La Corriente del Golfo, al S y SE de Florida, tiene un flujo de $26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$, a una velocidad de 3 a 6 nudos.

Si partimos de la fórmula $E = \frac{1}{2} m v^2$, la energía de esta masa de agua, equivaldría a una potencia de $1,3 \times 10^7 \text{ v}^2 \text{ Kw}$, o sea, a $1,138 \times 10^{11} \text{ v}^2 \text{ Kw/h}$ año que a una velocidad media $v = 4$ nudos, es decir, 2 m/seg, resulta unas cinco veces la consumida en toda España en un año normal.

Otras corrientes podríamos también citar, como algunas del Japón, de la Columbia Británica, del Brasil, etc.

El aprovechamiento de estas corrientes, quizá sea posible en algunos casos, con grandes obras de ingeniería.

Sin embargo, al pensar en la energía de las corrientes marinas, queremos referirnos a unas corrientes, únicas podríamos decir por sus circunstancias, que están dentro de nuestras aguas territoriales y que, estimamos, si son susceptibles de ser aprovechadas: las de el Estrecho de Gibraltar.

2. LAS CORRIENTES DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR: HISTORIA DE SU CONOCIMIENTO

Los fenómenos oceanográficos que se producen en el Estrecho de Gibraltar, han sido siempre objeto del interés de marinos y oceanógrafos.

Siguiendo un orden histórico, el problema principal que se plantearon durante siglos los marinos que observaban las corrientes del Estrecho fue el de cómo podía permanecer constante el nivel del Mediterráneo, con el enorme caudal que sin interrupción entraba del Atlántico.

En 1675, Sir Robert Southwell escribió que el problema hacía largo tiempo que se había planteado en la Royal Society, tratando de explicarlo con la supuesta existencia de corrientes subterráneas de salida, contracorrientes a lo largo de la costa africana, que compensaran el agua entrante, grandes evaporaciones, etc.

Fue en 1630 cuando JOHN GREAVES refutaba la hipótesis de las corrientes «de compensación», al no encontrar más que corrientes entrantes, lo que hacía pensar que el agua tenía que escapar por vía subterránea, cosa fácil de admitir en el siglo XVII.

Sin embargo, algunos marinos apuntaron la posibilidad de corrientes submarinas profundas, inversas a las superficiales.

En junio de 1661, la Royal Society encargó al Conde de Sandwich el buscar, entre otras cosas, la contracorriente profunda, utilizando sondas que pusieran de manifiesto estos movimientos inversos. Las observaciones no llegaron a realizarse.

Años más tarde (1672-73), dos ingenieros ingleses, HENRY SHEERES y RICHARD BOLLAND, estudiaron también el Estrecho. SHEERES llegaba a la conclusión de que la corriente atlántica de superficie era para compensar la rápida evaporación mediterránea. BOLLAND tenía otra opinión, sugiriendo experiencias para demostrar que existía una contracorriente profunda. Experiencias que tampoco llegaron a realizarse, pues la Royal Society se dio por satisfecha con la explicación de SHEERES.

El astrónomo HALLEY, también partiendo de la hipótesis de la evaporación, realizó cálculos para evaluarla. Estas actitudes detuvieron todo progreso durante más de un siglo, a pesar de la prueba de una contracorriente en El Bósforo aportada por MARSILLI y conocida en Inglaterra.

Es en 1821 cuando el almirante PATTON consideró las diferencias de densidad entre el agua atlántica y la mediterránea, para explicar el régimen del Estrecho. Aunque también con detractores cualificados, como LYELL y ARAGO, que estimaban que la profundidad del Estrecho era muy pequeña, para que existieran dos corrientes inversas superpuestas, causada una de ellas por las diferencias de densidad.

Por fin, en 1870 y 1871, el Dr. CARPENTER, a bordo del «Porcupine» y del «Shearwater» sucesivamente, realizó una serie de estudios de las corrientes del Estrecho, llegando a la conclusión de que, la existencia de una corriente profunda que salía del Mediterráneo hacia el Atlántico «parecía haber sido perfectamente comprobada».

Fue NARES, en 1872, quien realizó las primeras medidas sistemáticas y, en septiembre de 1905, DOUGLAS encontró corrientes de 5,4 nudos cerca del fondo, al SE del Banco de Espartel.

Las medidas realizadas a bordo del «Michael Sars» en abril de 1910, por los noruegos MURRAY y HJORT, pusieron en evidencia una corriente saliente de 4,4 nudos.

Medidas análogas fueron llevadas a cabo por los daneses a bordo del «Thor», entre 1908-1910.

En 1915, SCHOTT, utilizando las observaciones del «Michael Sars» y otras informaciones sobre las corrientes, realiza el primer cálculo para el flujo atlántico.

Contribuyen también al estudio del régimen del Estrecho, RAMALHO y DENTINHO (1931), el Dpto. Hidrográfico del Almirantazgo Británico, CARTER, KULLENBERG y muy especialmente LACOMBE.

Este último es quien ha realizado estudios más detenidos, aunque, como él mismo dice, a todas luces insuficientes, puesto que se reducen a las observaciones y medidas llevadas a cabo sobre siete mareas en septiembre de 1960 y sobre veintisiete, en mayo-junio de 1961 y sobre cuyas medidas admite un 20 % de error.

Un conocimiento serio del régimen del Estrecho, exigiría observaciones permanentes a lo largo de todo el año, incluso de varios años, siendo unas de las finalidades más importantes estudiar las corrientes y evaluar los flujos.

Como el conocimiento de estos flujos, entrantes y salientes, es fundamental para el proyecto que vamos a exponer, enumeramos a continuación, las distintas evaluaciones realizadas hasta hoy.

3. LOS FLUJOS A TRAVES DEL ESTRECHO: SUS CAUSAS Y SU ENERGIA

En adelante, llamareros V_o y S_o al caudal oceánico entrante y a su salinidad. V_m y S_m a los mediterráneos salientes.

Los investigadores que han estudiado estos temas, citados por orden cronológico:

SCHOTT en 1915, utilizando la información de las campañas del «Michael Sars» y algunos otros datos, calcula para V_o el valor $V_o = 1,75 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{segundo}$, equivalentes a $56.000 \text{ Km}^3/\text{año}$.

KULLENBERG en 1953, con las medidas hidrológicas efectuadas en ambas partes del Estrecho entre 1909 y 1948, en diversas épocas del año, por cálculos con las presiones en las diferentes inmersiones, resultantes de la distribución de las densi-

dades del agua marina, cuyas diferencias determinan gradientes de presión, deduce una corriente cuyo flujo varía entre

$$V_o = 1,58 \times 10^6$$

y

$$V_o = 2,11 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Estos flujos corresponden, según KULLENBERG, a flujos netos entre 56.000 y $90.000 \text{ m}^3/\text{seg}$, que darían para V_m valores entre $1,524$ y $2,02 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{segundo}$.

CARTER en 1956, según métodos que no vamos a describir, obtiene para salinidades

$$S_o = 36,25 \% \quad V_o = 0,96 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$S_m = 37,75 \% \quad V_m = 0,92 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$S_o = 36,10 \% \quad V_o = 0,80 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$S_m = 37,90 \% \quad V_m = 0,76 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Para LACOMBE estos valores tienen poca fiabilidad.

G. BOYUM en 1963-1967 (Rapports techniques de l'OTAN, núms. 4 y 36), de medidas de corta duración, deduce para el flujo saliente, en 1961,

$$V_m = 0,70 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V_m = 0,92 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

en 1965,

$$V_m = 1,50 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

HENRY LACOMBE en 1960-1961, como resultado de los trabajos que hemos citado, deduce para

$$V_o = 1,20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V_m = 1,14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

De entre todos estos valores, los de LACOMBE parecen los de mayor fiabilidad, no sólo porque son el resultado de estudios más completos, sino también porque ocupan una posición intermedia entre los restantes.

De acuerdo pues, con estos datos, por el Estrecho de Gibraltar circulan permanentemente dos corrientes inversas y superpuestas: la atlántica, entrante y superficial, más caliente y de menor densidad y la mediterránea saliente, más profunda, más fría y más densa.

Esta doble corriente tiene una sencilla explicación si consideramos dos hechos observables:

1. En el Mediterráneo el nivel es constante.
2. En el Mediterráneo la salinidad es también constante.

La explicación al primer hecho, la tenemos en la evaporación. De acuerdo con medidas realizadas por diversos investigadores, la evaporación en el Mediterráneo es muy superior a los aportes de agua dulce por lluvia y por los ríos, estando muy lejos de ser compensada por los 190 Km³/año que recibe del Mar Negro por el Bósforo. El agua atlántica, de menor densidad y mayor temperatura, compensa ese déficit.

En cuanto a la explicación del segundo, la tenemos al considerar que, si la salinidad del Mediterráneo permanece constante, a pesar de los aportes de sal que recibe con el agua atlántica, este exceso de sal ha de ser eliminado mediante una corriente, cuyo contenido en sales sea superior al del agua atlántica, de modo que compense el incremento en salinidad que lleva consigo la evaporación.

En otras palabras, estas dos corrientes son el efecto de un gradiente de presión horizontal, dirigido hacia el Mediterráneo en la capa superficial y hacia el Atlántico en la capa profunda.

Entre ambas corrientes existe una interfase de separación en la que se mezclan, cuya profundidad se encuentra, por término medio a 150 m, aunque en el umbral casi alcanza la superficie. Siendo el espesor de esta zona turbulenta de mezcla de unos 40 m.

Por debajo de esta interfase, la densidad del agua es superior, de modo que una altura menor de agua, da lugar a la misma presión.

La corriente atlántica tiene una salinidad entre 36,1 y 36,2 ‰, con una temperatura por encima de los 13° C.

La mediterránea que sale al Atlántico por el fondo, tiene una salinidad del 37,9 ‰, que en la parte más estrecha llega al 38, con una temperatura de 13° C. Las diferencias de densidad son del orden de 0,002 a 0,003.

Al sobrepasar el Estrecho, ambas corrientes van modificando sus salinidades y sus temperaturas.

Las velocidades de corrientes medidas, varían entre los 0,5 y los 5 nudos para las corrientes atlánticas, aunque se modifican ampliamente con

las corrientes de marea. La velocidad de las mediterráneas son peor conocidas, pero son muy intensas y constantes.

El Dpto. Hidrográfico del Almirantazgo Británico ha publicado unos gráficos, donde vienen representadas las velocidades de las corrientes a distintas profundidades. Pero en la misma publicación se advierte que estos resultados deben tomarse con reservas.

La entrada de agua atlántica que compensa la evaporación, se estima en unos 3.500 Km³. El resto, hasta los, aproximadamente, 38.000 Km³, junto con los 2.000 Km³ recibidos en aportes de lluvias, ríos y Mar Negro, compensan la salida de agua mediterránea más densa, cuyo caudal se estima en unos 36.500 Km³/año.

Estas dos corrientes inversas son dependientes. Es decir, que el caudal de una está ligado al de la otra. Por tanto, siempre habrá que tener presente que si se modifica uno de los caudales, entrante o saliente, el otro también va a modificarse aproximadamente en la misma medida, ya que el único realmente independiente será el caudal atlántico igual a la diferencia entre la evaporación y los aportes interiores, o sea, unos 3.500 Km³, que equivalen a unos 100.000 m³/seg.

Si algo impidiera la salida de las aguas densas mediterráneas, al mismo tiempo determinaría una casi paralización de la corriente atlántica.

Consideremos pues, estos enormes caudales que circulan por el Estrecho, animados de una velocidad y portadores, por consiguiente, de una energía.

¿En qué condiciones podría ser esta energía aprovechada? Como la energía depende del cuadrado de la velocidad y las velocidades de las corrientes son pequeñas, debemos tender a aumentar al máximo estas velocidades, pero habida cuenta de los planteamientos anteriores, veamos en qué medida podremos actuar sobre las velocidades de las corrientes.

A través de cauces de distintas secciones puede pasar un mismo caudal, sin más que variar convenientemente la velocidad del fluido.

En el caso del agua atlántica y refiriéndonos sólo a los 100.000 m³/seg que compensan la evaporación, podemos modificar la velocidad de entrada a través de cauces de distinta sección, ha-

ciendo que el Mediterráneo descienda de nivel. El resto del caudal entrante va a depender directamente del saliente y éste, a su vez, de la diferencia de salinidades entre el Mediterráneo y el Océano, que da lugar a un gradiente de presión estimado entre $H = 0,002$ h y $H = 0,003$ h (H y h en metros de agua).

Teniendo en cuenta que el umbral en el Estrecho está a 320 m., a esa profundidad, o sea, para $h = 320$, $H = 0,96$ m, con lo cual, la velocidad teórica máxima será $v = \sqrt{2gh} = 4,4$ m/seg en el fondo. Esta velocidad teórica límite, podría elevarse si aumentara la salinidad del Mediterráneo.

Ahora bien, la velocidad actual de la corriente mediterránea, puede aumentarse canalizando la salida mediante diques, con lo cual, al evitar la dispersión en toda la anchura del Estrecho, haríamos subir la superficie de la masa de agua densa, aumentando con ello su presión hidrostática.

La corriente atlántica, dependiente de la de salida en su caudal, podrá ser modificada en su velocidad al construir los diques. En primer lugar, porque la sección del cauce disminuirá, después, porque la acción de la marea se verá reforzada.

Consideramos también de gran importancia separar, en lo posible, las dos corrientes. Hacerlas circular por cauces distintos, para evitar pérdidas de energía en turbulencias.

La corriente atlántica superficial podría derivarse por un canal construido en la parte más próxima a Marruecos, siguiendo así el desplazamiento natural provocado por la rotación de la Tierra (efecto Coriolis), lo que evitaría en gran medida que se mezclara con el agua mediterránea, que circularía por un cauce central, en la zona más profunda, provocando además la elevación de la superficie de la capa densa, como antes decíamos, y aumentando su velocidad de salida.

Al sumar estos efectos, consecuencia de la construcción de los diques, parece seguro que van a aumentar las velocidades de ambas corrientes, que en el caso de la de entrada, estimamos, podría llegar a superar los 5 m/seg.

Pero es difícil hacer predicciones. Todos estos razonamientos no pasan de ser una especulación. El fenómeno es demasiado complejo y carecemos de datos, que sólo laboriosas observaciones y ex-

periencias de equipos especializados, podrán suministrarlos.

Aparte de un estudio exhaustivo del régimen del Estrecho (topografía, velocidades, isohalinas, isoterms, etc.), habrá que construir modelos a gran escala, en los que sea posible experimentar todas las soluciones que se propongan, y en los que puedan introducirse otros factores, como son la acción de las mareas, de los vientos, de las presiones atmosféricas.

Dando por buenas para nuestros cálculos, las cifras de LACOMBE que se refieren al caudal circulante (2.340.000 m³/seg) y a las velocidades (de 0,5 a 4 nudos), tendríamos que, a efectos del aprovechamiento de la energía dinámica de las corrientes, no sería posible en las condiciones naturales, ya que la energía por unidad de volumen es pequeña.

Aún así, si admitimos una velocidad de régimen de 2 nudos, es decir, 1 m/seg, dando el caudal Q en m³/seg

$$E = \frac{1}{2} \rho v^3 \sim 0,5 Q v^2 \text{ Kw} \left\{ \begin{array}{l} Q = 2,34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg} \\ v = 1 \end{array} \right.$$

$$E = 1,17 \times 10^6 \text{ Kw}$$

que, teóricamente, equivale al año a $10,2 \times 10^9$ Kwh, cifra importante, pero que no justificaría las enormes inversiones a realizar. No es pues factible el aprovechamiento de la energía de estas corrientes, sin modificar las condiciones naturales.

Pero supongamos que mediante los diques de que ya hemos hablado, canalizamos las corrientes reduciendo la sección del cauce, de modo que lleguemos a la velocidad de 5 m/seg. La energía vendrá multiplicada por 25 y sería 25.500×10^6 Kwh/año, de la que aunque sólo se aprovechara el 50 %, sería un 25 % mayor de la producida en toda España en 1979, hidráulica, térmica y atómica.

Antes de seguir, consideremos algunas más de las características de las corrientes del Estrecho:

1.ª No se trata de corrientes libres, como la del Golfo, que pueden cambiar su rumbo o modificar su caudal, si se les interpone un obstáculo. Las corrientes del Estrecho no pueden desviarse, ni, dentro de ciertos límites, modificar su caudal, pues obedecen a unos gradientes de pre-

sión provocados por la evaporación y las diferencias de salinidad y el único camino para lograr el equilibrio es el Estrecho. Esto nos permitiría jugar con la sección del cauce, para modificar la velocidad, aunque siempre entre ciertos límites.

2.^a *Las corrientes del Estrecho son permanentes*, es decir, que son caudales de energía inagotables en la escala de vida humana, con ventaja de lo que sucede con el petróleo, el carbón y el uranio. Aunque algo dependientes de la pluviometría, lo son en tan poca medida, que podríamos suponer están reguladas por un hiperembalse excepcional: el Océano.

Consideremos realizable que podamos aumentar la velocidad de la corriente disminuyendo la sección del cauce y veamos hasta qué límites:

Si mediante diques disminuimos la sección del cauce, la velocidad del agua de entrada e indirectamente la de salida, dependerá del desnivel que se establezca entre el Atlántico y el Mediterráneo, viniendo dada por la fórmula $v = \sqrt{2gh}$. Esto será plenamente válido, cuando se trate de grandes velocidades, que inexcusablemente, sólo van a ser provocadas por grandes desniveles. Ahora bien, como el nivel del Atlántico puede considerarse constante, el del Mediterráneo tendría que bajar. Por ejemplo, el conseguir una velocidad de 50 m/seg exigiría un desnivel de 125 m aproximadamente.

Sin embargo, cuando se trata de velocidades relativamente bajas, por ejemplo, de 2 a 10 m/seg, el problema no es tan sencillo y la velocidad no vendrá dada por la fórmula, puesto que habrá que tener en cuenta la importante influencia de las mareas que, por otra parte, al construir diques de grandes dimensiones, ya no serían las de hoy.

Indudablemente, puestos a utilizar la energía de las corrientes, lo deseable es conseguir grandes velocidades, puesto que la energía crece con su cuadrado. Y realmente podrían conseguirse si las consecuencias políticas que se derivarían, no hicieran impensables pasar de los 6 ó 7 m para v. Entre otras razones, por la de que un descenso del nivel de las aguas de 4 ó 5 m solamente, dejaría en seco o inutilizables la mayor parte de los puertos.

Queda, pues, estudiar experimentalmente si con unas canalizaciones adecuadas se conseguiría aumentar la velocidad de las corrientes sobre un

mínimo, por encima del cual la energía utilizable justifique las obras necesarias. Si este mínimo es alcanzado, tendrá aplicación el proyecto del que sumariamente vamos a hablar.

ESQUEMA DE UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA DE LAS CORRIENTES DEL ESTRECHO

Prescindiendo de la labor de los diplomáticos, que habrían de eliminar numerosos obstáculos internacionales, la tecnología a aplicar consta de partes bien definidas, que vamos a enumerar sumariamente.

A. Estudios oceanográficos

Son los primeros que habría que realizar, puesto que van a suministrar datos necesarios para todo el complejo de técnicas que habría que aplicar. Constituyen estos estudios los verdaderos cimientos del proyecto. Vamos a señalar algunos de sus aspectos, que nos parecen fundamentales:

1. Conocimiento exhaustivo del régimen de corrientes del Estrecho a diversas profundidades y a lo largo de todo el año. Hay que medir con precisión caudales, velocidades, salinidades y temperaturas.
2. Estudio geológico y geotécnico de las rocas del fondo, muy especialmente en la traza de los diques y su entorno.
3. Construcción de un modelo de gran precisión del fondo del Estrecho y sus orillas, en el que poder realizar experiencias hidrodinámicas.
4. Estudiar con detalle el movimiento de la fauna marina, para determinar la influencia que en ella pudiera tener la realización del proyecto.

B. Estudio de los diques

Su finalidad es encauzar las corrientes para aumentar su velocidad y facilitar su aprovechamiento. En su estudio habrá que considerar:

- B.1. *La traza de los diques*, que de acuerdo con los mapas de que disponemos, debería seguir la línea que corresponde al paso entre España y Marruecos por las zonas de menores profundi-

dades. En esta línea, dibujada en el plano adjunto, la máxima profundidad es de 350 m, correspondiendo esta zona profunda a un área relativamente plana.

Se partiría desde la costa española, del extremo occidental de la ensenada de Valdevaqueros, pasaría por los Arrecifes de los Cabezos, dirigiéndose después al SSO, hasta llegar a la zona de los 350 m.

Por la costa marroquí, partiría de algún punto entre la Bahía de Altares y la Punta de Al-Boassa, dirigiéndose al NNO hasta la misma zona.

La longitud del dique desde la costa española sería de 13,5 Km y desde la marroquí de 10.

B.2. *Las modalidades en la construcción de los diques podrían ser tres:*

- Con una abertura única en la zona más profunda.
- Con una abertura única en zonas menos profundas.
- Con una abertura central en la zona más profunda y otra lateral, desplazada hacia Marruecos.

La primera modalidad, si la anchura es suficiente, no alteraría ni el desagüe mediterráneo ni la entrada atlántica, pero aumentaría el espesor y la turbulencia de la interfase, con la consiguiente pérdida de energía y obligaría a construir la totalidad de las instalaciones motrices en las zonas más profundas.

La segunda presenta la ventaja de que todo el sistema motriz se instalaría en zonas de menor profundidad, pero tiene un grave inconveniente que la excluye: el desagüe mediterráneo quedaría disminuido o interrumpido (dependería de la máxima profundidad de la salida), y, en la misma medida, quedaría disminuido el Atlántico.

La tercera estimamos ser la más conveniente: por la abertura central tendría salida la corriente mediterránea y por la lateral, hacia Marruecos, entraría la atlántica. Solamente parte de las instalaciones motrices quedarían en la parte profunda y disminuirían la interfase y sus turbulencias en una proporción importante o totalmente.

B.3. *Los materiales para la construcción de los diques*, abundan tanto en la parte española como en la marroquí.

En la parte española, a una distancia de 60 Km tenemos la enorme masa de peridotitas de la Serranía de Ronda con la gran ventaja de su elevada densidad; a distancias iguales o menores, al NE, hay otras rocas utilizables, como son las calizas cretácicas de Manilva, Cerro Esquivel, Sierra Espaltina, Jubrique, Pujarra; y al N, las calizas de la Sierra de la Sal y la Sierra de las Cabras.

Hay también otras formaciones que quizá puedan suministrar materiales aptos, como las areniscas calcáreas del Tortoniense y las areniscas silíceas de la unidad Algive.

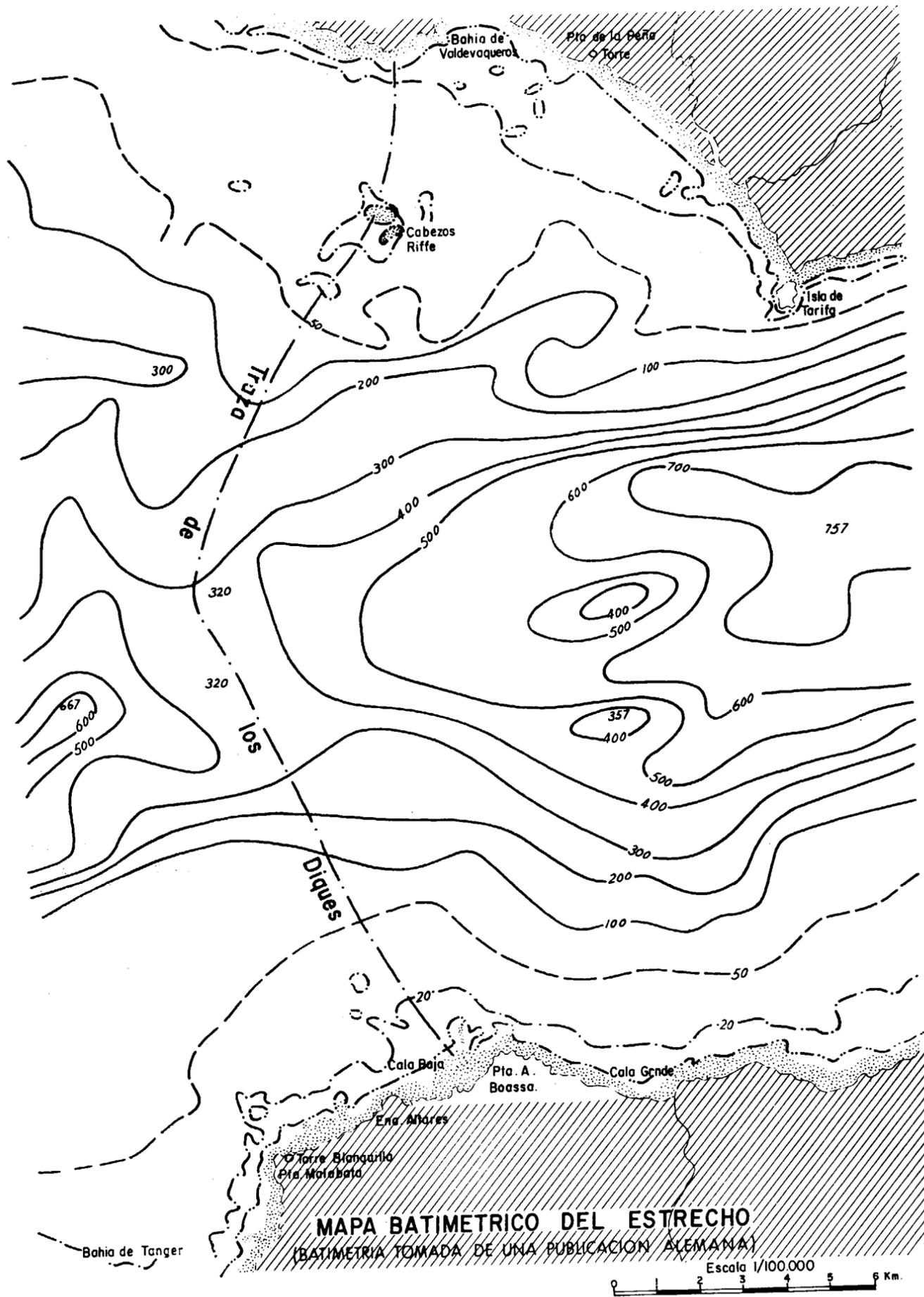
En la parte marroquí disponen de materiales más próximos, como son las grandes masas de carbonatos del Pequeño Atlas, que se apoyan sobre el Paleozoico de la costa al S y SSE de Ceuta, así como las calizas al O de Alhucemas.

B.4. *En la construcción de los diques van a surgir dificultades*, determinadas por las grandes corrientes inversas y los grandes fondos. Además este capítulo sería el más costoso, por el enorme volumen de materiales a mover.

En el caso de que la totalidad del dique fuera de escollera, un cálculo simplista, suponiendo que la pendiente de los 0 a los 350 m es uniforme; que el dique emerge del agua 30 m, quedando con una pista de 25 m de anchura; que la longitud del dique de la parte española es de 12 Km y en la marroquí de 10, siguiendo la traza que hemos considerado más favorable; y considerando unos taludes con la relación altura/base de 1/1,3 (este talud podría ser incluso de mayor pendiente en la zona sumergida y tendría que serlo de menor, en la zona batida por las olas), tenemos un volumen de dique de 1.250.000.000 m³.

En la construcción habría que prevenir terminaciones verticales, así como canales para un sistema de esclusas.

B.5. *Tipo de construcción de los diques*. El tipo de construcción de los diques podrá ser mixto: en determinadas zonas, de escollera, y en otras de hormigón, quizá en las profundas, pues aunque la diferencia de precios de los materiales es grande, los volúmenes a mover son mucho menores en el segundo caso, presentando además otras ventajas importantes.



C. Los pilares y las turbinas

Los pilares constituirán el mayor problema de ingeniería de la obra.

Estos pilares, cuya base estaría a 350 m bajo el agua, deberían ser construidos entre fuertes corrientes y tras su construcción, deberían soportar el enorme empuje de corrientes mucho más intensas sobre las turbinas y llevar en su interior una serie de servicios, que permitan atender las operaciones de instalación y conservación del sistema motriz a grandes profundidades, e incluso alojar los alternadores.

Las turbinas deberán ser de gran diámetro, ya que la energía de las corrientes es pequeña. Aun así, el número de turbinas a instalar, probablemente tendría que ser superior a cuatrocientas.

El tipo podría ser parecido al KAPLAN, que ha sido utilizado con éxito en la central maremotriz del estuario de Rance.

Su montaje y desmontaje debe ser fácil y la transmisión del movimiento podría realizarse, bien lateralmente a alternadores situados en el interior de los pilares, bien mediante un eje vertical, a un alternador situado fuera del agua.

CIFRAS A MANEJAR

La elaboración de un presupuesto, dada la singularidad de la obra, no es posible. Preferimos hablar, simplemente, de «cifras a manejar».

Hemos recabado datos de personas y entidades solventes, pero al unificar y coordinar ideas a través de un equipo, se obtendrán soluciones mejores, que se traducirán en los costes.

Las cifras que siguen, solamente son una estimación, que permitirá hacerse una idea de las que habría que manejar.

	× 10 ⁶ pesetas
1. Estudios previos de viabilidad ...	100
2. Estudios oceanográficos: corrientes, salinidades, temperaturas, topografía del fondo marino, geotecnia ...	500

	× 10 ⁶ pesetas
3. Estudios geológicos y geotécnicos de canteras ...	200
4. Diques: estudio y construcción ...	2.000.000
5. Pilares: estudio y construcción ...	100.000
6. Turbinas e instalaciones ...	50.000
7. Alternadores ...	40.000
8. Exclusas ...	25.000
9. Diversas obras de acondicionamiento ...	25.000

ETAPAS

En una secuencia lógica, las etapas a seguir podrían ser:

1. Estudio de la viabilidad del proyecto.
2. Conversaciones con Marruecos.
3. Estudios oceanográficos.
4. Estudio y previsión de los probables conflictos internacionales.
5. Estudio geológico y geotécnico de las rocas que habrían de ser utilizadas en la construcción del dique. Planificación de su extracción y transporte.
6. Estudios para el proyecto y construcción de los pilares.
7. Estudios para el proyecto y construcción del dique y sistemas de esclusas.
8. Estudios para el proyecto y construcción de las turbinas y su instalación.

En cuanto al plazo de construcción de la obra, a partir del momento en que se comience, podría ser entre 15 y 20 años, si no se interponen obstáculos.

CONSIDERACIONES FINALES

ALGUNOS PROBLEMAS Y VENTAJAS

Finalmente, no podemos dejar de señalar algunos graves problemas que van a surgir, así como algunas ventajas consiguientes a la realización del proyecto.

1. **Problemas políticos y ecológicos**
 - a) La navegación se vería afectada plenamente

para todo tipo de barcos. El problema tiene solución fácil, con sistemas de esclusas que rompan la fuerza de la corriente, pero la navegación quedaría estrictamente controlada, lo que provocaría firmes oposiciones internacionales, cuyo alcance no podemos predecir.

b) El paso de la fauna marina a través del Estrecho podría quedar obstaculizado seriamente.

2. Algunas ventajas

a) El puente sobre el Estrecho sería una realidad, con gastos adicionales poco importantes. Bastaría acondicionar la amplia pista de coronación de los diques y salvar las esclusas.

b) Grandes puertos al abrigo de los diques se construirían fácilmente, aprovechando la infraestructura de obra, a un coste mucho menor de lo que supondría en condiciones normales.

Con esto terminamos la exposición, en un esbozo, de un proyecto cuya realización podría ser un hito en la economía de dos países, aunque para su puesta en marcha, habrá que tener muy en cuenta que aparte de los condicionamientos internacionales, que pueden llegar a ser invencibles, existen problemas técnicos cuyas soluciones sólo son ideas, y la necesidad de comenzar por un costoso y exhaustivo estudio de variados temas, tanto oceanográficos como de ingeniería, para verificar su viabilidad. No obstante, los posibles logros, justifican su consideración.

Referencias bibliográficas más importantes

- ALLAIN, C. (1964): *L'hydrologie et les courants du détroit de Gibraltar pendant l'été de 1939*. R. Trav. Inst. pêches marit., 28, n.º 1, 102 pp., bibl. (4 pp.) (Thèse Univ. Montpellier).
- BOYUM, G. (1963): *Hydrology and currents in the area West of Gibraltar. Results from the «Helland-Hansen»*. Expedition May-June 1961. Mai 1963. T. R. 7. T. R. du Sous-Comité Océanographique du OTAN.
- BOYUM, G.: *Hydrological observations of the M/S «Helland-Hansen» in the area West of Gibraltar*. May 1965. Tables. Bergen. Févr. 1967. T. R. 34. T. R. du Sous-Comité Océanographique du OTAN.
- BOYUM, G. (1967): *Hydrology and currents in the West of Gibraltar Results from the «Helland-Hansen»*. Expedition May 1965. Bergen. Avr., 1967. T. R. 36 T. R. du Sous-Comité Océanographique du OTAN.

- BUEN, R. de (1930): *Resultados obtenidos en las campañas del «Xauen» por el Estrecho de Gibraltar en 1929*, 28 páginas, 10 figs.
- BUEN, R. de (1931): *Campañas del Instituto Español de Oceanografía por el Estrecho de Gibraltar en 1930*, 28 páginas, 10 figs.
- BUEN, R. de (1933): *Contribución al estudio del relieve del Estrecho de Gibraltar*, 16 pp., 6 figs.
- BUEN, R. de (1934): *Hidrografía del Estrecho de Gibraltar en marzo de 1933. Campañas del guardacostas «Xauen»*, 16 pp., 4 figs.
- BUEN, R. de (1935): *Caracteres oceanográficos del Estrecho de Gibraltar en 1934. Campañas del «Xauen»*, 20 pp., 8 figs.
- BUEN, R. DE (1933): *Contribución al estudio del relieve del estrecho de Gibraltar. Notas y Resum*. Inst. españ. Oceanogr. Madrid, serie II, n.º 66.
- CARTER, D. B. (1956): *The water balance of the Mediterranean and Black Seas*. (Drexel Institute of Technology. Labor of Climatology, Publ. in: *Climatology*, vol. 9, 3), Centerton, New Jersey.
- DEACON, M. (Miss) (1966): *Some early investigations of the currents in the Strait of Gibraltar*. Comm. 1er Congr. int. Hist. Océanogr. Monaco, n.º spéc. 2, B. *Inst. Océanogr.*
- DOUGLAS, H. P. (1930): *Current measurements in the Strait of Gibraltar made by H.M.S. «Goldfinch» in 1905*. Rapp. P-V. C.I.E.M. Copenhagen, vol. 67.
- FRASSETTO, R. (1964): *Short-period vertical displacements of the upper layer in the Strait of Gibraltar*. Saclant ASW Res. Center T.R. n.º 30, part. 1 texte, part. 2 diagrammes, nov.
- FRASSETTO, R., BACKUS, R. H., y HAYS, E. (1962): *Sound-scattering layers and their relation to thermal structure in the Strait of Gibraltar*. Deep Sea Res, 9 (1), janv.-févr., pp. 69-72.
- GÓMEZ GALLEGO, J., y SECO SERRANO, E.: *La vena septentrional de agua de procedencia mediterránea en el Golfo de Cádiz*. Madrid, Revista de Geofísica n.º 81.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1961): *Origen y relieve submarino del Estrecho de Gibraltar*.
- IDRAC, P. (1928): *Enregistrement des courants sousmarins du détroit de Gibraltar*. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 196, 16 avr., pp. 1058-1059.
- KULLENBERG (1953): *Les échanges d'eau a travers le détroit de Gibraltar*. B. Inform. Com. centr. Océanogr. & Et. cotes, Paris, vol. 7, pp. 298-302.
- LACOMBE, H., y LIZERAY, J. C. (1959): *Sur le régime des courants dans le détroit de Gibraltar*. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 248, pp. 2502-2504.
- LACOMBE, H., y LIZERAY, J.-C. (1959): *Sur une cause des variations du niveau moyen de la Méditerranée et du régime du détroit de Gibraltar*. C.R. Acad. Sci. Paris, 3 août, t. 219, n.º 5, pp. 734-736, 1 fig.

- LACOMBE, H. (1959): *Quelques réflexions sur le niveau moyen des mers*. C.R. Com. nat. Géod. & Géophys. pour 1959, pp. 25-41.
- LACOMBE, H., y LIZERAY, J. C. (1960): *Liste des stations M.O.P. «Winnaretta Singer» dans le détroit de Gibraltar*. Cah. océanogr., Paris, 12, p. 673.
- LACOMBE, H. (1961): *Contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar. 1. Etude dynamique*. Cah. océanogr., Paris, 13, n.º 2, pp. 73-107, 22 pl. h.t.
- LACOMBE, H., y RICHEL, C. (M.) (1961): *Contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar. 2. Etude hydrologique*. Cah. océanogr., Paris, 13, n.º 5, pp. 276-291, 26 pl. h.t.
- LACOMBE, H., TCHERNIA, P., RICHEL, C. (M.), & GAMBERRONI, L. (1964): *Deuxième contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar (Travaux de 1960)*. Cah. océanogr., Paris, 16, p. 283.
- LACOMBE, H., MADELAIN, F., y GASCARD, J. C. (1968): *Rapport sur la campagne «Gibraltar I» du navire océanographique «Jean Charcot», 7 avr.-12 mai 1967*. Cah. océanogr., Paris, 20, 2 févr., pp. 102-107.
- MENENDEZ, N. (1959): *Distribution de la salinité et de la température au méridien de Tarifa en août 1958*. Rapp. & P.V. Com. Intern. Explor. Mer, 23, n.º 3, pp. 133-137.
- NARES, G. J. (1872): *On the currents in the Strait of Gibraltar*. Publ. Roy. Soc., 20, pp. 97-106.

- NIELSEN, J.-N. (1912): *Hydrography of the Mediterranean and adjacent water*. Report of the Danish oceanogr. exped. 1908-10, Copenhagen.
- PARRILLA BARRERA, G., y GARCÍA MORÓN, J. M. (1971): *Contribución al estudio de la vena de agua mediterránea en la costa occidental de la península Ibérica*.
- RAMALHO, A., y DENTINHO, L. (1931): *Contribution à l'étude océanographique du détroit de Gibraltar*. Rapp. Atlantique, 1929, Copenhagen.
- ROMANOVSKY, V., y LE FLOCH, J. (1963): *Hydrologie et courantométrie dans le détroit de Gibraltar*. Cah. océanogr., Paris, 15, 5, mal, pp. 315-319.
- ROUX, G. (1943): *Les eaux d'origine méditerranéenne dans la région nord-africaine de l'Atlantique*. A. Inst. océanogr., Paris, Masson, t. 21, 4, pp. 172-228.
- SCHMIDT, J. (1929): *The Danish «Dana», Expédition 1920-1921*, Copenhagen.
- SCHMIDT, J. (1937): *The Danish «Dana», Expédition 1928-1930*, Copenhagen.
- SCHOTT, G. (1915): *Die Gewässer des Mittelmeeres*. Ann. d. Hydr. und Marit. Meteor., 43, H. 1, 1, pp. 1-18 y 49-79.
- SCHOTT, G. (1929): *Die Wasserbewegungen in dem Gebiete der Gibraltarstrasse*. J. Conseil int. Explor. Mer, III, 2, Copenhagen.

Relación entre la estructura profunda de la corteza y magmatismo alcalino en zonas de rift continental (*)

Por J. L. BARRERA (1) y E. BANDA (2)

RESUMEN

Se describe la estructura de la corteza terrestre, obtenida por métodos sísmicos, y el vulcanismo en diferentes zonas de rift continental. La comparación entre las principales características de la estructura y del vulcanismo permite sugerir cierta relación entre la edad y el tipo de rocas alcalinas y ciertas propiedades de la corteza, tales como el grosor de ésta y las velocidades sísmicas asociadas a la corteza inferior y manto superior.

ABSTRACT

The main features of the crustal structure, as derived from seismic sounding, and vulcanism in different areas of continental rift are described. The comparison between the crustal structure and the vulcanism in these areas allows us to suggest a relationship between the age and type of alkaline rocks and some properties of the crust such as thickness and seismic velocities associated with the lower crust and upper mantle.

INTRODUCCION

Es un hecho geológico, conocido de hace tiempo, que las rocas ígneas se distribuyen en la superficie terrestre siguiendo unas pautas concretas de localización, dando asociaciones rocosas, o lo que se llama geológicamente «provincias petrológicas».

Los factores que controlan esta distribución selectiva de rocas son de índole muy diversa, pero una de ellas, y no la menos importante, es el tipo de corteza terrestre de la provincia y zonas adyacentes, y la dinámica global que la afecta.

Uno de los grupos de rocas que parecen más sensibles a los cambios físicos de la corteza y manto terrestre es el de las rocas alcalinas. De todas las provincias alcalinas mundiales, hemos escogido para nuestro estudio las que se encuen-

tran en áreas continentales, donde la distensión ha sido suficientemente fuerte como para crear las llamadas zonas de rift continental. Estas presentan abombamientos litosféricos con vulcanismo intracontinental.

Desde el punto de vista geofísico y geoquímico, como veremos más adelante, las zonas de rift presentan características especiales dependiendo de la edad y estado de evolución. Entre los parámetros físicos más afectados, pueden citarse: el espesor y distribución de las capas de la corteza respecto a las regiones adyacentes, densidad (velocidad de las ondas compresionales (V_p)) del manto superior, sismicidad, anomalías magnéticas, anomalías gravimétricas de Bouguer y anomalías en el flujo calorífico.

Nuestro propósito en este estudio es comparar las propiedades físicas de la corteza y manto terrestre, deducidas a partir de perfiles sísmicos profundos, con los distintos tipos de rocas alcalinas que se presentan en algunos rift continentales, como el graben del Rhin, el de Oslo, y zonas afectadas por tectónica de rift, como el Macizo Central Francés. Se discuten también aspectos

generales de otras zonas de rift continental, como son el Gregory Rift (Kenya) y el Rift del Baikal.

TIPOS DE RIFT

En términos generales, podemos definir un rift como una zona lineal de abombamiento cuya parte superior se ha hundido (formando el graben) producto de distensión tangencial, y flanqueada en sus laterales por fallas normales de gran longitud, que controlan la aparición de vulcanismo alcalino. Se trata entonces de un ascenso (upwelling) de la astenosfera de forma que la litosfera sufre empujes verticales, fracturándose progresivamente o reactivando fracturas preexistentes por la distensión.

Desde el punto de vista geofísico, las zonas de rift reconocidas en la actualidad se pueden clasificar en tres tipos distintos, según sea la naturaleza cortical de sus partes central (gaben) y marginal. En el Cuadro I podemos ver estos tres tipos. Nos centraremos en este trabajo en el de tipo continental.

CARACTERISTICAS GEOFISICAS DE LA CORTEZA CONTINENTAL

Después de más de veinte años de intensos estudios de la corteza continental, realizados por métodos de refracción y reflexión sísmica, se tiene evidencia de su estructuración en capas de distinta naturaleza física y, por tanto, de distinta velocidad de las ondas compresionales.

Un modelo general, de acuerdo con los resultados obtenidos en diferentes regiones de la Tierra, es el de la figura 1. Otros autores, como MULLER (1977), dan modelos más detallados incluyendo interpretación petrológica (fig. 2). La característica más importante que tiene este segundo modelo frente al anterior es la diferenciación de dos capas de baja velocidad. La primera, y más superior, se encuentra aproximadamente entre los 7 y 12 km de profundidad. Su naturaleza es granítica y representaría los materiales plutónicos ácidos generados por fusión parcial en la capa inferior de naturaleza migmatítica. La segunda, en la corteza inferior, se cree formada por rocas granulíticas.

En general, el espesor de la corteza continental puede variar desde 20 km a 70 km, lo cual no es por sí solo un dato significativo para distinguir diferentes tipos de corteza. Esta significación la obtenemos comparando la distribución de los parámetros elásticos y los diversos espesores crustales en zonas adyacentes, como puede ser el caso de las áreas marginal y central de un rift.

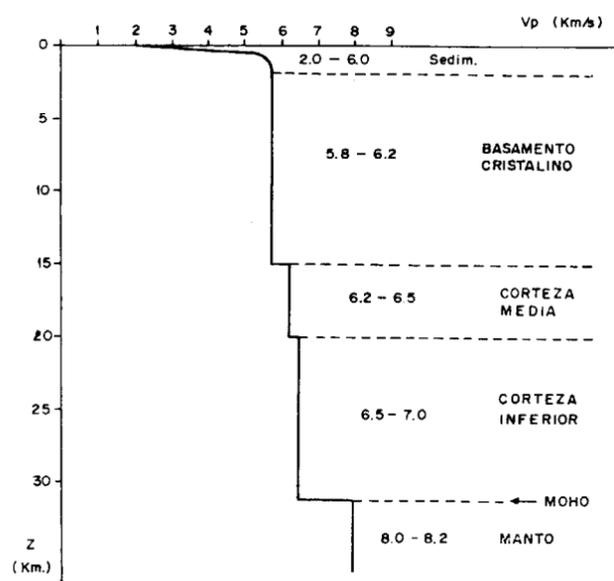


Figura 1.—Modelo general de la corteza continental.

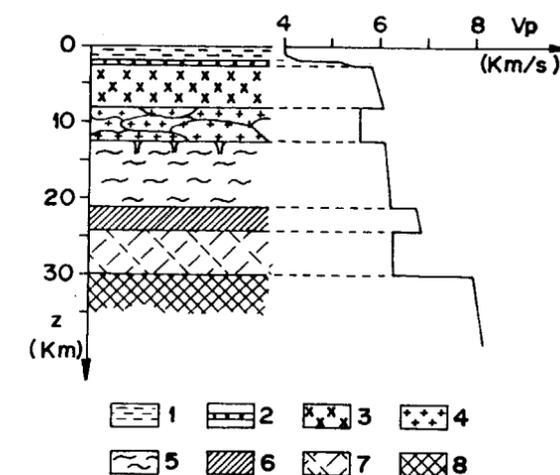


Figura 2.—Modelo esquemático de la corteza continental (según MULLER, S., 1977). 1) Sedimentos cenozoicos; 2) Sedimentos mesozoicos y paleozoicos; 3) Basamento de rocas metamórficas (tales como gneises y esquistos); 4) Zona lacolítica de intrusiones graníticas; 5) Migmatitas; 6) Anfíbolitas; 7) Granulitas; 8) Rocas ultramáficas del manto superior.

(*) Contribución núm. 130 de la Cátedra de Geofísica. Universidad Complutense de Madrid.

(1) Departamento de Petrología. Facultad de Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

(2) Cátedra de Geofísica. Facultad de Física. Universidad Complutense de Madrid.

CUADRO I

	Margen	Centro	Margen
Rift oceánico	Corteza oceánica	Graben oceánico	Corteza oceánica
Rift continental	Corteza continental	Graben continental	Corteza continental
Rift intercontinental	Corteza continental	Graben oceánico	Corteza continental

De esta forma, frente a los modelos de corteza continental expuestos anteriormente, está el que aparece en los rift continentales, caracterizado generalmente por un adelgazamiento de la corteza con respecto a las áreas marginales y una naturaleza anómala de la corteza inferior y/o manto superior, reflejada por cambios importante en V_p .

TIPOS DE ROCAS ALCALINAS

Los petrólogos dan en la actualidad como cierto que los «magmas madre», que dan origen a las rocas alcalinas, se generan en la corteza inferior o, más probablemente, en el manto superior, SORENSSEN (1974). Esto queda confirmado, por una parte, por los sistemas de equilibrio experimental de la mineralogía de estas rocas, puesto que las presiones y temperaturas a las que se generan dichos minerales son tan elevadas que corresponden con las que se supone existen en el manto superior. Por otra parte, la presencia casi constante de rocas carbonatíticas, típicas de ese ambiente petrologico-tectónico, sugiere también que el reservorio de CO_2 que sirve para la formación de calcita (en su mayoría) o dolomita en las carbonatitas, está localizado en el manto superior. Por un proceso dinámico no muy bien conocido todavía, el reservorio se libera por desgasificación del manto, ascendiendo los gases (entre ellos el CO_2 como gas principal) hacia zonas más elevadas de la litosfera.

Además, las últimas investigaciones realizadas de inclusiones fluidas en minerales tales como olivino, apatito, etc., de enclaves ultramáficos y de rocas volcánicas (como las nefelinitas), que se suponen tanto los primeros como las segundas procedentes del manto superior, revelan cantidades importantes de CO_2 y pobres en H_2O , a baja P

y T (BAILEY, 1977). A mayores profundidades, y siguiendo al mismo autor, es probable que el aumento de P y T origine otras especies gaseosas como CO , CH_4 y H_2 . Esto apoya la idea de localizar el reservorio de este tipo de gases en el manto superior.

Es bien conocido también que las distintas asociaciones de rocas alcalinas no proceden de un único e idéntico magma original. Son producto de diferentes mecanismos de cristalización y consolidación a partir de distintos magmas, bajo condiciones físicas diversas (f_{O_2} , P_{CO_2} , P_{H_2O} , grado de fusión parcial, etc.) y con otros procesos de diferenciación como pueden ser «transferencia gaseosa», «inmiscibilidad». También se ha comprobado que el efecto de asimilación crustal juega un papel importante.

Siguiendo a SHEYNMANN et al. (1961), las rocas alcalinas, tanto plutónicas como volcánicas, se pueden clasificar en tres grupos según su naturaleza y génesis.

I. ULTRABASICA ALCALINA

Caracterizada por alto contenido en álcalis ($K_2O + Na_2O$) y poca o nula plagioclasa modal.

Las rocas tipo son de naturaleza ultramáfica. Los últimos diferenciados son Ijolita-Melteigita, Sienita, Sienita nefelínica y Carbonatitas asociadas. Producen fenitización, debido a su alto contenido en álcalis.

Los equivalentes volcánicos son Nefelinitas, Melilitas y Traquitas y Fonolitas asociadas.

Se considera que proceden de un magma nefelínico ultrabásico y de magmas melilitíticos generados en zonas profundas del manto superior.

II. GABROIDEA ALCALINA

Caracterizada principalmente por la presencia de plagioclasa modal.

Las rocas tipo son Gabro alcalino, Sienita, Sienita nefelínica y, ocasionalmente, Granitos alcalinos. También pueden aparecer de forma secundaria Ijolitas-Urtita.

Los equivalentes volcánicos son Basaltos alcalinos, Traquibasaltos, Traquitas y Fonolitas.

Proceden de un magma basáltico alcalino que, a través de un simple proceso de diferenciación, produce las rocas félsicas de la serie. Se generan muy probablemente en el manto superior en zonas menos profundas que las del grupo anterior.

III. GRANITICA ALCALINA

Caracterizada por la saturación en cuarzo, lo que indica ya altos contenidos en SiO_2 .

Las rocas tipo son Granitos alcalinos (Ekeritas), Sienitas (Nordmarkitas). De forma accesoria hay rocas subsaturadas, como son Sienitas nefelínicas.

La gran mayoría de ellas proceden de un magma granítico generado muy probablemente por fusión parcial en la corteza continental.

Las rocas que aparecen en las zonas de rift que vamos a estudiar, las clasificaremos dentro de estos tres grupos, aunque somos conscientes de que algunos tipos no se ajustan totalmente a ellos. Así, nosotros incluiremos además en el Grupo I las Basanitas, por tener afinidades geoquímicas cercanas con las rocas que lo integran.

Por otra parte, queremos destacar que dentro del vulcanismo-plutonismo de los rift continentales se producen también rocas de tendencia toleítica, es decir, no alcalina, y que no son raras en estos ambientes tectónicos continentales como acompañantes de las propiamente alcalinas.

Estas variaciones de grupos petrologicos, tanto en su distribución espacial como en su naturaleza geoquímica, son las que vamos a intentar explicar a partir de los datos físicos de la corteza y manto superior subyacentes.

RIFT DEL RHIN

Desde el punto de vista petrologico, esta provincia tiene un carácter mixto, con rocas alcalinas básicas, rocas alcalinas ultrabásicas y rocas toleíticas. La edad del vulcanismo comienza en el Cretácico Superior y continúa hasta la actualidad con un máximo durante el Mioceno. En el Cuadro II hemos detallado las rocas y edad de cada una de las áreas, según datos de WIMMENAUER (1974). Es interesante destacar igualmente el hecho de que las rocas toleíticas de la provincia no llevan inclusiones ultramáficas, mientras que las de tendencia alcalina sí.

En la figura 3 están representadas cada una de estas áreas volcánicas. Se observa una distribu-

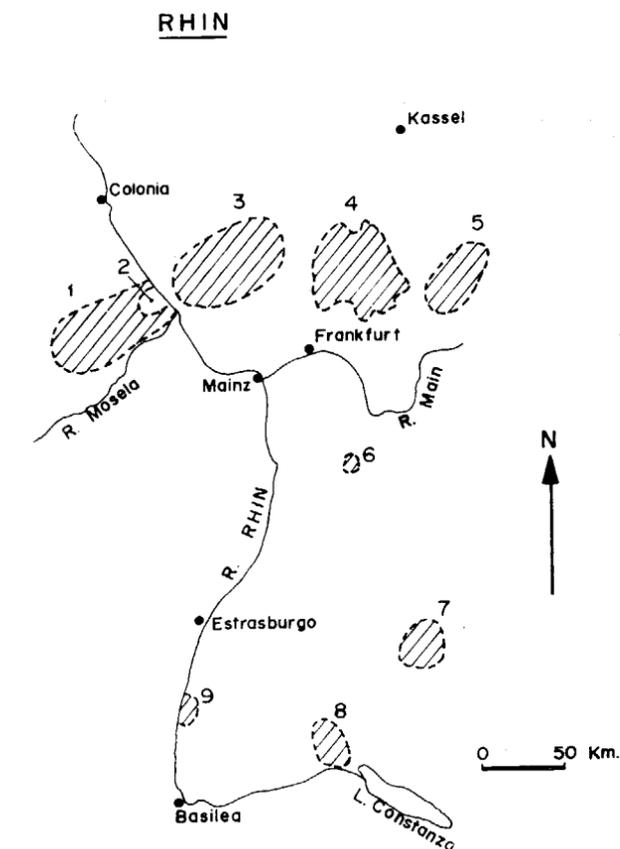


Figura 3.—Situación de los distritos volcánicos en el área del Rin. 1) Eifel (I); 2) Laacher See (I, C); 3) Westertwald (II); 4) Vogelsberg (II, T); 5) Rhön (I, II, T); 6) Katzenbuckel (I); 7) Uracher (I); 8) Hegau (I); 9) Kaiserstuhl (I, C).

I = Ultrabásica alcalina.
II = Básica alcalina.
T = Rocas toleíticas.
C = Carbonatitas.

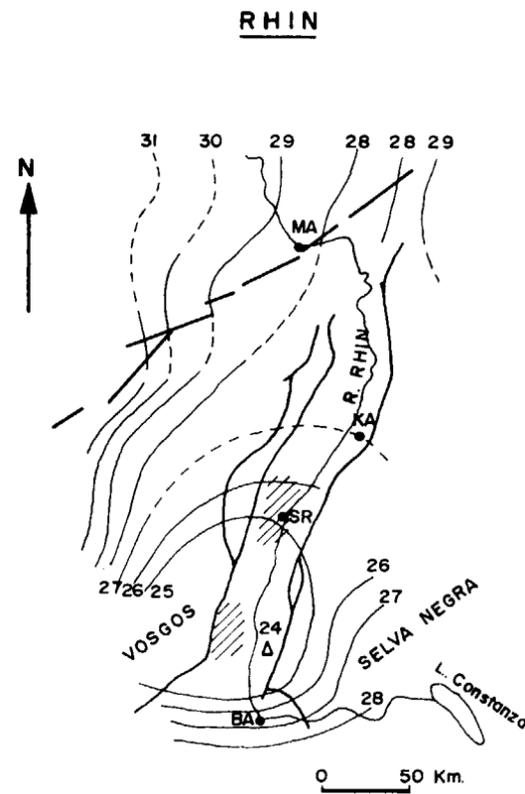
ción dispersa de cada tipo rocoso, aunque el vulcanismo de tipo I, queda concentrado mayoritariamente sobre el graben (áreas 1, 2, 9) y en su parte sureste (áreas 6, 7, 8), mientras que conforme nos desplazamos hacia el Nordeste el vulcanismo varía progresivamente hacia el tipo II y toleítico. La zona de Laacher See exhibe las rocas más alcalinas de toda la provincia, y en Katzenbuchel hay rocas muy ricas en álcalis y fósforo, que parecen indicar una diferenciación neumatolítica muy importante con gran cantidad de volátiles. En el Kaiserstuhl, sorprende la ausencia de Basaltos alcalinos y de rocas intermedias de la Serie ultrabásica (Ijolitas-Meltejitas).

Desde el punto de vista geofísico, y según datos de EDEL et al. (1975), la zona del Rhin presenta un basamento con características típicamente continentales con $V_p = 6,0$ Km/s aproximadamente, y potencias variables entre 10 y 15 Km, que corresponden a una prolongación en profundidad de los materiales metamórficos y graníticos de edad hercínica, que se encuentran en superficie, a los lados del graben (Vosgos y Selva Negra). Estos materiales pueden considerarse como posibles agentes contaminantes de los magmas basálticos que extruyen a través de ellos. La corteza inferior tiene una potencia aproximada de 10 Km, que se mantiene constante a lo largo de todo el graben, y representa una zona de tránsito anómalo entre corteza inferior y manto superior, con velocidades V_p desde 6,3 Km/s hasta casi 8,0 Km/s (velocidad media 7,0 Km/s), siendo el paso totalmente gradual en dos zonas del graben (fig. 4). En las series marginales, el paso corteza inferior-manto superior es brusco, marcándose perfectamente la Moho y no existiendo, por tanto, esta capa transicional anómala.

En el graben, el manto superior presenta una V_p más baja de lo normal, lo que puede explicarse por una densidad menor en las rocas que lo integran, ocasionada por el flujo térmico todavía presente, dada la juventud y el poco espesor crustal que existe en la provincia.

La figura 4 nos muestra un mapa con la profundidad a la que se encuentra el límite corteza-manto en el área sur del graben. En él se puede observar que dicho límite está claramente elevado en la zona concreta del graben morfológico, alcanzando un mínimo de profundidad de 24 Km en su parte más sur. Esta elevación del manto tipo domo, es ligera-

mente asimétrica con una pendiente más suave hacia el Este, mientras que hacia el Noroeste y Sur es más acusada. Si comparamos estos datos con la localización del vulcanismo (fig. 3), vemos que hay una correspondencia bastante estrecha entre los afloramientos volcánicos de rocas tipo I y las áreas de mayor ascenso del manto (áreas del Kaiserstuhl y de la región del Este) o donde la transición corteza-manto sigue siendo anómala (como el área del graben en Laacher See), aunque las profundidades para esta transición estén ya a 28 ó 29 Km. En el caso del Kaiserstuhl, es importante observar cómo su situación queda justamente encima de la zona donde menos profundo está el



LEYENDA

- 25 - Prof. de la Moho (Km.)
 // - Áreas donde no se observa reflexión en la Moho.

Figura 4.—Mapa de la profundidad del límite corteza-manto (según EDEL et al., 1975). MA (Mainz). KA (Karlsruhe). SR (Estrasburgo). BA (Basilea).

CUADRO II

Area	Rocas	Edad
1. Eifel	Nefelinitas Leucititas	Cuaternario
2. Laacher See	Tefritas Basaltoides Carbonatitas	Cuaternario
3. Westerwald	Basalto alcalino	Oligoceno sup. → Plioceno
4. Vogelsberg	Basalto alcalino Toleitas	Mioceno → Plioceno
5. Rhön	Toleitas Basalto alcalino Basanitas Nefelinitas	Mioceno sup.
6. Katzenbuckel	Nefelinitas	Cretácico sup. (66 m. a.)
7. Uracher	Ankaratritas Melilititas	?
8. Hegau	Ankaratritas Fonolitas	Mioceno → Plioceno (12-14 m. a.)
9. Kaiserstuhl	Essexitas Basanitas Fonolitas	Mioceno (16-18 m. a.)

manto (24 Km). Esta profundidad, que sin duda alguna es pequeña para una corteza continental, podría explicar la ausencia tanto de rocas basálticas, como de términos intermedios en la serie de las rocas carbonáticas, ya que no se habían podido diferenciar en todos sus términos, debido al corto camino ascendente que tienen que recorrer. Sin embargo, en los afloramientos relativamente similares de Laacher See, sí aparecen algunas de estas rocas, lo que podría deberse a la mayor profundidad del manto superior (28-29 Km) que ha favorecido así una mayor diferenciación.

Vemos de esta forma una posible influencia del espesor cortical en el grado de diferenciación de las series volcánicas, existiendo términos más diferenciados cuanto mayor es la potencia crustal para un mismo magma original.

En cuanto al vulcanismo de tipo toleítico (áreas del nordeste), se sitúa en zonas donde las profundidades medias corticales oscilan entre 29 y 31 Km, pero donde no se detecta anomalía importante en el tránsito corteza-manto, por lo que el cambio de naturaleza en el vulcanismo respecto a las regiones alcalinas del graben, se explicaría por una

posible contaminación cortical a partir del magma original. Esta conclusión deducida de los datos sísmicos está confirmada con los resultados obtenidos de los datos geoquímicos y mineralógicos que hablan también de un posible efecto contaminante para la explicación de este vulcanismo. Incluso la ausencia de enclaves ultramáficos en él, apoya la hipótesis de una génesis distinta que la del magma alcalino.

Igualmente es importante señalar que el vulcanismo más antiguo datado en el Rhin es el de Katzenbuckel (66 m.a.) que, teniendo una composición del tipo I con muchos volátiles, representa los primeros intentos de rotura de la corteza continental en la zona. Este hecho no es único, sino que parece repetirse en casi todas las regiones continentales fracturadas por estructuras distensivas de grandes dimensiones, lo que sería una prueba más de que el proceso de «desgasificación del manto» es el causante de producir magmas de composición ultrabásica alcalina, con presión mecánica suficiente para romper inicialmente una corteza continental antigua.

Atendiendo a otro parámetro geofísico, como el

flujo calorífico, destaquemos que el manifestado en el graben es anómalo. Datos de WERNER y DOEBL (1973) dan un valor de 2.0 HFU de promedio frente a 1.7 HFU en la Selva Negra. Sus valores, calculados para la temperatura, se aproximan a 660° C a 25 Km de profundidad, lo cual excede en 200° C el valor de la temperatura a igual profundidad en la Selva Negra.

RIFT DE OSLO

La estructura del Rift de Oslo se produce en tiempos pérmicos aunque ya en el Precámbrico Superior comenzaron a actuar los primeros fenómenos de rotura cortical en el escudo escandinavo. La fracturación que aparece es paralela a la de los márgenes del escudo, con direcciones aproximadas del N-160°. Según BARTH y RAMBERG (1966), las primeras soluciones magmáticas que se manifestaron y extruyeron fueron muy ricas en CO₂ y otros volátiles. Así, se formaron los yacimientos ultrabásicos alcalinos y carbonáticos del área de Fen y Alnö, datados con edades absolutas en 565 m.a., y algunos de los «neck» essexíticos de las alineaciones antiguas. El vulcanismo del Fen se caracteriza por zonas de brechas y fallas radiales y concéntricas que indican desplazamientos verticales. Durante los siguientes 300 m.a. la evolución de la zona continuo junto con la lenta generación de magmas que finalmente hicieron extrusión en el Pérmico, durante el proceso geodinámico que formó el rift, al reactivarse las antiguas direcciones de fractura N-160°.

Petrologicamente, y según datos de NEUMANN (1977), el Rift de Oslo es una provincia mixta de muy diversa naturaleza. El 75 por 100 de su superficie está integrada por rocas alcalinas, tanto intrusivas como extrusivas, mientras que el resto lo forman unos granitos biotíticos calcoalcalinos y formaciones minoritarias de rocas sedimentarias. El conjunto de rocas plutónicas (alcalinas y no alcalinas) se sitúa en tres subprovincias según la dirección norte-sur, ocupando el 60 por 100 de la superficie del graben. En la figura 5 puede verse un mapa de la región de Oslo según NEUMANN (1977) con la distribución de ellas. En el Cuadro III se hace una descripción litológica por áreas. Además de las rocas plutónicas anteriormente citadas hay entre ellas grandes volúmenes de lavas básicas que según RAMBERG et al. (1977) se emitieron en

tiempos del Pérmico Inferior (antes de las manifestaciones plutónicas), comenzando en la parte sur del graben y progresando hacia el norte con menores potencias y distinta composición, desde Basanitas en el sur (área de Skien) a Basaltos alcalinos al norte con Cuarzo-toleitas en Krokskogen. Según los mismos autores, la variedad geoquímica que presentan estas lavas excluye que sean comagmáticas.

De este hecho se deduce, otra vez aquí, que existe un primer magma de tendencia ultrabásica alcalina (Basanítico) que evoluciona hacia otros más saturados en las zonas donde mayor espesor tiene la corteza, como veremos seguidamente.

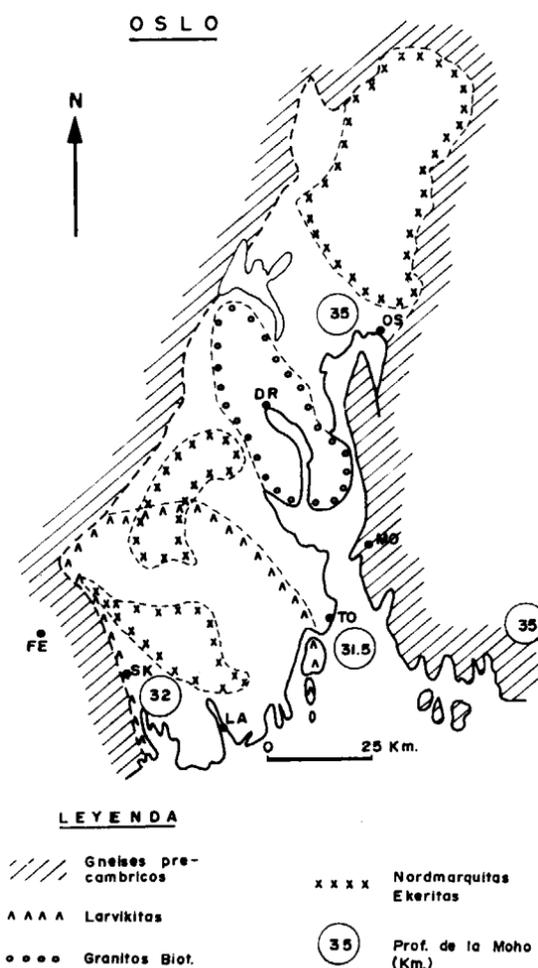


Figura 5.—Mapa de distribución petrológica del graben de Oslo (según NEUMANN, 1977).
LA (Larvik). TO (Tönsberg). MO (Moss). DR (Drammen). OS (Oslo). FE (Fen). SK (Skien).

CUADRO III

Provincia	Rocas	Grupo	Edad (m. a.)
Norte	Nordmarkita Ekerita (Neck essexítico)	II - III - T	275
Centro	Granitos biotíticos	Calcoalcalino	285
Sur	Larvikita Lardalita	II	271

Geofísicamente el graben de Oslo viene caracterizado según TRYTI et al. (1977) por un ligero adelgazamiento de la corteza respecto al escudo colindante. La corteza inferior está representada por una capa con $V_p = 7,1$ Km/s. Este valor, que podría considerarse como una corteza continental normal, sólo se detecta en el graben y no en el escudo, por lo que se considera como una característica propia del rift. Esta capa comienza a 20 Km de profundidad y mantiene un débil buzamiento hacia el Este en las zonas marginales del graben, mientras que hacia el Oeste se hunde bruscamente o desaparece, poniendo en contacto una corteza inferior normal ($V_p = 6,6$ Km/s), con un manto normal de $V_p = 8,1$ Km/s. Esto se puede interpretar como un desplazamiento del vulcanismo activo en dirección Este, por lo que debajo de Fen, y dada su antigüedad de 565 m.a., ya no se encuentran anomalías en las velocidades de las ondas sísmicas.

En cuanto a la Moho debajo del graben, se sitúa a 31 Km de profundidad en Tönsberg, buzando unos 8°-10° al Este, alcanzando los 35 Km de profundidad en el margen del graben. Hacia el Oeste el buzamiento es mucho más suave, pues en Skien todavía la Moho está ascendida a una profundidad de 32 Km (fig. 5). Según lo expuesto, la aparición de velocidades anómalas en la transición corteza-manto está relacionada con la presencia de vulcanismo activo, mientras el ascenso del manto (profundidad de la Moho) se refleja en la existencia pasada o presente de fenómenos magmáticos y, sobre todo, guardando correlación directa entre espesor cortical y tipo de magmatismo.

En dirección nordeste, la Moho se va hundiendo lentamente hasta 35 Km debajo de Oslo (fig. 5). Este espesor, ya considerable, es el que puede ex-

plicar las tendencias saturadas y toleíticas de la provincia norte del graben, mientras que la sur, debido a su menor espesor cortical es más subsaturada y ultrabásica.

Los granitos biotíticos de la provincia central, tienen unas características geoquímicas de R. E. E., según NEUMANN (1977), similares a los granitos calcoalcalinos del O-N de América, y a la medida de las pizarras paleozoicas europeas. Esta circunstancia, junto con su carácter de roca plutónica más antigua del graben (285 m. a.), la hacen acreedora de haberse generado por removilización anatética de la corteza precámbrica, influida por los primeros ascensos de manto que posteriormente dan paso a todo el vulcanismo del graben.

El flujo térmico es constante en todo el área, con valores normales, lo cual puede ser debido a la edad antigua del rift y a su alto espesor medio cortical.

MACIZO CENTRAL FRANCÉS

Esta provincia no tiene totalmente las características geológicas propias del rift continental, aunque parte de su vulcanismo y casi todos sus datos geofísicos parecen indicar que se trata de una zona cortical afectada por un proceso de «rifting» en un estado inicial.

El vulcanismo alcalino es de edad terciaria y cuaternaria con un carácter mixto, del mismo modo a como se manifiesta en el Rhin. No hay desarrollo importante de la serie calcoalcalina, quedando restringido el vulcanismo a series nefeliníticas, basánicas y basaltos alcalinos, con algunos diferencia-

dos más cuarcíferos que no aparecen en el graben del Rhin.

Siguiendo a JUNG y BROUSSE (1962) y tomado de WIMMENAUER (1974), se han distinguido varios distritos volcánicos que se describen en el Cuadro IV. Igualmente en la figura 6 puede verse un mapa con la localización espacial de cada uno de ellos, además de las características geofísicas más destacadas, según PERRIER et al. (1973). Estos autores distinguen tres tipos de estructura cortical que geométricamente forman unas bandas paralelas con dirección aproximada norte-sur.

La banda oeste tiene una corteza típicamente continental, sin anomalías de importancia. La Moho se encuentra a 30 Km de profundidad, y el

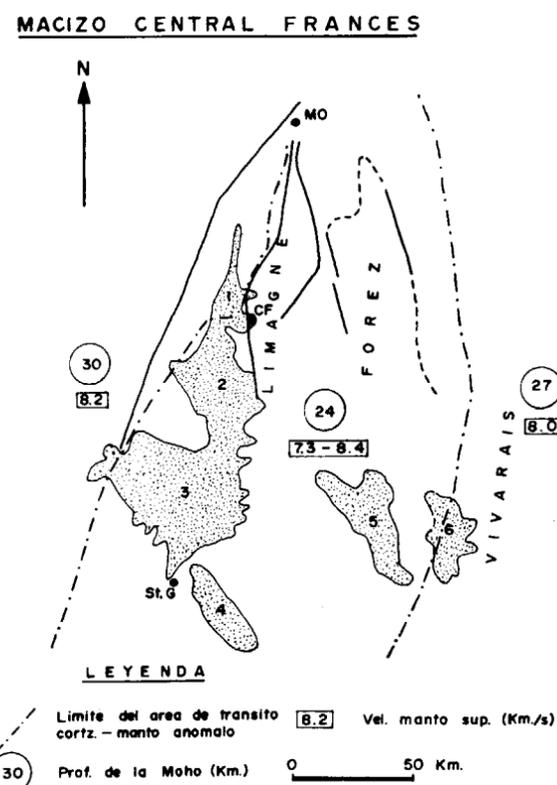


Figura 6.—Situación de los distritos volcánicos y características geofísicas del Macizo Central francés (según PERRIER y RUEGG, 1973).

1) LES PUY (III); 2) Mt DORE (III-II); 3) CANTAL (III-II); 4) AUBRAC (II y I subordinada); 5) DEVES (II y I subordinada); 6) VELAY (II y I subordinada); VIVARAIS (II); LIMAGNE (II-I); FOREZ (II-I); MO (MOUTINS); CL (CLERMONT FERRAND); St. G. (STE. GENEVIEVE).

I = Ultrabásica alcalina. II = Básica alcalina. III = Intermedia alcalina.

manto superior muestra velocidades de $V_p = 8,2$ kilómetros/s, las cuales se consideran normales también para el tipo de corteza que tiene.

La banda del Este es parecida a la anterior, aunque con ligeras variaciones, pues el espesor cortical queda reducido a 27 Km con mayores irregularidades en la superficie de la Moho. La velocidad del manto superior es de $V_p = 8,0$ Km/s. Esta diferencia de velocidad entre las dos bandas no puede ser explicada, según los cálculos efectuados por PERRIER et al. (1973), por efecto de la presión de carga inducida por el cambio de espesor crustal. En nuestra opinión, esta disminución de velocidad viene ocasionada por el vulcanismo de las áreas de Vivarais, que es muy reciente, y origina un alto flujo térmico que rebaja la densidad de las rocas a esas profundidades.

La banda central de Limagne y Forez son las áreas donde se presentan en superficie estructuras tectónicas de graben. Es precisamente aquí donde con mayor claridad se observa la transición anómala corteza-manto. La Moho está sustituida por una capa de transición gruesa que comienza a 15 Km de profundidad en Limagne y a 23 Km de profundidad en la parte sur. Las velocidades de esta capa van desde $V_p = 7,3$ Km/s a los 24 Km hasta $V_p = 8,4$ Km/s a los 45 Km, considerándose que la profundidad media de la corteza es de 24 Km.

A la vista de estos datos, se comprueba que casi el 80 por 100 de los afloramientos volcánicos de esta provincia (a excepción de Les Puys, Velay y Vivarais) se localizan sobre la banda central de transición anómala corteza-manto, existiendo, por tanto, una correspondencia estrecha entre ascenso de manto y manifestaciones volcánicas.

Respecto a la distribución por tipos rocosos, se comprueba igualmente que el vulcanismo de tipo I (ultrabásico alcalino) se produce en el área de Limagne y Forez que, como hemos dicho anteriormente, es donde más claramente se observa la anomalía transicional entre corteza y manto. De la misma forma, el hecho de que este tipo de vulcanismo sea el más antiguo de toda la provincia (Oligoceno Superior) vuelve a corroborar la importancia e influencia de las capas del manto superior como productores de gases y vulcanismo ultrabásico alcalino, durante los primeros momentos de rotura crustal ante los empujes ascendentes del manto.

CUADRO IV

Distrito	Rocas	Edad
1. Les Puys	Basalto pobre en olivino Traquiandesita Traquita	Cuaternario (12.800-5.700))
2. Mt Doré	Dos series mixtas: — Basaltos → Traquiandesitas Traquitas → Riolitas — Basalto alcalino → Tefrita Fonolita	Mioceno alto a Villafranquiense
3. Cantal	Igual que Mt Doré	Mioceno a Villafranquiense
4. Aubrac Devés	Basalto alcalino Tefrita	Mioceno a Villafranquiense
5. Velay	Basalto alcalino Tefrita → Fonolita Oceanita y Ankaratrita	Mioceno a Villafranquiense
6. Vivarais	Basalto alcalino	Cuaternario
Limagne	Basalto alcalino Tefrita → Fonolita Basanita y Ankaramita	Oligoceno a Villafranquiense
Forez	Basalto alcalino Basanita-Ankaratrita-Monchiquita	Oligoceno a Villafranquiense

OTRAS ZONAS

Muchas de las características expuestas en las provincias anteriores se repiten de forma muy similar en otras áreas. Como ejemplo se han seleccionado aquellas que tienen datos sísmicos, aunque el hecho de no ser éstos muy abundantes nos obliga a realizar un tratamiento más somero de ellas.

En el Gregory Rift (Kenya), los datos de GRIF-FITHS et al. (1971) dan un espesor crustal medio para la zona del graben de solamente 20 Km. El manto superior presenta velocidades anómalas de $V_p = 7,5$ Km/s, que puede ser consecuencia del vulcanismo actual que sigue actuando. En las zonas marginales, el espesor aumenta a 35-40 Km. El pequeño espesor en la zona del graben tiene una influencia clara en el tipo de vulcanismo. Los primeros momentos de apertura del rift se producen en el Mioceno Inferior (BAKER et al., 1970), y como cabía esperar, con erupciones de nefelinitas y abundantes carbonatitas en el Kavirondo Rift. Este vulcanismo progresa hacia el E, cambiando su com-

posición hacia magmas básicos alcalinos (Basaltos → Traquitas) dentro ya del Gregory Rift. No se han detectado magmas toleíticos, lo cual coincide con el hecho de no existir una corteza gruesa, como existía en otras áreas europeas donde se presentaba este tipo de vulcanismo. En tiempos actuales el vulcanismo sigue actuando, aunque ligeramente desplazado hacia los márgenes E del rift. Los magmas son basálticos alcalinos, principalmente.

En el lago Baikal (Siberia) el vulcanismo actúa desde tiempos Plioceno Inferior hasta la actualidad, KISELEV et al. (1978). Los magmas, mayoritariamente basálticos transicionales entre alcalinos y toleíticos, con muy pocas basanitas. Hay también algunas erupciones toleíticas individualizadas.

Los datos sísmicos de PUZYREV et al. (1978), indican una corteza continental en la zona del graben, con espesores variables entre 34 y 48 Km. El área donde la velocidad del manto superior es anómala ($V_p = 7,6-7,8$ Km/s), tiene una extensión tres veces mayor a la propia del graben. Esta extensión cubre más del 90 por 100 de los afloramientos vol-

cánicos de superficie, con lo que la conexión entre anomalía sísmica y vulcanismo es muy estrecha. Debido al gran espesor crustal, es explicable que la naturaleza del magma principal sea transicional con pocas manifestaciones ultrabásicas alcalinas.

En España, zonas de rift como las descritas no están determinadas aún con exactitud, pero algunas de ellas, como son el área Costera Catalana y el mar norbaleár (Golfo de Valencia) parecen apuntar a una tectónica de este tipo, según estudios morfoestructurales realizados (JULIVERT et al., 1974). La falta de datos detallados petrológicos y sísmicos no permite analizarlas actualmente.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

De todo lo anteriormente expuesto, se deduce la existencia de una estrecha relación entre la naturaleza de corteza-manto y el tipo de vulcanismo que aflora en superficie. La asociación entre los procesos de «rifting» continental y magmatismo alcalino ya se ha puesto de manifiesto desde hace varios años, llegando a ser aceptado generalmente que los dos fenómenos son expresión de un mismo proceso fundamental (BAILEY, 1974).

La característica tal vez más importante de este tipo de vulcanismo sea su alto grado de explosividad y su naturaleza fragmentaria. Como dice BAILEY (1974): «La clave del magmatismo del rift es un enriquecimiento anormal en volátiles y álcalis». El mismo autor afirma que los volátiles no pueden ser material crustal o oceánico reciclado, sino que deben proceder mayoritariamente del manto.

Lo que todavía no está claro es de que forma se conduce el vulcanismo en función de la naturaleza crustal. Desde un punto de vista geoquímico se sabe que tanto el espesor y naturaleza cortical, como la profundidad de generación del magma, juegan un papel importante en el tipo de vulcanismo. Del estudio de los parámetros físicos a partir de perfiles sísmicos se llega a un conocimiento más exacto de este hecho. Así, algunas de las conclusiones deducidas pueden ser las que exponemos a continuación.

La geometría del «domo anómalo de la Moho» se adapta perfectamente a la distribución del vul-

canismo en superficie, con lo que el ascenso del manto está íntimamente ligado a su producción. Este ascenso supone una «desgasificación» del manto superior, con producción de rocas ultrabásicas alcalinas (con o sin carbonatitas asociadas), que son casi siempre los primeros eventos volcánicos del rift.

El espesor crustal puede influir de una manera doble. Por una parte, el volumen de rocas ultrabásicas alcalinas parece ser función inversa del espesor. Por ejemplo, en el Gregory Rift, donde el espesor crustal medio es de 20 Km, estas rocas son las más abundantes, mientras que en el Lago Baikal, con espesores medios mayores de 35 Km, son minoritarios. Por otra parte, el aumento en el espesor cortical corresponde en superficie con la aparición de vulcanismo más rico en cuarzo, es decir, de tendencias toleíticas, que parecen sufrir efectos de contaminación crustal. Una tercera manera en que puede influir al espesor, es en el grado de diferenciación de las series, debido al mayor o menor recorrido que tienen que hacer, desde su lugar de generación. Cuanto mayor es el recorrido, más diferenciadas están las rocas y viceversa. Nosotros ya señalamos anteriormente este hecho en la provincia del Rhin, para explicar las diferencias encontradas entre Kaiserstuhl y el Laacher See. Este fenómeno petrológico ha sido también reconocido por SIGURDSSON et al (1978) en Islandia, relacionando el tipo de basaltos y la profundidad de la Moho, a partir de perfiles sísmicos.

El aumento que se observa de la V_p en la corteza inferior de los rift ($V_p = 7,1-7,7$ Km/s), es producida por introducción de material astenosférico que, con el paso del tiempo, se hunde nuevamente en el manto. Esto provoca un reajuste en la velocidad, hacia valores más normales de $V_p = 6,9-7,1$ Km/s. Un caso de este tipo puede ser el graben de Oslo (edad pérmica), donde la velocidad actual para la corteza inferior es de $V_p = 7,1$ Km/s.

La disminución de la velocidad del manto superior a $V_p \approx 7,9-8,0$ Km/s está controlada por el aumento de flujo térmico asociado a áreas de vulcanismo activo (por ejemplo, Vivarais, en el Macizo Central francés).

AGRADECIMIENTOS

El manuscrito de este trabajo ha quedado mejorado después de las lecturas críticas de los Drs.

S. Fernández Santín, J. M. Fontboté y de E. Ancochea.

Agradecemos el trabajo mecanográfico de J. L. Casaseca y G. Segovia, así como el trabajo de delimitación realizado por V. Calleja.

BIBLIOGRAFIA

BAILEY, D. K.: *Continental rifting and alkaline magmatism*, pp. 148-159. En: Sorensen (ed.): «The Alkaline Rocks», J. Wiley and Sons (1974).

BAILEY, D. K.: *Continental rifting and mantle degassing*, pp. 1-14. En: Neumann, E. R., y Ramberg, I. B. (ed.): «Petrology and Geochemistry of Continental Rifts». D. Reidel Publishing Company (1977).

BAKER, B. H.; WILLIAMS, L. A. J.; MILLER, J. A., y FITCH, F. J.: *Sequence and Geochronology of the Kenya Rift volcanic*. Tectonophysics, 11:191-215 (1970).

BARTH, T. F. W.; RAMBERG, I. B.: *The Fen Circular Complex*, pp. 225-260. En: Tuttle, O. F., y Gittins, J. (ed.): «Carbonatites» (1966).

EDEL, J. B.; FUCHS, K.; GELBKE, C., y PRODEHL, C.: *Deep Structure of the Southern Rhinegraben Area from Seismic Refraction Investigations*. J. Geophys., 41:333-356 (1975).

GRIFFITHS, D. H.; KING, R. F.; KHANN, M. A., y BLUNDELL, D. J.: *Seismic refraction line in the Gregory Rift*. Nature, 229:69-71 (1971).

JULIVERT, M.; FONTBOTÉ, J. M.; RIBEIRO, A., and CONDE, L.: *Memoria del Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid (1974).

JUNG, J., y BROUSSE, R.: *Les provinces volcaniques néogènes et quaternaires de la France*. Bull. Serv. Carte Geol. France, 59, núm. 267:1-61 (1962).

KISELEV, A. I.; GOLOVKO, H. A., y MEDVEDEV, M. F.: *Petrochemistry of Cenozoic basalts and associated rocks in the Baikal rift zone*. Tectonophysics, 45:49-60 (1978).

MUELLER, St.: *A New Model of the Continental Crust*. Geophysical Monograph 20, The Earth's Crust, American Geophysical Union, Washington, D. C., p. 289-817 (1977).

NEUMANN, E.: *Petrology of the plutonic rocks*. Norges Geologiske undersokelse, núm. 337, Bull. 45:25-34 (1977).

PERRIER, G., y RUEGG, J. C.: *Structure profonde du Massif Central Français*. Ann. Geophys., 29, 4:435-502 (1973).

PUZYREV, N. N.; MANDELBAUM, M. M.; KRYLOV, S. V.; MISHENKIN, B. P.; PETRIK, G. V., y KRUPSKAYA, G. V.: *Deep structure of the Baikal and other continental rift zones from seismic data*. Tectonophysics, 45:15-22 (1978).

RAMBERG, I. B., y LARSEN, T. B.: *Tectonomagmatic evolution*. Norges Geologiske undersokelse, 337, Bull. 45:55-74 (1977).

SHEYNMANN, YU. M.; APEL'TSIN, F. R., y NECHAYEVA, YF. A.: *Alkalic Intrusions, Their Mode of occurrence and Associated Mineralization* (en ruso). Geologica Mestorozhdenil Redkikh Elementov, 12-13, Moscow, 177 pp. (review in Int. Geol. Rev., 5:451-8) (1961).

SIGURDSSON, H.; SCHILLING, J. G., y MEYER, P. S.: *Skagi and Lanyjökull Volcanic Zones in Iceland, 1, Petrology and Structure*. J. Geophys. Res., 83:3971-3982 (1978).

SORENSEN, H.: *The Alkaline Rocks*. J. Wiley and Sons., 622 páginas (1974).

TRYTI, J., y SELLEVOLL, M. A.: *Seismic Crustal Study of the Oslo Rift*. Pure and Applied Geophysics, vol. 115/4: 1061-1085 (1977).

WERNER, D., y DOEBL, F.: *Eine geothermische Karte des Theingraben un tergrundes*. En: Illies, J. H., y Fuschs, K. (ed.): Approaches to Taphrogenesis, 182-191, Schweizerbart, Stuttgart (1974)).

WIMMENAUER, W.: *The alkaline province of Central Europe and France*, 238-270. En: Sorensen, H. (ed.): «The Alkaline Rocks. J. Wiley and Sons. (1974)).

Recibido: 27 de octubre de 1979

Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución

Por M.^a A. BUSTILLO (*) y A. LA IGLESIA (**)

RESUMEN

Muestras de sílex de cuarzo con distintas edades, texturas y rocas asociadas (calizas, dolomías o yesos) son estudiadas por difracción de rayos X, para la determinación de su índice de cristalinidad. Los resultados obtenidos demuestran que los índices de cristalinidad son dependientes de la naturaleza de la roca afectada por la silicificación. Cuando ésta es de naturaleza calcárea, los cuarzos producidos tienen índices de cristalinidad más altos que cuando es yesífera. Esto es explicable porque los cuarzos originados en ambiente yesífero pueden poseer más cantidad de impurezas que los originados en ambiente calcáreo. Los índices de cristalinidad servirían entonces para determinar ambientes de sustitución.

ABSTRACT

X-ray diffraction studies of chert formed by silicification, with several textures, ages and host-rocks, indicate that the indices of crystallinity of quartz are different. These indices of crystallinity are independent of age and textures of chert, but they depend on the litology of host-rock affected by silicification. If the host-rock is calcareous the indices will be higher than if it is gypseous. This could be explained by the possible existence of more impurities in the quartz formed from gypsum than in the quartz formed from calcareous rock. Then index of crystallinity of quartz could indicate environments of substitution.

INTRODUCCION

Las rocas silíceas sedimentarias formadas por cuarzo, plantean diversos problemas cuando se observan en la columna geológica. En su estudio nos podemos hacer las siguientes preguntas: ¿se ha formado el cuarzo directamente por sustitución o proviene de una fase opalina anterior? ¿pueden las rocas silíceas en sí mismas, por sus caracteres texturales o estructurales, reflejar el tipo de roca que sustituyeron o el ambiente en que se produjo esta sustitución? Toda esta problemática se mantiene desde finales del siglo pasado, cuando se comenzó el análisis de sus minerales y texturas.

Con objeto de aportar soluciones a los problemas anteriormente comentados, se ha estudiado

estadísticamente la variación de la cristalinidad de diversas muestras de cuarzo procedentes de distintas rocas silíceas. En este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos sobre la variación de la cristalinidad del cuarzo en función de la roca en que los sílex aparecen incluidos.

ANTECEDENTES

Los intentos de encontrar caracteres que sirvan para determinar la génesis de las rocas silíceas de sustitución se han dirigido hacia el estudio de las texturas y minerales que estas rocas presentan. Los trabajos más representativos en este campo son los de LACROIX (1901, 1962) y CAYEUX (1929) a comienzos de siglo. Estos autores advierten que algunas texturas de cuarzo aparecen preferentemente en ciertos tipos de roca. MILLOT (1960) resalta de una manera especial la influencia que tiene la roca afectada por una silicificación sobre el tipo de minerales silíceos que se forman.

En cuanto a la incidencia de la composición química del medio en la cristalización del cuarzo, se conocen pocos datos y los que se conocen son contradictorios. HARDER (1970) estudia la síntesis del cuarzo a temperatura ambiente empleando disoluciones muy diluidas de SiO_4H_4 y cationes de transición (Fe, Co, Mn), en medio clorurado y pH ácido. En estas condiciones, elevando el pH hasta neutralidad cristaliza cuarzo acompañado de quartzina. FOLK y PITTMAN (1971) hablan de «ambiente de sustitución» y elaboran una teoría general en la que el pH y la concentración de sílice de las soluciones de ataque son factores determinativos de las texturas silíceas que se constituyen. Y así, para una concentración de sílice dada, en ambientes que van de neutros a ácidos o no sulfatados se origina calcedonita, y en ambientes sulfatados o alcalinos se forman quartzina y lutecita. Esta hipótesis está en contradicción con los resultados obtenidos por HARDER referentes a la precipitación de quartzina. BUSTILLO (1976) observa que en la Cuenca del Tajo el esquema general dado por FOLK y PITTMAN (1971) no se cumple en una alta proporción de casos.

METODOLOGIA

Se han estudiado muestras de sílex incluidas en calizas, yesos y dolomías. La mayoría de ellas son miocenas, pudiendo asegurar que las rocas que las sustentan no han sufrido grandes transformaciones en cuanto a su naturaleza. Se escogieron además sílex de otras edades con objeto de ver si el factor tiempo influía en el índice de cristalinidad.

Para realizar el estudio de cristalinidad se han seleccionado de un total de 60 muestras las 25 que aparecen en la tabla I. Esta selección se llevó a cabo estudiando la composición mineralógica de cada una de las muestras por difracción de rayos X y rechazando aquellas que tuvieran contenidos apreciables de arcillas, yeso u otras fases silíceas (cristobalita y tridimita). En el caso de muestras con un contenido apreciable de carbonatos, se procedió a su eliminación sometiendo el polvo de la muestra a un ataque con ClH al 10 por 100 en caliente.

Las muestras seleccionadas, después de estos controles, tienen una pureza que oscila entre el 98 y el 100 por 100.

En todos los tratamientos de purificación y aná-

lisis se empleó muestra molida y tamizada con un tamaño de partícula inferior a 53μ . Para el estudio de la cristalinidad se mezclaron íntimamente las muestras de cuarzo con fluorita en una proporción 3:1. Para asegurar la mezcla íntima de las fases sólidas se usó un vibrador, Glen Creston, agitando las mezclas en viales de polietileno durante 10 minutos. Se ha escogido fluorita como standard interno, porque de acuerdo con AYLLON et al. (1976) la mezcla Q-F tiene pocas posibilidades de orientación selectiva. A pesar de ello se ha procurado emplear siempre la misma carga en el porta-muestras y evitar en lo posible orientaciones debidas a presiones laterales.

Las medidas de cristalinidad se han realizado en un difractómetro Philips P.W. 1130/1050/1051 equipado con un sistema discriminador de altura de impulsos y sistema de rendijas de 1° , 01 mm , 1° . Se ha usado radiación Cu K filtrada con Ni y una velocidad de exploración de $0,5^\circ/\text{minuto}$.

El índice de cristalinidad se ha calculado por la fórmula propuesta por GREGG et al. (1977):

$$I_c = \frac{\text{AQ}(101) \cdot \text{AF}(220)}{\text{Peso Q} / \text{Peso F}}$$

Donde el AQ(101) corresponde al área del efecto del cuarzo a $3,34 \text{ \AA}$, y AF(220) es el área del efecto de la fluorita a $1,93 \text{ \AA}$. De acuerdo con AYLLON et al. (1976) en nuestro caso se ha empleado en lugar de la reflexión (220) de la fluorita, la reflexión (111) con un espaciado de $3,15 \text{ \AA}$. El uso de esta reflexión tiene la ventaja de que al estar muy próxima a la $3,34$ del cuarzo influye poco el factor de absorción de la muestra. Por otra parte, las intensidades de las dos reflexiones son similares y la (111) se afecta poco por la orientación.

Para la medida de las áreas de los efectos de difracción se ha empleado el método de triangulación en lugar del de conteo de impulsos usado por GREGG et al. (1977). Según LA IGLESIA y MALO SASTRE (1977) los errores de medida de esta determinación son inferiores al 3 por 100. Por último es necesario advertir la necesidad de realizar a la vez todas las determinaciones de difracción, para evitar la influencia de condiciones externas en la medida. En una misma muestra, los índices calculados pueden diferir del orden del 20 por 100, cuando las medidas se realizan con un intervalo de tiempo de varias semanas.

(*) Departamento de Petrología. Facultad C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

(**) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnía. Facultad C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el análisis de cristalinidad se recopilan en la tabla I, donde se ex-

presas además las rocas que incluyen a los sílex, las texturas microscópicas que estos presentan y la edad.

TABLA I

Muestra	Roca que la incluíta	Texturas microscópicas	Edad	Índice	Localidad
0-2	Caliza	Quartzina y cuarzo mosaico de tamaño variable	Mioceno	2,47 ± 0,03	Nuevo Baztán
0-10	Caliza	Quartzina y cuarzo mosaico de tamaño variable	Mioceno	2,32 ± 0,03	Nuevo Baztán
BI-2	Caliza	Calcedonita y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Mioceno	2,18 ± 0,03	Brihuega
BI-12	Caliza	Calcedonita y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Mioceno	2,01 ± 0,03	Brihuega
RU-2	Caliza	Calcedonita, quartzina y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Mioceno	2,08 ± 0,03	Romancos
R-17	Caliza	Calcedonita mal formada y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Mioceno	2,50 ± 0,03	Rieves
M4-S	Caliza	Calcedonita mal formada y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Dogger	2,48 ± 0,03	Sagunto
M7-S	Caliza	Calcedonita mal formada y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Dogger	1,97 ± 0,03	Sagunto
VG-1	Caliza	Cuarzo en mosaico de tamaño variable y calcedonita ocasional	Devónico	2,34 ± 0,03	Vega de Gordon
Al-1	Dolomía	Calcedonita mal formada y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Cretácico	1,82 ± 0,03	Alarcón
MA-3	Dolomía	Quartzina y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Mioceno	1,94 ± 0,03	Bargas
M-1	Dolomía	Calcedonita y cuarzo en mosaico de tamaño variable	Muschelkal	1,68 ± 0,03	Medinaceli
TA-3	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,25 ± 0,03	Belinchón
TA-1	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	0,93 ± 0,03	Belinchón
T-8	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,12 ± 0,03	Perales de Tajuña
T-11	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,22 ± 0,03	Perales de Tajuña
BREA-2	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,00 ± 0,03	Brea de Tajo
OR-21	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,55 ± 0,03	Orusco
OR-2	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,51 ± 0,03	Orusco
OR-5	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,37 ± 0,03	Orusco
YE-7	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,45 ± 0,03	Yebra
YE-2	Yeso	Quartzina, cuarzo en rosetas, cuarzo en mosaicos y calcedonitas muy aisladas y ocasionales	Mioceno	1,56 ± 0,03	Yebra
A-1	Yeso	Cuarzo en mosaico microcristalino	Oligoceno	1,62 ± 0,03	Aleas
A-2	Yeso	Quartzina y lutecita ocasionales	Oligoceno	1,61 ± 0,03	Aleas
U-1	Yeso	Cuarzo en mosaico microcristalino, quartzina, lutecita y calcedonita ocasional	Eoceno	1,44 ± 0,03	Uldemollins

Estos resultados, ordenados según el tipo de roca portadora, permiten definir claramente dos niveles en cuanto a cristalinidad. Se observa que los cuarzos de los sílex incluidos en calizas tienen un índice de cristalinidad superior a 2. Este índice es inferior a 1,5 en el caso de los cuarzos incluidos en yesos, ocupando los incluidos en dolomías valores intermedios.

La única excepción de este comportamiento general la constituye la muestra M 7-S, con un índice de cristalinidad de 1,97. Esto es explicable porque el análisis químico manifiesta que contiene un 5 por 100 de óxidos de Fe. Un alto contenido en un ión pesado, modifica ampliamente el coeficiente de absorción de la muestra justificando la desviación encontrada.

En la muestra 0-2 se han realizado varias determinaciones de la cristalinidad con el fin de controlar el error de la medida. Con estos valores se ha elaborado un estudio estadístico de la reproducibilidad del método, el cual se muestra en la Tabla II.

TABLA II

ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LAS MEDIDAS REALIZADAS EN LA MUESTRA 0-2

IQ/IF	δ	δ^2
2,50	-0,03	0,0009
2,60	-0,13	0,0169
2,36	0,11	0,0121
2,56	-0,09	0,0081
2,32	0,15	0,0225
2,48	-0,01	0,0001
2,47		0,0606

error cuadrático medio:

$$M = \sqrt{\frac{\delta^2}{n(n-1)}} = \pm 0,05$$

error probable = ± 0,03

DISCUSION

El análisis de los resultados señala que no existe relación entre índices de cristalinidad y edad, ni entre estos y texturas.

El primer carácter observable es que los sílex incluidos en yesos tienen índices de cristalinidad inferiores a los incluidos en caliza. Este aspecto es interesante sobre todo porque los estudios microscópicos reflejan que las texturas de los sílex de los yesos, están «mejor formados» en el sentido en que esta morfología puede ser establecida mediante microscopio óptico. Y así, recordamos aquí los típicos mosaicos de cuarzo que se producen en la sustitución de yesos (fig. 1).

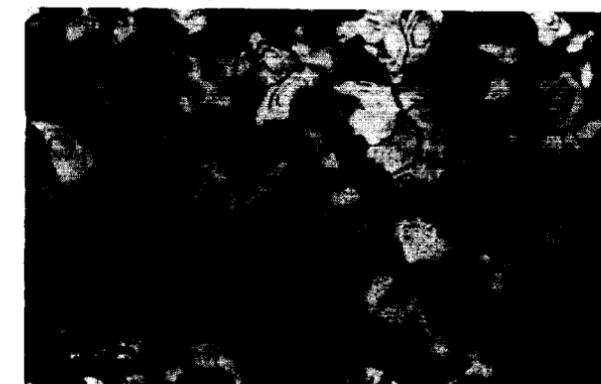


Figura 1.—Sílex de cuarzo producido en la sustitución de un yeso. Obsérvense las discontinuidades que señalan formas euédrales. Orusco NX × 16.

En estos mosaicos muchas veces se observa que dentro de los cristales existen «discontinuidades» que señalan formas euédrales con varios períodos de crecimiento, lo que supone lentitud de precipitación. La menor cristalinidad es entonces explicada por la presencia de impurezas dentro de la red cristalina o incluso entre los cristales. De hecho estas «discontinuidades» dentro de fibras de cuarzo son atribuidas por algunos autores, como FRONDEL (1978), a impurezas iónicas.

Debido a que la solubilidad del yeso $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en las condiciones óptimas de formación del cuarzo (pH 6 a 9) es muy superior a la solubilidad de la calcita, los cuarzos formados en medios sulfatados tendrán una composición química más compleja que los formados en medios donde está presente la calcita.

Este porcentaje superior de impurezas en un cuarzo procedente de yeso, disminuye las intensidades de los efectos de difracción, poniéndose de manifiesto por esta técnica una cristalinidad menor que otro formado por sustitución de una caliza. Esta disminución de la cristalinidad puede ser in-

Estos resultados, ordenados según el tipo de roca portadora, permiten definir claramente dos niveles en cuanto a cristalinidad. Se observa que los cuarzos de los sílex incluidos en calizas tienen un índice de cristalinidad superior a 2. Este índice es inferior a 1,5 en el caso de los cuarzos incluidos en yesos, ocupando los incluidos en dolomías valores intermedios.

La única excepción de este comportamiento general la constituye la muestra M 7-S, con un índice de cristalinidad de 1,97. Esto es explicable porque el análisis químico manifiesta que contiene un 5 por 100 de óxidos de Fe. Un alto contenido en un ión pesado, modifica ampliamente el coeficiente de absorción de la muestra justificando la desviación encontrada.

En la muestra O-2 se han realizado varias determinaciones de la cristalinidad con el fin de controlar el error de la medida. Con estos valores se ha elaborado un estudio estadístico de la reproducibilidad del método, el cual se muestra en la Tabla II.

TABLA II

ESTUDIO ESTADISTICO DE LAS MEDIDAS REALIZADAS EN LA MUESTRA O-2

IQ/IF	δ	δ^2
2,50	-0,03	0,0009
2,60	-0,13	0,0169
2,36	0,11	0,0121
2,56	-0,09	0,0081
2,32	0,15	0,0225
2,48	-0,01	0,0001
2,47		0,0606

error cuadrático medio:

$$M = \sqrt{\frac{\delta^2}{n(n-1)}} = \pm 0,05$$

error probable = $\pm 0,03$

DISCUSION

El análisis de los resultados señala que no existe relación entre índices de cristalinidad y edad, ni entre estos y texturas.

El primer carácter observable es que los sílex incluidos en yesos tienen índices de cristalinidad inferiores a los incluidos en caliza. Este aspecto es interesante sobre todo porque los estudios microscópicos reflejan que las texturas de los sílex de los yesos, están «mejor formados» en el sentido en que esta morfología puede ser establecida mediante el microscopio óptico. Y así, recordamos aquí los típicos mosaicos de cuarzo que se producen en la sustitución de yesos (fig. 1).



Figura 1.—Sílex de cuarzo producido en la sustitución de un yeso. Obsérvense las discontinuidades que señalan formas euhedrales. Orusco NX $\times 16$.

En estos mosaicos muchas veces se observa que dentro de los cristales existen «discontinuidades» que señalan formas euhedrales con varios períodos de crecimiento, lo que supone lentitud de precipitación. La menor cristalinidad es entonces explicada por la presencia de impurezas dentro de la red cristalina o incluso entre los cristales. De hecho estas «discontinuidades» dentro de fibras de cuarzo son atribuidas por algunos autores, como FRONDEL (1978), a impurezas iónicas.

Debido a que la solubilidad del yeso $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en las condiciones óptimas de formación del cuarzo (pH 6 a 9) es muy superior a la solubilidad de la calcita, los cuarzos formados en medios sulfatados tendrán una composición química más compleja que los formados en medios donde está presente la calcita.

Este porcentaje superior de impurezas en un cuarzo procedente de yeso, disminuye las intensidades de los efectos de difracción, poniéndose de manifiesto por esta técnica una cristalinidad menor que otro formado por sustitución de una caliza. Esta disminución de la cristalinidad puede ser in-

dependiente de la morfología y tamaño de los cristales.

La hipótesis de que los sílex de cuarzo producidos a partir de caliza poseen pocas impurezas puede corroborarse, en parte, por los datos químicos aportados por MAXWELL (1963), donde se advierte que aquellas muestras de sílex de cuarzo que no tienen otros minerales distintos a la sílice, las impurezas no llegan al 0,5 por 100.

Hay pocos estudios específicos de la variación de la cristalinidad observada por difracción de Rayos X en función de las impurezas químicas presentes en el mineral (partículas absorbidas o iones sustituyentes o intersticiales). EISMA y VAN DER GAAST (1971) estudian la incidencia de varios contaminantes en la cristalinidad de una cristobalita (cristalinidad medida por difracción de Rayos X, mediante la altura del pico a 4,04 Å). En este trabajo se pone de manifiesto que la adición de pequeñas cantidades de iones (Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺) disminuye marcadamente la altura del efecto de difracción y que esta disminución es mayor que la calculada teóricamente por la regla de mezclas. Las mayores desviaciones encontradas entre las intensidades experimentales y teóricas, corresponden a aportes iónicos menores al 2 por 100. Estos autores observan el mismo efecto depresivo de intensidades, cuando añaden pequeñas cantidades de minerales (gibbsite, biotita, ilita, etc.).

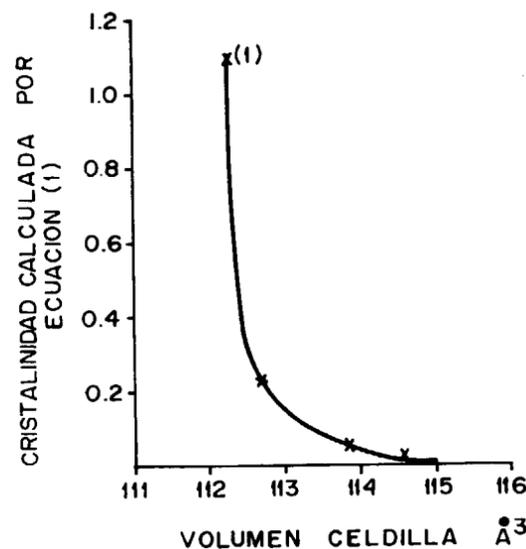


Figura 2.—Relación entre la cristalinidad de varios cuarzos y su volumen de celdilla. Datos de GREG et al. (1977). (1) Volumen de la celdilla teórica para el cuarzo.

En cuanto a la influencia que tiene en la cristalinidad la proporción de iones intersticiales existentes en la red del cuarzo, GREGG et al., (1977) realizan un pequeño estudio midiendo la variación de los parámetros de celdilla en función del índice de cristalinidad calculado por la ecuación (1). A partir de los datos de los anteriores autores (Tabla III) hemos construido la curva de la figura 2, donde se representa la variación de la cristalinidad de varios cuarzos en función del volumen de la celdilla unidad.

TABLA III

DATOS DE GREGG et al. (1977) SOBRE CRISTALINIDAD DEL CUARZO, Y VOLUMEN DE CELDILLA

Muestra	Ic	VÅ³
Q ₁	0,013 ± 0,001	114,6 ± 0,2
Q ₂	0,04 ± 0,01	113,3 ± 0,4
Q ₃	0,23 ± 0,01	112,5 ± 0,1
Q _{standard}	1,1 ± 0,02	112,27

Con los valores de la tabla anterior se puede calcular aproximadamente el porcentaje de impurezas de los cuarzos, si se considera que las densidades para cada especie son similares y que las impurezas entran sólo en la estructura de forma intersticial.

Dado que:

$$d = \frac{M}{N \cdot V_0}$$

donde *d* es la densidad, *M* el peso de la molécula, *N* el número de Avogadro y *V₀* el volumen de la celdilla. Si además la influencia de las impurezas en la densidad es pequeña, podemos afirmar que:

$$\frac{M \cdot Q_{standard}}{V_0 \cdot Q_{standard}} = \frac{M \cdot Q_1}{V_0 \cdot Q_1} = \frac{M \cdot Q_2}{V_0 \cdot Q_2} = \frac{M \cdot Q_3}{V_0 \cdot Q_3} = \text{constante}$$

Tomando como peso molecular del cuarzo 60,084, los resultados que se obtienen para MQ_i están expresados en la siguiente tabla:

TABLA IV

CALCULO DE LAS IMPUREZAS DE LOS CUARZOS EMPLEADOS POR GREGG et al. (1977)

Muestra	M · Q _i	Δ (gramos de impurezas)	% impurezas
Q ₁	61,331	1,247	2,07 ± 0,4
Q ₂	60,635	0,551	0,92 ± 0,2
Q ₃	60,207	0,123	0,20 ± 0,1

$$\Delta = M \cdot Q_i - M \cdot Q_{standard}$$

Con los valores anteriores se representa la curva de la figura 3. En ella se advierte cómo pequeñas adiciones de impurezas se traducen en fuertes disminuciones de la cristalinidad, existiendo dos zonas: una primera, donde pequeños aumentos en la proporción de impurezas (hasta el 0,2 por 100) producen fuertes descensos de la cristalinidad, y una segunda, donde el aumento de la concentración de impurezas determina menores disminuciones. Estos resultados están de acuerdo con los experimentales de EISMA y VAN DER GAAST (1971) sobre cristobalita.

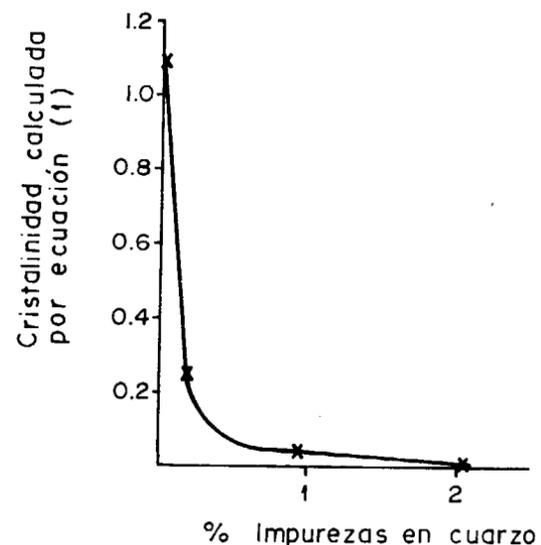


Figura 3.—Relación entre la cristalinidad del cuarzo y el contenido de impurezas. Datos calculados con los resultados de GREGG et al. (1977).

Debido a todo esto, y fundamentalmente a que la variación de la cristalinidad del cuarzo no es función lineal de la concentración de impurezas de la red, relacionar las intensidades de los efectos de difracción con cristalinidades pueden conducir a grandes errores si no se tiene en cuenta las distintas composiciones químicas del cuarzo.

Por último, es necesario señalar que aunque algunos de estos sílex en la actualidad son de cuarzo, este puede haber provenido de un ópalo anterior por envejecimiento. Este hecho a veces es posible asegurarlo, como sucede en el caso de M-1, donde todavía se conserva la estructura de anillos Liesegang (fig. 4) o en el de M-4 y M-7 por el sistema de agrietamiento y frentes de silicificación.



Figura 4.—Anillos Liesegang en sílex de cuarzo. Medinaceli. Foto: J. A. DE LA PEÑA.

Otras veces, sin embargo, puede pasar inadvertido. Los índices de cristalinidad calculados anteriormente no presentan dentro del contexto de los datos ninguna tendencia especial. Debido a su pequeño número no es posible sacar conclusiones generales. Será necesario hacer más estudios sobre este tema para poder determinar cómo afecta el envejecimiento a los índices de cristalinidad.

CONCLUSIONES

El método propuesto en este trabajo, a pesar de presentar el problema de todos los métodos de standard interno aplicados a fases sólidas, es decir, que al variar el standard es necesario realizar una nueva curva de calibrado, puede ser un método decisivo para el estudio de la génesis de los procesos de silicificación. Los resultados obtenidos en el estudio de la cristalinidad del cuarzo en sílex de yesos y calizas, demuestran que la cristalinidad está íntimamente relacionada con la naturaleza de la roca afectada por la silicificación. Este método puede servir entonces para determinar ambientes de sustitución que en la actualidad sólo son estudiados a partir de determinaciones texturales microscópicas, no siempre decisivas.

TABLA IV

CALCULO DE LAS IMPUREZAS DE LOS CUARZOS EMPLEADOS POR GREGG et al. (1977)

Muestra	$M \cdot Q_i$	Δ (gramos de impurezas)	% impurezas
Q ₁	61,331	1,247	2,07 ± 0,4
Q ₂	60,635	0,551	0,92 ± 0,2
Q ₃	60,207	0,123	0,20 ± 0,1

$$\Delta = M \cdot Q_i - M \cdot Q_{\text{standard}}$$

Con los valores anteriores se representa la curva de la figura 3. En ella se advierte cómo pequeñas adicciones de impurezas se traducen en fuertes disminuciones de la cristalinidad, existiendo dos zonas: una primera, donde pequeños aumentos en la proporción de impurezas (hasta el 0,2 por 100) producen fuertes descensos de la cristalinidad, y una segunda, donde el aumento de la concentración de impurezas determina menores disminuciones. Estos resultados están de acuerdo con los experimentales de EISMA y VAN DER GAAST (1971) sobre cristobalita.

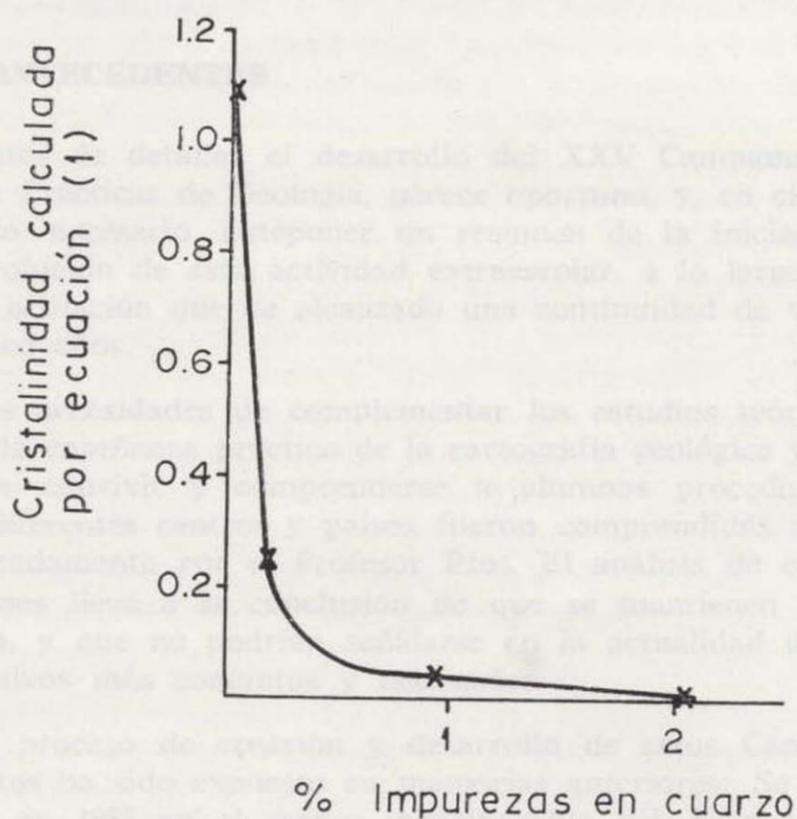


Figura 3.—Relación entre la cristalinidad del cuarzo y el contenido de impurezas. Datos calculados con los resultados de GREGG et al. (1977).

Debido a todo esto, y fundamentalmente a que la variación de la cristalinidad del cuarzo no es función lineal de la concentración de impurezas de la red, relacionar las intensidades de los efectos de difracción con cristalinidades pueden conducir a grandes errores si no se tiene en cuenta las distintas composiciones químicas del cuarzo.

Por último, es necesario señalar que aunque algunos de estos sílex en la actualidad son de cuarzo, este puede haber provenido de un ópalo anterior por envejecimiento. Este hecho a veces es posible asegurarlo, como sucede en el caso de M-1, donde todavía se conserva la estructura de anillos Liesegang (fig. 4) o en el de M-4 y M-7 por el sistema de agrietamiento y frentes de silicificación.



Figura 4.—Anillos Liesegang en sílex de cuarzo. Medinaceli. Foto: J. A. DE LA PEÑA.

Otras veces, sin embargo, puede pasar inadvertido. Los índices de cristalinidad calculados anteriormente no presentan dentro del contexto de los datos ninguna tendencia especial. Debido a su pequeño número no es posible sacar conclusiones generales. Será necesario hacer más estudios sobre este tema para poder determinar cómo afecta el envejecimiento a los índices de cristalinidad.

CONCLUSIONES

El método propuesto en este trabajo, a pesar de presentar el problema de todos los métodos de standard interno aplicados a fases sólidas, es decir, que al variar el standard es necesario realizar una nueva curva de calibrado, puede ser un método decisivo para el estudio de la génesis de los procesos de silicificación. Los resultados obtenidos en el estudio de la cristalinidad del cuarzo en sílex de yesos y calizas, demuestran que la cristalinidad está íntimamente relacionada con la naturaleza de la roca afectada por la silicificación. Este método puede servir entonces para determinar ambientes de sustitución que en la actualidad sólo son estudiados a partir de determinaciones texturales microscópicas, no siempre decisivas.

BIBLIOGRAFIA

- AYLLÓN, M.; MARTÍN POZAS, J. M., y A. LA IGLESIA: *Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de carbonatos romboédricos minerales*. Estudios Geol., 32:155-166 (1976).
- BUSTILLO, A.: *Texturas de las rocas silíceas inorgánicas en ambiente continental y significado genético*. Estudios Geol., 32:371-383 (1976).
- CAYEUX, L.: *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses*. Mem. Carte Geol. France, 558 pp. (1929).
- EISMA, D., y GAAST, S. J. VAN DER: *Determination of opal in marine sediments by X-Ray Diffraction*. Netherlands J. of Sea Research 5 (3):382-389.
- FOLK, R., y PITTMAN, S.: *Length-slow chalcedony: a new testament for vanished evaporites*. Jour. of Sed. Petrology, 41, 4:1045-1058 (1971).
- FRONDEL, C.: *Characters of quartz fibers*. American Mineral., 63:17-27 (1978).
- GREGG, J. M.; GOLDSTEIN, S. T., y WALTERS, L. J.: *Ocurrence of strained quartz in the siliceous frustules of cultured freshwater diatoms*. Jour. of Sed. Petrology, 47, 4:1623-1629 (1977).
- HARDER, M., y FLEHMIG, W.: *Quarzsynthesen bei tiefen temperatures*. Geochim. Cosmoch. Acta, 34:295-305.
- IGLESIA, A. LA, y MALO SASTRE, M.: *Descomposición térmica de algunas schonitas y bloeditas sintéticas*. Estudios Geol. 33:47-55 (1977).
- LACROIX, A.: *Mineralogie de la France et de ses anciens territoires d'outre-mer*. Albert Blanchard, París, 6^{er} (1962).
- MAXWELL, J. A.: *Geochemical study of some chert and related deposits*. Geol. Survey of Canada Bull., 104: 31 pp. (1963).
- MILLOT, G.: *Silice, silix, silicifications et croissance des cristaux*. Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lor 13:129-146 (1960).

Recibido: Abril de 1979

INFORMACION

Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXV Campamento para Prácticas de Geología «José María Ríos». Panticosa 1979.

Por FERNANDO BODEGA, LUIS M.^a RIOS Y JOSE M.^a LANAJA

1. ANTECEDENTES

Antes de detallar el desarrollo del XXV Campamento para Prácticas de Geología, parece oportuno, y, en cierto modo, necesario, anteponer un resumen de la iniciación y evolución de esta actividad extraescolar, a lo largo de una actuación que ha alcanzado una continuidad de veinticinco años.

Las necesidades de complementar los estudios teóricos con la enseñanza práctica de la cartografía geológica y de hacer convivir y comprenderse a alumnos procedentes de diferentes centros y países fueron comprendidas muy acertadamente por el Profesor Ríos. El análisis de estas razones lleva a la conclusión de que se mantienen aún vivas, y que no podrían señalarse en la actualidad unos objetivos más concretos y necesarios.

El proceso de creación y desarrollo de estos Campamentos ha sido expuesto en memorias anteriores: Se iniciaron en 1955 en el marco incomparable del Pirineo de Huesca, que, aparte de una geología variada y poco conocida, presenta el aliciente del paisaje y la posibilidad de encontrar puntos de acampada en áreas desprovistas de accesos para medios mecánicos.

Al Profesor Ríos le mueve una idea original y acertada, pero que, a primera vista parece irrealizable, al no contar con los medios imprescindibles para ponerla en práctica.

En primer lugar, se necesita material para acampada: macutos, tiendas y sacos de dormir, pero también ayuda económica para estancias en hoteles —la idea original,

aún vigente, es dos noches y día intermedio en un hotel, y una noche y dos días de trabajo en campo— y transportes, ya que los participantes, con el pago de una matrícula, no van a poder hacer frente a estos gastos.

Para resolver este problema, recurre a las Empresas que participan entera o parcialmente en trabajos relacionados con la Geología, y consigue unas ayudas que hicieron y hacen posible la realización de los Campamentos, así como una única e inicial asignación oficial.

Y no hay que olvidar que hacia la mitad de los años 50 se carece también de material de trabajo, dificultad que se supera con tesón y con ingenio: es conocidísimo el tipo de martillo, aún utilizado, que diseña para estas actividades; y, por todos los participantes, aquellos estereoscopos de madera con espejos, pesados de manejar y sin permitir aumentos de visión, pero muy claros, en los que les fue posible iniciarse en el estudio de la Foto-geología.

Los Campamentos salen adelante contando con esa «generosa aportación» de las empresas y que tanto se cita en las memorias anuales; con la subida de los costos de la vida, los Campamentos pasan por dificultades, pero no se interrumpe su actividad, aunque es bien cierto que no es posible acceder a todas las solicitudes de asistencia a ellos que se reciben. Algunas empresas elevan sus primitivas aportaciones, y el Profesor Ríos es capaz de comunicar su entusiasmo a los colaboradores que le siguen en cada momento.

Hay que tener en cuenta que también los participantes tuvieron que incrementar su aportación: de 750 pesetas

en 1955 a 12.000 pesetas en 1979. Pero esto no supone que haya habido excluidos por falta de medios económicos, ya que se han venido concediendo becas y medias becas a participantes de cualquier procedencia, que acreditan interés por la actividad y dificultades para el pago de la correspondiente matrícula.

En 1970, el Ministerio crea una plaza de Adjunto de Campamentos y Prácticas de Geología, y concede una ayuda económica de 50.000 pesetas anuales.

En los cinco últimos años, los porcentajes de participación económica se mueven entre estos márgenes:

Empresas, 65 a 70.
Cuotas (matrículas), 21 a 26.
Ayuda Ministerio, 9 a 11.

Entre 1970 y 1977, los Campamentos se celebran con participación extraordinaria de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, Sociedad Anónima.

Desde 1978 y por deseo del Profesor Ríos, la Fundación Benéfico-Docente «Gómez Pardo», adscrita a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, acepta el patronazgo de los Campamentos.

La dirección inmediata sobre el terreno se delega a partir de 1962 en Joaquín del Valle de Lersundi y Juan José García Rodríguez, y, a partir de 1970, en Adriano García-Loygorri Ruiz, secundado por Fernando Bodega Barahona, equipo al que en 1973 queda también incorporado Luis M.^a Ríos Aragüés.

Los frutos están patentes repasando las cifras de participación y completando los nombres con los puestos que ocupan en la actualidad en organismos y empresas nacionales y extranjeras, y en el número y procedencia de los asistentes.

A estos veinticinco Campamentos ha asistido un total de 650 campamentistas, españoles y de otras 24 nacionalidades: Arabia Saudí, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Ecuador, Egipto, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Inglaterra, Italia, Libia, Nigeria, Noruega, Perú, Polonia, República Federal de Alemania, Suiza, Turquía, Yugoslavia y Zaire.

Como instructores, han participado 49 titulados de diversas procedencias.

Como región inicial se eligió el valle del Alto Gállego (Valle de Tena) y desde allí los Campamentos se fueron desplazando hasta los confines de Navarra (Valle del Roncal), saltando luego al valle del Cinca y continuando en dirección Este hacia los confines de la provincia de Lérida. En éste y en el anterior Campamento se ha vuelto a los orígenes en el valle del Gállego, con el fin de revisar y rehacer los primeros estudios en los cuales no se dispuso de la magnífica herramienta que es la fotografía aérea.

Las memorias de actividad, que se han remitido anualmente a las empresas, se encuentran en la Biblioteca de la Cátedra; entre 1955 y 1963, se han publicado en «Notas y Comunicaciones» del IGME; entre 1970 y 1978, se han publicado en el «Boletín Geológico y Minero».

Aparte de estas memorias, los Campamentos han constituido la base de proyectos de fin de carrera y de diversas publicaciones por los Grupos de Trabajo de la Cátedra de Geología, creados en 1973, con el fin principal de dedicar una parte de su esfuerzo a reunir, revisar y poner al día la información acumulada en los Campamentos.

Estos Grupos han realizado, en lo que a temas de los Campamentos se refiere, las siguientes publicaciones:

- «El paso Devoniano-Carbonífero y las atribuciones erróneas al Carbonífero en los ríos Esera y Baliera, provincia de Huesca». Bol. Geol. y Minero, 87, 4, 300-305, 1977.
- «Contribución a la Geología de la Zona Axial Pirenaica, valles del Cinca y Esera, provincia de Huesca». Libro homenaje al Profesor Luis Solé Sabarís. Acta Geológica (en prensa).
- Mapa geológico de España 1:50.000. Segunda serie. Hoja 31-8 Liena. 1979. IGME (en prensa).
- Mapa Geológico de España 1:50.000. Segunda serie. Hoja 31-9 Bielsa. 1979. IGME (en prensa).
- Mapa Geológico de España 1:50.000. Segunda serie. Hoja 30-9 Broto. En preparación. IGME.

Estos trabajos se refieren a la parte oriental del área cubierta por los Campamentos. En estos momentos se trabaja en zonas situadas más hacia el Oeste.

2. ACTIVIDADES EXTRAORDINARIAS

Paralelamente al desarrollo del XXV Campamento, y sin interferir en su marcha normal, ha tenido lugar una serie de actividades extraordinarias de las que se da cuenta brevemente en este epígrafe.

Por cumplirse el veinticinco aniversario del nacimiento de los Campamentos, y por estar cerca el cese en las labores docentes del Profesor Ríos por motivos de jubilación, el equipo coordinador decidió que este año llevara su nombre, como homenaje a su fundador y motor durante tantos años, enviando una invitación a todos los antiguos asistentes para participar en este homenaje.

Desgraciadamente, el cierre del Balneario de Panticosa ocasionó dificultades de alojamiento, impidiendo que la representación hubiera sido más nutrida; no obstante, se recibieron numerosos telegramas, cartas y llamadas telefónicas de adhesión.

Entre los asistentes, y lamentando no citarlos a todos, y en razón a haber participado en no menos de seis Campamentos como alumno, estuvo Bernardo García González, y, entre el sexo femenino, Mary Luz Sómer Martínez que, además de haber asistido a tres Campamentos, ha realizado visitas rápidas a todos los posteriores.

El Profesor Ríos estuvo en Panticosa los días 15, 16 y 17, y, en una segunda fase desde el día 24 hasta la clausura. Quiso tomar parte en la última salida de dos días, a la que se sumaron también antiguos campamentistas y

simpatizantes. En esta salida la acampada, con un total de 13 tiendas, se hizo en una pradera del flanco norte de Sierra Tendeñera, donde se organizó una alegre reunión nocturna alrededor de una gran fogata. A la mañana siguiente, se arrió bandera en un emocionante acto dando fin al XXV Campamento, y en el que el Profesor Ríos besó con profundo respeto el suelo expresando su gran amor a las montañas altoaragonesas y a la *MATER TERRA* del emblema de su Cátedra.

El día 28 se celebró la cena de despedida que reunió a 64 comensales entre participantes de éste y de otros años, familiares e invitados. El Profesor Ríos, en sentidas palabras, expresó en primer lugar su agradecimiento a la Providencia, ya que, en toda la historia de los Campamentos, en un terreno potencialmente tan peligroso, no ocurrió ningún accidente de gravedad mayor que el de simples torceduras. Recordó de manera breve los orígenes y la historia de los Campamentos señalando que las normas de su funcionamiento, prácticamente inalteradas desde su fundación y, por tanto, tan eficaces, habían sido fruto de su largo conocimiento de la montaña y de su experiencia de quince años de intensa dedicación a la geología de campo, cuando concibió la idea de realizar los Campamentos. Expresó su agradecimiento a los compañeros que con su entusiasmo y dedicación contribuyeron a la organización y dirección de los Campamentos en sus diferentes etapas. Se felicitó de la decisión tomada en el VI Campamento de abrir sus puertas a la participación femenina, recalando que, en término medio, la calidad en cuanto a resistencia física y aptitudes o afición geológicas había sido por lo menos igual que la de los hombres. También señaló que de los Campamentos habían resultado varios matrimonios, bien entre campamentistas, bien entre ellos y personas conocidas durante su permanencia en ellos.

Expresó su agradecimiento muy profundo a las numerosas Empresas petroleras y mineras que con sus aportaciones económicas habían hecho posible cada Campamento, algunas desde el primero hasta el último, señalando que habían sostenido fundamentalmente los Campamentos cubriendo las importantes diferencias entre ingresos por matrículas y gastos, por lo que merecían el agradecimiento no sólo de los directores, sino de todos los participantes.

Finalmente, el Profesor Ríos, próximo a jubilarse, se despidió de los presentes, agradeciendo su presencia, y de los Campamentos mismos, ya que quedan acogidos al patrocinio de la Fundación Gómez Pardo.

3. DESARROLLO DEL XXV CAMPAMENTO

Paralelamente, el XXV Campamento tuvo su desarrollo normal como todos los años, bajo la dirección de don Adriano García-Loygorri, Doctor Ingeniero de Minas y Profesor de Prácticas y de Campamentos de la Cátedra de Geología de la Escuela, secundado por Fernando Bodega Barahona, Doctor Ingeniero de Minas, y actuando como instructores Luis M.^a Ríos Aragüés, Doctor Ingeniero de Minas, y José M.^a Lanaja del Busto, Ingeniero

de Minas, estos dos últimos de los Grupos de Trabajo de la Cátedra de Geología de la Escuela.

Este año también, como todos los anteriores desde 1964, Julián Vega Esteban, Ingeniero Técnico de Minas y Maestro de Laboratorio de la Cátedra, desempeñó la labor de secretario con gran eficacia y entrega al espíritu y fines del Campamento.

Para charlas y otras actividades de trabajo, así como proyección de películas de antiguos Campamentos, don José M.^a Lapuente Laguna, Alcalde de Panticosa, cedió amablemente la Sala de Juntas del Ayuntamiento.

Los participantes oficiales, cuya lista se incluye en un apéndice, fueron recibidos en Panticosa el día 10 de julio. Su procedencia se distribuye de la manera siguiente:

Universidad de Lille	2
Universidad de Colonia	1
Universidad de Mainz	1
Universidad de Milán	1
Universidad de Turín	1
Sixth Form College, Worthing, Inglaterra.	1
Universidad de Granada	1
Universidad de Salamanca	1
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid	5
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo	1
Escuela Técnica de Minas de Belmez	1
Escuela Técnica de Minas de Linares	1

Con los dos instructores, secretario y un conductor hacen un total de 21 participantes.

El tiempo fue bastante bueno, por lo que se pudieron realizar todas las salidas previstas. Aparte de dos primeras jornadas de entrenamiento por itinerarios conocidos del año pasado, se efectuaron cuatro salidas de un día y tres salidas de dos días, pernoctando en tienda de campaña.

4. RESULTADOS DEL XXV CAMPAMENTO

El trabajo consistió en la ampliación de la cartografía del Paleozoico realizado el año anterior, efectuándose itinerarios en el alto río Caldará (área de los ibones de Pecico y Azules), vertientes occidental y meridional del macizo de Argüelas, y el área comprendida entre el río Caldará y la Sierra de Tendeñera, es decir, río Bolática, barranco de Piniecho con Los Garranchos de Piniecho, ibón de Catieras, collado de Espelunz, ibón de Mallaruego, pico Escuelas, collado de Tendeñera, río Ripera, Montaña del Verde, ibones de Asnos y Sabocos, y barranco la Travenosa. Asimismo se revisó y modificó la cartografía del año pasado en el área entre las pistas de esquí del Formigal y el pico Anayet.

Actualmente está en preparación un trabajo que reúne la labor realizada en el Paleozoico del Valle de Tena en este Campamento, integrando los datos del Campamento anterior, así como los de los primeros Campamentos.

El Reglamento Orgánico del IGME, en el Boletín Oficial del Estado

ORDEN de 12 de diciembre de 1979 por la que se desarrolla el Reglamento Orgánico del Instituto Geológico y Minero de España.

Ilustrísimos señores:

El artículo 16 del Real Decreto 450/1979, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico del Instituto Geológico y Minero de España como Organismo autónomo, faculta al Ministerio de Industria y Energía para dictar las normas complementarias que se precisen para su ejecución y desarrollo.

Al contemplarse en la estructura orgánica aprobada por dicho Real Decreto las dependencias administrativas de nivel superior, se hace preciso establecer las Unidades con nivel orgánico de Sección y de Negociado, dentro de la organización de los Servicios Centrales del Instituto.

En su virtud, previo informe del Ministerio de Hacienda y con la aprobación de la Presidencia del Gobierno, este Ministerio ha tenido a bien disponer:

Primero.—Las Unidades adscritas a la Dirección del Organismo se estructuran en las siguientes Secciones y Departamentos, éstos últimos con nivel orgánico de Negociado:

1. Secretaría General de la Comisión Nacional de Geología.
— Sección de Relaciones con Organismos.
— Sección de Relaciones con Investigadores.
2. Gabinete Técnico.
— Departamento de Relaciones Externas.
3. Dependiente directamente de la Dirección del Organismo figura, con nivel orgánico de Sección, el Museo del Instituto Geológico y Minero de España, del que depende, a su vez, el Departamento siguiente con nivel orgánico de Negociado:
— Departamento de Conservación y Dotación.

Segundo.—Las Divisiones de la Secretaría General se estructuran en las siguientes Secciones y Negociados:

1. División de Administración Financiera.
 - 1.1. Sección de Gestión Financiera.
— Negociado de Contabilidad y Control Presupuestario.
— Negociado de Habilitación y Recaudación.
 - 1.2. Sección de Contratación Administrativa.
— Negociado de Contratación y Estudios y Obras.
— Negociado de Patrimonio y Adquisiciones.

2. División de Asuntos Generales y Personal.
 - 2.1. Sección de Personal.
— Negociado de Régimen Administrativo.
— Negociado de Régimen Económico y Social.
 - 2.2. Dependiente directamente del Jefe de División, figura el Negociado de Coordinación Administrativa y Régimen Interior.

Tercero.—Las Divisiones de la Dirección de Planificación y Gestión se estructuran en las siguientes Secciones y Departamentos, estos últimos con nivel orgánico de Negociado:

1. División de Programación y Coordinación.
 - 1.1. Sección de Planificación y Coordinación.
— Departamento de Coordinación y Técnica.
— Departamento de Delineación y Reproducciones.
 - 1.2. Dependiente directamente del Jefe de la División, figura el Departamento de Promoción y Gestión de Servicios.
2. División de Informática, Documentación y Difusión.
 - 2.1. Sección de Documentación y Difusión.
— Departamento de Documentación e Información.
— Departamento de Difusión y Publicaciones.
 - 2.2. Sección de Informática y Banco de Datos.
— Departamento de Geomatemática y Aplicaciones Informáticas.
3. Dependientes directamente de la Dirección de Planificación y Gestión, figuran la Oficina Técnica y de Formación de Personal y el Departamento de Tramitación Administrativa, ambos con nivel orgánico de Negociado.

Cuarto.—Las Divisiones de la Dirección de Geología y Técnicas Básicas se estructuran en las siguientes Secciones y Departamentos, estos últimos con nivel orgánico de Negociado:

1. División de Geología General.
 - 1.1. Sección de Cartografía y Geología General.
— Departamento de Cartografía Geológica y Estudios Geológicos Básicos.
— Departamento de Metodologías Cartográficas.
 - 1.2. Sección de Geología Marina.
— Departamento de Cartografía y Estudios de Geología Marina.
 - 1.3. Sección de Infraestructura Geológica.
— Departamento de Estratigrafía.
— Departamento de Geología Estructural y Petrología.
— Departamento de Geomorfología.

2. División de Técnicas Básicas y Especiales.
 - 2.1. Sección de Prospección Geofísica y Geoquímica.
— Departamento de Prospección Geoeléctrica, Magnética y Diagrafías.
— Departamento de Prospección Sísmica y Gravimétrica.
— Departamento de Prospección Geoquímica y Mineralometría.
 - 2.2. Sección de Laboratorios Generales.
— Departamento de Química Analítica.
— Departamento de Rayos X y Estudios Isotópicos.
 - 2.3. Sección de Sondeos y Servicios Comunes.
— Departamento de Sondeos y Labores Mineras.
— Departamento de Parque de Maquinaria, Vehículos y Talleres.
3. Dependiente directamente de la Dirección de Geología y Técnicas Básicas figura la Secretaría Técnico-Administrativa, con nivel orgánico de Negociado.

Quinto.—Las Divisiones de la Dirección de Recursos Minerales se estructuran en las siguientes Secciones y Departamentos, estos últimos con nivel orgánico de Negociado:

1. División de Infraestructura Metalogenética y Minera.
 - 1.1. Sección de Inventarios y Economía de Recursos Minerales.
— Departamento de Metalogenia y Cartografía de Recursos Minerales.
— Departamento de Catalogación de Recursos Minerales.
2. División de Investigación de Recursos Minerales.
 - 2.1. Sección de Recursos Energéticos.
— Departamento de Combustibles Sólidos.
— Departamento de Rocas Bituminosas e Hidrocarburos.
 - 2.2. Sección de Recursos Minerales no Energéticos.
— Departamento de Recursos Metálicos.
— Departamento de Recursos no Metálicos.
 - 2.3. Sección de Minerales y Rocas Industriales.
— Departamento de Materiales de Construcción.
3. División de Desarrollo Minero y Mineralurgia.
 - 3.1. Sección de Tecnología de Laboreo y Geomecánica Minera.
— Departamento de Laboreo.
 - 3.2. Sección de Tecnología Mineralúrgica y Tratamientos Especiales.
— Departamento de Mineralurgia.

4. Dependiente directamente de la Dirección de Recursos Minerales figura la Secretaría Técnico-Administrativa, con nivel orgánico de Negociado.

Sexto.—Las Divisiones de la Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia se estructuran en las siguientes Secciones y Departamentos, estos últimos con nivel orgánico de Negociado.

1. División de Aguas Subterráneas.
 - 1.1. Sección de Cartografía y Técnicas Hidrogeológicas.
— Departamento de Cartografía Hidrogeológica e Investigación de Acuíferos.
— Departamento de Hidrodinámica Subterránea y Modelos de Simulación.
— Departamento de Geotermismo.
 - 1.2. Sección de Evaluación, Gestión y Protección de Acuíferos.
— Departamento de Evaluación y Control de Acuíferos.
— Departamento de Prevención a la Contaminación.
 - 1.3. Sección de Captaciones y Operaciones Especiales.
— Departamento de Captaciones, Tratamientos y Ensayos de Bombeos.
2. División de Geología Aplicada a la Ingeniería.
 - 2.1. Sección de Cartografía Geotécnica y Estudios Especiales.
— Departamento de Cartografía Geotécnica.
— Departamento de Estudios Especiales y Estructuras Subterráneas.
 - 2.2. Sección de Técnicas y Laboratorios Geotécnicos.
— Departamento de Mecánica de Suelos.
— Departamento de Mecánica de Rocas.
3. Dependientes directamente de la Dirección de Aguas Subterráneas y Geotecnia figuran la Sección de Estudios Especiales para Ordenación Territorial y, con nivel orgánico de Negociado, la Secretaría Técnico-Administrativa.

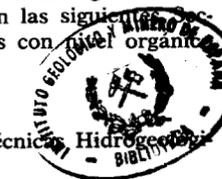
Lo que comunico a VV. II. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a VV. II. muchos años.

Madrid, 12 de diciembre de 1979.

BUSTELO Y GARCIA DEL REAL

Ilmos. Sres. Subsecretario del Departamento, Comisario de la Energía y Recursos Minerales y Director del Instituto Geológico y Minero de España.



Noticias

REUNIONES CIENTIFICAS

PRIMERA REUNION REGIONAL SOBRE LA GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL DUERO

Del 2 al 7 de julio de 1979 se celebró en Salamanca la Primera Reunión del Duero. Ha sido promovida por los Departamentos de Estratigrafía de la Universidad de Salamanca y Oviedo y la División de Geología del Instituto Geológico y Minero de España, y organizado por el Departamento de Estratigrafía de Salamanca.

Los días 2 y 3 se dedicaron a las sesiones científicas, y los días 4, 5 y 6, a excursiones.

Las sesiones científicas (con 39 comunicaciones) fueron agrupadas en los siguientes temas:

Primera sesión.—Geología del zócalo de la Cuenca (seis comunicaciones).

Segunda sesión.—Geología del Terciario de la Cuenca (cuatro comunicaciones).

Tercera sesión.—Paleógeno de la Cuenca (cinco comunicaciones).

Cuarta sesión.—Mioceno de la Cuenca (ocho comunicaciones).

Quinta sesión.—Mioceno de la Cuenca (ocho comunicaciones).

Sexta sesión.—Geomorfología, Hidrología, Edafología y Prehistoria (ocho comunicaciones).

En las excursiones se realizaron un total de 19 paradas, mostrándose en ellas cortes y aspectos del Paleógeno, Mioceno y Cuaternario en la zona de Salamanca, Valladolid y Zamora.

Tanto las jornadas científicas como las de campo tuvieron gran interés para los participantes, que superaron el centenar.

En la Asamblea de clausura se planteó la importancia de realizar estas reuniones periódicamente y que sea el Grupo Español de Trabajo del Terciario el encargado de promoverlas.

II SIMPOSIO NACIONAL DE HIDROGEOLOGIA

En los días 22 y 26 de octubre se celebrará el II Simposio Nacional de Hidrogeología, organizado por el Grupo de Trabajo de Hidrogeología de la Asociación de Geólogos Españoles.

Las comunicaciones presentadas, de acuerdo a los criterios del Comité creado al efecto, se clasificaron, por su temática, en los siguientes grupos:

- 24 comunicaciones de Hidrogeología Regional.
- 21 comunicaciones de Hidroquímica y Contaminación.
- 11 comunicaciones de Hidráulica y Simulación.

— 13 comunicaciones de Gestión, Planificación y/o Economía de Recursos Hidráulicos.

— 14 comunicaciones de Geotermia, Drenajes y/o Recargas.

Este casi centenar de comunicaciones avala el éxito y constata el arraigo que está obteniendo entre los especialistas hidrogeólogos los simposios organizados por el Grupo de Hidrogeología de AGE. Asimismo habrá una mesa redonda sobre Planificación hidráulica, un coloquio sobre la ley de aguas, y conferencias a cargo de los directores del Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) y del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

III REUNION DE LA FEDERACION DE GEOLOGOS EUROPEOS (FEG)

Se celebrará en Madrid, durante los días 16 y 17 de noviembre, la III Reunión de la Federación Europea de Geólogos.

Esta Federación llevó a cabo las dos primeras reuniones en Londres y París, respectivamente, entre los meses de julio del 78 y marzo del 79.

Se discutirán con los representantes de los distintos países participantes los estatutos propuestos por la Asociación de Geólogos ingleses, aceptándose los cinco primeros puntos. Se tiene previsto en Madrid continuar y aprobar los restantes. Además, y como objetivo muy destacable, está el tratamiento de los temas energéticos, trascendentales para la Comunidad Europea, a la que se hará llegar las conclusiones obtenidas.

CURSO DE POSGRADUADOS SOBRE INGENIERIA GEOLOGICA

El Departamento de Geomorfología y Geotectónica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid organiza entre el 25 de febrero y el 27 de mayo de 1980 el I Curso de Posgraduados sobre Fundamentos de Ingeniería Geológica. Para informarse sobre este Curso se pueden dirigir a dicho Departamento, Cátedra de Geodinámica Interna, o en la AGE.

XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE TECNICA HIDROTHERMAL

Durante los días 16 a 21 de julio de 1980, se celebrará en Basilea (Suiza) el XVI Congreso Internacional de técnica hidrotermal, organizado por la «Sociedad Internacional de Técnica Hidrotermal» con la colaboración de la Comisión de aguas minerales y termales de la Asociación Internacional de Hidrólogos (AIH).

Los tres temas programados son: 1.º Las aguas minerales y los establecimientos termales en Suiza. Protección de las aguas minerales y termales. 2.º Utilización de la energía en los establecimientos termales. 3.º Problemas de corrosión en los establecimientos termales, inversiones y progresos en las técnicas hidrotermales e higiene.

CONTAMINACION

CON LA FUERZA DEL VIENTO SE DESALA EL AGUA DEL MAR

Siempre que sople el viento con fuerza suficiente, puede suministrar a través de un generador, energía eléctrica para mover una bomba de émbolo, la cual hace llegar el agua del mar a presión grande a unas membranas semipermeables. De acuerdo con el principio de la ósmosis inversa, estas membranas sólo dejan pasar agua pura, de tal modo que el agua salada muy concentrada, es retenida en el lado de procedencia. Cuanto con más fuerza sople el viento, tanto más agua potable se produce con este proyecto promovido por el Ministerio Federal de Investigación y Tecnología de Alemania.

INVESTIGACION ESPACIAL

CITA CON EL COMETA HALLEY

De acuerdo con los planes actuales, en julio de 1985, cuando esté próximo al sol será puesta en órbita una sonda doble europeo-norteamericana. Por vez primera se utilizará entonces un motor de iones, el cual llevará con un impulso débil, pero continuo el portador de instrumentos hasta las proximidades del cometa Halley. A fines de noviembre, la sonda pasará a unos 100.000 kilómetros del cometa. Para un estudio más detallado de este cuerpo celeste será lanzada entonces una sonda «delegada», la cual se aproximará a una distancia de 1.500 kilómetros al núcleo del cometa propiamente dicho.

A continuación, la sonda «nodriza» describirá una amplia trayectoria elíptica para llegar a una cita con el cometa Tempel-2. Mientras que la sonda del Halley se acercará a su objetivo a una velocidad de casi 60 kilómetros por segundo y pasará así de largo, la sonda nodriza podrá dedicarse con toda tranquilidad a estudiar en 1988 el segundo cometa: la velocidad relativa es menor y, por consiguiente, el peligro de una destrucción de la sonda como consecuencia del impacto de las partículas de polvo lanzadas por el cometa. Se calcula que podrá aproximarse hasta una distancia de 50 kilómetros del núcleo del cometa, lo que le permitirá fotografiar en su superficie objetos del tamaño de una pelota de tenis.

El gran interés de los científicos por estos cuerpos estelares, que la mayor parte de las veces no tienen más que unos pocos kilómetros de radio, se basa en la creencia de que los cometas constituyen residuos de la materia de la que hace aproximadamente 4.500 millones de años surgió

ron la Tierra, el Sol y los planetas. En ningún otro cuerpo celeste se ha conservado tan inalterada la composición originaria de esa materia como en estos «frigoríficos» naturales, integrados por gases y partículas de polvo congelados. Siempre que se aproximan al Sol se evapora la capa externa de gases congelados, liberándose entonces partículas de polvo. La luz solar hace que los gases brillen, y el viento solar los arrastra del núcleo del cometa, produciéndose así la famosa «cola» de gas luminoso. Pero también las partículas de polvo pueden reflejar la luz del Sol y formar una cola luminosa.

En la primera mitad de 1980, la Organización espacial europea, ESA, decidirá su participación en el proyecto citado. Dentro del ámbito de sus tareas le corresponderían el desarrollo y la construcción de la sonda del cometa Halley, que junto con el instrumental correspondiente costaría unos 150 millones de marcos.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

CRISTALES MAGNETICOS EMISORES DE SONIDO

Roland Diehl, Wolfgang Jantz y Wolfram Wettling, del Instituto Fraunhofer de Física Aplicada de los Sólidos, han obtenido borato de hierro, una de las rarísimas sustancias que son transparentes y magnéticas a una temperatura interior normal en cristales de mayor tamaño, con el fin de poder echar una ojeada con la ayuda de la luz en el interior de los imanes, consiguiendo así visibilizar con luz de láser los tonos de los imanes, cuya frecuencia es demasiado alta para poder oírlos.

Según las explicaciones de Wettling las microondas hacen que vibren los electrones como si se tratase, en cierto modo, de imanes elementales dentro de los átomos del cristal, dando así lugar a una «resonancia ferromagnética». La energía de esa vibración de resonancia pasa a través de la envoltura electrónica del átomo a los demás átomos, con ello la red cristalina comienza a vibrar al mismo compás, es decir, se producen ondas sonoras.

Lo sorprendente a este respecto es que el sonido tiene la mitad de la frecuencia de las microondas, debido, según Wettling, a que en el efecto tienen que conservarse la energía y el impulso. Como la resonancia ferromagnética no posee por sí misma ningún impulso, no se produce una onda sonora, sino dos, las cuales discurren en dirección opuesta con media frecuencia y, por consiguiente, con media energía también.

La frecuencia de las nuevas superondas sonoras magnéticas puede variar en una amplia gama, cosa que con la técnica actual no es tan fácil, ya que se basa en el efecto piezo eléctrico de los cristales.

La aplicación más fascinante podría constituir la en el futuro el «microscopio acústico». En este caso atraviesan la preparación ondas sonoras, trazando una imagen notablemente aumentada. Y es que las ondas sonoras pueden enfocarse, lo mismo que los rayos luminosos, a través de cristales esmerilados o láminas preparadas para el microscopio. Las ampliaciones mediante el sonido revelan, por ejemplo, en las preparaciones biológicas contrastes mucho más in-

tenso. No puede ser menor que en el microscopio óptico el grado de resolución. De ahí que los tonos de los cristales magnéticos puedan ser importantes para el microscopio acústico, ya que sus longitudes variables de onda son tan pequeñas como las de la luz visible.

TUNELES ENTIBADOS CON HIELO

Con técnica de congelación horizontal se ha construido en Düsseldorf un túnel de 115 metros de largo, sin el menor detrimento para el tráfico que circula sobre el mismo, destinado a canal de desagüe de cinco metros de anchura por cuatro de altura, que discurre por debajo de una de las calles más frecuentadas de acceso a la ciudad, dotada de siete carriles en ambas direcciones.

Para proteger debidamente a los constructores del túnel, hubo necesidad de construir una especie de tubo gigantesco a base de tierra congelada, conseguido con la introducción de una serie de tubos en torno a la sección transversal del túnel y bombeando a través de ellos un líquido refrigerante hasta que se logró congelar una capa de tierra lo suficientemente gruesa. Dentro de la sección limitada por ese collar de tubos se excavó la tierra y se colocó la estructura definitiva de hormigón armado.

Uno de los problemas principales a resolver fue el de la extraordinaria precisión con que tienen que introducirse horizontalmente en la tierra los tubos para el líquido refrigerante, por ello la punta del tren de sondeo tuvo que ser controlada activamente de una manera prácticamente ininterrumpida. Se han aprovechado en la construcción de túneles horizontales las favorables experiencias recogidas desde hace años en la construcción de pozos verticales por congelación.

HISTORIA DE LA CIENCIA

INVESTIGACIONES SOVIETICAS SOBRE HISTORIA DE LA CIENCIA

El Instituto de Historia de las Ciencias Naturales de la Academia de Ciencias de la URSS, acaba de publicar (1977) el tomo 49 (272 págs.), de la serie «Ciencias Sociales Contemporáneas», el cual fue editado en español.

A cuantos colaboramos en el amplio campo de la Historia de las Ciencias y patrocinado reuniones del inhigo, nos ha interesado este volumen, compuesto de tres partes con un total de 19 aportaciones, tituladas: 1.ª Problemas teóricos sobre historia de las ciencias. 2.ª Historia de las ramas del saber. 3.ª De la historia de la ciencia en la URSS.

El tomo es de una profunda inspiración marsista, a la que se debe el que «la historia de la ciencia se desarrolle activamente como rama del saber». Consideran la reducida

aplicación de las investigaciones históricas anteriores y como una de sus conclusiones más importantes con la que no estamos de acuerdo figura «La historia de la ciencia ha llegado a una situación en que sus historiadores de la Unión Soviética y de otros países socialistas, así como los científicos de mentalidad marsista de los países capitalistas comienzan a desempeñar un papel rector en el desarrollo de las investigaciones histórico-científicas de todo el mundo». Según nuestra modesta opinión, la labor en el campo de la historia de las ciencias, es mayor la de los investigadores no marsistas.—L. DE A.

PERSONAL

CONCESION DE LA ENCOMIENDA DE LA ORDEN DEL MERITO CIVIL A GALVEZ CAÑERO

Ha sido concedida por S.M. el Rey la Encomienda de la Orden del Mérito Civil a nuestro compañero Augusto Gálvez Cañero y González-Luna, como recompensa a su meritoria y dilatada labor profesional, especialmente en el campo de las Aguas Subterráneas, especialidad en la que comenzó trabajando en 1932 en el antiguo Protectorado de Marruecos español, para después continuar en el Instituto Geológico y Minero de España, en donde llegó a desempeñar, durante muchos años, la Jefatura de la División de Aguas Subterráneas, desde donde pasó a Ingeniero Adjunto a la Dirección de dicho Organismo.

Ha representado a España en gran número de Reuniones Internacionales y ha sido finalmente Decano del Cuerpo de Minas.

NUEVOS NOMBRAMIENTOS DE CARGOS EN EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Por Ordenes del Ministerio de Industria y Energía, insertas en el «Boletín Oficial del Estado» de 26 y 28 de septiembre último, se han efectuado los siguientes nombramientos de cargos en el Instituto Geológico y Minero de España.

D. Manuel María Alvarado Arrillaga, funcionario del Cuerpo de Ingenieros de Minas, como Director de Geología y Técnicas Básicas.

D. Fernando Vázquez Guzmán, funcionario no escalafonado del Cuerpo de Ingenieros de Minas, como Director de Recursos Naturales.

D. Jerónimo Abad Fernández, funcionario no escalafonado del Cuerpo de Ingenieros de Minas, como Director de Aguas Subterráneas y Geotecnia.

D. Julio Luquero Clemente, funcionario del Cuerpo General Técnico, como Secretario General Técnico. Todos ellos con nivel orgánico de Subdirector General.

Información legislativa



PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
262	25411	1-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de León por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
262	25401	1-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
262	25411	1-XI-79	I. y E.	RESOLUCIONES de la Delegación Provincial de León por las que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
265	25696	5-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
273	26336	14-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
273	26336	14-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de León por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
273	26336	14-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Logroño por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
274	26435	15-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
284	27390	27-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
290	27961	4-XII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Cáceres por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
290	17967	4-XII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Teruel por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan.
297	28540	12-XII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de León por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita.
297	28540	12-XII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Orense por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
298	28626	13 XII-79	I. y E.	<i>Minerales. Concesiones de explotación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba por la que se hace público el otorgamiento y titulación de la concesión de explotación minera que se cita.
298	28625	13-XII-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
298	28626	13 XII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Gerona por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
299	28731	14-XII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Teruel por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
301	28925	17-XII-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Madrid por la que se hace público el otorgamiento y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan.
HIDROCARBUROS				
265	25690	5-XI-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Concesiones de explotación.</i> —Orden de 22 de octubre de 1979 sobre contrato por el que «Unión Texas España, Inc.» (Unión Texas) y «Getty Oil Co. of Spain, S. A.» (Getty) ceden a «Empresa Nacional de Investigación y Explotación de Petróleos, S. A.» un 35 por 100 en la concesión de explotación de hidrocarburos «Dorada».
265	25688	5-XI-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 11 de octubre de 1979 sobre renuncia parcial del permiso «Asturias D-4», situado en la zona C, subzona b).
265	25690	5-XI-79	I. y E.	ORDEN de 22 de octubre de 1979 sobre contrato por el que «Conspain» cede a «Cities Service» una participación indivisa del 27,5 por 100 en los permisos de investigación de hidrocarburos denominados «Marina del Turia, E, F, G y H» y convenio anexo de colaboración y acuerdo contable.
265	25691	5-XI-79	I. y E.	ORDEN de 22 de octubre de 1979 sobre contrato por el que «Eniespsa» cede a «El Aquitaine» una participación indivisa de un 15 por 100 en la titularidad del permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Barcelona Marina A».
265	25691	5-XI-79	I. y E.	ORDEN de 22 de octubre de 1979 por la que se otorga a «Elf-Aquitaine-Eniespsa» la primera prórroga de los permisos de investigación de hidrocarburos denominados «Golfo de Valencia A a I».
267	25877	7-XI-79	I. y E.	REAL DECRETO 2.550/1979, de 3 de agosto, por el que se otorgan cinco permisos de investigación de hidrocarburos situados en la zona A.
267	25878	7-XI-79	I. y E.	REAL DECRETO 2.552/1979, de 21 de septiembre, por el que se otorgan dos permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona b).
279	26919	21-XI-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Corrección de errores de la Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se anuncia la solicitud de un permiso de investigación de hidrocarburos situado en la zona C, subzona b).

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
295	28367	10-XII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se anuncia la solicitud de un permiso de investigación de hidrocarburos situado en la zona C, subzona b).
303	29103	19-XII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Orden de 17 de noviembre de 1979 sobre solicitud de la prórroga de regularización de los permisos Tarragona «D» y «F», situados en la zona C, subzona a).
312	29842	29-XII-79	I. y E.	<i>Hidrocarburos. Permisos de investigación.</i> —Real Decreto 2.877/1979, de 16 de noviembre, de otorgamiento de un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a).
RESERVAS				
265	25689	5-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Orden de 15 de octubre de 1979 por la que se rectifican las Ordenes de levantamiento de reserva a favor del Estado que no sean de todos los recursos de la sección C).
270	26101	10-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Corrección de errores del Real Decreto 505/1979, de 2 de febrero, por el que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado, para investigación de minerales radiactivos, el área denominada «Zona-57», Duero, Ebro, Tajo, comprendida en las provincias de León, Palencia, Burgos, Alava, Logroño, Navarra, Huesca, Lérida, Barcelona, Gerona, Tarragona, Teruel, Zaragoza, Soria, Guadalajara, Cuenca, Valencia, Toledo, Madrid, Segovia, Avila, Valladolid, Salamanca y Zamora.
275	26528	16-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos de sustancias minerales de cobre, plomo, cinc, oro, plata, molibdeno, níquel, cromo, estaño, wolframio y flúor, en un área de las provincias de Badajoz y Córdoba.
276	26635	17-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de rocas bituminosas en un área de las provincias de Lérida, Barcelona y Gerona.
282	27197	24-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Reservas.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de rocas bituminosas en un área de la provincia de Teruel.
282	27197	24-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de rocas bituminosas en un área de la provincia de Almería.
282	27197	24-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos de minerales radiactivos en un área de las provincias de Córdoba, Sevilla y Badajoz.
282	27197	24-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos de minerales radiactivos en un área de la provincia de Salamanca.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
282	27198	24-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para investigación de plomo, cinc, cobre, bismuto, antimonio, estaño, wolframio, plata, oro, níquel, cobalto, carbón, uranio, barita, fluorita y caolín en un área de las provincias de Ciudad Real, Córdoba y Badajoz.
VARIOS				
182	17980	31-VII-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión a favor de don José María Aradas Font de un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de La Falga, en término municipal de Espoñella (Gerona), para atenciones ganaderas.
193	19041	13-VIII-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don José Villalba Fernández de un aprovechamiento de aguas subálveas del arroyo del Benagalbón, en término municipal de Rincón de la Victoria (Málaga), con destino a riegos.
198	19382	18-VIII-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a don Narciso Camps Pascual de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Tordera, en término municipal de Palafolls (Barcelona), con destino a riego.
198	19381	18-VIII-79	OP. y U.	<i>Centenario de la Ley de Aguas. Premios.</i> —Resolución de la Secretaría General Técnica por la que se convoca concurso público «Centenario de la Ley de Aguas».
202	19812	23-VIII-79	I. y E.	<i>Explosivos.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se incluye en la lista oficial de explosivos industriales autorizados para usos civiles el explosivo, fabricado por «Unión Explosivos Río Tinto, S. A.», denominado comercialmente Riogel-1, y designado oficialmente nitramita 1D.
202	19742	23-VIII-79	P.º G.º	<i>Transporte de mercancías peligrosas por carretera.</i> —Real Decreto 2000/1979, de 29 de junio, sobre normativa de carga y control de la cantidad cargada en el transporte de mercancías peligrosas por carretera.
203	19838	24-VIII-79	P.º G.º	<i>Transporte de mercancías peligrosas por carretera. Reglamento.</i> —Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC), aprobado por Decreto 1999/1979, de 29 de junio. (Continuación.)
204	19933	25-VIII-79	P.º G.º	<i>Transporte de mercancías peligrosas por carretera. Reglamento.</i> —Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC), aprobado por Decreto 1999/1979, de 29 de junio. (Continuación.)
208	20127	28-VIII-79	P.º G.º	<i>Transporte de mercancías peligrosas por carretera. Reglamento.</i> —Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC), aprobado por Real Decreto 1.999/1979, de 29 de junio (conclusión).
211	20618	3-IX-79	I. y E.	<i>Aguas subterráneas.</i> —Orden de 8 de junio de 1979 por la que se crea un perímetro de protección de las aguas subterráneas del sistema acuífero Ascoy-Sopalmo (Murcia).

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
211	20619	3-IX-79	I. y E.	<i>Explotación de yacimientos.</i> —Orden de 21 de junio de 1979 por la que se adjudica a «Minas de Baritina, S. A.» la explotación de yacimientos de barita, en régimen de cesión por arriendo de las zonas determinadas en el «Coto Minero Nacional Carbonell», de la provincia de Córdoba.
212	20700	4-IX-79	I. y E.	<i>Minerales. Permiso de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Soria por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración que se cita.
225	21854	19-IX-79	I. y E.	<i>Oficina de Compensaciones de la Energía Eléctrica.</i> —Real Decreto 2.194/1979, de 3 de agosto, por el que se regula la Oficina de Compensaciones de la Energía Eléctrica (OFICO).
226	21996	20-IX-79	I. y E.	<i>Instalaciones eléctricas.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Soria por la que se autoriza el establecimiento de las instalaciones eléctricas que se citan.
226	21997	20-IX-79	I. y E.	RESOLUCIONES de la Delegación Provincial de Tarragona por las que se autoriza y declara la utilidad pública en concreto de las instalaciones eléctricas que se citan.
228	22215	22-IX-79	I. y E.	<i>Instituto Geológico y Minero de España.</i> —Concurso para adquirir equipo de prospección sísmica.
231	22473	26-IX-79	OP. y U.	RESOLUCION de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se concede a don Juan Vela Gómez un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del río Rélez, en término municipal de Vélez-Málaga (Málaga), con destino a riegos.
241	23437	8-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración que se citan.
241	23437	8-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración que se citan.
241	23437	8-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Madrid por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración que se cita.
251	24335	19-X-79	OP. y U.	<i>Confederaciones hidrográficas.</i> —Real Decreto 2.419/1979, de 14 de septiembre, por el que se determinan la composición y funciones de los órganos de gobierno de las Confederaciones Hidrográficas.
252	24474	20-X-79	M.º Agr.	<i>Conservación de suelos.</i> —Resolución del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza por la que se aprueba el Plan de conservación de suelos de las fincas «Socarrats» y otras, del término municipal de Gratallops, en la provincia de Tarragona.
254	24670	23-X-79	I. y E.	<i>Autorizaciones.</i> —Corrección de errores de la Resolución General de la Energía por la que se otorga a la «Empresa Nacional del Uranio, S. A.» (ENUSA), la autorización previa para una fábrica de combustibles nucleares de óxido de uranio en Juzbado (Salamanca).
254	24661	23-X-79	I. y E.	<i>Gas. Instalaciones y suministros.</i> —Orden de 25 de septiembre de 1979 por la que se otorga concesión administrativa para el servicio público de suministro de gas natural, partiendo del gasoducto de la «Empresa Nacional del Gas, S. A.», en los términos municipales de Zaragoza y Cuarte de Huerva, a las Entidades «Distribuidora de Gas de Zaragoza, S. A.» y «Empresa Nacional del Gas, S. A.» (ENAGAS).

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
254	24661	23-X-79	I. y E.	<i>Productos petrolíferos.</i> —Orden de 24 de septiembre de 1979 por la que se fijan los precios para la venta del petróleo crudo procedente de las concesiones de explotación «San Carlos I y II», «Tarraco», «Dorada» y «Casablanca».
255	24765	24-X-79	I. y E.	<i>Autorizaciones.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Zaragoza por la que se concede autorización administrativa a la «Empresa Nacional del Gas, S. A.» (ENAGAS), para la construcción de las instalaciones correspondientes al ramal de la red de gasoductos para la conducción de gas natural entre Barcelona, Valencia y Vascongadas, situado en la provincia de Zaragoza, de suministro de gas natural a «Española de Placas de Yeso, S. A.» (EPYSA) y comprendido en los términos municipales de Fuentes de Ebro y Quinto de Ebro, de la provincia de Zaragoza.
225	24766	24-X-79	I. y E.	CORRECCION de errores de la Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se otorga a la «Empresa Nacional del Uranio, S. A.» (ENUSA) la autorización previa para una fábrica de concentrados de uranio en Saelices el Chico (Salamanca).
256	24814	25-X-79	M.º Hcda.	<i>Productos petrolíferos.</i> —Corrección de erratas de la Orden de 1 de junio de 1979 por la que se modifican los precios de venta al público de determinados productos petrolíferos en el ámbito del Monopolio de Petróleos.
257	24939	26-X-79	OP. y U.	<i>Aprovechamientos de aguas.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión de un aprovechamiento de aguas subálveas del barranco de Ahulagar, en término municipal de Pájara, isla de Fuerteventura (Las Palmas), para riegos, a favor de don Cristóbal García Blairisy y otros.
257	24941	26-X-79	OP. y U.	RESOLUCION de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a doña Cristina López Benavides y don Antonio López Sánchez, de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Torrox, en término municipal de Torrox (Málaga), con destino a riegos.
257	24942	26-X-79	OP. y U.	RESOLUCION de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la concesión otorgada a don Jacinto Maqueda Morales y hermanas de un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del arroyo de Las Cañadas, en término municipal de Illora (Granada), con destino a riegos.
257	24940	26-X-79	OP. y U.	<i>Autorizaciones.</i> —Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a don Fermín Higuera del Castillo para la continuación de una galería para alumbramiento de aguas subterráneas denominadas «Achacoy II», en término municipal de Candelaria (Tenerife).
258	25046	27-X-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita, de las provincias de Barcelona y Gerona.
258	25046	27-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Salamanca y Avila.
258	25046	27-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración minera que se citan, de las provincias de Salamanca y Cáceres.

«B. O. E.» NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
258	25046	27-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Toledo y Madrid.
258	25046	27-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento del permiso de exploración minera que se cita de las provincias de Huelva y Sevilla.
258	25047	27-X-79	I. y E.	<i>Registros mineros.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de La Coruña por la que se convoca concurso público de registros mineros que han quedado francos dentro de esta provincia.
258	25047	27-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Las Palmas de Gran Canaria por la que se convoca concurso público de registros mineros que han quedado francos dentro de esta provincia.
258	25048	27-X-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Logroño por la que se convoca concurso público de registros mineros que han quedado francos dentro de esta provincia.
262	25411	1-XI-79	I. y E.	<i>Registros mineros.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Guipúzcoa por la que se convoca el concurso público del registro minero que ha quedado franco dentro de esta provincia.
262	25412	1-XI-79	I. y E.	RESOLUCION de la Delegación Provincial de Zamora por la que se convoca concurso público de registros mineros que han quedado francos dentro de esta provincia.
264	25589	3-XI-79	OP. y U.	<i>Madrid. Abastecimiento y saneamiento de la provincia.</i> —Real Decreto 2.528/1979, de 7 de septiembre, sobre el Plan integral de abastecimiento y saneamiento de la provincia de Madrid.
264	25613	3-XI-79	Agrc.	<i>Conservación de suelos.</i> —Resolución del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza por la que se aprueba el Plan de Conservación de Suelos del término municipal de Villalón de Campos, en la provincia de Valladolid.
264	25613	3-XI-79	Agrc.	RESOLUCION del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza por la que se aprueba el Plan de Conservación de Suelos de la finca «La Bobals y otras», del término municipal de Aiguamurcia, en la provincia de Tarragona.
266	25792	6-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Corrección de erratas de la resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración que se citan.
267	25879	7-XI-79	I. y E.	<i>Zonas de preferente localización industrial.</i> —Real Decreto 2.553/1979, de 21 de septiembre, por el que se amplía la posibilidad de acogerse a los beneficios de la zona de preferente localización industrial del territorio de las islas Canarias.
273	26336	14-XI-79	I. y E.	<i>Minerales. Permisos de exploración.</i> —Resolución de la Delegación Provincial de Huelva por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de exploración que se citan.
273	26350	14-XI-79	Agrc.	<i>Conservación de suelos.</i> —Resolución del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza por la que se aprueba el plan de conservación de suelos del término municipal de «Morón de Almazán», en la provincia de Soria.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

J. FOURNIQUET: *Sur le Quaternaire marin et la neotectonique du Campo de Dalías (Andalousie, Espagne)*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 90-97.

El Campo de Dalías está constituido por terrenos del Plioceno medio y superior (biozonas de G. crassaformis y G. inflata) sobre el cual se halla una serie de episodios del Cuaternario marino (Maarifian, Anfatian, Harounian, Ouljian y Mellahian), así como varias formaciones continentales. La totalidad de esos terrenos está afectada para una tectónica muy reciente, bastante fuerte: plegamientos (anticlinal y sinclinal), fracturación, flexuración y deformación con gran radio de curvatura.—L.

PALEONTOLOGIA

JUANA M.^a GOLPE POSSE: *Algunas precisiones sobre la presencia del género microstonyx en España*. Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), núm. 4, págs. 117-118.

Concreta la presencia de este género de la siguiente manera: Microstonyx antiquus, típico, en Cerdany y Seu d'Urgell (Vallesiense inferior-medio); M. antiquus, forma evolucionada, en Terrassa, St. Miquel y Caldes (Vallesiense superior); M. grupo major-erymanthus en Piera y Concup (Turolense).—L. DE A.

JORDI MARTINELL y M.^a JOSÉ MARQUINA: *Señales de depredación en los gasterópodos procedentes de un yacimiento pliocénico de Molins de Rey (Barcelona)*. Implicaciones paleoecológicas. Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), núm. 4, págs. 125-128.

Dan una lista ampliada de la fauna malacológica del yacimiento pliocénico de Plaça de les Bruises (Molins de Rey, Barcelona). Los fenómenos de coacción que se describen, muestran su utilidad a la hora de definir las condiciones ambientales y paleogeográficas del lugar donde habitó la fauna.—L. DE A.

JUAN PONS MOYA y MIGUEL CRUSAFONT PAIRO: *Sobre la identidad de «Canis» Adoxus Martín (1973) y su implicación en el conocimiento del género Vulpes*. Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), núm. 4, págs. 129-132.

Comparan el «Canis» adoxus Martín (1973) con diferentes cánidos del Plioceno y Pleistoceno, en un intento de esclarecer dudas sobre la atribución genérica efectuada por

Martín del cánido de St. Esteve. Los autores al realizar un anterior trabajo mostraban su disconformidad con las hipótesis del mencionado autor, pareciéndoles necesario un estudio más profundo sobre tan interesante forma.—L. DE A.

J. VTE. SANTAFÉ-LLOPIS y M.^a L. CASANOVAS-CLADELLAS: *Los Rinocerótidos de Can Perellada y Can Jofresa*. (Vallesiense terminal de los alrededores de Terrassa, Barcelona, España.) Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), núm. 4, págs. 105-112.

En los alrededores de Terrassa se ha encontrado una interesante fauna de Rinocerótidos cuyo estudio llevó a los autores a asignarlos Aceratherium Simorreense, A. Incivisum, A. Cfr. Incivisum y Dicerorhinus Schleiermacheri. En el trabajo describen las piezas dentarias y óseas halladas y las comparan con las de otros yacimientos del Vallés.—L. DE A.

JORGE AGUSTI BALLESTER: *El Vallesiense inferior de la Península Ibérica y su fauna de roedores (Mamm.)*. Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), núm. 4, págs. 137-141.

Realiza una síntesis de las faunas de Roedores del Vallesiense inferior de la Península Ibérica, incluyendo los datos nuevos relativos a La Seu d'Urgell. Llega a diversas conclusiones sobre provincias paleobiogeográficas, biotopos y bioestratigrafía en este piso.

Durante el Vallesiense, distingue dos provincias biogeográficas: la provincia central y la del Levante. Esta última presenta una fauna de tipo europeo caracterizada por la presencia de Eumyarion y Anomalomys (Cricetidae). La provincia central carece de ambos géneros.

Dos biotopos diferentes pueden así mismo ser diferenciados: uno con Megacricetodon ibericus y otro con Cricetodon. Existe una importante exclusión entre ambos géneros. El biotopo con M. Ibericus se caracteriza por la persistencia de formas ya extintas en otros yacimientos sincrónicos, tales como Fahlbuschia, ausente en el Asturciense de Castell de Barberá.—L. DE A.

J. PONS MOYA y M. CRUSAFONT PAIRO: *El Canis cipio Crusafont (1950), comparación con los cánidos del Pleistoceno europeo*. Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), número 4, págs. 133-136.

Comparan el Canis cipio Crusafont (1950) con las especies del Plioceno y Pleistoceno europeo; dicha comparación los lleva a emparentar la mencionada especie con Canis Etruscus Major (1877). Al mismo tiempo confrontan los

caracteres morfológicos de la dentición del Canis cipio con los de Canis adoxus Martín (1973). Tales caracteres plantean dudas sobre la pertenencia de este último al género Canis. Igualmente describen la carnífera inferior de la especie del Turolense.—L. DE A.

J. MARTINELL: *Archaeogastropoda del Plioceno del Empordà (Girona)*, Descriptiva y sistemática. Acta Geológica Hispánica, t. XIII (1978), núm. 4, págs. 119-124.

Describe siete especies diferentes de Archaeogastropoda (Gastropoda) procedentes de los yacimientos del Empordà, Gerona (España).—L. DE A.

JORDI MARTINELL: *Repartición geográfica y estratigráfica de los Gasterópodos del Plioceno de l'Empordà (Girona, Catalunya)*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), números 4-6, págs. 98-102.

Publica un cuadro de distribución geográfica y estratigráfica de las 115 especies de Gasterópodos conocidos hasta la actualidad en el Plioceno de l'Empordà, Girona.—L.

F. BORJA SANCHIZ: *Catálogo de los anfibios fósiles de España* (noviembre de 1977). Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 103-107.

Presenta un catálogo (hasta noviembre de 1977) de los anfibios fósiles de España, basado en su mayor parte en observaciones personales del autor. El registro actualmente conocido incluye solamente los órdenes Anura y Caudata.

M. A. GEURTS: *Premières données a l'étude palynologique des dépôts calcareux quaternaires en Catalogne*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 86-89.

Los primeros análisis polínicos de los depósitos del cuaternario catalán permiten diferenciar 76 taxones y cuatro conjuntos florísticos que se sitúan entre el pleistoceno antiguo y el subactual.—L.

MINERALOGIA

J. BECH y V. R. VALLEJO: *Contribución al conocimiento de la anapaíta de la Cerdanya*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 113-116.

Estudian mineralógicamente los fosfatos miocénicos de Bellver de la Cerdanya (Lérida). Emplean las técnicas de difracción de rayos X, espectroscopia de emisión y absorción de infrarrojos.

Mediante el estudio roentgenológico determinan que la Anapaíta (FeCa₂(PO₄)₂·4H₂O) como especie mineral en estudio. La espectroscopia de emisión confirma, por una parte, la existencia de los elementos constituyentes de la

fórmula química: P, Ca y Fe, Mn, Al, Si, Mg, Na y Cu como contaminantes. El estudio del espectro de absorción de rayos infrarrojos detecta el grupo fosfato, básico, y la presencia de agua de absorción.—L. DE A.

JULIO SAAVEDRA ALONSO: *Sobre la presencia de silicatos aluminicos (cordierita, andalucita, sillimanita y granate) en granitos de Extremadura Central*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 108-112.

En base a las características de las rocas graníticas consideradas y el medio geológico regional, atribuye un origen ígneo para los silicatos aluminicos estudiados. La cristalización a presiones y temperaturas elevadas dio lugar a la aparición de almandino. Al descender la presión a menos de unos 5 kb se produjo la cristalización de la cordierita y, posteriormente, de la andalucita y sillimanita. A lo largo de esta secuencia, el grado de saturación en volátiles (agua sobre todo) fue aumentando. A presiones inferiores a 2 kb comienza una intensa actividad tardía del potasio que altera a dichos minerales; la moscovitización marca el final de esta etapa y el comienzo de otra más ácida, caracterizada por la actividad del sodio.

ESTEBAN CARDELLACH, AURELIO ALVAREZ-PÉREZ y JOAQUÍN MONTORIOL POUS: *Contribución al conocimiento de la arsenopirita de Liat (Vall d'Aran, Lleida)*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 117-119.

Estudian arsenopiritas procedentes de los yacimientos de Liat (Vall d'Aran, Lleida). La zona está constituida por materiales cambro-ordovícicos y las mineralizaciones se hallan emplazadas en niveles cuarcíticos metamorfizados. El conjunto roca de caja-mineralización aparece afectado por una serie de deformaciones a escala pequeña y grande.

Las arsenopiritas presentan fenómenos de recristalización y formación de maclas centradas, contemporáneas del climax metamórfico. Los esfuerzos deformativos posteriores dieron lugar a la génesis de maclas polisintéticas (201) y a la fracturación de los cristales. Las texturas y estructuras observadas permiten establecer para las fases minerales una historia paralela a la de la roca encajante.—L.

E. CARDELLACH: *Estudio microscópico de las mineralizaciones de Pb-Zn de Liat, Bagergue y Montoliu (Vall d'Aran, Lérida)*. Acta Geológica Hispánica, t. XII (1977), núms. 4-6, págs. 120-122.

Ha llevado a cabo el estudio microscópico de las mineralizaciones de Liat, Bagergue y Montoliu, situadas en el Valle de Arán (Lérida). Este trabajo ha permitido obtener la secuencia paragenética de las especies minerales presentes, así como la descripción por primera vez en esa área de minerales tales como loellingita, freibergita, breithaumita, saflorita y tersdofita. Dan los resultados de los análisis cuantitativos de algunas de las especies presentes.—L.

INDICE DE MATERIAS

(Tomo XC. Año 1979. Fascículos primero a sexto)

	Páginas
GEOLOGIA	
Nota acerca de la existencia de indicios estratoligados de Zn-Pb, en el Ordoviciense superior del extremo SE de la Meseta Hercínica Española, por S. RÍOS ARAGÜES y P. CLAVERÍAS MUÑOZ	1
La flora terciaria del yacimiento de Izarra (Alava) y sus implicaciones cronoestratigráficas, por T. FERNÁNDEZ MARRÓN, A. OLIVE, P. DEL OLMO y J. M. PORTERO	6
Precisiones estratigráficas sobre el Jurásico de la Sierra de Prades (provincia de Tarragona), por E. ORCHE	13
La correlación estratigráfica entre los Mantos de Lújar y del Zujario definidos al S y N de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas), por K. EWERT y F. NAVARRO-VILA	115
El Manto de Murtas al Sur de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas), por F. ALDAYA y K. EWERT	124
Consideraciones tectónicas sobre las fases tardías en Galicia Oriental, por O. APALATEGUI	132
Consideraciones tectónicas y cinemáticas en Galicia Oriental, por O. APALATEGUI	141
El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suroriental, por A. MARTÍN SERRANO y F. J. GARCÍA ABBAD	243
Aspecto geológico del plutonismo geoquímicamente especializado en Extremadura Central (oeste de España), por J. SAAVEDRA	253
Ensayo de modelo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la submeseta meridional, por F. J. GARCÍA ABBAD	275
Análisis sedimentológico de unos depósitos tipo «wadi» en el Plio-Cuaternario de Escorialhuela (Teruel), por L. CARRILLO y J. GISBERT	329
Un ave y otras especies fósiles nuevas de la biofacies de Santa María de Meyá (Lérida), por J. E. GÓMEZ PALLEROLA	333
Nota sobre la presencia de Araucarites sp. en el yacimiento Purbeck del Montsec de Rubies (Lérida), por A. LACASA RUIZ y L. VÍA BOADA	417
Geología del sinclinorio de São Mamede-La Codosera, zona española (provincias de Cáceres y Badajoz), por J. A. SANTOS GARCÍA y J. CASAS RUIZ	420
Sobre la Paleobiología del Vallesiense de la región de Sabadell, por J. M. GOLPE POSSE	432
Aspectos geológicos de la cuenca terciaria de Puentes de García Rodríguez (provincia de La Coruña), por A. MANERA BASSA, J. L. BARRERA MORATE, J. M. CABAL GARCÍA y J. BACELAR	451
Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas, por F. JEREZ MIR	503
Los Hyolitha del Cámbrico y Ordovícico de Sierra Morena y Montes de Toledo y su interpretación Paleozoológica, por M. ^a DOLORES GIL CID	556

MINERIA

Estudio del yacimiento intragranítico de scheelita de La Lapa (Hernán-Pérez), Cáceres, por P. GUMIEL	148
Características del campo filoniano de Calabor (Zamora, España), por J. RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR	285
Estudio de las mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla), por A. GARCÍA VÉLEZ	347
Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago (Toledo) (Terciario continental de la Cuenca del Tajo), por F. ORTÍ CABO, J. J. PUEYO MUR y A. SAN MIGUEL ARRIBAS	374
Descubrimiento, por primera vez en España, de una monacita de facies aberrante portadora de Europio, por C. VAQUERO NAZÁBAL	462
Contribución al estudio metalogénico del Yacimiento «Mina Carmina», San Martín de Oscos (Asturias), por J. GARCÍA IGLESIAS y J. LOREDO PÉREZ	468
Nuevos datos sobre la génesis del yacimiento de lignitos límnicos de Meirana (La Coruña), por A. MALDONADO ZAMORA	468

AGUAS SUBTERRANEAS

Características hidrogeológicas de la cuenca del río Záncara en los alrededores de Alberca de Záncara (Cuenca), por J. GONZÁLEZ MAS y F. LÓPEZ VERA	162
Protección de la calidad de las aguas subterráneas en el acuífero Mesozoico de Segovia, por J. PORRAS MARTÍN	294

GEOMATEMATICA

Nota sobre un banco de datos de ammonites del Jurásico de las Cordilleras Béticas (Andalucía). Paleontología e Informática, por L. SEQUEIROS	380
---	-----

ENERGIA

El mapa español de flujos caloríficos. Intento de correlación entre anomalías geotérmicas y estructura cortical, por J. F. ALBERT BELTRÁN	36
Las corrientes del Estrecho de Gibraltar, una importante fuente de energía, por F. CAÑADA GUERRERO	565

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Estudio comparativo de la petrofábrica de las inclusiones de cuarzo en cristales precinemáticos, por A. APARICIO, J. L. BRANDLE y J. SEMPERE	49
La historia petrológica del Complejo Ultramáfico de Ronda, por S. JOHN DICKEY, JR., y L. DORIAN NICOL	175
Las Granodioritas de El Molar (Madrid), por G. OCHOA RUIZ DE ZUAZO	303
Características mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife), por L. GONZÁLEZ DE VALLEJO, S. LEGUEY JIMÉNEZ y J. A. MEDINA NÚÑEZ	384
Estudio de las mineralizaciones de plomo-zinc-cobre, por A. CARRASCO, R. CASTROVIEJO, M. C. FERNÁNDEZ-LUANCO, L. MARTÍN y S. RÍOS	475
Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución, por M. ^a A. BUSTILLO y A. DE LA IGLESIA	600

Páginas



INDICE DE AUTORES

(Tomo XC. Año 1979. Fascículos primero a sexto)

	Páginas
ALBERT BELTRÁN, J. F.: El mapa español de flujos caloríficos. Intento de correlación entre anomalías geotérmicas y estructura cortical	36
ALDAYA, F., y EWERT, K.: El Manto de Murtas al Sur de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas)	124
APALATEGUI, O.: Consideraciones tectónicas sobre las fases tardías en Galicia Oriental	132
APALATEGUI, O.: Consideraciones tectónicas y cinemáticas en Galicia Oriental.	141
APARICIO, A.; BRANDLE, J. L., y SEMPERE, J.: Estudio comparativo de la petro-fábrica de las inclusiones de cuarzo en cristales precinemáticos	49
BACELAR, J.; MANERA BASSA, A.; BARRERA MORATE, J. L., y CABAL GARCÍA, J. M.: Aspectos geológicos de la cuenca terciaria de Puentes de García Rodríguez (provincia de La Coruña)	451
BARRERA MORATE, J. L.; MANERA BASSA, A.; CABAL GARCÍA, J. M., y BACELAR, J.: Aspectos geológicos de la cuenca terciaria de Puentes de García Rodríguez (provincia de La Coruña)	451
BRANDLE, J. L.; APARICIO, A., y SEMPERE, J.: Estudio comparativo de la petro-fábrica de las inclusiones de cuarzo en cristales precinemáticos	49
BUSTILLO, M. ^a A., y DE LA IGLESIA, A.: Sílex: Relación entre índices de cristali-nidad y ambientes de sustitución	600
CABAL GARCÍA, J. M.; MANERA BASSA, A.; BARRERA MORATE, J. L., y BACELAR, J.: Aspectos geológicos de la cuenca terciaria de Puentes de García Rodríguez (provincia de La Coruña)	451
CAÑADA GUERRERO, F.: Las corrientes del Estrecho de Gibraltar, una importan-te fuente de energía	565
CARRASCO, A.; CASTROVIEJO, R.; FERNÁNDEZ LUANCO, M. C.; MARTÍN, L., y RÍOS, S.: Estudio de las mineralizaciones de plomo-zinc-cobre	475
CARRILLO, L., y GISBERT, J.: Análisis sedimentológico de unos depósitos tipo «wadi» en el Plio-Cuaternario de Escorihuela (Teruel)	329
CASAS RUIZ, J., y SANTOS GARCÍA, J. A.: Geología del sinclinorio de São Mame-de-La Codosera, zona española (provincias de Cáceres y Badajoz)	420
CASTROVIEJO, R.; CARRASCO, A.; FERNÁNDEZ LUANCO, M. C.; MARTÍN, L., y RÍOS, S.: Estudio de las mineralizaciones de plomo-zinc-cobre	475
CLAVERIAS MUÑOZ, P., y RÍOS ARAGÜES, S.: Nota acerca de la existencia de in-dicios estratoligados de Zn-Pb, en el Ordoviciense superior del extremo SE de la Meseta Hercínica Española	1
DICKEY, S. JOHN, JR., y DORIAN NICOL, L.: La historia petrológica del Complejo Ultramáfico de Ronda	175
DORIAN NICOL, L., y S. JOHN DICKEY, JR.: La historia petrológica del Complejo Ultramáfico de Ronda	175
EWERT, K., y NAVARRO-VILA, F.: La correlación estratigráfica entre los Mantos de Lújar y del Zujarío definidos al S y N de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas)	115

	Páginas
EWERT, K., y ALDAYA, F.: El Manto de Murtas al Sur de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas)	124
FERNÁNDEZ LUANCO, M. C.; CARRASCO, A.; CASTROVIEJO, R.; MARTÍN, L., y RÍOS, S.: Estudio de las mineralizaciones de plomo-zinc-cobre	475
FERNÁNDEZ MARRÓN, T.; OLIVE, A.; OLMO, P. DEL; PORTERO, J. M.: La flora ter-ciaria del yacimiento de Izarra (Alava y sus implicaciones cronoestrati-gráficas	6
DE LA IGLESIA, A., y BUSTILLO, M. ^a A.: Sílex: Relación entre índices de cristali-nidad y ambientes de sustitución	600
GARCÍA ABBAD, F. J., y MARTÍN SERRANO, A.: El problema del cierre de la Mese-ta en su ángulo suroriental	243
GARCÍA ABBAD, F. J.: Ensayo de modelo de sistematización morfoestructural de la mitad oriental de la submeseta meridional	275
GARCÍA IGLESIAS, J., y LOREDO PÉREZ, J.: Contribución al estudio metalogéni-co del Yacimiento «Mina Carmina», San Martín de Oscos (Asturias)	462
GARCÍA VÉLEZ, A.: Estudio de las mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla)	285
GIL CID, M. ^a DOLORES: Los Hyolitha del Cámbrico y Ordovícico de Sierra Mo-rena y Montes de Toledo y su interpretación Paleozoológica	556
GISBERT, J., y CARRILLO, L.: Análisis sedimentológico de unos depósitos tipo «wadi» en el Plio-Cuaternario de Escorihuela (Teruel)	329
GOLPE POSSE, J. M.: Sobre la Paleobiología del Vallesiense de la región de Sa-badell	432
GÓMEZ PALLEROLA, J. E.: Un ave y otras especies fósiles nuevas de la biofa-cies de Santa María de Meyá (Lérida)	333
GONZÁLEZ MAS, J., y LÓPEZ VERA, F.: Características hidrogeológicas de la cuenca del río Záncara en los alrededores de Alberca de Záncara (Cuenca).	162
GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.; LEGUEY JIMÉNEZ, S., y MEDINA NÚÑEZ, J. A.: Caracte-rísticas mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife).	384
GUMIEL, P.: Estudio del yacimiento intragranítico de scheelita de La Lapa (Hernán-Pérez), Cáceres	21
JEREZ MIR, F.: Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas.	503
LACASA RUIZ, A., y VÍA BOADA, L.: Nota sobre la presencia de Araucarites sp. en el yacimiento Purbeck del Montsec de Rubies (Lérida)	417
LEGUEY JIMÉNEZ, S.; GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., y MEDINA NÚÑEZ, J. A.: Caracte-rísticas mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife) ...	384
LÓPEZ VERA, F., y GONZÁLEZ MAS, J.: Características hidrogeológicas de la cuenca del río Záncara en los alrededores de Alberca de Záncara (Cuenca).	162
LOPEDO PÉREZ, J., y GARCÍA IGLESIAS, J.: Contribución al estudio metalogéni-co del Yacimiento «Mina Carmina», San Martín de Oscos (Asturias)	462
MALDONADO ZAMORA, A.: Nuevos datos sobre la génesis del yacimiento de Lig-nitos límnicos de Meirana (La Coruña)	468
MANERA BASSA, A.; BARRERA MORATE, J. D.; CABAL GARCÍA, J. M., y BACELAR, J.: Aspectos geológicos de la cuenca terciaria de Puentes de García Rodríguez (provincia de La Coruña)	451
MARTÍN, L.; CARRASCO, A.; CASTROVIEJO, R.; FERNÁNDEZ LUANCO, M. C., y RÍOS, S.: Estudio de las mineralizaciones de plomo-zinc-cobre	475

	Páginas
MARTÍN SERRANO, A., y GARCÍA ABBAD, F. J.: El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suroriental	243
MEDINA NÚÑEZ, J. A.; GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., y LEGUEY JIMÉNEZ, S.: Características mineralógicas de los suelos volcánicos de La Laguna (Tenerife).	384
NAVARRO-VILA, F., y EWERT, K.: La correlación estatigráfica entre los Mantos de Lújar y del Zujario definidos al S y N de Sierra Nevada (Alpujárries, Cordilleras Béticas)	115
OCHOA RUIZ DE ZUAZO, G.: Las Granodioritas de El Molar (Madrid)	303
OLIVE, A.; FERNÁNDEZ MARRÓN, T.; OLMO, P. DEL, y PORTERO, J. M.: La flora terciaria del yacimiento de Izarra (Alava) y sus implicaciones cronoestratigráficas	6
OLMO, P. DEL; OLIVE, A.; FERNÁNDEZ MARRÓN, T., y PORTERO, J. M.: La flora terciaria del yacimiento de Izarra (Alava) y sus implicaciones cronoestratigráficas	6
ORCHE, E.: Precisiones estratigráficas sobre el Jurásico de la Sierra de Prades (provincia de Tarragona)	13
ORTI CABO, F.; PUEYO MUR, J. J.; SAN MIGUEL ARRIBAS, A.: Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago (Toledo) (Terciario continental de la Cuenca del Tajo)	347
PORTERO, J. M.; FERNÁNDEZ MARRÓN, T.; OLIVE, A., y OLMO, P. DEL: La flora terciaria del yacimiento de Izarra (Alava) y sus implicaciones cronoestratigráficas	6
PUEYO MUR, J. J.; ORTI CABO, F., y SAN MIGUEL ARRIBAS, A.: Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago (Toledo) (Terciario continental de la Cuenca del Tajo)	347
PORRAS MARTÍN, J.: Protección de caliza de las aguas subterráneas en el acuífero Mesozoico de Segovia	294
RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR, J.: Características del campo filoniano de Calabor (Zamora, España)	148
RÍOS ARAGÜES, S., y CLAVERIAS MUÑOZ, P.: Nota acerca de la existencia de indicios estratoligados de Zn-Pb, en el Ordoviciense superior del extremo SE de la Meseta Hercínica Española	1
RÍOS, S.; CARRASCO, A.; CASTROVIEJO, R.; FERNÁNDEZ LUANCO, M. C., y MARTÍN, L.: Estudio de las mineralizaciones de plomo-zinc-cobre	475
SAAVEDRA, J.: Aspecto geológico del plutonismo geoquímicamente especializado en Extremadura Central (oeste de España)	253
SAN MIGUEL ARRIBAS, A.; ORTI CABO, F., y PUEYO MUR, J. J.: Petrogénesis del yacimiento de sales sódicas de Villarrubia de Santiago (Toledo) (Terciario Continental de la Cuenca del Tajo)	347
SANTOS GARCÍA, J. A., y CASAS RUIZ, J.: Geología del sinclinorio de São Mamede-La Codosera, zona española (provincias de Cáceres y Badajoz)	420
SEQUEIROS, L.: Nota sobre un banco de datos de ammonites del Jurásico de las Cordilleras Béticas (Andalucía). Paleontología e Informática	380
VAQUERO NAZÁBAL, C.: Descubrimiento, por primera vez en España, de una monacita de facies aberrante portadora de Europio	374
VÍA BOADA, L., y LACASA RUIZ, A.: Nota sobre la presencia de Araucarites sp. en el yacimiento Purbeck del Montsec de Rubies (Lérida)	417

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 marcada 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 hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

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.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid-3

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 1.—1.º Curso «ROSO DE LUNA»

Precio, obra completa, 1.500 ptas.

Aparece una nueva colección del Instituto Geológico y Minero de España: TEMAS GEOLOGICO - MINEROS.

Su moderna presentación y manejable formato, de 21 × 14 centímetros, así como la dedicación de su contenido: Congresos, Simposios, Reuniones Científicas, Cursos Monográficos, etcétera, harán, sin duda, que muy pronto esta colección sea una de las más importantes publicaciones del IGME.

Nada mejor y más oportuno para su iniciación que el tema elegido: el primer Curso ROSO DE LUNA dedicado a la investigación y economía de los recursos geológico - mineros, que ha organizado la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y que se impartió meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, bajo la coordinación de la Fundación Gómez Pardo y que patrocinaron el Instituto Geológico y Minero de España dentro de la citada Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, el Centro de la Energía de la Dirección General de la Energía, Enadimsa (INI), todos dentro del Ministerio de Industria y Energía, así como las Universidades

Politécnica y Complutense de Madrid del Ministerio de Educación y Ciencias.

En esta primera publicación —Tema I— se recogen en ocho tomos las conferencias impartidas en dicho curso a lo largo de sus siete áreas, más un tomo de introducción dedicado a las conferencias inaugural y de clausura, incluyéndose también los resúmenes de las conferencias publicadas en las distintas áreas.

Los títulos de los ocho volúmenes son:

Introducción.

Area I. Política y economía de las materias minerales.

Area II. Estudio Metalogénico de Depósitos. Minerales y Técnicas Especiales.

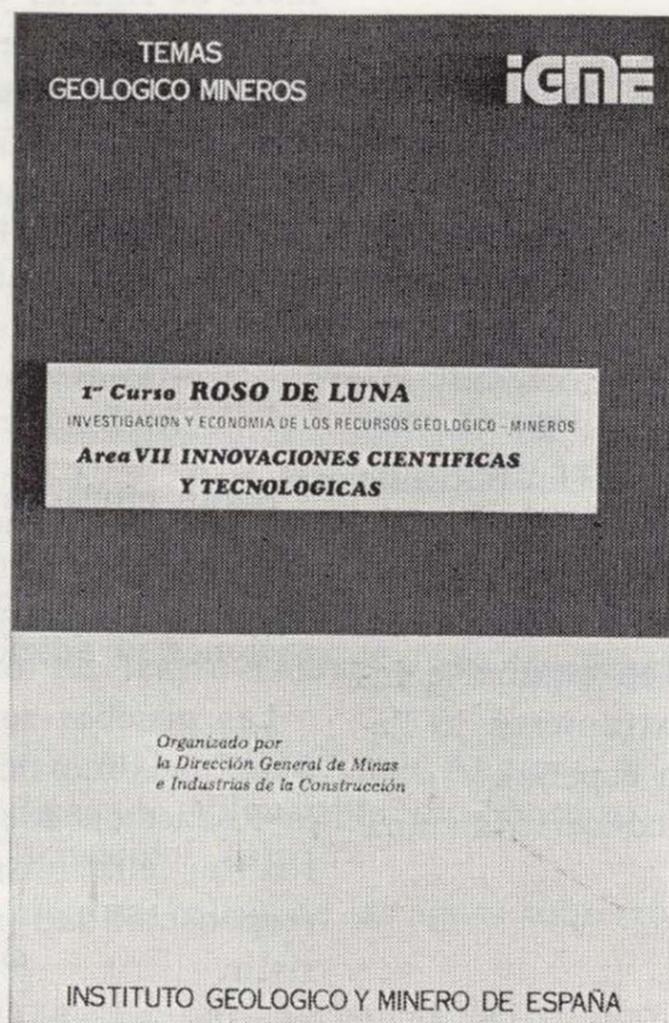
Area III. Búsqueda y evaluación de Recursos Geológico Mineros.

Area IV. Desarrollo Minero y Minerológico.

Area V. Aspectos legales.

Area VI. Minería y medio ambiente.

Area VII. Innovaciones Científicas y Tecnológicas.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 2.—Depósitos Minerales de España

Precio: 500 ptas.

Como segundo número de la Colección Temas Geológico - Mineros aparece «Depósitos Minerales de España», que da una visión global y actualizada de las principales minas españolas en explotación.

Una breve descripción de la geología de España, proporciona el marco general en que se distribuye sus depósitos minerales. Estos son descritos según regiones o distritos mineros, cuando se presentan agrupados geográficamente con un origen o génesis común. Cuando esto no es posible, se les agrupa, por lo general, siguiendo un criterio genético.

Una sucinta exposición geológico-metalogénica precede, generalmente, a las características generales de cada uno de los depósitos minerales tales como: morfología, roca de caja, origen o génesis, asociación mineral, reservas, modo de explotación, procesos de concentración, producción, etc. Al mismo tiempo, en cada sustancia mineral se incluyen las estadísticas de producciones globales que sirven de punto de referencia para deducir la importancia relativa de cada depósito mineral, respecto al resto de los de la misma sustancia.

A continuación extractamos su contenido:

1. INTRODUCCION.

2. LA GEOLOGIA.—Dominio Hercínico: El Macizo Hespérico. **Dominios de plataforma y cordilleras de tipo intermedio:** Las Depresiones Terciarias de la Meseta, La Cordillera Ibérica, La Cuenca del Ebro, Las Cadenas Costeras Catalanas. **Dominio Alpino:** La Cordillera Bética, La Cordillera Pirenaica, La Cordillera Vasco Cantábrica. **Sistemas de fosas.**

3. DEPOSITOS MINERALES. Cobre: Distrito de Santiago de Compostela: Yacimientos tipo Arinteiro y tipo Fornás. **Oro. Plomo-Cinc:** Distritos de Cartagena, de Linares-La Carolina-Santa Elena, distrito de Santander: Reocín, Aliva. Distrito de Huelva-Sevilla: Minas de Aznalcóllar, de Sotiel, de Río Tinto, de San Telmo, de Lomero-Poyato, María Luisa y Minas de la alineación Vuelta Falsa-El Toro (Paymogo-Huelva) Distrito de Lugo. **Plata. Estaño-**

Volframio: Minas de Penouta (Orense), de Laza (Orense), de San Finx (La Coruña), de Santa Comba (La Coruña), de Monteneme (La Coruña), Casualidad-Calabor (Zamora), Depósito de Barruecopardo (Salamanca), Mina de Golpejas o mina Bellita (Salamanca), Depósitos de Morille-Martinamor (Salamanca), Depósito de tipo aluvial. Mina «El Cubito» (Salamanca), Mina El Trasmorquión (Cáceres), Depósito de tipo aluvial. Mina «Santa María» (Cáceres), Mina «La Parrilla» (Badajoz), Depósitos de Sn. de la Sierra de Cartagena.

Bismuto: Distrito de Córdoba.

Mercurio. Antimonio:

Distrito de Alburquerque Herrera del Duque. **Uranio:** Depósitos de Ciudad Rodrigo (Salamanca) y de Don Benito (La Serena, Badajoz).

Hierro: Distrito Norte: Areas de Ortuella-Somorrostro (Vizcaya), Area SE de Bilbao (Vizcaya), Area de Sopuerta (Vizcaya), Area de Hoyo-Covarón y Dícido (Vizcaya-Santander). Distrito Noroeste:

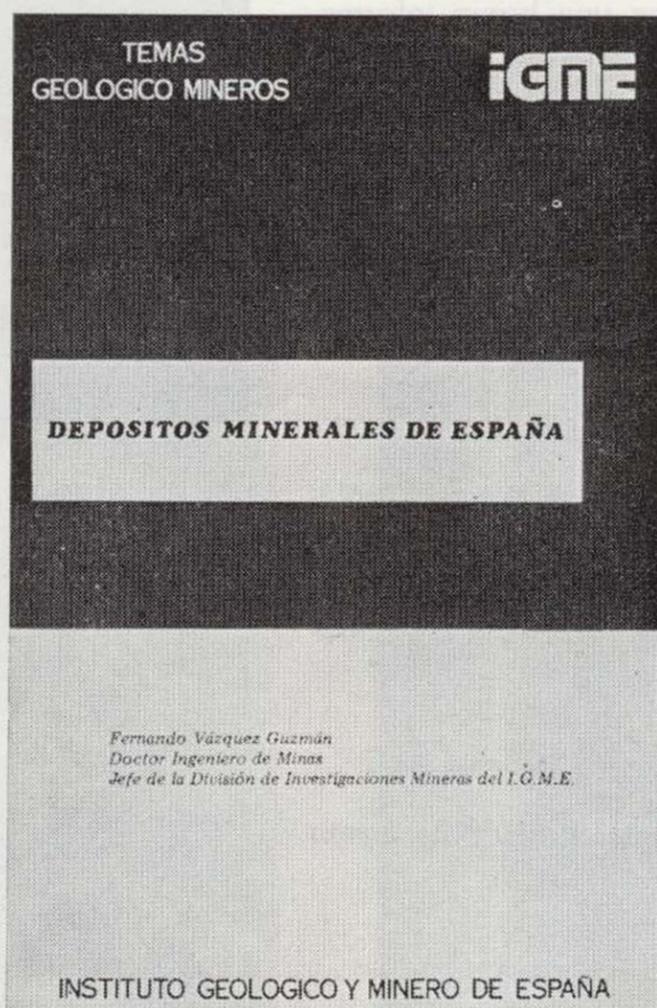
Yacimientos de coto Wagner y Vivaldi. Distrito Centro-Levante: Minas de la Compañía Minera de Sierra Menera, S. A. Distrito Sudoeste (Huelva-Badajoz-Sevilla):

Minas de Cala, Mina de Teuler, Mina de San Guillermo-Colmenar-Santa Justa, Mina Monchi, Mina del Cerro del Hierro. Distrito Sudeste: Mi-

nas del Marquesado y de Alfique. **Titanio. Aluminio. Piratas:** Minas de Río Tinto, Minas de Tharsis y Calañas, Mina de Las Herrerías (Puebla de Guzmán), Proyecto AIPSA. **Materiales Salinos. Sales Sódicas:** Sal común, sal gema (halita): Yacimientos de Pinoso (Alicante), de Polanco (Santander), de sal gema de Remolinos y Torres de Berellén (Zaragoza), Glauberita-Thenardita. **Sales Potásicas:** Minas de Cardona, Mina de Balsareny, Minas de Suria, Mina de la Sierra del Perdón. **Cuarzo. Calizas, Dolomías y Greda. Feldespatos. Talco. Baritas:** Mina Guillermin, Mina Alfonso y Coto Elsa. **Fluorita. Estroncio. Yesos. Magnesitas:** Mina de Eugui (Navarra) y Mina de Rubián. **Arcillas especiales. Caolín.**

4. AGRADECIMIENTOS.

5. BIBLIOGRAFIA.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

Colección Temas Geológico - Mineros

Tema 3.—I.ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro

Precio: 500 ptas.

El tercer número de la colección Temas Geológico-Mineros corresponde a la publicación de los resultados obtenidos con motivo de la «I Reunión de Mineralogía y Metalogenia del hierro» en la Península Ibérica. Dicha reunión se celebró en Granada en octubre de 1978, y fue organizada por los Departamentos de Cristalografía y Mineralogía de las Universidades de Bilbao y Granada.

El contenido del presente número queda esquematizado como sigue: En primer lugar aparece una breve información relativa a algunas de las investigaciones que actualmente se están llevando a cabo por parte de diversas Instituciones y Empresas Mineras.

Así, en relación con los **Sectores N y NW** de la Península, se están estudiando:

- Mineralizaciones de hierro de la zona Astur-Leonesa.
- Areniscas oolíticas del Devónico Superior de la zona Cantábrica y areniscas ferruginosas de San Pedro.
- Mineralizaciones de hierro del Río Norte de Portugal.
- Hierros de Bilbao.
- Magnetitas de Eskolamendi (Lesaca).
- Yacimientos de hematites de Mina Ley (Vera de Bidasoa).
- Yacimientos filonianos de Siderita del área Cantábrica.
- Mineralizaciones de hierro Triásico en Morete del Jalón.
- Mineralizaciones oolíticas de la provincia de Zaragoza.

En el Sector SW:

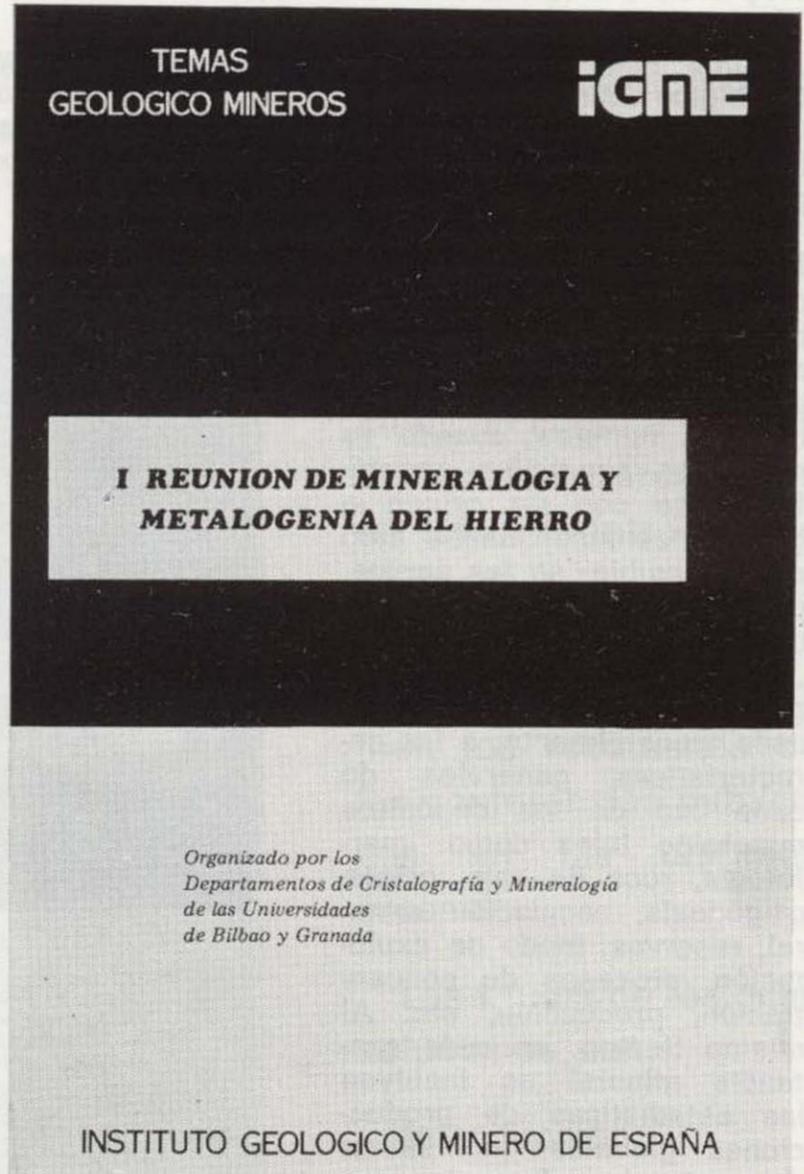
- Mineralizaciones de skarn Olivenza-Monesterio.
- La reserva de Alanis (Cerro Muriano).
- La reserva SW desde la provincia de Córdoba hasta la frontera de Portugal.

En el Sector SE:

- Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en el Trías Subbético.
- Mineralizaciones de hierro de la zona del Marquesado y sectores adyacentes.
- Mineralizaciones de hierro en los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride de la zona Bética s. str.
- Mineralizaciones de hierro (hematites) al norte de Orgiva, en el Trías Alpujárride a lo largo del contacto con el Complejo Nevado-Filábride.
- Mineralizaciones de hierro y cobre de carácter filoniano en el sector de Santa Constanza, en micaesquistos del Complejo Nevado-Filábride.

En segundo lugar, y de acuerdo con el índice que a continuación se expresa, aparecen los trabajos que se presentaron en la citada reunión:

1. Algunos aspectos acerca de la génesis de las mineralizaciones de hierro de la comarca del Marquesado del Cenete y sectores adyacentes (Zona Bética, provincia de Granada). Por: J. Torres Ruiz, L. Pérez del Villar y P. Fenoll Hach-Alí.



2. Mineralogía y diagénesis de los carbonatos zonados de los yacimientos de hierro de Bilbao. Por: Javier Arostegui, Jean Paul Fortuné y Francisco Velasco.
3. Estudio de los yacimientos de hierro de Porcía, Tapia de Casariego (Asturias). Por: C. Fernández del Valle y Carlos J. Fernández.
4. Mineralizaciones de hierro tipo «ocres rojos» en las cercanías de Baena (Córdoba). Por: L. García Rossell, J. Torres Ruiz y P. Fenoll Hach-Alí.
5. Los skarns con magnetita en el entorno del granito de Santa Olalla, Huelva. Por: F. Velasco y J. M. Amigó.
6. Metalogenia y Geología de las mineralizaciones de hierro oolítico del NW de la Península. Por: R. Lunar Hernández.
7. Mineralogía y Mineralogénesis del yacimiento de hierro de Ojos Negros (Teruel y Guadalajara) Por: C. Fernández-Nieto y F. Arrese Serrano.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

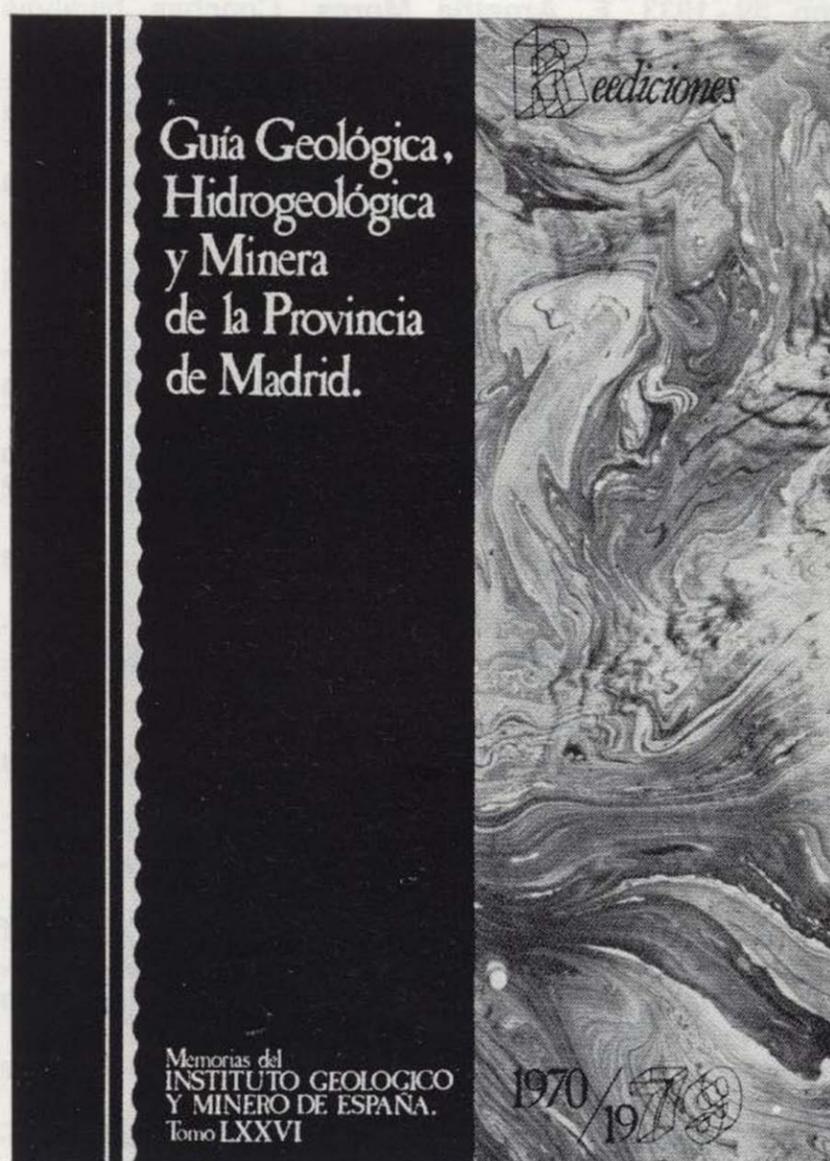
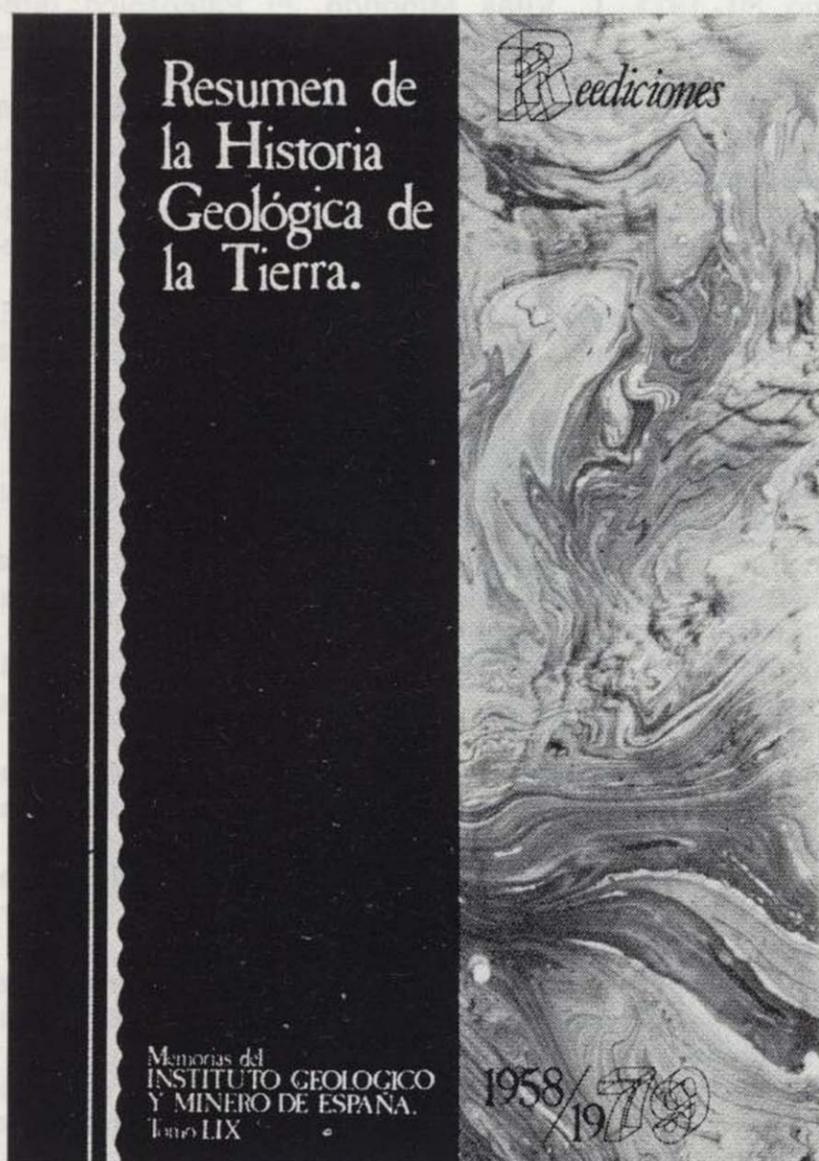
COLECCION REEDICIONES

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

El Instituto Geológico y Minero de España, como un acto más de la conmemoración del CXXX aniversario de su creación y dentro de su Departamento de Publicaciones, lanza una nueva colección que, bajo

Esta colección se inicia en este año de 1979 con cuatro títulos, número que irá ampliándose en los próximos años.

Los títulos elegidos para este inicio han sido los siguientes:



el título genérico de Reediciones, recoge las más importantes obras publicadas por el IGME a lo largo de su existencia, que agotadas en el transcurso del tiempo, pondrá así nuevamente a disposición del público interesado una serie de títulos de gran demanda, en moderna reproducción facsímil, en formato 21 x 15 cms., de aquellas interesantes ediciones.

- Resumen de la Historia Geológica de la tierra.
- El petróleo.
- El Cretáceo en España.
- Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la provincia de Madrid.

En prensa quedan nuevos títulos para publicar en el próximo año de 1980.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

COLECCION - MEMORIAS

Bajo el nombre de Memorias del Instituto Geológico y Minero de España se viene publicando esta colección desde el año 1854. Son series monográficas sobre temas geológico-mineros. En existencia las siguientes:

Precio ejemplar ordinario, 500 ptas.; extraordinario (*), 1.000 ptas.; especial (**), 1.500 ptas.

- Tomo 26-1913. **Varios**. Criaderos de hierro de España. Volumen I. Murcia.
- Tomo 36-1929. **F. Azpeitia Moros**. Monografía de las melanopsis vivientes y fósiles de España.
- Tomo 38-1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen I.
- Tomo 39-1933. **F. Azpeitia Moros**. Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal. Volumen II.
- Tomo 40-1933. **J. García Siférez**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen I.
- Tomo 41-1935. **Varios**. Explicación del nuevo Mapa geológico de España, escala 1:1.000.000. Volumen I. Sistema Cambriano.
- Tomo 42-1944. **P. Fallot y A. Marín**. La Cordillera del Rif. Volumen I, II y Atlas.
- Tomo 48-1944. **J. García Siférez**. La interpretación geológica de las mediciones geofísicas aplicadas a la prospección. Volumen III.
- Tomo 56-1955. **IGME**. Las nuevas ediciones del Mapa geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955).
- Tomo 60-1959. **P. Comte**. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique.
- Tomo 61-1960. **J. Oliveros y B. Escandell**, con la colaboración de **G. Colom**. Temas geológicos de Mallorca.
- Tomo 62-1961. **Febrel Molinero**. Introducción al estudio de la Petrología estructural.
- Tomo 64-1963. **J. M.ª Rios García**. Materiales salinos del suelo español.
- Tomo 65-1964. **L. Saavedra García**. Microfacies del Secundario y del Terciario de la zona Pirenaica española.
- Tomo 66-1965. **R. H. Wagner**. Paleobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain.
- Tomo 67-1966. **J. Donat Zopo**. Catálogo Espeleológico de la Provincia de Valencia.
- Tomo 69-1968. **P. Chauve**. Etude Géologique du Nord de la Province de Gadix.
- Tomo 70-1969. **M. Waterlot**. Contribution a l'étude Géologique du Carbonifère Ante-Stephanien des Pyrenées. Centrales Espagnoles.
- Tomo 71-1969. **F. Rambaud Pérez**. El Sinclinal Carbonífero de Río Tinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas.
- Tomo 72-1970. **J. A. Vera**. Estudio geológico de la Zona Subbética en la Transversal de Loja y sectores adyacentes.
- Tomo 73-1970. **E. Bouix**. Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz).
- Tomo 74-1970. **R. Hernandez de Luna**. Biografía Geológico-minera de la Provincia de Córdoba.
- Tomo 75-1970. **F. Lozte**. El Cámbrico de España.
- Tomo 77-1970. **K. Strauss**. Sobre la geología de la provincia piritifera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal).
- Tomo 78 (**)-1971. **J. Ramírez del Pozo**. Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica).
- Tomo 79 (**)-1971. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa (cuadros y mapas, escala 1:50.000).
- Tomo 80-1971. **L. Vilas Minondo**. El Paleozoico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León).
- Tomo 81 (*)-1972. **C. Alvarez Fernández, J. E. Coma Guillén, C. Lucena Bonny, J. Porras Martín, M. A. San José Lancha y N. Quang Trac**. Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación y Mapas de Lluvia útil. Reconocimiento hidrogeológico y Síntesis de los sistemas acuíferos.
- Tomo 83 (**)-1972. **División de Geología del IGME**. Estudio Geológico de la Provincia de Álava (Cuadros y Mapa, escala 1:50.000).
- Tomo 84 (*)-1972. **F. J. Martínez Gil**. Estudio Hidrogeológico del Bajo Ampurdán (Gerona).
- Tomo 85 (*)-1974. **M. Colchen**. Geología de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño).
- Tomo 86-1975. **L. López Ruiz, A. Aparicio y L. García Cacho**. El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español.
- Tomo 87-1975. **M. A. Caballero y J. L. Martín Vivoldi**. Estudio Mineralógico y Genético de la fracción fina del Triás Español.
- Tomo 88-1975. **A. Aparicio, J. L. Barrera, J. M.ª Caraballo, M. Peinado y J. M.ª Tinad**. Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.
- Tomo 89-1976. **F. Vázquez Guzmán y F. Fernández Pompa**. Contribución al conocimiento Geológico del Suroeste de España.
- Tomo 90-1977. **R. Lunar Hernández**. Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del Noroeste de la Península.
- Tomo 91-1977. **C. F. López Vera**. Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.
- Tomo 92-1978. **Andrés Pérez Estaun**. Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-Leonesa.
- Tomo 93-1978. **Jesús García Garzón**. Concentración por extracción orgánica del níquel contenido en disoluciones de Lixiviación de minerales pobres.
- Tomo 94-1979. **J. L. Saavedra y V. Gabaldón**. Las facies catalanas y su ámbito paleogeográfico.
- Tomo 95 (*)-1979. **Antonio Pulido Bosch**. Contribución al conocimiento de la Hidrogeología del Prebético Nor-Oriental (Provincias de Valencia y Alicante).
- Tomo 96-1979. **Luisa Martínez Chacón**. Braquiópodos carboníferos de la Cordillera Cantábrica.
- Tomo 97 (**)-1979. **Tomás Rodríguez Estrella**. Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

VOLUMENES PUBLICADOS

- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo II.
- Coste del Agua Subterránea.
- Estimación de las reservas minerales en Vizcaya.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Reserva «Zona de Huelva»:
 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
 - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
 - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
 - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
 - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
 - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
 - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
 - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
 - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
 - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cáboxas del Pasto.
 - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del río Segura.
- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Area del Valle del Tiétar y Moraleja.
- Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
- Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
- Investigación de Minerales de Plomo en el Area de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la Investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Area 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
- Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I», Golfo de Cádiz.
- Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Area I. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación Minera en el área Vimbodí-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Media y Baja del río Júcar.
- Fase previa para la investigación de níquel. Serranía de Ronda, Carratraca (Málaga).
- Estudio de las posibilidades mineras de los macizos ultrabásicos de Málaga.
- Estudio básico de los yacimientos de estaño tipo Calabor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Aluminio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos. Talco y Pirofilita.
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR (ALMERIA)

MEMORIA - RESUMEN

(Publicación de la Colección - Informes)

Precio del ejemplar: 500 ptas.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, como organismo dedicado a la investigación, consciente de su responsabilidad y de su dilatada experiencia en el campo de las aguas subterráneas, inició en el año 1970, con carácter urgente, la investigación hidrogeológica del país, bajo el «PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS», encuadrado dentro del «PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA».

Dada la complejidad de los trabajos a realizar y ante la IMPOSIBILIDAD de atender simultáneamente a todo el Territorio Nacional la PLANIFICACION de la investigación basada en los criterios de:

- Terminar las investigaciones en curso.
- Cuantificar los recursos subterráneos de cada región.
- Conocer los problemas más urgentes.

se encaminó al estudio de las grandes áreas con problemas más urgentes eligiéndose entre ellas la provincia de ALMERIA, como una de las regiones de España más deficitaria de agua.

En el período 1971-1975 se han realizado simultáneamente los siguientes proyectos de investigación:

- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL JUCAR.
- Cuenca ALTA del JUCAR Y SEGURA.
- Cuenca MEDIA Y BAJA DEL SEGURA.
- Cuenca ALTA Y MEDIA DEL GUADIANA.
- Cuenca SUR-ZONA OCCIDENTAL (Málaga).
- Cuenca SUR-ZONA ORIENTAL (Almería).
- Baleares,

y se terminaron los estudios de la Cuenca del Guadalquivir, iniciándose los estudios de la Cuenca del Duero. Por tanto en este cuatrienio se han investigado seis de las diez grandes cuencas hidrográficas españolas.

La presente Memoria es un resumen de la inves-

tigación hidrogeológica llevada a cabo por este INSTITUTO concretamente en la Cuenca Hidrográfica del Sur (parte oriental), bajo el título «ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA SUR-ALMERIA».

En ella se exponen los resultados de la investigación llevada a cabo durante un período de cuatro años, en el intervalo de 1971 a 1975, y las principales conclusiones y recomendaciones para la gestión y conservación de los principales sistemas acuíferos, en resumen, para la óptima explotación del agua subterránea.

Esta Memoria es tan sólo una parte del INFORME completo editado, en número restringido de ejemplares, en donde se recoge todo el trabajo realizado.

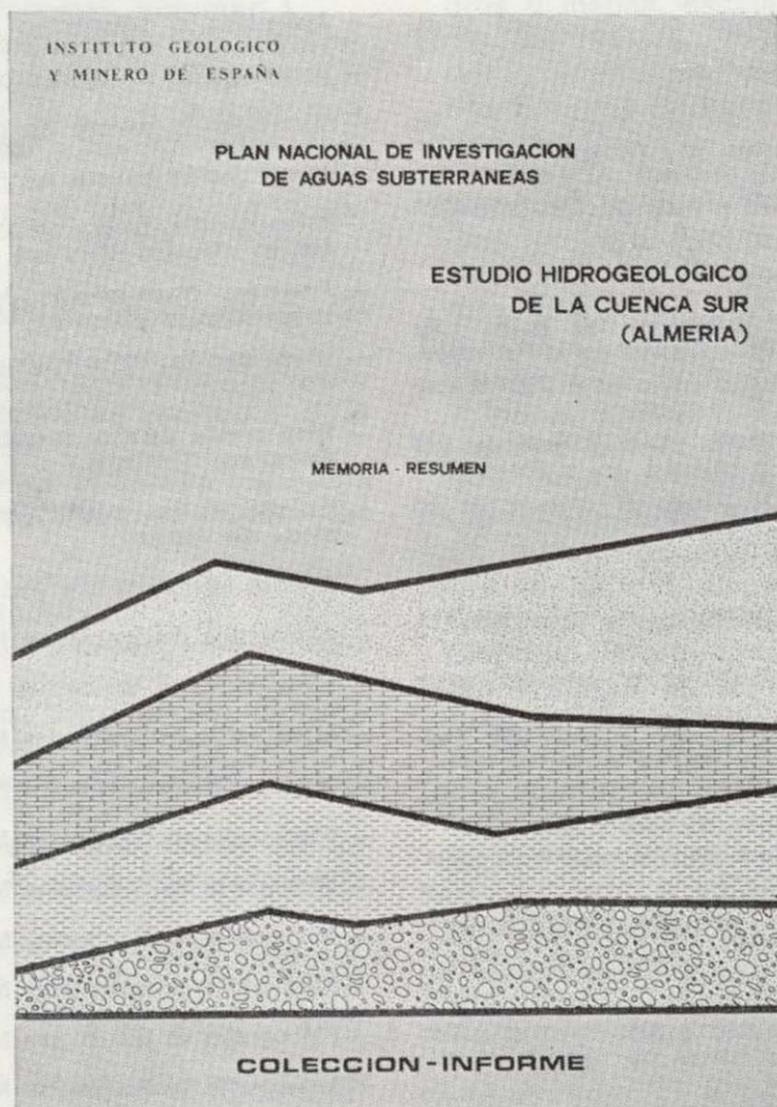
Además de este Informe la documentación complementaria generada durante los trabajos de investigación (campanas de geofísica, inventario de puntos acuíferos, ensayos de bombeo, análisis químicos, cartografía hidrogeológica, etc.) se halla convenientemente archivada en las dependencias del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a disposición del público en general y particularmente de

las Entidades o Corporaciones locales de la Provincia de Almería.

Dicho INFORME consta de 11 volúmenes, cuyos títulos son:

MEMORIA - RESUMEN.

INFORME I	Marco geográfico y económico.
INFORME II	Climatología e hidrología.
INFORME III	Demanda.
INFORME IV	Planes hidráulicos.
INFORME V	Campo de Dalías.
INFORME VI	Cuenca del Andarax.
INFORME VII	Cuencas del Almanzora y Antas.
INFORME VIII	Cuenca del Aguas.
INFORME IX	Cuenca del Adra.
INFORME X	Campo de Níjar.

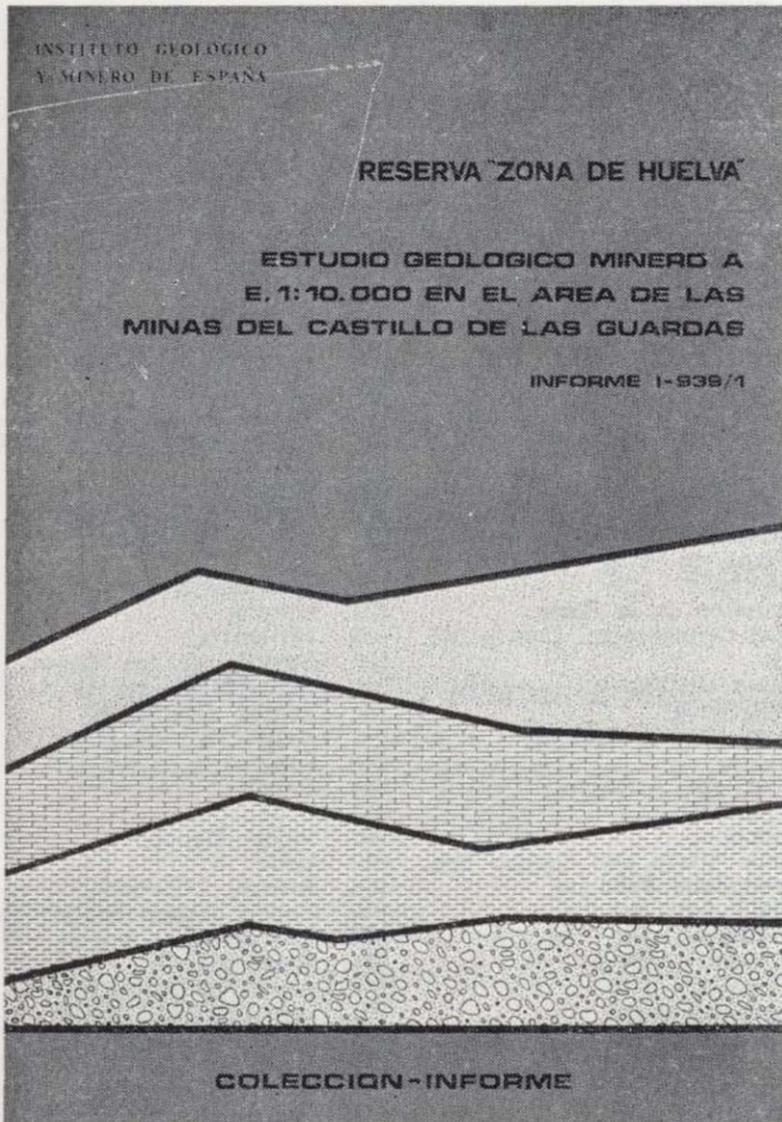


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04



**RESERVA ZONA HUELVA
(Colección - Informes)**

- 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
- 2 - Estudio Geológico y Minero a 1:50.000 en la hoja 958: Puebla de Guzmán.
- 3 - Estudio Geológico y Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
- 4 - Estudio Geológico y Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
- 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
- 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
- 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
- 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
- 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
- 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
- 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
- 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
- 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO
DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

**COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA
(Colección - Informes)**

La amplia labor investigadora del INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA dentro del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.), que se engloba en el Plan Nacional de Minería programado por la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, ha obligado a valorar la importancia económica de las aguas subterráneas en nuestro país. A este respecto, la División de Aguas Subterráneas del I.G.M.E. proyecta la realización de una Cartografía Nacional del Coste del Agua Subterránea, con base en los profundos conocimientos adquiridos en la etapa de Investigación llevada a cabo durante el III Plan de Desarrollo.

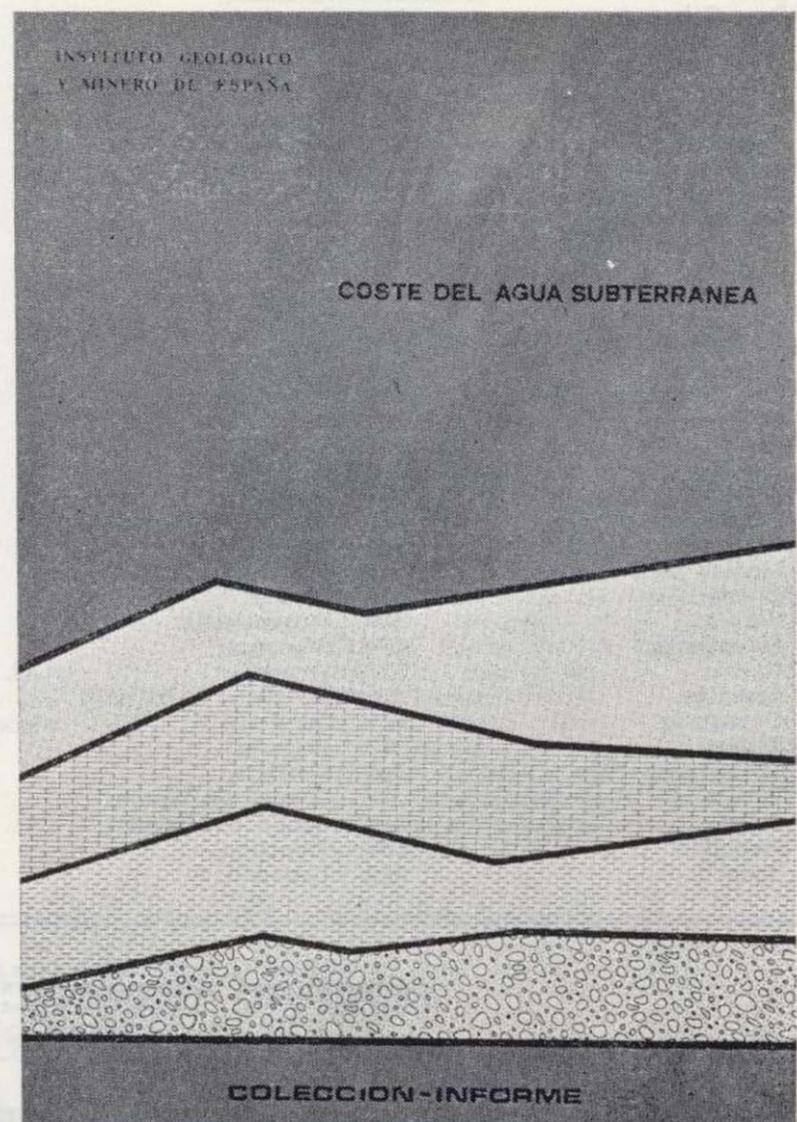
El presente trabajo pretende ser una aportación a las bases de partida necesarias para la elaboración de dicha cartografía. En cualquier caso, y ello es motivo de su publicación, hemos creído que la recopilación y tratamiento de los datos que aquí se presentan, pueden ser de utilidad para todos aquellos técnicos relacionados con las aguas subterráneas, tanto a nivel de proyecto como de explotación.

Precio de cada ejemplar, 500 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

**SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO
DE INDUSTRIA**

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000
2.ª Serie (proyecto MAGNA)

En existencia las siguientes:

Precio de cada ejemplar: 700 ptas.

1. Cariño.	143. Navascués.	612. Ademuz.	911. Cehegín.
2. Cillero.	154. Lalín.	613. Camarena de la Sierra.	912. Mula.
3. San Ciprián.	155. Chantada.	614. Manzanera.	913. Orihuela.
6. San Salvador de Serantes.	159. Bembibre.	615. Alcora.	914. Guardamar del Segura.
7. Cedeira.	168. Brivesca.	616. Villafames.	919. Almadén de la Plata.
8. Vivero.	169. Casalarreina.	617. Faro de Oropesa.	920. Constantina.
9. Foz.	175. Sigües.	631. Ocaña.	921. Navas de la Concepción.
12. Busto.	187. Orense.	632. Horcajo de Santiago.	922. Santa María de Trassiera.
13. Avilés.	188. Nogueira de Ramuín.	635. Fuentes.	923. Córdoba.
14. Gijón.	204. Logroño.	636. Villar del Humo.	924. Bujalance.
15. Lastres.	205. Lodosa.	637. Landete.	930. Puebla de Don Fadrique.
21. La Coruña.	207. Sos del Rey Católico.	638. Alpuente.	931. Zarcilla de Ramos.
22. Puente deume.	225. Ribadavia.	639. Jérica.	932. Coy.
23. Puentes de García Rodríguez.	226. Alariz.	640. Segorbe.	933. Alcantarilla.
24. Mondoñedo.	236. Astudillo.	641. Castellón de la Plana.	934. Murcia.
27. Tineo.	237. Castrogeriz.	642. Islas Columbretas. Con la 641.	935. Torrevieja.
28. Grado.	239. Pradoluengo.	659. Lillo.	939. Castillo de las Guardas.
29. Oviedo.	240. Ezcaray.	663. Valera de Abajo.	940. Castilblanco de los Arroyos.
30. Villaviciosa.	243. Calahorra.	664. Enguadanos.	941. Ventas Quemadas.
33. Comillas.	244. Alfaro.	665. Mira.	942. Palma del Río.
34. Torrelavega.	245. Sádaba.	666. Chelva.	943. Posadas.
35. Santander.	263. Celanova.	667. Villar del Arzobispo.	944. Espejo.
36. Castro Urdiales.	264. Ginzó de Limia.	668. Sagunto.	951. Orce.
37. Algorta.	274. Torquemada.	669. Moncófar.	952. Vélez Blanco.
38. Bermeo.	275. Santa María del Campo.	690. Santa María del Campo Rus.	953. Lorca.
39. Lekeitio.	277. Salas de los Infantes.	691. Motilla del Palancar.	954. Totana.
40. Jaizquíbel.	278. Canales de la Sierra.	693. Utiel.	955. Fuente Alamo de Murcia.
41. Irún.	282. Tudela.	694. Chulilla.	956. San Javier.
47. Villalba.	300/301. Lovios.	696. Burjasot.	964. Aznalcóllar.
48. Meira.	302. Baitar.	718. Iniesta.	962. Alcalá del Río.
49. San Martín de Oscos.	320. Tarazona de Aragón.	719. Venta del Moro.	963. Lora del Río.
51. Belmonte de Miranda.	321. Tauste.	720. Requena.	964. La Campana.
52. Proaza.	329. Pons.	722. Valencia.	965. Ecija.
53. Mieres.	330. Cardona.	740. Villarrobledo.	973. Chirivel.
57. Cabezón de la Sal.	331. Pulgredig.	741. Minaya.	974. Vélez-Rubio.
58. Los Corrales de Buelna.	336. Portela d'Home.	744. Casas Ibáñez.	975. Puerto Lumbreras.
59. Villacarriedo.	351. Olivega.	761. Llanos del Caudillo.	976. Mazarrón.
60. Valmaseda.	362. Calaf.	763. Socuéllamos.	977. Cartagena.
61. Bilbao.	363. Manresa.	767. Carcelén.	978. Llano del Beal.
62. Durango.	364. La Garriga.	788. El Bonillo.	983. Sanlúcar la Mayor.
63. Eibar.	391. Igualada.	789. Lezuza.	984. Sevilla.
64. San Sebastián.	392. Sabadell.	794. Canals.	986. Fuentes de Andalucía.
65. Vera de Bidasoa.	393. Mataró.	796. Gandía.	987. El Rubio.
66. Maya del Baztán.	394. Calella.	814. Villanueva de la Fuente.	996. Huerca Overa.
72. Lugo.	417. Espiuga de Francolí.	815. Robledo.	997. Aguilas.
73. Castroverde.	418. Montblanch.	816. Peñas de San Pedro.	997 bis. Cope.
74. Fonsagrada.	419. Villafranca del Panadés.	820. Onteniente.	999. Huelva - Los Caños.
78. Pola de Lena.	420. Hospitalet de Llobregat.	821. Alcoy.	1.000. Moger.
83. Reinosa.	421. Barcelona.	823. Jévea.	1.001. Almonte.
84. Espinosa de los Monteros.	446. Valls.	826. Cheles.	1.002. Dos Hermanas.
85. Villasana de Mena.	447. Villanueva y Geltrú.	827. Alconchel.	1.003. Utrera.
86. Landaco.	448. Prat de Llobregat.	828. Barcarrota.	1.004. Marchena.
87. Elorrio.	473. Tarragona.	831. Zalamea de la Serena.	1.013. Macael.
88. Vergara.	492. Segura de los Baños.	832. Monterrubio de la Serena.	1.014. Vera.
90. Sumbilla.	493. Ollite.	842. Liétor.	1.015. Garrucha.
91. Valcarlos.	494. Calanda.	846. Castalla.	1.016. Los Caños. Con la 999.
91 bis. Mendizar.	495. Castellserás.	851. Rabito.	1.017. El Abalarío.
95. El Pino.	510. Marchamalo.	852. Villanueva del Fresno.	1.018. El Rocío.
96. Arzúa.	517. Argente.	853. Burguillos del Cerro.	1.019. Los Palacios y Villafranca.
97. Guntín.	518. Montalbán.	856. Maguilla.	1.029. Gergal.
98. Baralla.	519. Aguaviva.	871. Eida.	1.030. Tabernas.
108. Las Rozas.	520. Peñarroya de Tastavins.	872. Alicante.	1.031. Sorbas.
109. Villarayo.	545. Morella.	884. La Carolina.	1.032. Mojácar.
110. Medina de Pomar.	546. Ulldecona.	885. Santisteban del Puerto.	1.033. Palacio de Doñana.
111. Orduña.	547. Alcanar.	887. Orcera.	1.034. Lebrija.
112. Vitoria.	569. Mosqueruela.	890. Calasparra.	1.039. Colmenar.
113. Salvatierra.	570. Albocácer.	891. Cieza.	1.040. Zafarraya.
115. Gulina.	571. Vinaroz.	893. Elche.	1.042. Lanjarón.
116. Garralda.	571 bis. Con la 571.	894. Cabo de Santa Pola.	1.052. Alora.
117. Ochagavía.	582. Getafe.	903. Montoro.	1.053-1.067. Málaga-Torremolinos.
135. Sedano.	583. Arganda.	905. Linares.	1.065. Marbella.
137. Miranda de Ebro.	584. Mondéjar.	906. Ubeda.	1.066. Coín.
138. Puebla de Arganzón.	593. Cuevas de Vinromá.	907. Villacarrillo.	1.072. Estepona.
139. Eulate.	594. Alcalá de Chisvert.	908. Santiago de la Espada.	
141. Pamplona.	606. Chínchón.	909. Nerpío.	
142. Aoiz.	607. Tarancón.	910. Caravaca.	

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
 c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
 c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:25.000 (TENERIFE)

2.ª Serie. 1.ª Edición (proyecto MAGNA)

Precio del ejemplar: 700 ptas.

1.096. II Tejina.	1.104-1.105. I-IV Santa Cruz de Tenerife.	1.118-1.124. II-I Valle de San Lorenzo.
1.096. III Valle Guerra.		
1.097. III-IV Punta de Anaga.	1.111. I-IV Güímar.	1.118-1.124. III-IV Los Cristianos.
1.104. II Barranco Hondo.	1.111. III Fasnia.	1.119. III Las Montañas.
1.104. III La Orotava.	1.118. I Granadilla de Abona.	1.119. IV Lomo de Arico.
1.104. IV Tacoronte.	1.118. IV Adeje.	

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000
1.ª Serie (a extinguir)

Consta de Hoja y Memoria descriptiva. La edición completa se compone de 1.130 hojas, a extinguir. Esta 1.ª Serie tiene su continuación en la 2.ª Serie, Proyecto MAGNA. En existencia las siguientes:

Precio del ejemplar: 500 ptas.

31. Ribadesella.	611. Cañete.	858. El Viso.
54. Rioseco.	643. La Calobra.	859. Pozoblanco.
67. Mugía.	644. Pollensa.	864. Venta de los Santos.
77. Plaza Tavera.	645. Formentor.	865. Siles.
79. Puebla de Lillo.	650. Cañaverale.	869. Jumilla.
128. Riello.	653. Valdeverdeja.	876. Fuente de Cantos.
129. La Robla.	670. Sóller.	886. Beas de Segura.
160. Benavides.	671. Inca.	899. Guadalcanal.
162. Gradefes.	672. Artá.	917. Aracena.
163. Villamizar.	678. Casar de Cáceres.	918. Santa Olalla del Cala.
208. Uncastillo.	695. Liria.	937. El Cerro de Andévalo.
210. Yebra de Basa.	698. Palma de Mallorca.	938. Nerva.
211. Boitania.	699. Porreras.	946. Martos.
241. Anguiano.	700. Manacor.	959. Calañas.
252. Tremp.	702. San Vicente de Alcántara.	960. Valverde del Camino.
260. Oya.	703. Arroyo de la Luz.	967. Baena.
284. Ejea de los Caballeros.	705. Trujillo.	985. Carmona.
289. Benabarre.	723. Cala Figuera.	991. Iznalloz.
297. Estarrit.	724. Lluchmayor.	1.008. Montefrío.
293. La Guardia.	725. Felanix.	1.009. Granada.
313. Antigüedad.	727. Alburquerque.	1.025. Loja.
322. Remolinos.	731. Zorita.	1.046. Carboneras.
323. Zuera.	743. Madrigueras.	1.059. El Cabo de Gata.
324. Grañén.	744. Casas Ibáñez.	1.060. El Pozo de los Frailes.
325. Peralta de Alcofea.	745. Jalance.	1.079/80. Alegranza.
327. Os de Balaguer.	746. Lombay.	1.081. Montaña Clara.
347. Peñaranda de Duero.	750. Gallina.	1.082. Graciosa.
354. Alagón.	751. Villar del Rey.	1.083. Teguiase.
355. Lecifena.	754. Madrigalejo.	1.084. Haria.
356. Lenaja.	764. Munera.	1.087. Punta Pechiguera.
369. Coreasa.	765. La Gineta.	1.088. Arrecife.
374. Peñafiel.	772. San Miguel.	1.089. El Charco.
435. Arcos de Jalón.	773. San Juan Bautista.	1.092. Cotillo.
486. Jadraque.	776. Montijo.	1.093. Lobos.
500. Villar del Ciervo.	795. Játiva.	1.096. Tegueste.
501. La Fuente de San Esteban.	798. Ibiza.	1.097. Punta de Anaga.
502. Matilla de los Caños del Río.	799. Santa Eulalia.	1.098. La Oliva.
503. Las Veguillas.	805. Castuera.	1.099. Puerto de Lajas.
525. Ciudad Rodrigo.	812. Valdepeñas.	1.102. Punta de Teno.
526. Serradilla del Arroyo.	815. Robledo.	1.104/05. Sta. Cruz de Tenerife y San Andrés.
527. Sequeros.	818. Montealegre.	
536. Guadalajara.	819. Caudete.	1.106/07. Puerto de las Cabras.
537. Auñón.	824/849. San Francisco Javier.	1.109. Los Carrizales.
541. Santa Eulalia.	825/850. Nuestra Señora del Pilar.	1.111. Güímar.
550. Fuente Guinaldo.	838. Santa Cruz de Mudela.	1.114. La Pared.
560. Alcalá de Henares.	840. Bienservida.	1.115. Tuineje.
561. Pastrana.	844. Ontur.	1.118/24. Granadilla de Abona y las Galletas.
564. Fuertescusa.	845. Yecla.	1.119. Lomo de Arico.
573. Gata.	848. Altea.	1.122. Jandía.
591. Mora de Rubielos.	857. Valsequillo.	

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
 c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
 c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

MAPAS NACIONALES A ESCALA 1:200.000

En esta escala se encuentran totalmente publicados los mapas siguientes:

De Síntesis Geológica:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 800 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario por existir cartografía de éste a escala 1:100.000). Agotados los números 10, 38, 45 y 84-85.

Metalogenético:

Consta de 87 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar: 600 ptas. Hoja y Memoria. (Excluido el archipiélago canario.)

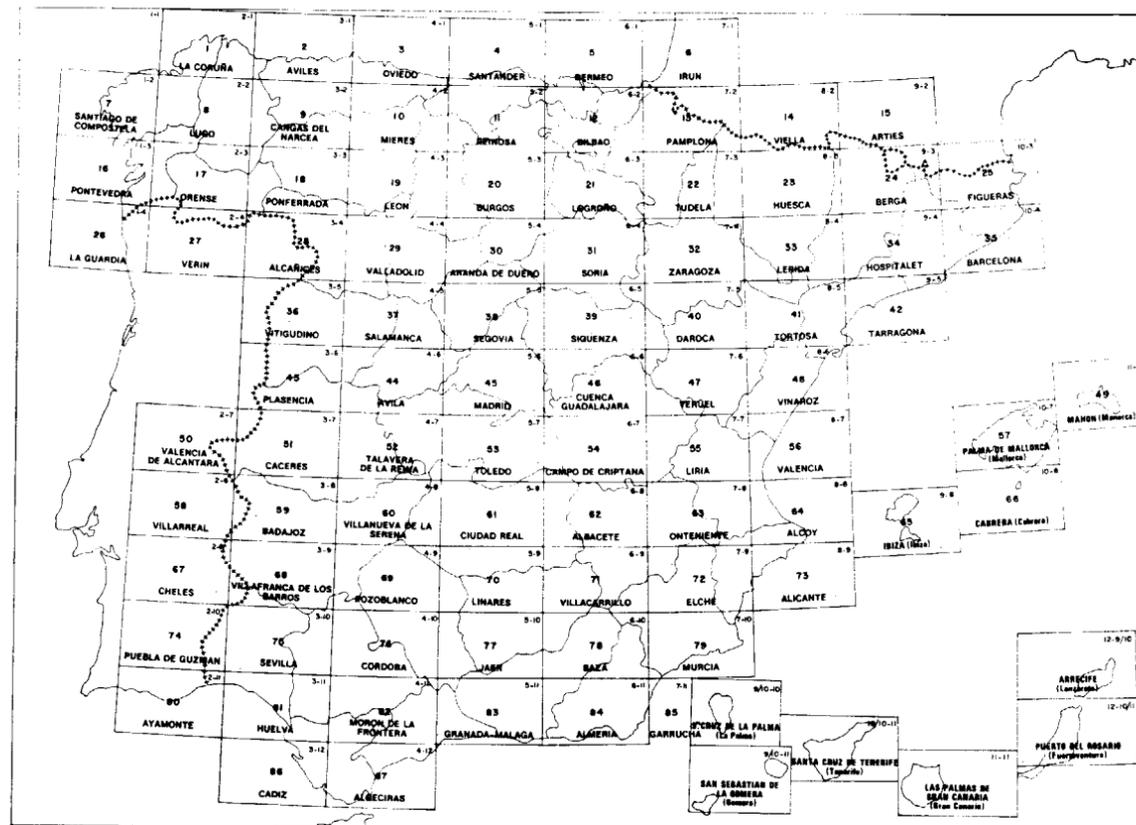
Geotécnico General:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar, 600 ptas. Hoja y Memoria.

De Rocas Industriales:

Consta de 93 Hojas y Memorias. Precio del ejemplar, 600 ptas. Hoja y Memoria.

División en Hojas del Mapa de España a Escala 1:200.000 (Mapas de Síntesis Geológica, Geotécnico General, de Rocas Industriales y Metalogenético)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División de Geotecnia del IGME
Mapas y Memorias publicados:

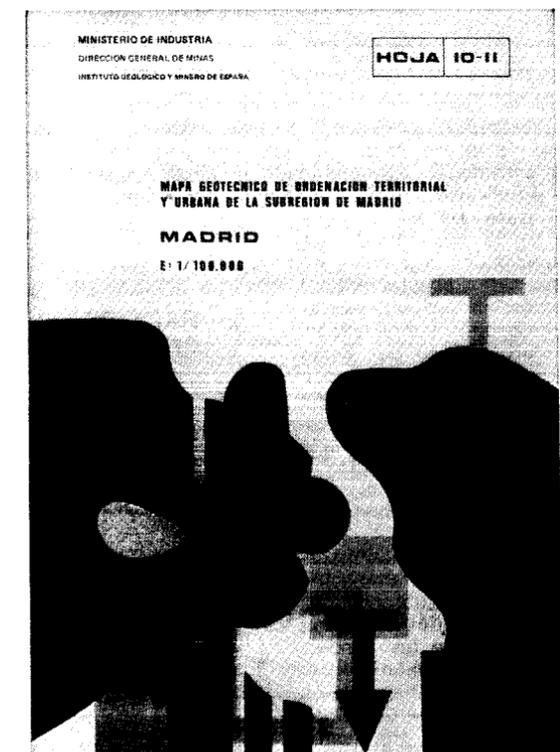
Hoja n.º	Hoja n.º
8/11 Avila de los Caballeros.	10/9 Riaza.
8/12 Arenas de San Pedro.	10/10 Torrelaguna.
8/13 Talavera de la Reina.	10/11 Madrid.
9/10 Segovia.	10/12 Getafe.
9/11 San Lorenzo de El Escorial.	10/13 Mora.
9/12 Navalcarnero.	11/9 Sigüenza.
9/13 Toledo.	11/10 Brihuega.
	11/11 Guadalajara.
	11/12 Tarancón.

Precio de cada ejemplar, 600 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

Mapa Geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Escala 1:100.000

Realizado por la División de Geotecnia del IGME
Mapas y Memorias publicados:

Hoja n.º	Hoja n.º
8/11 Avila de los Caballeros.	10/9 Riaza.
8/12 Arenas de San Pedro.	10/10 Torrelaguna.
8/13 Talavera de la Reina.	10/11 Madrid.
9/10 Segovia.	10/12 Getafe.
9/11 San Lorenzo de El Escorial.	10/13 Mora.
9/12 Navalcarnero.	11/9 Sigüenza.
9/13 Toledo.	11/10 Brihuega.
	11/11 Guadalajara.
	11/12 Tarancón.

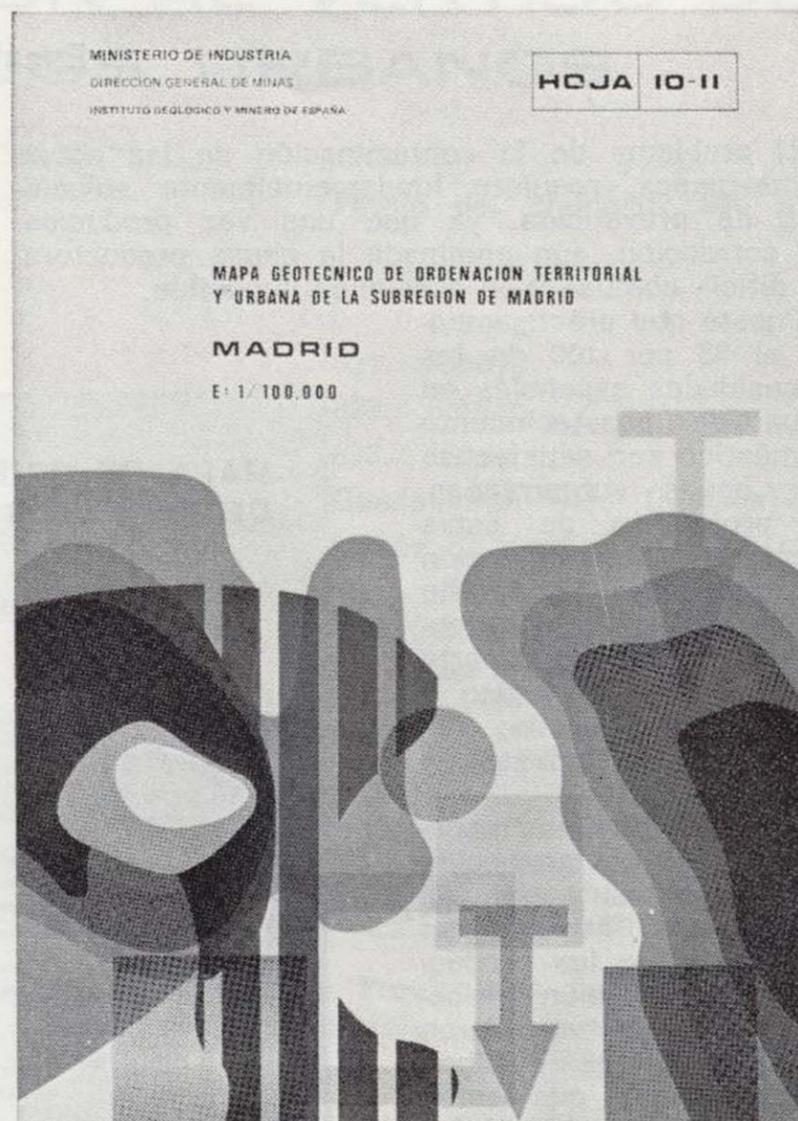
Precio de cada ejemplar, 600 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

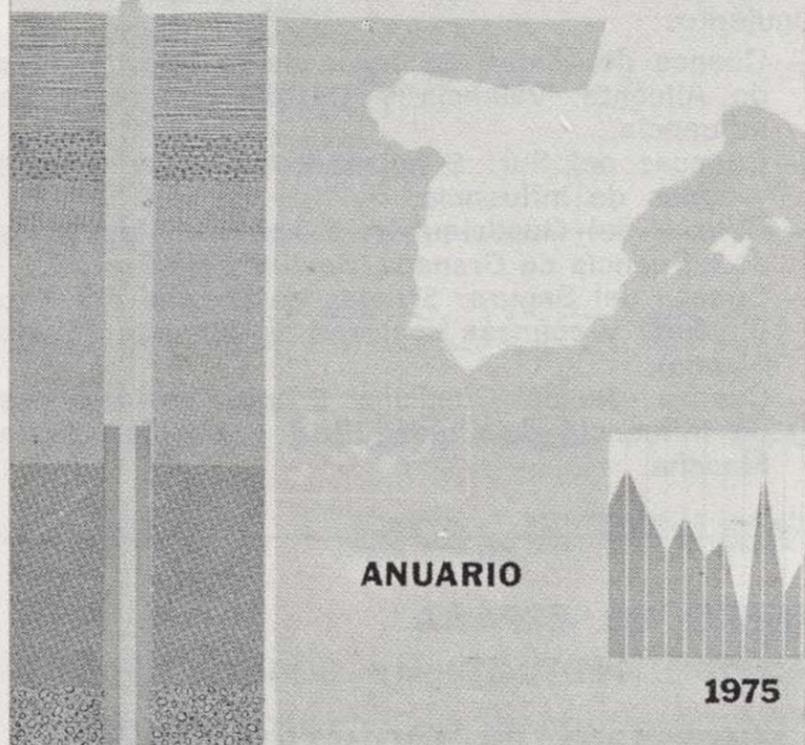
c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EVOLUCION DE NIVELES PIEZOMETRICOS EN LOS SISTEMAS ACUIFEROS

CUENCA MEDIA Y BAJA DEL JUCAR



ANUARIO

1975

Anuario de la evolución de los niveles piezométricos en los sistemas acuíferos españoles.

Realizado por la División de Aguas Subterráneas del IGME.

- Cuenca del Duero.
- Cuenca del Guadiana.
- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca del Sur.
- Cuenca del Segura.
- Cuenca alta del Júcar.
- Cuenca media y baja del Júcar.
- Baleares.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Dr. Fleming, 7. Madrid-16. Telf. 250 02 01/02/03/04

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Escala 1:50.000

Precio: 500 ptas.

El problema de la contaminación de las aguas subterráneas, requiere fundamentalmente soluciones de prevención, ya que una vez producida, su corrección, aun eliminada la causa productora, es difícil, costosa y en ocasiones imposible.

Puesto que prácticamente el 35 por 100 de las necesidades españolas en agua de abastecimiento doméstico son satisfechas por aguas subterráneas, la protección de éstas frente a la contaminación es una tarea importante y que ha merecido atención prioritaria por parte del Instituto Geológico y Minero de España, del Ministerio de Industria y Energía.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas, figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos residuos sólidos de origen urbano. Dado que estos vertederos se ubican con frecuencia cerca de los núcleos de población, y que también los pozos y sondeos de abastecimiento suelen encontrarse a distancias relativamente pequeñas de dicho núcleo, se da un claro caso de proximidad entre la fuente de contaminación y la aplicación útil vulnerable de agua. Se trata de un caso en que la prevención es fundamental, ya que los posibles problemas de contaminación pueden afectar a la salud humana.

En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos de 19 de noviembre de 1975 («B. O. del E.» del 21) se considera al Instituto Geológico y Minero de España como el Organismo consultor en lo que respecta a los proyectos de vertederos... «cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo.» Para cumplir más eficazmente esta misión, el IGME ha decidido anticiparse a los posibles problemas, emprendido el estudio, en zonas especialmente críticas, de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en la superficie del terreno o que

se producen e infiltran desde la misma, tales como los lixiviados de las basuras urbanas.

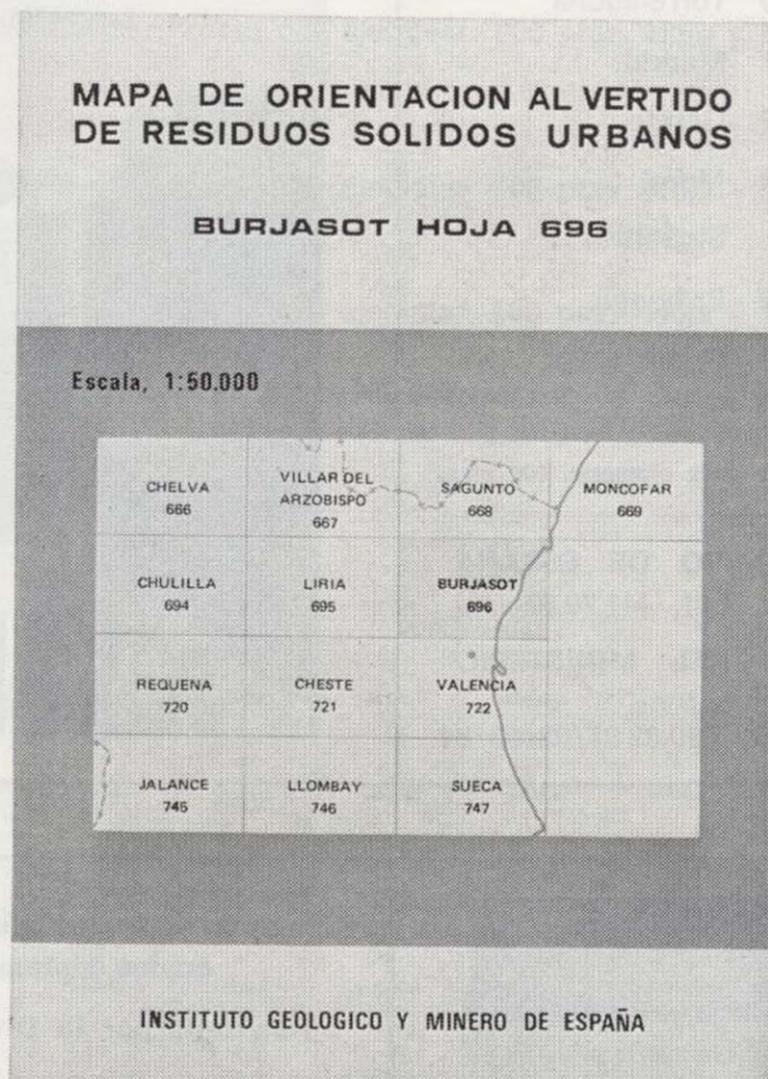
El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible la vulnerabilidad de las aguas subterráneas,

ha sido el mapa de orientación al vertido, que, por otra parte, representa un ejemplo de lo que la ciencia geológica e hidrogeológica puede aportar al complejo proceso de ordenación del territorio.

El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos sólidos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede utilizarse también como indicador de los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea debida a actividades tales como el vertido de aguas fecales, el empleo excesivo de pesticidas, etc. En el caso de residuos industriales, y dada la amplia gama de composición posible, el mapa deberá utilizarse teniendo en cuenta cada caso particular; los criterios son mucho más restrictivos en el caso de productos tóxicos o peligrosos.

La primera fase del programa de preparación de estos mapas, a escala 1:50.000, comprende los siguientes:

- Cuenca del Júcar: 24 hojas de la zona costera de Alicante, Valencia y Castellón y zonas de influencia.
- Cuencas del Sur: 6 hojas de la Costa del Sol y zonas de influencia.
- Cuenca del Guadalquivir: 5 hojas de las áreas de influencia de Granada, Sevilla y Huelva.
- Cuenca del Segura: 5 hojas en la zona del Alto Vinalopé y cuencas costeras de Alicante (Costa Blanca).
- Cuenca Alta del Guadiana: 5 hojas en las zonas de influencia de Ciudad Real y pueblos de la Mancha.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. Madrid-3. Telf. 441 70 67

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Doctor Fleming, 7. Madrid (16). Tel. 250 02 01/02/03/04

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

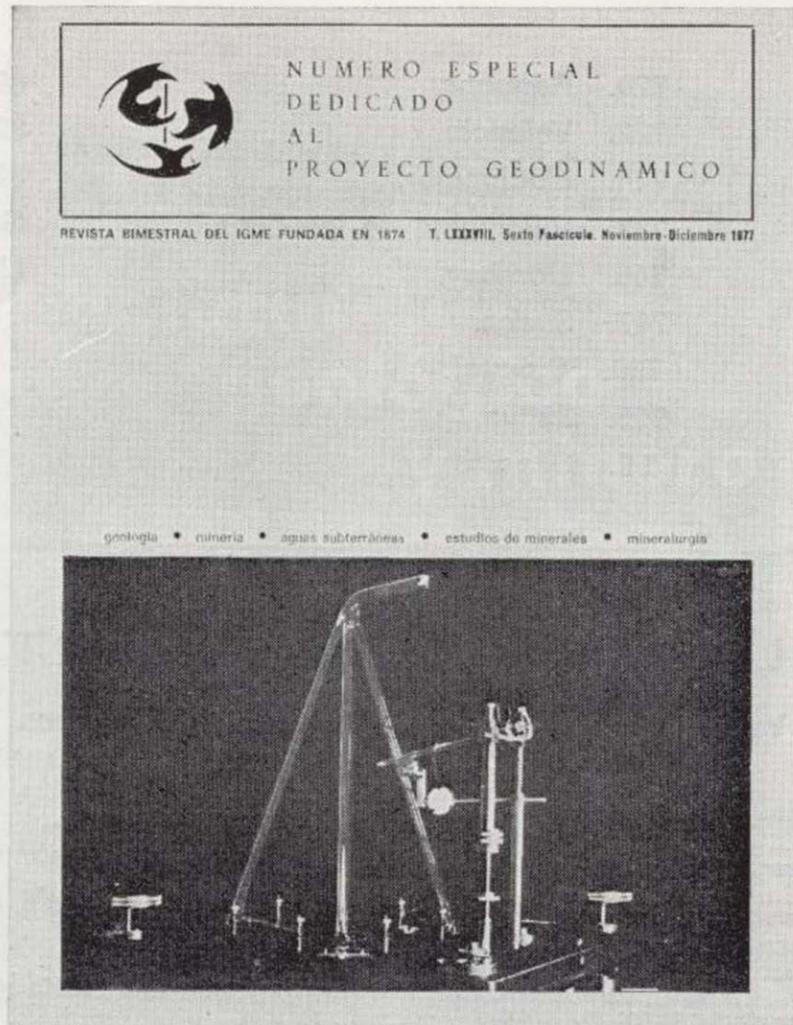
Precio: 300 ptas.

La consideramos como la publicación de mayor difusión del Instituto Geológico y Minero de España. Se inició en el año 1874, continuando su publicación. Actualmente se presenta en fascículos de aparición bimestral, que componen al año un tomo.

Es la primera revista española de su especialidad, tratándose en ella temas de Geología, Minería, Aguas Subterráneas, Energía, Geofísica, Geoquímica, Geotecnia, Geonucleónica y Estudio de Minerales y Rocas. Contiene además una parte fija dedica-

da a Información General, Noticias, Notas Bibliográficas, Información legislativa, etc.

El último tomo publicado es el 90, que corresponde al año 1979 (fascículos I al VI) y comprende trabajos de Geología, Minería, Aguas Subterráneas y de Estudios de Minerales y Rocas, que hacen un total de 636 páginas, incluidas las dedicadas a diversos temas de información, así como los índices por materias y autores de dicho tomo. También están publicados los fascículos I y II correspondientes al año 1980.



Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica
industrias extractivas y de su beneficio

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)

ESPAÑA e IBEROAMERICA 1.400 ptas.
DEMÁS PAISES 1.500 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. P.

País

Fecha

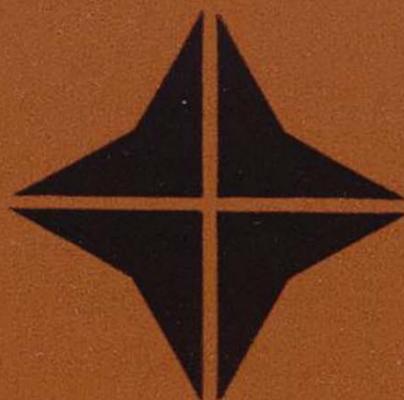
FIRMA

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

*La inversión
requiere un buen proyecto*



intecsa

INTERNACIONAL DE INGENIERIA
Y ESTUDIOS TECNICOS S. A.



5170 V. XIMPERO

EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



**Compañía
General de
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)