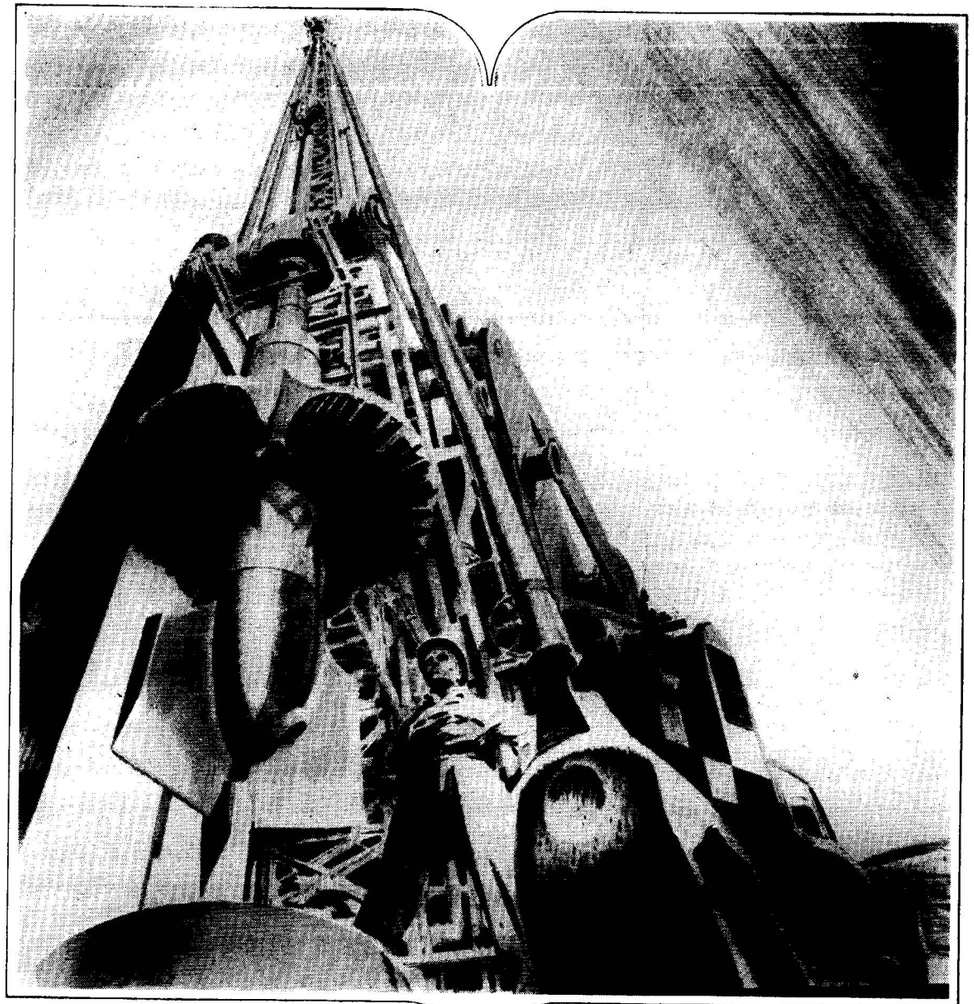
Vegarada...
y brotó el agua con fuerza!
¡con potencia!



potente maquinaria en manos expertas.

Vegarada perforaciones
parque de las naciones ● c/. guzmán el bueno, 121
tel. 2534200 ● madrid - 3.

CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS

boletín geológico y minero

TOMO LXXXI
Fascículo IV

JULIO - AGOSTO, 1970

revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 -

COMISION DE REDACCION

ALMELA SAMPER, Antonio.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
ALVARADO ARRILLAGA, Manuel María.
Instituto Geológico y Minero de España (Geología).
ARANGUREN SABAS, Félix.
Servicios Generales. Ministerio de Industria.
BERTRAND Y BERTRAND, Carlos.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.
BONED SOPENA, José Antonio.
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid.
CANTOS FIGUEROLA, José.
Instituto Geológico y Minero de España.
CRUSAFONT PAIRO, Miguel.
Facultad de Ciencias de Barcelona.
DOETSCH SUNDHEIM, Jorge.
Instituto Geológico y Minero de España (Minería).
FONTBOTE, José María.
Facultad de Ciencias de Granada.
FUSTER CASAS, José María.
Instituto "Lucas Mallada", de Investigaciones Geológicas.
GALVEZ CAÑERO, Augusto de.
Instituto Geológico y Minero de España (Aguas)
GOMEZ ANGULO, Juan Antonio.
Instituto Geológico y Minero de España.
GOMEZ DE PABLOS, Manuel.
Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid.
HERNANDEZ-PACHECO, Francisco.
Museo Nacional de Ciencias Naturales.
LOPEZ DE AZCONA, Juan Manuel.
Comisión Nacional de Geología.
MELENDEZ Y MELENDEZ, Bermudo.
Universidad de Madrid.
MINGARRO MARTIN, Francisco.
Facultad de Ciencias de Madrid.
MURCIA VIUDAS, Andrés.
Instituto Nacional de Colonización.
ORTI SERRANO, Carlos.
Consejo de Minería y Metalurgia.
PARGA PONDAL, Isidro.
Laboratorio Geológico de Lage. Coruña.
PINTADO FE, Francisco.
Instituto Nacional del Carbón. Oviedo.
RIBA ANDERIU, Oriol.
Universidad de Zaragoza.
RIOS GARCIA, José María.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
SAENZ GARCIA, Clemente.
Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
SOLE SABARIS, Luis.
Instituto Nacional de Geología. Barcelona.
VIRGILI RODON, Carmina.
Facultad de Ciencias de Madrid

REDACTOR JEFE
LUIS BADILLO DIEZ

INDICE

PÁG

Geología

L. F. MEDINA VALDERRAMA: Contribución al conocimiento petrológico de Galicia ... ...

C. GAIBAR-PUERTAS: La cobertera sedimentaria de la isla de Alborán (Almería)... ... ...

Minería

F. MINGARRO MARTÍN: Rocas y yacimientos exógenos de hierro... ... ...

Geobiología, Geofísica, Geonucleónica, Geoquímica

C. GAIBAR-PUERTAS y J. RUIZ LÓPEZ: Las anomalías geomagnéticas de la isla de Alborán (Almería)... ... ...

Estudio de minerales y rocas

J. E. IGLESIA PÉREZ y J. L. MARTÍN VIVALDI: Estudio cristalográfico de los granates de «El Hoyazo» (Almería).

Información

Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas.—Sección informativa de revistas ... ...

EDITADA POR EL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESP
Ríos Rosas, 23. MADRID-3 (ESPAÑA)

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

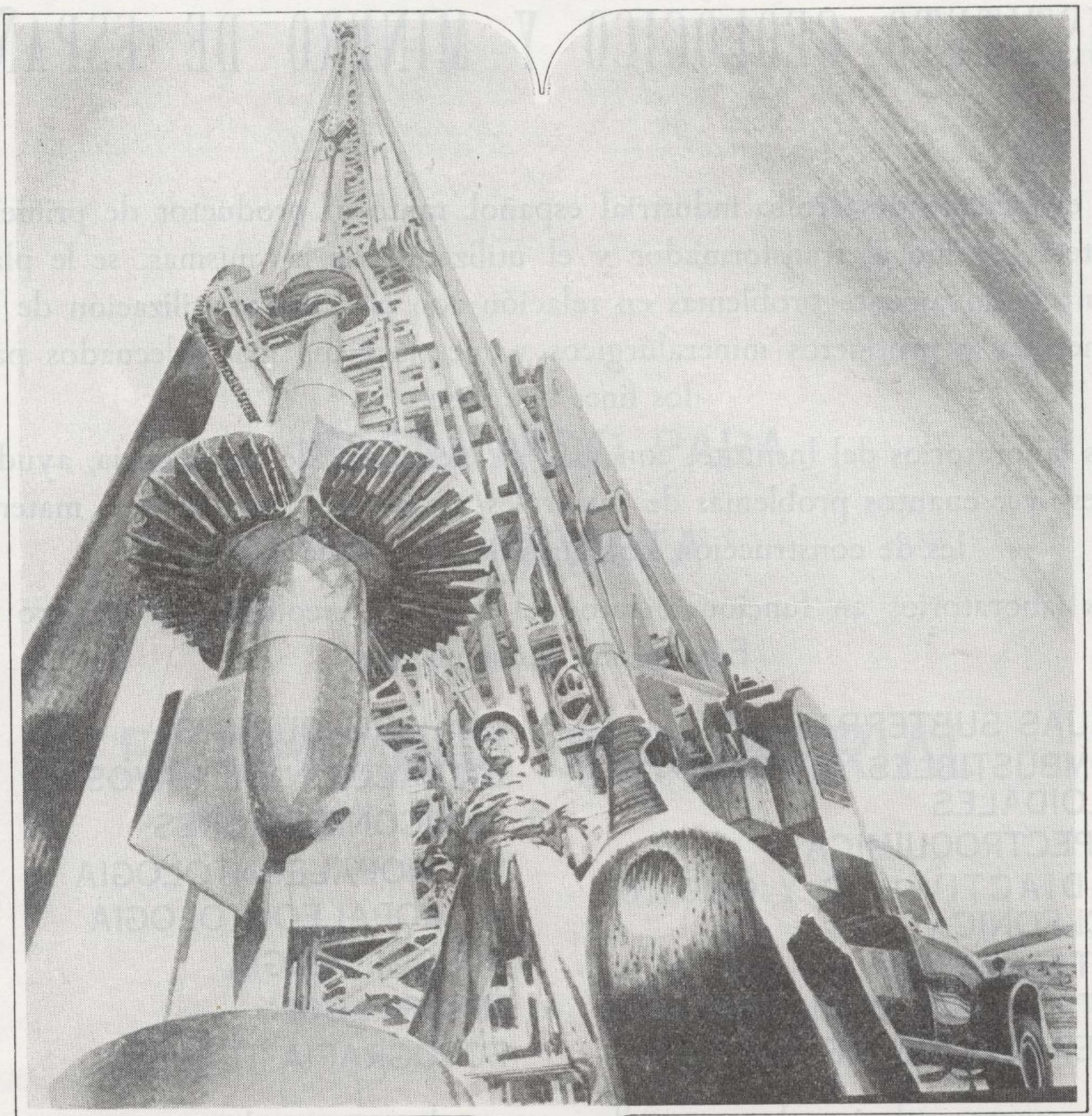
Paleocauce en el Mioceno superior de la carretera Jumilla-Ontur, en el límite de la provincia de Murcia y Albacete. El conglomerado que fosiliza el cauce es Plioceno.

(*Foto: J. Baena*)

Depósito Legal M. 8.279.-1958

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

Vegarada...
y brotó el agua con fuerza!
¡con potencia!



potente maquinaria en manos expertas.

Vegarada
perforaciones

parque de las naciones ● c/. guzmán el bueno, 121
tel. 2534200 ● madrid - 3.

CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS

señal

Boletín Geológico y Minero. T. LXXXI.-IV AÑO 1970 (307-344)

Contribución al conocimiento petrológico de Galicia

por L. F. MEDINA VALDERRAMA

RESUMEN

El autor hace un ensayo de enfoque geotectónico-petrogenético de los problemas al respecto en los alrededores de Galicia (NW. de la Peninsula Ibérica), y manifiesta ciertas tendencias a establecer y utilizar las relaciones entre ciertos factores y consideraciones de tipo físico-químico, no con la presunción de resolver los complejos problemas existentes, sino con el ánimo de colaborar con los nuevos sistemas de enfoque de la problemática geológica (petrogenética), teniendo en cuenta la ineludible necesidad de dar un vuelco a la sistemática clásica todavía inexplicablemente rezagada.

SUMMARY

The author is trying to approach the geotectonic-petrogenetic problemsof the surroundings of Galicia (NW. of the Iberic Peninsula) and expresse his inclination towards the stablishment and uses of the ratios between certain factors and considerations of a physicochemical character, not with he presumption of resolving on an inexperienced way the complex existing problems, but rather wih the idea of contributing to the new systems for the focalization of the geological problematic (petrogenetical), considerating the unavoidable need of reforming the still unexplainably straggled classical systematic.

INTRODUCCIÓN

Es este un resumen muy general del informe preliminar correspondiente a las labores realizadas durante aproximadamente ocho meses de investigaciones en el campo y en el laboratorio. Para su realización se tuvo en cuenta algunos principios personales (esencialmente), numerosos datos bibliográficos, algunas comunicaciones personales de otros autores, muchas de las cuales pudieron comprobarse en la mayoría de los casos tan sólo parcialmente, etc.

Aunque el presente trabajo se elaboró según observaciones realizadas directamente sobre la zona en cuestión, muchos de los datos y demás consideraciones relativas fueron inter y extrapoladas; es ésta una de las razones por las cuales, en numerosas oportunidades, se podrá evidenciar alusiones en relación a lugares y procesos, etc., hasta cierto punto ajenas a la zona, pero sin las cuales hubiese resultado imposible concentrar la esencia de la idea.

LOCALIZACIÓN

Nuestra zona de investigaciones corresponde, aproximadamente, a la región norteoccidental de la Península Ibérica (provincias de La Coruña, de Lugo, de Pontevedra y de Orense, y, además, se hace algunas consideraciones de índole correlativa, sobre las de Asturias y León). Corresponde, por tanto, y en términos generales, al «Macizo Galaico», de cuyas características, algunas, parecen poder extrapolarse por Asturias, Portugal y la Meseta en general, aunque naturalmente, bajo cierto condicionamiento diferencial [Véanse las figuras 1, 1 *a*), y 1 *b*)].

GENERALIDADES

El autor cuenta con la existencia, en épocas arcaicas y en los alrededores de la zona en cuestión, de ciertas influencias hasta cierto punto continentales (sentido amplio), según bloques de condición

diferencial. Un grupo de bloques localizado aproximadamente al W, WNW y N de nuestra región focal de atención, hoy hundido y formando parte del fondo oceánico atlántico-cantábrico, y que de acuerdo con la terminología Stilliana podría calificarse de «Protogeico o Arqueogeotectónico», fue sucesivamente sometido a complicados efectos de fragmentación, liberación, levantamientos, hundimientos, basculamientos, etc., hasta que llegó a constituirse en la unidad (conjunto arqueobloqueano iberoatlántico), a partir de la cual, en el tiempo y en el espacio, se iniciaría el crecimiento «Neogeico o Neogeotectónico». Es entonces, a partir del Algónquino (?), cuando probablemente cobra vida y empieza a jugar su papel fundamental el complejo fenomenológico geosinclinal.

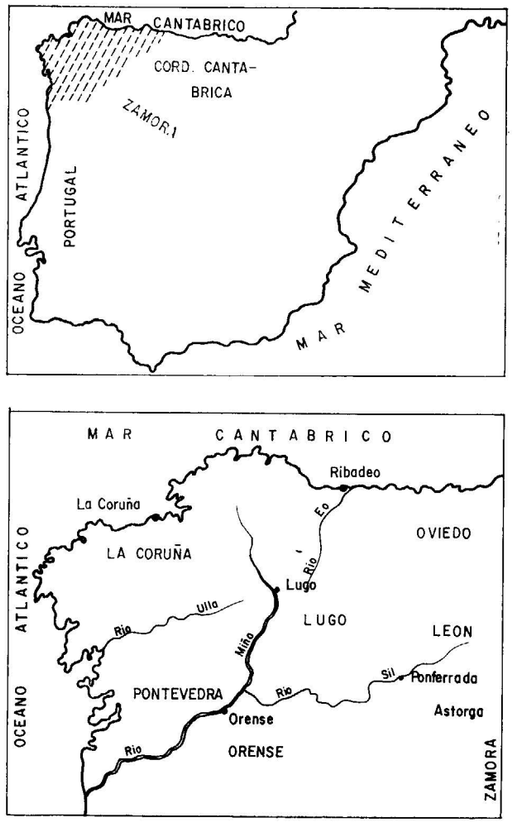


Fig. 1

Con las figuras 1 *a*) y 1 *b*), versión que Stille tomó al profesor Karl Metz, y que aquí presentamos con algunas modificaciones, se ha querido representar la posición de la zona en cuestión dentro de las condiciones geotectónicas dadas.

La figura 1 *a*) representa las condiciones «Arqueocéanicas» de Stille y la posición que dentr

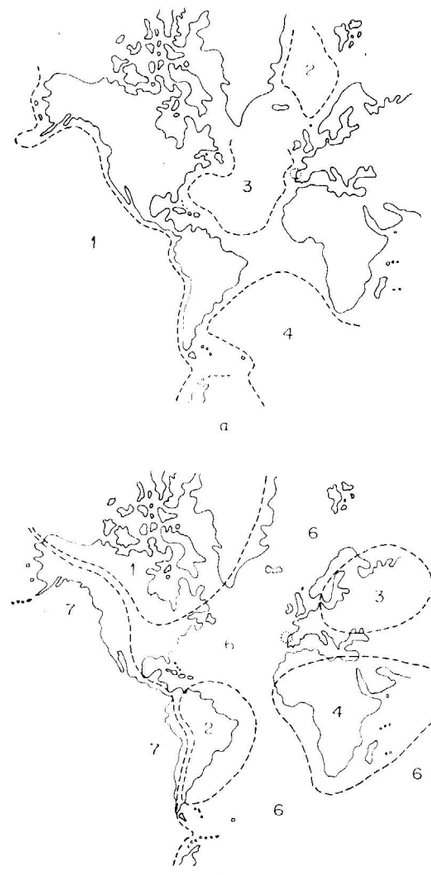


Fig. 1 *a)* y *b)*

de ellas ocuparía la región que nos ocupa (NW de la Península Ibérica). En esta figura se pued distinguir:

1. «Arqueocéano Pacífico Primordial». Fond desde entonces fundamentalmente simaico. Se d lugar a desarrollos geosinclinales típicamente «Cir cumpacíficos», los cuales, hacia el continente, pue den ir degenerando, por engendro de cuencas d segundo o más órdenes, en «Geosinclinales Intra continentales Circumpacíficos».

2. «Arqueocéano Escándico Primordial».
3. «Arqueocéano Atlántico Septentrional».
4. «Arqueocéano Atlántico Meridional».

Los tipos 2, 3 y 4, están ligados a condiciones de fondo siálico-simaico, y desarrollos bloqueanos responsables de ciertas irregularidades, discontinuidad y comportamiento diferencial, etc. Probablemente responden a primitivas depresiones tectónicas formadas por complicados efectos de fragmentación sobre masas arqueocontinentales o arqueocratónicas altas y bajas. Todo esto guarda una íntima conexión con la aparición y desapación de bloques y con el comportamiento cada vez más complejo, cuanto más evolucionado. Los desarrollos geosinclinales bajo tales condiciones presentan características generales y comunes, que nos permiten encuadrarlos dentro del grupo «Intracontinental y Intracratónico», y pueden dar lugar a la formación de otros de orden más avanzado.

La zona de la Península Ibérica que se presenta encerrada por un círculo punteado, responde a la región focal de estudio.

La figura 1 *b*) representa las condiciones «Arqueocratónicas» de Stille, y la posición que dentro de ellas ocuparía la región galaica, a la cual hemos encerrado dentro de un círculo punteado.

1. Conjunto de fragmentos rígidos y arcaicos de «Laurentia».

2. Incluida la zona señalada con el numeral 4, representa el conjunto de fragmentos rígidos y arcaicos de «Gondwania».

3. Conjunto de fragmentos rígidos y arcaicos de «Rusia».

4. Ver numeral 2.

5. Conjunto de fragmentos rígidos y arcaicos de «Ankara».

6. Conjunto indiferenciado de fragmentos rígidos y arcaicos (altos y bajos, etc.), de condiciones siálico-simaicas o atlánticas. Se trata de una unidad diferencialmente compleja.

7. Conjunto oceánico simaico, el cual, en colaboración con las masas cratónicas, y en cierto modo continentales adyacentes, produjo ciertos efectos esencialmente característicos.

En consecuencia, parece que poco antes del «Algónquino» existían dos condiciones fundamentalmente diferentes, que con el transcurrir del tiempo y procesos geológicos, fueron intermezclándose y tornándose diferencialmente complejas.

La zona que nos ocupa, por su parte, parece corresponder a unas condiciones de tipo «Intracratónico atlántico», y dio lugar a la formación y evolución de cuencas geosinclinales de muy variadas características, de acuerdo a un crecimiento W a E.

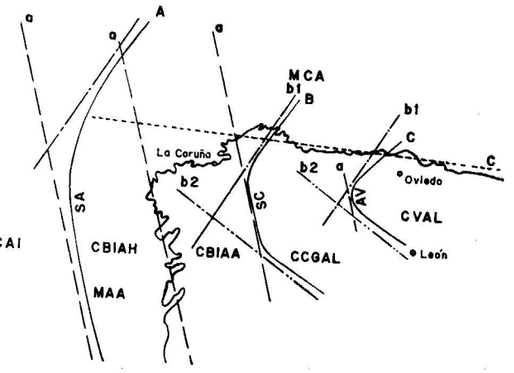


Fig. 1 *c*)

Mediante la figura 1 *c*), hemos pretendido señalar algunos interesantes aspectos con respecto de la zona en cuestión. Corresponde, en términos generales, al extremo norteoccidental de la Península Ibérica y más exactamente, a las provincias de La Coruña, de Lugo, de Pontevedra y de Orense, aunque por razones de tipo correlativo y estrecha conexión, se han realizado algunas consideraciones sobre las de Asturias y León, por cierto un tanto superficiales.

CAI: Posición un tanto incierta y solamente aproximada del antiguo «Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico», actualmente hundido y formando parte integral de los fondos atlántico-cantábricos (de este último tan sólo parcialmente —?—). Correspondería, por tanto, al «Protogeico o Arqueogeotectónico» de Stille.

CBIAH: «Conjunto Bloqueano Iberoatlántico Asíntico Hundido».

CBIAA: «Conjunto Bloqueano Iberoatlántico Asíntico Alto». Así como el anterior, se encuentra actualmente formando parte integral del fondo oceánico atlántico; éste se encuentra constituyendo una región continental, a la que pertenecen las provincias de La Coruña, de Pontevedra, de Orense y parte occidental de Lugo, etc.

CCGAL: «Conjunto Caledónico Galaicoasturioleonés». Correspondería, por lo menos en parte, a las provincias de Lugo, de Asturias y de León (de las dos últimas, su parte más occidental, según una línea que pasaría por los alrededores de Cabo Peñas, Cangas de Narcea y León).

CVAL: «Conjunto Varíscico Asturioleonés». Corresponde muy probablemente a una buena parte de las provincias de Asturias, de León y de Santander, etc., y su límite más occidental estaría dado por el arco geanticlinorio de los alrededores de Cabo Peñas, Cangas de Narcea y León.

MCA: «Mar Cantábrico Actual».

MAA: «Mar Atlántico Actual».

A: Línea que correspondería a la zona a partir de la cual, y hacia el E., se iniciaría el gran desarrollo ortogeosinclinal asíntico.

B: Línea que correspondería a la zona límite, a partir de la cual, y hacia el E., según un cierto proceso parcial y diferencialmente discontinuante, probablemente asíntico y anterior levantamiento undativo-geoanticlinorio, hoy difícilmente evidenciable, de no ser por sus efectos indirectos, se iniciaría un desarrollo geosinclinal de segundo orden, probablemente caledónico.

C: Línea que correspondería a la zona límite, a partir de la cual, y hacia el E. (aunque cada vez con un carácter más típicamente cerrado), según un cierto proceso parcial y diferencialmente discontinuante, probablemente caledónico y anterior levantamiento undativo-geanticlinorio, hoy evidenciable directa e indirectamente, se iniciaría el desarrollo geosinclinal de tercer orden, probablemente varíscico (Permítaseme señalar que para nosotros el término «Varíscico» hace referencia exclusiva de edad y no presupone para nada consideraciones estructurales de orientación).

NOTA. Sobra decir que cada uno de los procesos aludidos desequilibró y produjo los consiguientes reajustes, más o menos directa o indirectamente y de uno u otro modo, etc., según y sobre los anteriores, matizando, complicando y enmascarando, etc., los diferentes tipos de manifestaciones.

a. Sistemas de fallas y fracturas de directriz probablemente asíntica. Efectos sintectónicos primitivos posterior y sucesivamente rejuvenecidos e importantes condicionadores de complicaciones cada vez más evolucionadas. Fueron utilizados de manera fundamental por los mecanismos caledónicos.

b1. Sistemas de fallas y fracturas de directriz esencialmente varíscica. Contribuyeron de manera muy importante en un interesante y complicado juego de efectos de primer orden (sintectonismo varíscico, etc), y de segundo orden (mecanismos indirectos de reajuste tectónico-granitizante, etc.).

b2. Sistemas de fallas y fracturas varíscicas de segundo orden. Aunque muy probablemente ya existían como zonas de debilidad, es entonces cuando inician su más trascendental actividad. Es muy importante tratar de captar la diferencia entre su actividad primaria (sintectonismo varíscico, etc.) y su actividad secundaria (reajustante indirecta, etc.).

c. Sistemas de fallas y fracturas de directriz y actividad esencialmente alpídicas.

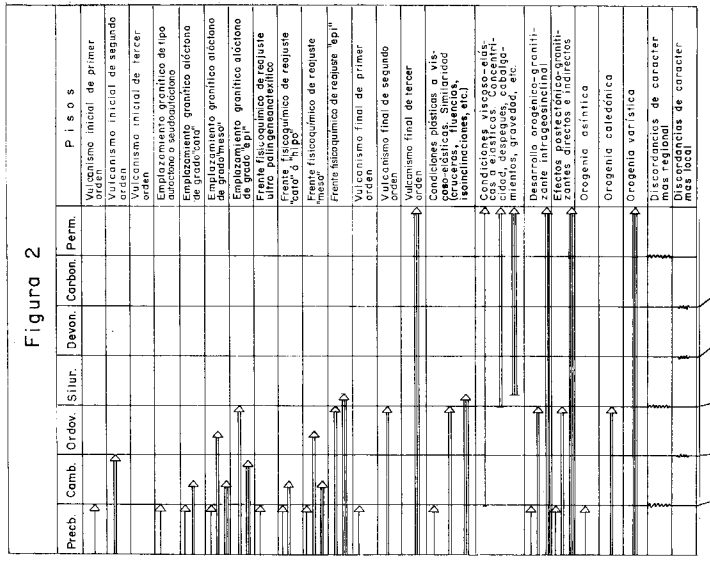
El conjunto de todos estos bloques ha sid sometido a sucesivos y complicados procesos f nomenológicos a todo lo largo de su inquieta hi toria geológica, resultando diferencialmente fra mentados, levantados, hundidos, basculados, de plazados, girados, etc. Los efectos de las dif rentes revoluciones (en sus diversas fases y su fases), en su carácter cualicuantitativo diferenci han venido sumándose de modo cada vez más co plicado, trayendo como lógica consecuencia complejo redistribucional y superposicional manifestaciones, parte de lo cual podemos evide ciar y en muchos casos distinguir en función las diferentes formas de granitización, de las co diciones de esfuerzos y estructuración, de las re ciones geotectonicopetrogenéticas, etc. Válgase señalar como interesante ejemplo de una de l muchísimas complicaciones al respecto, el apare arqueamiento (seudoarquamiento), esencialme resultante de una peligrosa interpolación estruc ral, hoy por muchos aceptado según manifestac nes de la mitad norteoccidental de Galicia [SA = seudoarco asíntico, SC = seudoarco caledón y AV = arco varíscico —?— de la figura 1 *c*

Algunas consideraciones historicogeológic y estratigráficas

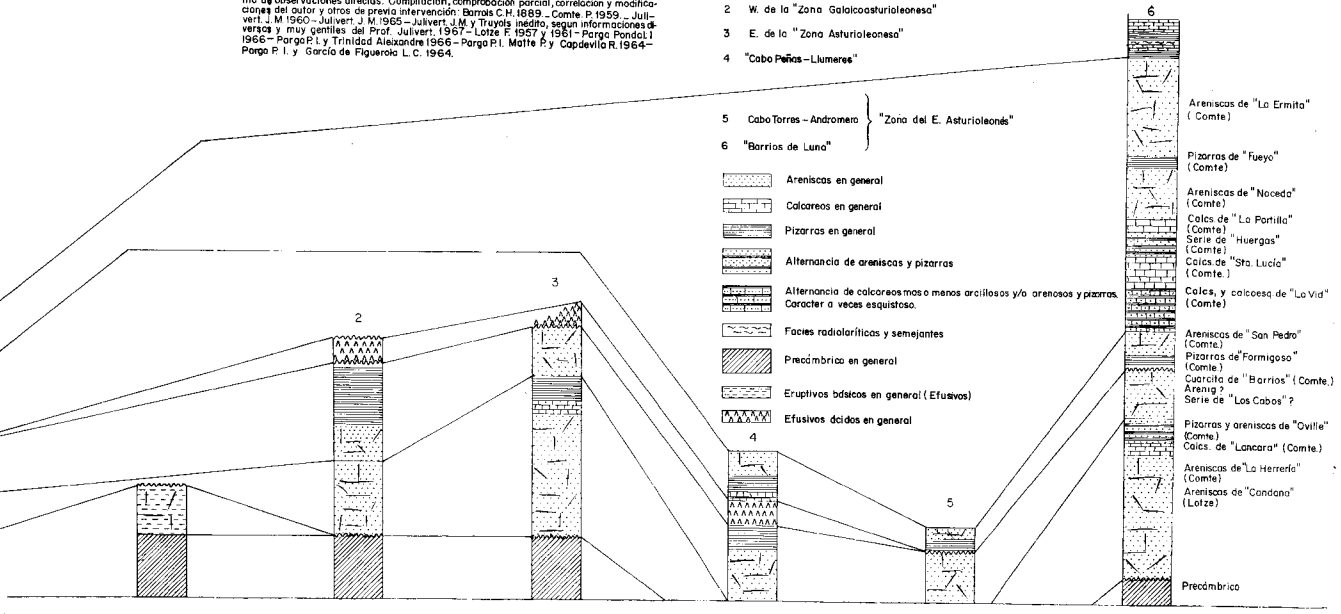
Precámbrico

A partir del gran ortogeosinclinal, cuyo desar llo se inició con anterioridad al Cámbrico, en condición probablemente asimétrica según un a país occidental (Conjunto Arqueobloqueano Ibe atlántico), comenzó con la consiguiente eta subsiguiente la fase correspondiente de sedime ción, según la cual se desarrolló una serie p bablemente algónquina (?), ampliamente distri da, desde el borde de dicho antepaís occide (W. de la actual costa gallega, y con delim ción aún imperfectamente definida), hasta cas longitud actual de Santander. Tal serie prec brica (depositación algónquina —?—), proba mente constituido por conglomerados —arenis calcáreos— etc., según parece podemos deduci partir de ciertas facies petrográficas, etc., haci mencionado antepaís occidental, fue poco a p definiéndose en un carácter más o menos pelí hacia el E., e incluso llegó a condicionar desa llos más o menos lenticulares de facies aren y/o calcáreas e intermedias, en razón, entre ot de algunas apariciones undativas (arrugamien esporádicamente repartidas. En algunos caso dio lugar a condiciones favorables para la d sitación de materiales orgánicos, carbonosos y lativos, hoy parcial o totalmente transforma

Figura 2



Síntesis de los eventos y efectos mas importantes, concretos y evidentes, de la zona en cuestion. Tabulación realizada tras una serie de consultas bibliográficas y personales, como de observaciones directas. Compilación, comprobación parcial, correlación y modificaciones del autor y otros de previa intervención: Barrois C.H. 1889 – Comte. P. 1959 – Julivert. J. M 1960 – Julivert. J. M. 1965 – Julivert. J.M. y Truyols inédito, segun informaciones diversas y muy gentiles del Prof. Julivert. 1967 – Lotze F. 1957 y 1961 – Parga. Pondal I. 1966 – Parga P. I. y Trinidad Aleixandre 1966 – Parga P.I. Matte P. y Capdevila R. 1964 – Parga P. I. y García de Figuerola L. C. 1964.



de acuerdo con los posteriores y numerosos mecanismos naturales. Cuando ya estaba algo avanzado el proceso de sedimentación en cuestión, se produjeron los primeros desequilibrios fisicoquímicos, especialmente sensibles hacia las zonas de máxima debilidad (región límite antepaís-cuenca, por ejemplo), responsables, hasta cierto punto, de las manifestaciones eruptivas básicas de la fase inicial correspondiente (carácter poco evolucionado, propio de una característica condición de primer orden). (Ver algunas de las consideraciones relativas a las figuras 1 *c*), 2 y 4).

Tras la intensidad diferencial de los procesos subsiguientes, en sus diversas formas, etc., el conjunto de facies entonces depositado, hoy sólamente se deja identificar indirectamente gracias a algunas de las técnicas petrográficas, etc. Algo muy semejante puede señalarse con respecto de las facies eruptivas correspondientes, con la diferencia de que en éstas, aún pueden reconocerse muchos de sus rasgos primitivos.

Todo este complejo de depositación precámbrica fue diferencialmente afectado por los efectos propios de la fase geosinclinal inicial asíntica, incluyendo el reajuste inherente subsidencial preparoxismo (metamorfismo regional propiamente dicho). Posteriormente, y en razón de los diversos subestadios del gran estadio paroxismal asíntico (mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico), vino el reajuste dinamotérmico correspondiente, con los consiguientes procesos de granitización (complejo palingenético-anatexítico-migmatésico primario diferencial, desarrollo y emplazamiento de lóbulos graníticos diferencialmente fusionados y establecidos según ciertas condiciones variables de autoctonía, seudoautoctonía, aloctonía de grado ultra/ultra = autoctonía, aloctonía de grado ultra/cata = seudoautoctonía, aloctonía de grado ultra/meso, aloctonía de grado ultra/epi = francamente intrusivo, con más o menos diapirismo y con aureola de contacto bastante neta, aloctonía de grado ultra/superficie = vulcanismo ácido, etc., con sus respectivos frentes fisicoquímicos de reajuste sinorogénico = sintectónico = más o menos concordante, etc. (Ver la figura 5).

Posteriormente, se llevó a cabo los procesos reajustantes caledónico y varíscico, desarrollados bajo condiciones diferentes y características (mecanismos indirectos de reajuste tectónico-granitizante postorogénico), sobre lo cual volveremos más adelante.

Cámbrico

En razón de los efectos correspondientes a la revolución asíntica (primer orden), de lo cual se hizo algunas consideraciones en el parágrafo inmediatamente anterior, se inició una nueva condición geosinclinal (segundo orden), a partir de la cual se desarrollaría más adelante el correspondiente proceso caledónico galaicoasturioleonés. Dicha zona, unida al nuevo continente asíntico por su borde occidental [ver zona limítrofe correspondiente en la figura 1 *c*)], empezó a sufrir tan importante influencia, en forma hasta cierto punto diferencial, desde los comienzos del Cámbrico. La sedimentación correspondiente vino a cubrir las series anteriores, cada vez menos afectadas hacia el E. (= Este), adquiriendo, naturalmente, un carácter diferencialmente concordante. Debe tenerse en cuenta, además, las irregularidades (arrugamientos) del fondo cuencal. Dicho depósito se realizó de modo más o menos continuo desde el W. (borde occidental de la cuenca en su límite con el continente asíntico), hasta el E. (borde oriental de la cuenca en su límite un poco al W. de la actual longitud de Santander).

Los sedimentos cámbricos constan, en términos generales, de areniscas, calizas y dolomitas diferencialmente ferruginosas, pizarras y algunas facies eruptivas intermedias a básicas hacia el techo (algunas de tendencia más o menos queratofídica). Las areniscas parecen tornarse cada vez más evolucionadas y más espesas hacia el E. y, asimismo, parecen incrementar un cierto carácter de asociación con facies de condiciones más profundas, etc. Ocupan la parte más inferior de la serie y reposan discordantemente (hacia el W.), como concordantemente (hacia el E.), aunque con un carácter un tanto diferencial, sobre los sedimentos precámbricos (variablemente pectinizados, granitizados, reajustados, etc., especialmente a medida que nos desplazamos hacia el W.). [Ver las figuras 1 *c*) y 2]. Es muy probable que tales areniscas correspondan a las de «Gistral» del W. galaicoasturioleonés, a las de la «Herrería» de Comte de la región cantábrica (asturioleonesa), a las de «Cándana» de Lotze, etc. [Ver las figuras 1 *c*) y 2]. (En casos de interés especial consultar los trabajos de G. Schulz, 1835; J. Macpherson, 1883-1886; P. H. Sampelayo, 1922; H. U. Nissen, 1960; L. Sánchez de la Torre, 1962; R. Walter, 1963; Lotze, 1961; Comte, 1960, etc.). Continuando con nuestra descripción, hacia el E. se puede comprobar una mejor presentación de ciertos desarrollos calcáreos y dolomíticos diferencialmente ferruginosos. Dichos niveles (calizas de Láncara de Comte y calizas/dolomías de Barrios de Luna de Lotze), reposarían sobre las areniscas anteriormente tratadas. Encima, aunque con un carácter diferencial, aparecen, especialmente hacia el E. (Zona de Barrios de Luna de Lotze), algunos niveles pizarrosos alternando con delgados bancos

de areniscas más o menos cuarcíticas (grados variables de diageneización, etc.) (pizarras y areniscas de Oville de Comte), los cuales, hacia el E. del «Geanticlinorio de Cangas de Narcea», se presentan acompañados de ciertos niveles eruptivos básicos e intermedios de carácter más bien evolucionado, a veces francamente traquítico (fase geosinclinal inicial de segundo o tercer órdenes, probablemente caledónica). (Véase «Las Rocas del Cámbrico», de los señores L. C. García de Figuerola e I. P. Pondal, 1964).

Ordovícico

Se prosigue prácticamente de manera continua el proceso depositante iniciado con el Cámbrico. Se trata de una serie de areniscas y pizarras oscuras y de algunas manifestaciones eruptivas de tendencia tardía (vulcanismo ácido postectónico postordovícico inferior —?— y presilúrico, correspondiente al proceso caledónico). Las areniscas de la base presentan una potencia muy variable, según la localidad, y hay quien las compara con las cuarcitas armoricanas de Comte («Arenig» y «Tremadoc»). Su diferenciación con las del Cámbrico resulta a veces difícil en extremo, como parece ser el caso de la serie de «Gistral» (Zona Galaicoasturioleonesa), en donde muy posiblemente se pasa de modo imperceptible del Cámbrico al Ordovícico. Permítaseme señalar que muchos de los niveles considerados como Silúrico no parecen ser otra cosa que los esquistos oscuros del Ordovícico superior. Por otra parte, parece existir un incremento en los grados de madurez y evolución en la vertical (hacia el techo) y en la horizontal (hacia el E.). Sobre las areniscas ordovícicas reposa una sucesión de tipo pizarroso, un tanto discontinua e irregular, si tenemos en cuenta, entre otras cosas, la frecuente variación de su potencia (considerable en algunos puntos de la Zona Galaicoasturioleonesa y ausencia casi total en algunos localizados hacia el E. del «Geanticlinorio de Narcea»). En cuanto a los eruptivos ácidos del Ordovícico superior, parecen corresponder a ciertas manifestaciones caledónicas tarditectónicas póstumas en forma de efusiones volcánicas y otros efectos correlativos (facies explosivas e híbridas de tendencia riolítica de Galicia Oriental, parcialmente controladas por los señores I. P. Pondal —R. Capdevila—, Ph. Matte, 1964; facies riolíticas al W. del «Geanticlinorio de Narcea», del sinclinal de Truchas y de los alrededores de Cabo de Peñas, etc., según información amable y personal del profesor J. M. Jullivert, de la Universidad de Oviedo).

Todo este conjunto Cambrordovícico fue diferencialmente afectado por el proceso caledónico, especialmente al W. de la región galaicoasturioleonesa (primer ajuste según subsidencia y posterior reajuste según paroxismo y efectos dinamotérmicos correspondientes, etc.), y posteriormente, por el proceso varíscico (tanto en su condición de carácter orogénicogranitizante intrageosinclinal —región asturioleonesa—, como en su condición de carácter reajustante indirecto —regiones anterior y geológicamente establecidas, naturalmente localizadas por fuera de la zona asturioleonesa—). Todos los procesos posteriores, en cuanto a las unidades así desarrolladas se refiere, no serán tratados, por el momento, y corresponden a la dinámica de los Mecanismos Indirectos de Reajuste Tectonicogranitizante Extrageosinclinal.

Silúrico

Tras la discontinuidad condicionada por el desarrollo caledónico, iniciada aproximadamente a partir del momento geológico durante el cual se producía el vulcanismo ácido anteriormente mencionado, Ordovícico medio —?—, probablemente se constituyó el continente caledónico, aún parcialmente hundido bajo el mar, el cual se soldó por su borde W, al anteriormente constituido continente asíntico, también parcialmente cubierto por el mar, y desde su borde E. se inició la nueva condición geosinclinal de tercer orden, esto es, Cuenca Geosinclinal Varíscica Asturioleonesa o Cantábrica. [Ver las figuras 1 *c*) y 2]. Dicha cuenca se prolongó desde aproximadamente el Geanticlinorio de Narcea, por el W., hasta casi la longitud actual de Santander (hoy parcial y diferencialmente cubierta por sedimentos más recientes), por el E.

Con la culminación del proceso caledónico, responsable de un efecto discontinuante más dentro del desarrollo del gran ortogeosinclinal (condición geosinclinal de primer orden), iniciado antes del Cámbrico, se prosiguió la evolución correspondiente, con los depósitos silúricos, parcial, irregular y diferencialmente colocados de forma más o menos discordante (a veces aparentemente concordantes, o en concordancia local), sobre un fondo irregular desde antes modelado. Todo esto explica por lo menos en parte, los frecuentes cambios de facies, etc., producidos aún bajo la influencia de movimientos verticales caledónicos póstumos.

Se trata, en términos generales, de una serie pizarrosa oscura que nos recuerda ciertas facies de tipo «Flysch», rica en material orgánico, a veces francamente carbonosos, con intercalaciones de niveles más o menos lidíticos y/o margosos, etcétera. Hacia el techo parece producirse un incremento en el carácter detrítico de los materiales

(facies arenoso/ferruginosas transicionales silúrico-devónicas de Comte, 1959, según la serie de Barrios de Luna, en la «Zona Cantábrica» —?—). El conjunto en cuestión presenta un carácter un tanto discontinuo e irregular, el cual puede evidenciarse a lo largo de ciertos itinerarios E.-W. (variaciones frecuentes de potencia, ausencia en algunas localidades, asociación diferencial de facies, etcétera). Algunos indicios de movimientos verticales, inquietud, etc., parecen conectarse con una cierta complicación de seriaciones de carácter transgresivo y regresivo.

Permítaseme señalar como una nota al margen, la importancia que merece la presencia de algunos niveles silúricos y postsilúricos (?), depositados en zonas deprimidas, esporádicamente repartidas y previamente labradas dentro de regiones ya geológicamente desarrolladas (asínticas y/o caledónicas), naturalmente, con las características correspondientes al ambiente de la localidad (unas veces continentales, otras subcontinentales, etc.).

Devónico

El Devónico, más que el Silúrico, y más o menos como el Carbonífero, parece corresponder a series casi exclusivamente asturioleonesas. Se caracteriza esta segunda parte del Paleozoico por una cierta condición de irregularidad y discontinuidad (falta casi totalmente al NE., aparece más o menos bien desarrollada al SE., no se conoce con exactitud en la mitad E., falta en la zona central o «Carbonífera», aparece más o menos bien desarrollada al W., en cuanto a la región asturioleonesa se refiere; en las zonas gallega y galaicoasturioleonesa, por su parte, no parece poder evidenciarse su presencia, especialmente hacia el W.). Parece tratarse, en términos generales, de una serie de condiciones epicontinentales, depositada bajo la influencia de movimientos verticales alternantes. (Para mayor información, consúltese: P. Comte, 1959; J. M. Jullivert, 1960, y compilaciones más recientes, F. Lotze, 1958 y 1961, etc.).

Carbonífero

Corresponde a una serie prácticamente exclusiva de la zona asturioleonesa (= «Zona Cantábrica»). Se caracteriza por su irregularidad y discontinuidad. En algunos lugares (serie de Barrios de Luna de Comte, 1959), por ejemplo, se inicia con una sucesión de pizarras negras generalmente de poca potencia. La suprayacen algunos niveles de las asociaciones de tipo lidítico-radiolarítico, negros y rojos, calizas más o menos nodulosas, etc., conjunto éste que nos recuerda las facies de tipo «Flysch». Generalmente les siguen unas calizas masivas, las cuales en algunos lugares, infrayacen a una sucesión pizarrosa. Seguidamente, y también con carácter local, suelen aparecer pizarras y areniscas con intercalaciones más o menos lenticulares de calizas fosilíferas y de niveles carbonosos. De tales niveles carbonosos, los más importantes suelen estar por encima de los episodios calcáreos. A veces aparecen algunos niveles conglomeráticos con fragmentos calcáreos y/o silíceos, que adquieren gran importancia al SE. de la zona en cuestión. Un rasgo muy interesante en relación con el Carbonífero, es su directa posición sobre el Precámbrico, en el S. de la Cordillera (Comte, 1959 y Truyols-Jullivert).

La naturaleza de los sedimentos, como algunas de sus características de presentación, etc., parecen indicar la finalización de las condiciones reinantes. La influencia del continente se muestra cada vez más franca e intensa. Todo parece indicar que tal deposición se realizaba bajo condiciones epicontinentales inquietas. La posición del Carbonífero sobre el Precámbrico exige la fase consiguiente de discontinuidad.

Pérmico

Con el Pérmico, al parecer, deficientemente conocido y aún no muy bien diferenciado del Triásico, se intensifican y se tornan cada vez más francas, la discontinuidad y las condiciones continentales. Junto con él se presentan algunas manifestaciones de vulcanismo (familia de basaltos, andesitas, riolitas, etc. —?—), probablemente correspondientes a una etapa tarditectónica póstuma del desequilibrio varíscico, cuyo paroxismo, como ya mencionamos antes, se desarrolló a una considerable profundidad relativa y sus efectos se tornaron trascendental y característicamente indirectos. Por otra parte, se llegó a favorecer la presentación de condiciones muy propias para el desarrollo de una tectónica de cobertera con magníficos ejemplos de resbalamiento, etc. (Consúltese J. M. Jullivert: Bull. Soc. Geol. de Fance, VII, 1965).

Mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal

Los planteamientos del autor con respecto de tan complicado e interesante problema, se basan, hasta cierto punto y entre otras cosas, en el carácter de zonación intrabloqueana atlántica (fondo diferencialmente siálico-simaico), etc.

Se recurre, por tanto, a una serie de principios geotectónicopetrogenéticos con pilares físicoquímicos, entre otros, pero subrayando su carácter preliminar y en consecuencia, merecedor de una cierta reserva.

Con la figura 3 (carácter esquemático burdo), se ha pretendido hacer una representación sencilla de ciertas consideraciones de gran utilidad. Primeramente, se hará una breve descripción de términos.

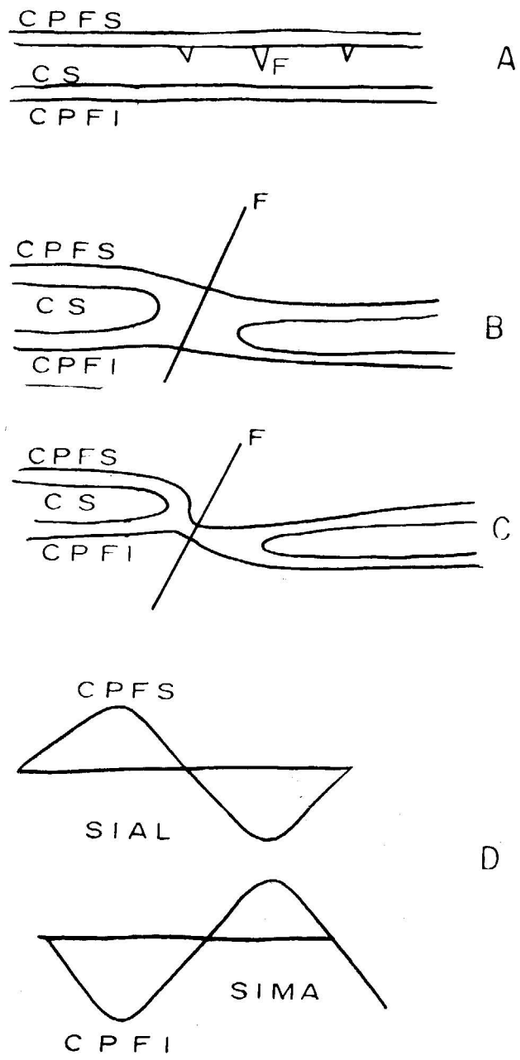


Fig. 3

CPFS: Representación ideal del fondo oceánico o límite superior sial (masas continentales indiferenciadas) y/o sima (manto infrayacente, que puede o no aflorar en razón de la cobertera siálica), con la superficie (atmósfera, incluyendo la hidrosfera). En síntesis, Curva de Potencial Termodinámico Superior.

CPFI: Representación ideal de la zona límite inferior entre el sial y el sima. En síntesis, Curva de Potencial Termodinámico Inferior.

CS: Conjunto siálico. Espesor variable, que en muchos casos tiende a cero, dada la condición de intracratonismo atlántico. Corresponde a una zona de constante movilidad fisicoquímica entre dos grandes sistemas: uno superior (la atmósfera, incluyendo la hidrosfera), y otro inferior (manto).

En la figura A (3A), se representa las condiciones ideales de equilibrio, anteriores a los desequilibrios que marcarían el límite entre las épocas «Protogeica» y «Neogeica» de Stille. CS correspondería por tanto, al conjunto bloqueano arcaico.

La figura B (3B), representa una de las fases d desequilibrio precursoras de la revolución asíntica. Es entonces cuando se inician los fenómeno de fracturación, de fragmentación, de desmembración y del complicado comportamiento diferencial de los bloques resultantes, etc.

En la figura C (3C), se representa una etap algo más evolucionada, en la que probablement empiezan a hacerse sensibles los desequilibrios a reflejarse en las curvas de los potenciales termodinámicos, en razón de las condiciones diferencia les así condicionadas. Naturalmente, el carácte de las masas, de los mecanismos y de las condiciones así generadas, va tornándose cada vez má complejo.

La figura D (3D), por su parte, representa co nocidos principios isostáticos y su estrecha rel ción con ciertas variaciones de carácter fisicoqu mico.

Tras los efectos de reajuste «Protogeico», co sus mecanismos probable y fundamentalmente d ferentes de los correspondientes a la fenomenol gía «Neogeica», sentido de Stille, se ha venid produciendo una serie de ciclos físico-químico irreversibles, naturalmente, responsables de u complejo juego desequilibro-reajustante micr macroscópico, en sus diversos grados, claramen manifestados en muchos de los efectos correspoi dientes. De este modo, y desde entonces, se venido condicionando numerosos y complicad sistemas fisicoquímicos, en constante actividad, e busca de estados cada vez menos energéticos más estables.

El manto, propiamente dicho, corresponder a un sistema material intensamente condensa (carácter en cierto modo diferencial), con arreg

a un estado cuasi a seudoatómico —?—, intensamente en deenergótico, naturalmente, bajo condiciones de altísima energía. Se trataría de un sistema prácticamente cerrado, en principio, según cubiertas, o envolturas de características fisicoquímicas esencialmente diferenciales y estaría en constante actividad interna a manera de ciclos de convección. Tal complicación, cada vez mayor, trae como consecuencia un complejo de sistemas con potencial termodinámico diferente, responsables, entre otras cosas, de un juego complementario de desequilibrio-reajustante, etc., a escala variable. Existirían, por tanto, cierto tipo de influencias intensivas residuales con características genéticas fácil y claramente explicables a través de la termodinámica (Véase la figura complementaria 7).

Con los efectos de fragmentación, liberación, etcétera, se matizaría y multiplicaría la complicación fenomenológica correspondiente. (Consúltese la figura 4, paralelamente con esta parte de la literatura). Una vez producida la liberación bloqueana, y teniendo en cuenta el carácter diferencial de los múltiples aspectos, propios de los diversos sistemas resultantes, aparecen los que podrían llamarse primeros efectos desequilibro-reajustantes de tipo macroscópico. Tendríamos ante nosotros, entonces, una de las caras del comienzo del proceso evolutivo/revolutivo ortogeosinclinal (geosinclinal de primer orden). En la figura 4 (fase A), se ha pretendido representar uno de los subestadios iniciales, posterior a la mencionada fragmentación y liberación consiguiente, probablemente «neogeico» (postarcaico-precámbrico). A y B son dos fragmentos bloqueanos producidos como consecuencia del fenómeno en cuestión. El bloque A, más exactamente, correspondería a nuestro Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico, y el bloque B, a un conjunto basamental sobre el cual se desarrollaría el Geosinclinal Asíntico (GA). Tales dos conjuntos de bloques quedarían separados por una zona de debilidad, que posteriormente llegaría a convertirse en un importante sistema de fracturas iniciales asínticas (FiA). Por debajo de estos sistemas de bloques, zona infrayacente, se tendría una parte del manto (M), diferencialmente influenciada por aquéllos, y en cuyo interior, como consecuencia, se llevaría a cabo una interesante actividad fisicoquímica desequilibroreajustante. Las corrientes convectivas, por ejemplo, sufrirían entorpecimiento por parte de ciertas influencias extrañas y esto, en suma con otros tantos efectos, condicionaría los primeros reajustes energéticos (cambios de estado, cristalización, realización de trabajos, etc.), pero aún dentro de una escala hasta cierto punto despreciable. Se trataría, en síntesis, de una fase temprana del desarrollo ortogeosinclinal asíntico (GA).

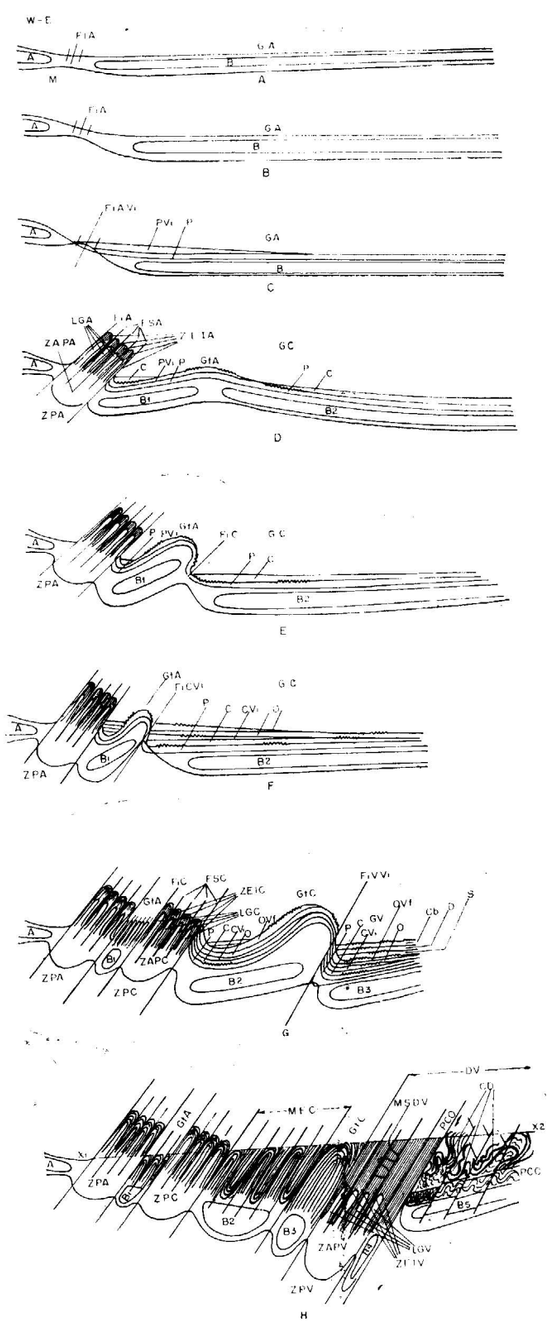


Fig. 4

Con la subsidencia diferencial de este modo condicionada (basculamientos con máximo hundimiento en los bordes internos, esto es, hacia la zona de debilidad (FiA), zona desprovista de cubierta siálico-simaica, etc.), dado su carácter de intensidad creciente, y teniendo en cuenta la casi total independencia conseguida entre los bloques (variabilidad de magnitud, tanto en sus diversos parámetros, como en los de sus efectos, etcétera), se asentaría e incrementaría la ya existente complicación fenomenológica, haciéndose cada vez más sensibles las influencias debidas a factores tales como: velocidad, aceleración, complejos condicionales macro-microcóspicos, etc., factores éstos, cuya presencia significa para los dogmáticos la imposibilidad de utilización de los criterios fisicoquímicos.

Por otra parte, y como consecuencia estrechamente conectada, se desarrollaría un mecanismo de erosión y depósito que iría jugando un papel muy importante, aunque naturalmente de carácter complementario, en el desarrollo de la cuenca. Tendríamos, entonces, una primera fase de sedimentación, probablemente algónquica —?—, cuya fuente de aporte estaría al W. (Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico, señalado en la figura 4A con la letra A). Lo que inicialmente correspondía a un proceso cíclico de erosión/depósito, por simple basculamiento, con la liberación de los fragmentos bloqueanos, se tornaría en un proceso cíclico-variable de erosión/depósito por movimientos verticales, conectados pero independientes, entre las dos unidades en cuestión (Antepaís = = Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico = = A/Conjunto Ortogoesinsinal Asíntico = GA + B). De este modo irían siendo incrementados la subsidencia, almacenamiento, compactación, etc., y junto con éllos, los procesos reajustantes fisicoquímicos. Los sistemas de carácter más francamente cerrado (sentido termodinámico), ante la compactación, se reajustarían según volumen y con arreglo a un proceso condensativo endoenergético (tendencia natural ideal), en tanto que los sistemas de carácter más francamente abierto (zonas de fracturación y debilidad, etc.), se reajustarían según flujos más o menos libres, dentro de un proceso esencialmente exoenergético. Estos últimos, una vez alcanzada cierta condición de escalaridad macroscópica, podrían llegar a constituir cierto tipo de fases eruptivas muy poco evolucionadas (tendencia básica a ultrabásica).

Recordemos que:

Materia (M) = Masa (m) + Energía (U) (1).

Energía Interna (U) = Energía Calórica (Q) + + Energía Mecánica (W) + Energía Química (&) (2).

Energía Calórica (Q) = Entropía (S) · Temperatura (T) (3).

Energía Mecánica (W) = Presión (P) · Volumen (V) (4).

Energía Química (&) = Potencial Químico (u) · · Concentración Molar (n) (5).

y que si sobre un sistema (materia depositada = = sedimentos depositados), se aplica un mecanismo compresivo (mecanismo esencialmente dinámico de tendencia condensativa, y en el cual la presión es la variable intensiva de primer orden), condicionado por el peso creciente de los sedimentos, por ejemplo, podríamos plantear que: M = m + U, ecuación (1), para una M invariable (condición de equilibrio) una m condensada (en cierto modo disminuida) y una U incrementada; por otra parte, U = Q + W + & = TS + PV + + un, ecuación (2), la cual, repetimos, con arreglo a un mecanismo condensativo endoenergético, pasaría a una nueva condición de equilibrio (indicada con el subíndice 1), menos entrópica y más altamente energética (véase la fase primera de la figura complementaria 7), tal que U1 = Q1 + W1 + + &1 = T1S1 + P1V1 + $u1n1$, ecuación (6), en la cual: Q = f(S) = $f1$(V) = $f2$(P), & $f(n)$ = = $f1$(V) = $f2$(P) y W = f(V) = $f1$(P), cuando y para: (+ U)1 — (— Q)1 — (+ &)1 = (+ U)1 — — T(— S)1 — u(+ n)1 = P(— V)1 = U1 + + T1S1 — $u1n1$ = — P1V1, ecuación (7), pero teniendo en cuenta que las variaciones producidas dentro del potencial químico (& = un), se refiere a ciertos cambios en las concentraciones por unidad de volumen (forma de densidad), condicionados, por el carácter condensativo endoenergético del proceso y por el carácter endoenergético del proceso y por el carácter cerrado (sentido amplio) del sistema; de manera similar, en el caso de un mecanismo exoenergético (expansitivo exoenergético, más exactamente), como el mencionado unos renglones atrás, teniendo presente que aún se conserva su característica condición dinámica, sucedería exactamente lo mismo, pero en sentido contrario (cambios de signos): U = Q + W + & = TS + + PV + un, ecuación (2), la cual, con arreglo, repetimos, a un mecanismo esencialmente expansitivo exoenergético, de origen dinámico, pasaría a una nueva condición de equilibrio (indicada con el subíndice 2). menos energética, pero más altamente entrópica (véase la segunda fase de la figura complementaria 7), tal que: U2 = Q2 + + W2 + &2 = T2S2 + P2V2 + $u2n2$, ecuación (8), en la cual, Q = f(S) = $f1$(V) = $f2$(P), & + $f(n)$ = $f1$(V) = $f2$(P) y W = f(V) = $f1$(P), cuando y para: (+ U)2 — (+ Q)2 — (— &)2 = = (+ U)2 — T(+ S)2 — u(— n)2 = P(+ V)2 = = U2 — T2S2 + $u2n2$ = P2V2, ecuación (9), etc.

En síntesis, el conjunto de sistemas que por el momento nos ocupa, sufre, esencialmente, la influencia de mecanismos fundamentalmente dinámicos. La acción intensiva de la presión (en sus múltiples y diversas formas), produce, en principio, reajustes según volumen y entropía, etc., de las estructuras o edificios existentes en un momento dado (atómicas, cristalinas, etc.). El complejo diferencial de gradientes, de este modo originado, produce, entre otros efectos, interesantes modificaciones estructurales y relativas (simetría, empaquetamiento, coeficientes energéticos reticulares, etc.). Asimismo, y con arreglo a una amplia y densa distribución de focos, con características escalares variadísimas, se condiciona importantísimos procesos relativos a flujo y difusión, a cortas distancias y a escala regional, eliminándose, de este modo, la necesidad de recurrir a fenómenos movilizantes según distancias y espaciamientos formidables. Sin embargo, todavía, ni el proceso, ni las correspondientes consecuencias, han llegado a conseguir un carácter lo suficientemente trascendental, como para llegar a manifestarse macroscópicamente.

La subsidencia y el depósito continúan (figura 4C = figura 4 — fase C) y el proceso, como sus manifestaciones, van adquiriendo un carácter cada vez más francamente trascendental. Algo avanzada la sedimentación precámbrica (P), la zona de debilidad (FiA), empieza a producir las primeras manifestaciones evidenciables macroscópicamente. Las condiciones de tendencia endoenergética y cerrada del sistema manto, tras la influencia diferencial de las cubiertas, de los bloques y de la subsidencia, etc., se tornan sutilmente abiertas, como consecuencia de, entre otras causas, el franco desarrollo de la zona débil (FiA). Con la caída de presión y el desequilibrio consiguientes, se busca un ajuste en función de cierto desarrollo más o menos fluido, a expensas, de la masa condensada infrayacente (tendencia básico-ultrabásica). Parte de dicha masa, una vez alcanzada esa cierta condición de fluidez, es expulsada a través de los conductos proporcionados por la zona débil (FiA y FiAVi), para después emplazarse en formas eruptivas (intrusivas a efusivas), discordantes y concordantes, de naturaleza muy poco evolucionada (básico-ultrabásica de primer orden). Tenemos, entonces, el complejo eruptivo geosinclinal inicial asíntico, de edad probablemente precámbrica (PVI). Es esta, una de las fases del proceso que más francamente acusa su naturaleza expansitivo-exoenergética, tan someramente aludida renglones atrás. (Véase lo relativo a las ecuaciones 8 y 9, como lo correspondiente a la fase segunda de la figura complementaria 7).

El proceso sigue su marcha, más o menos, en la forma en que hasta ahora se ha expuesto, naturalmente, con algunas variaciones. El sistema correspondiente al manto (M), ha llegado a taponarse nuevamente. Entre tanto, la subsidencia, el depósito y demás fenómenos correlativos, continúan. La presión, en sus diversas manifestaciones, prosigue con su trascendental labor (variable intensiva de primer orden). La influencia de tales efectos, como los procesos de reacción correspondientes, conservan su carácter esencialmente diferencial. La máxima intensidad se concentra en la zona limitada por la base y borde interno del bloque (A), por el borde correspondiente del fondo oceánico y de la costra residual infrayacente, por la parte superior del manto, y por la cubierta o tapón temporal de la región denominada (FiAVi). Por otra parte, y sobre la misma región (zona), se produce un complejo desequilibrio-reajustante, como consecuencia de la irregularización y de la discontinuación del ciclo convectivo profundo (del manto), debidas a ciertas influencias extrañas, provocadas por la fenomenología general. La zona en cuestión se constituye en un importantísimo sistema, temporalmente cerrado, foco energético (condensativo-endoenergético) de condición creciente. (Véase lo relativo a las ecuaciones 1, 2, 6 y 7, como lo correspondiente a la primera fase de la figura complementaria 7). Por lo demás, esta complicada condición focal condensativa-endoenergética creciente, es esencialmente preparoxismal (anterior al paroxismo orogénico-granitizante intrageosinclinal), con el cual se tornará totalmente opuesta expansitivo-exoenergética), en cierto modo, muchísimo más intensa y más fácil evidenciación macroscópica. (Véase lo relativo a la totalidad de la figura complementaria 7). Oportunamente volveremos sobre el interesante tema de la fase paroxismal orogénico-granitizante intrageosinclinal y su condición expansitivo-exoenergética, en cierto modo, seudo o cuasi-otómica, etc.

Antes de proseguir, quisiera hacer una somera reconsideración de ciertos términos, con arreglo a nuestros propios puntos de vista. Sean tales términos, entre otros, metamorfismo en general, metamorfismo metasomático, metamorfismo regional (metamorfismo regional subsidente), metamorfismo dinamotérmico (metamorfismo dinamotérmico paroxismal), etc.

Metamorfismo en general. Cualquier tipo de reajuste físico-químico realizado bajo condiciones prácticamente cerradas. El quimismo elemental permanece constante, pero la mineralogía puede cambiar.

Metamorfismo metasomático. Cualquier tipo de reajuste físico-químico, realizado bajo condiciones abiertas (reajustes macro y micromovilizados entre, por lo menos, dos sistemas). Tanto el qui-

mismo elemental, como la mineralogía, pueden cambiar.

Metasomatismo. (Véase Metamorfismo metasomático). El autor considera un tanto peligrosa la utilización de este término y, por tanto, se permite la libertad de aconsejar sea tomado en cuenta con toda la reserva que merece.

Metamorfismo regional subsidente. Cualquier tipo de reajuste físico-químico preparoxismo orogénico-granitizante. La subsidencia y efectos relativos, juegan papel muy importante (Véase Metamorfismo en general).

Metamorfismo regional dinamotérmico (metamorfismo dinamotérmico paroxismal). Proceso desarrollado a escala regional y en relación con fases paroxismales sinorogénico-granitizantes. Tiene un carácter francamente sintectónico, aunque un tanto diferencial. Asimismo, suele complicarse con ciertos fenómenos de granitización-migmatización-metasomatismo (orden primario). en un sentido amplio, puede considerársele como un complicado proceso de contacto (contacto de ultrazona, contacto de catazona, contacto de mesozona, contacto de epizona, etc., según ciertas condiciones de palingénesis, anatexis, migmatesis, emplazamientos lobular - graníticos autóctonos —seudoautóctonos— alóctonos de grado meso —alóctonos de grado epi—, etc). Debe distinguirse el carácter primario de los fenómenos aquí considerados, condicionados por Mecanismos Orogénico-Granitizantes Intrageosinclinales, del carácter secundario, condicionado por Mecanismos Indirectos de Reajuste Tectónico-Granitizante Extrageosinclinal.

(Véase la figura 5).

Prosigamos con nuestra somera exposición, señalando ya la aparición de una fase preparatoria del paroxismo. Los sedimentos depositados en el fondo de la cuenca, tras especial condicionamiento del complejo ambiental, etc., se ven obligados a aceptar una cierta arquitectura diferencial, matizada de arrugamientos, retorcimientos, fracturamientos, etc., que aunque en muchos casos, de muy pequeña magnitud, llegan a desempeñar impresionantes tareas. Tal complejo de disarmonías trae como consecuencia el desarrollo de un proceso desequilibro-reajustante, tanto más intenso e importante, cuanto más cerca de la región focal (condensativo-endoenergética creciente), pero de condición esencialmente complementaria, ya que dicha masa de sedimentos, por sí sola, muy poco podría realizar, si se tiene en cuenta la magnitud de la fenomenología paroxismal.

La cámara focal, en su condición condensativo-endoenergética creciente, una vez alcanzado cierto límite de condensación, reacciona de manera brusca y rápida, sentido geológico, naturalmente,

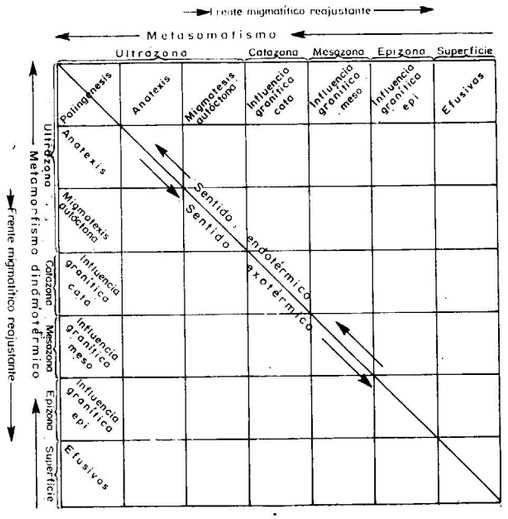


Fig. 5

para cambiar a una nueva condición, hasta cierto punto diametralmente opuesta. Nuestro sistema focal, antes de carácter cerrado y condición condensativo-endoenergética creciente, se abre bruscamente, para convertirse en uno nuevo, de carácter abierto y condición expansivo-exoenergética (Véase lo relativo a las dos fases de la figura complementaria 7). Dicho cambio se lleva a cabo merced a una especie de explosión seudo o cuasiatómica paroxismal orogénico-granitizante. (Véase renglones atrás, lo relativo a las ecuaciones 1, 2, 6, 7, 8 y 9). Hemos llegado a la fase más importante y trascendental del proceso general, esto es, a la fase paroxismal orogénico-granitizante intrageosinclinal, y a uno de los más importantes ejemplos de mecanismo expansivo-exoenergético. La materia correspondiente, comienza su evolución, tras de estados de mínima energía y de masa máxima. Asimismo, se plantea una tendencia hacia condiciones de más alta entropía.

El complejo explosivo resultante, se levanta, entre y junto con la masa del depósito cuencal, etc., y complementa su afectación, con un carácter físico-químico francamente diferencial (relaciones palingenéticas, relaciones anatexíticas, relaciones migmatíticas, relaciones lobular-graníticas de emplazamiento variable, éste es, por ejemplo, autóctono, seudoautóctono, alóctono-catazonal, alóctono-mesozonal, alóctono-epizonal, etc.). (Véanse las figuras 4D = 4 — fase D y 5).

En la figura 4D = figura 4 — fase D, pode-

mos apreciar algunos de los elementos y consecuencias del paroxismo, por ejemplo:

A: Residuos del Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico.
ZPA: Zona Paroxismal Asíntica.
ZAPA: Zona Anatexítica-Palingenética Asíntica.
LGA: Conjunto de Lóbulos Graníticos Asínticos.
FiA: Sistemas Fracturados Asínticos (Primer Orden).
FSA: Sistemas Fracturados Sintectónicos Asínticos.
ZEIA: Zona Ectinítica Infraestructural Asíntica.
B1B2: Conjunto Bloqueano Residual Convertido en Basamento.
GtA: Levantamiento Geanticlinal Asíntico.
GC: Geosinclinal Caledónico (Segundo Orden).
P: Sedimentación Precámbrica (Algónquica?).
PVi: Magmatismo Básico Inicial Asíntico (Primer Orden).
C: Sedimentación Cámbrica.

El carácter más o menos arrugado y más o menos discontinuo, hace referencia a la condición más o menos discontinua y más o menos local/regional, etc. (Rasgos en el dibujo de las líneas y su significado).

Es muy importante, por otra parte, tener en cuenta el carácter superposicional de la fase paroxismal, con respecto de la anterior, como la condición diferencial de las manifestaciones correspondientes. (Véase lo relativo a la figura 9).

Con esta fase paroxismal, viene un proceso evolutivo paulatino, francamente manifestado a través de los estadios y subestadios del sintectonismo, tanto, dentro de los aspectos texturo-estructurales macro y microscópicos, como dentro de los de orden químico-mineralógico. (Véase lo relativo a las figuras 7 y 9). En las primeras etapas de la fase en cuestión, dados los bajos gradientes reinantes, se tiende a una cierta homogenización y se consigue un grado óptimo para el feliz desarrollo de los procesos de asimilación, mezclas, etc. (Véase la relativo a la figura 5). La influencia simultánea de la dinámica sintectónica y el carácter primordialmente plástico de las masas afectadas, condicionan, entre otras cosas, una arquitectura de estructuras cada vez más apretadas, enmarcables dentro de un estilo francamente isoclinal. Los sistemas de condición más fluida, son diferencialmente exprimidos de sus cámaras y se van emplazando con arreglo a lo que pudiéramos llamar complejo ambiental físico-químico, en los núcleos anticlinales del arrugamiento isoclinal. Tal proceso, en su condición evolutiva-paulatina, da lugar a variaciones graduales de emplazamiento y afectación correspondiente. Tenemos, entonces, granitos de emplazamiento autóctono (gradientes ultra/ultra, fusión total o palingenética predominando sobre la fusión parcial o anatexítica y sobre las mezclas migmatíticas, máximo metamorfismo, máximo metasomatismo, relaciones difusas de contacto, grado de concordancia difusa y difícilmente identificable, etc.); lóbulos graníticos de emplazamiento seudoautóctono (gradientes ultra/cata-ultra-cata, fusión parcial o anatexítica y mezclas migmatíticas predominando sobre la fusión total o palengenética, decrecimiento proporcional de metamorfismo y metasomatismo, relaciones difusas de contacto, grado de concordancia difuso y difícilmente identificable, etc.); lóbulos graníticos de emplazamiento alóctono de grado cata (gradientes de tipo ultra/cata, grado correspondiente de metamorfismo, debilitamiento del metasomatismo, contactos transicionales, concordancia identificable y de relativamente alto grado, etc.); lóbulos graníticos de emplazamiento alóctono de grado meso (gradientes ultra/meso, grado correspondiente de metamorfismo, metasomatismo nulo (sentido amplio), contactos petrográficamente discordantes, contactos estructurales macroscópicamente concordantes, etcétera); lóbulos graníticos de emplazamiento alóctono de grado epi (gradientes ultra/epi, metamorfismo más francamente térmico, metasomatismo nulo, contactos petrográficamente discordantes, contactos estructurales concordantes a discordantes (sentido macroscópico), a escala microscópica las características de discordancia se tornan cada vez más obvias, etc.); lóbulos graníticos de emplazamiento alóctono diapírico (gradientes de tipo ultra/epi superior, carácter típicamente intrusivo y discordante, con aureolas bastante bien definidas y efectos de calentamiento simple, etc.); facies efusivas correspondientes (gradientes de tipo ultra/superficie, fenómenos y efectos típicamente tardidectónicos póstumos o postectónicos, etc.); y todos los estados intermedios. (Véase lo relativo a las figuras 4 y 5).

De manera simultánea, pero tanto más intensa, cuanto más avanzada, se va produciendo un levantamiento de tipo basculante, acompañado de ciertos efectos distensivos hacia arriba y compresivos hacia abajo, a manera de abanico, que a su vez condicionan un especial mecanismo de expulsión. En la figura 6 se esboza, de manera un tanto esquemática, un ejemplo muy común y de estrecha conexión. En la parte superior aparece una sección aproximada W-E, y en la parte inferior, una sec-

ción planar correspondiente. Los dos cortes (AA1 y BB1), indicados en tales dos secciones, señalan interesantes relaciones, tanto en la vertical como en la horizontal. En razón de la fenomenología sintectónica de expulsión y emplazamiento de lóbulos graníticos (LG), según núcleos anticlinales de arrugamiento isoclinal, y teniendo en cuenta la mecánica del abanico, expuesta renglones atrás, dos o más lóbulos graníticos pueden fusionarse parcialmente y producir una serie de manifestaciones aberrantes (mayor o menor número de unidades, de las que realmente existían en un principio, presencia de seudoxenolíticos y seudolentejones que enmascaran los verdaderos resultados, y que dan lugar a interpretaciones falsas, etc.). Por otra parte, debe tenerse especial cuidado de no confundir este complejo de efectos propios de Mecanismos Orogénicos-Granitizantes Intrageosinclinales, con otros, muy parecidos, propios de Mecanismos Indirectos de Reajuste Tectónico-Granitizantes Extrageosinclinales.

Con el mencionado solevantamiento, propio de los subestadios tarditectónicos póstumos, en su condición basculante (máximo levantamiento hacia el antepaís primitivo y grado decreciente hacia el lado opuesto), responsable de un proceso denudante diferencial, y con la liberación debida a los sistemas fracturados más importantes, etc., se condiciona la trascendental fase eruptivo-efusiva tardía postectónica (orogénico-granitizante intrageosinclinal final, correspondiente al ciclo asíntico). Este complejo efusivo final está constituido, en términos generales, por facies de tendencia riolítica en sus diversas formas (manifestación póstuma del paroxismo orogénico-granitizante intrageosinclinal, según facies de colada, facies explosivas, facies híbridas, etc., depositadas bajo condiciones continentales, subcontinentales, marinas, etcétera, con carácter concordante a discordante, etcétera), por facies de tendencia basáltica en sus diversas formas (manifestaciones pre y post-paroxismales movilizadas y emplazadas merced a sistemas fracturados, etc.), por facies de tendencia andesítica (manifestaciones medianamente evolucionadas, fundamentalmente postectónicas, movilizadas y emplazadas merced a ciertos sistemas fracturados de origen sintectónico, etc. etc.), y pueden empalmarse con un nuevo ciclo orogénico-granitizante intrageosinclinal (segundo orden por lo menos), para constituir una nueva fase inicial de tendencia queratofídica. (Véase la figura 2). Es entonces, al final, cuando a partir del borde más oriental del nuevo continente asíntico, se inicia una nueva condición geosinclinal de segundo orden; ésta es la correspondiente al geosinclinal caledónico. (Véanse las fases propias en la figura 4).

Los procesos Orogénico-Granitizantes Intrageosinclinales Caledónico y Varíscico presentan características esencialmente iguales y resulta injustificado discutirlos en toda su extensión. Las diferencias más importantes, como sus efectos característicos, se irán aclarando a todo lo largo del planteamiento general. (Véanse las figuras 2 y 4).

En la figura 4E = figura 4, fase E, podemos distinguir los siguientes elementos:

A: Residuos del Conjunto Arqueobloqueano Iberioatlántico.
ZAP: Zona Paroxismal Asíntica.
GtA: Geanticlinal Subordinado Asíntico.
GC: Cuenca Geosinclinal Caledónica (Segundo Orden).
B1: Conjunto Residual Arqueobloqueano constituido en Basamento de GtA.
B2: Conjunto Residual Arqueobloqueano constituido en Fondo Siálico de GC.
F1C: Sistemas Fracturados Caledónicos de Primer Orden.
P: Sedimentación Precámbrica (Algónquica?).
PVi: Magmatismo Básico Inicial Asíntico (Primer Orden).
C: Sedimentación Cámbrica.

En la figura 4F = figura 4 — fase F, podemos distinguir los siguientes elementos:

A: Residuos del Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico.
ZPA: Zona Paroxismal Asíntica.
B1: Conjunto Residual Arqueobloqueano constituido en Basamento de GtA.
B2: Conjunto Residual Arqueobloqueano constituido en Fondo siálico de GC.
GtA: Geanticlinal Subordinado Asíntico.
GC: Cuenca Geosinclinal Caledónica (Segundo Orden).
FiCVi: Sistemas Fracturados Caledónicos (Primer Orden). Por éllos se mueven y salen a la superficie, un complejo de facies eruptivas un tanto evolucionadas (segundo orden), de tipo a veces francamente queratofídico y asociados, en forma de coladas, explosivas, intermedias e híbridas, etc., para constituir en síntesis una fase inicial de cuenca geosinclinal de segundo orden.
P: Sedimentación Precámbrica (Algónquica?).
C: Sedimentación Cámbrica.
CVi: Magmatismo inicial Caledónico (Segundo Orden). A veces incluyen queratófidos y asociados, etc. Cámbrico.
O: Sedimentación Ordovícica.

Como siempre, el carácter de las líneas guarda relación con el grado de continuidad, o de discontinuidad, etc., de los procesos.

En la figura 4G = figura 4 — fase G, podemos distinguir los siguientes elementos:

A: Residuos del Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico.
ZPA: Zona Paroxismal Asíntica.
B1: Conjunto Residual Arqueobloqueano Constituido en un Basamento, cada vez más afectado, de GtA.
B2: Conjunto Residual Arqueobloqueano Constituido en Basamento de GtC.
B3: Conjunto Residual Arqueobloqueano Constituido en Fondo Siálico de GV.
GtA: Geanticlinal Subordinado Asíntico. Constituido por una serie isoclinal de pliegues muy apretados y fallas de flanco, de acuerdo con un desarrollo similar, según cruceros y dentro de un ambiente esencialmente plástico a elástico-viscoso.
ZAPC: Zona Palingenético-Anatexítica Caledónica.
ZPC: Zona Paroxismal Caledónica.
FiC: Sistemas Fracturados Caledónicos (Primer Orden).
FSC: Sistemas Fracturados Sintectónicos Caledónicos.
ZEIC: Zona Ectinítica Infraestructural Caledónica. Serie isoclinal de pliegues muy apretados y fallas de flanco, de acuerdo con un desarrollo similar, según cruceros, y dentro de un ambiente esencialmente plástico a elástico-viscoso.
LGC: Lóbulos Graníticos Caledónicos.
GtC: Geanticlinal Subordinado Caledónico.
FiVVi: Sistemas Fracturados Varíscicos (Primer Orden). Por éllos se mueve y salen a la superficie un complejo de facies eruptivas un tanto evolucionadas (segundo y tercer órdenes), de tipo a veces francamente queratofídico, etc., y en forma de coladas, explosivas, intermedias e híbridas, etc., para constituir, en síntesis, un fase inicial de cuenca geosinclinal de tercer orden —?—.
GV: Cuenca Geosinclinal Varíscica (Tercer Orden).
P: Sedimentación Precámbrica (Algónquica?).
C: Sedimentación Cámbrica.
CVi: Magmatismo Inicial Caledónico (Segundo Orden). A veces incluye facies queratofídicas y asociadas, etc. Emplazamiento caledónico (Cámbrico), con arreglo a una fase inicial de segundo orden.
O: Sedimentción Ordovícica.
CVi: Magmatismo Final Caledónico (Tarditectónico póstumo a postectónico). Complejo efusivo esencialmente ácido y de emplazamiento, probablemente, Ordovícico superior.
S: Sedimentación Silúrica.
D: Sedimentación Devónica.
Cb: Sedimentación Carbonífera.

Como siempre, el carácter de la línea, refleja el grado de continuidad o de discontinuidad, etc., de los procesos.

En la figura 4H = figura 4 — fase H, podemos distinguir los siguientes elementos:

A: Residuos del Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico.
ZPA: Zona Paroxismal Asíntica. Correspondería a la Galicia occidental actual y a parte del fondo oceánico atlántico-cantábrico de hoy, del cual formaría parte también el conjunto A.
GtA: Geanticlinal Subordinado Asíntico. Parece poder evidenciarse, aunque tan sólamente de manera parcial, en la actual zona límite que separa las Galicias Occidental y Oriental.'
B1: Conjunto Residual Arqueobloqueano, constituido en Basamento, cada vez más afectado, de GtA.
ZPC: Zona Paroxismal Caledónica. Correspondería, de manera aproximada, a la actual Galicia Oriental, esto es, a la parte más occidental de nuestro conjunto Galaicoasturioleonés.
MEC: Mesoestructura Ectinítica Caledónica. Parte más oriental de nuestro Conjunto Caledónico Galaicoasturioleonés. Complejo isoclinal de pliegues muy apretados y fallas de flanco, consecuencia de un desarrollo de tipo similar, según cruceros, y dentro de un ambiente esencialmente plástico a elástico-viscoso.
B2: Conjunto Residual Arqueobloqueano, constituido en basamento de MEC. Intensa fracturación.
GtC: Geanticlinal Subordinado Caledónico Parece evidenciarse, aunque de manera parcial, en algunos puntos de la región que separa los Conjuntos Caledónico Galaicoasturioleonés y Va-

rísciсo Asturioleonés (arco de Cangas de Narcea y alrededores).

B3: Conjunto Residual Arqueobloqueano constituido en Basamento de GtC. Intensa fracturación.

ZPV: Zona Paroxismal Varíscica. Correspondería a nuestro conjunto Varíscico Asturioleonés.

ZAPV: Zona Palingenético-Anatexítica Varíscica. Obsérvese que su desarrollo es el más profundo y otra serie de efectos relativos. Compárense las diferentes manifestaciones, su posición relativa, etc.

ZEIV: Zona Ectinítica Infra a Mesoestructural Varíscica. Complejo isoclinal de pliegues muy apretados y fallas de flanco, con emplazamientos lobular-granítico-nucleares, consecuencia de un desarrollo de tipo similar según cruceros y dentro de un ambiente esencialmente plástico a elástico-viscoso.

LGV: Lóbulos Graníticos Varíscicos. Esto es, de emplazamiento varíscico.

MSDV: Meso y Supraestructura Varíscica. Serie isoclinal de pliegues muy apretados y fallas de flanco, consecuencias de un desarrollo de tipo similar y dentro de un ambiente esencialmente plástico a elástico-viscoso, por encima de la cual, aparecen interesantes manifestaciones más francamente elásticas, como despegues, resbalamientos, etc. Téngase muy presente el comportamiento diferencial entre meso y supraestructura.

PCO: Serie Precámbrico-Cámbrico-Ordovícica. Complejo en cierta forma diferencial, en el que a veces se pone de manifiesto una serie isoclinal apretada y fallada por los flancos. Todo parece indicar un desarrollo bajo condiciones esencialmente plásticas a elásticas-viscosas.

B4: Conjunto Residual Arqueobloqueano, constituido en Basamento de PCO. Intensa fracturación.

CD: Cobertera Despegada. Efectos debidos a un comportamiento diferencial, entre un complejo inferior de condiciones esencialmente plásticas a elásticas-viscosas y otro superior, de condiciones más francamente elásticas. Una mecánica de adaptación elástica sobre un zócalo diferencialmente fragmentado, contribuyó a la complicación correspondiente. Este Conjunto Varíscico Asturioleonés presenta características muy especiales.

B5: Conjunto Residual Arqueobloqueano. Constituido en Zócalo de CD. Su comportamiento diferencial, posfracturación de gran intensidad, con respecto de la cobertera postsilúrica, ha sido un factor definitivo, tanto en la tectónica como en sus efectos y manifestaciones.

DV: Desarrollo Varíscico. Totalidad de la zona afectada por la fenomenología varíscica. Proceso Orogénico-Granitizante Intrageosinclinal Varíscico (Tercer Orden).

X1-X2: Línea recta que representa un nivel extrapolado e ideal de erosión y cuya función es la de servir como línea de referencia para el análisis comparativo del proceso, de sus partes y de sus manifestaciones relativas, etc.

NOTA.—Los caracteres de abstracción y síntesis, esencialmente esquemáticos, de toda la fig. 4, aunque en buen grado representativo, adolecen de precisión escalar y matemática. Sin embargo, cumplen su cometido, al facilitar, tanto los planteamientos, como la comprensión de la fenomenología esbozada.

MECANISMOS INDIRECTOS DE REAJUSTE TECTÓNICO-GRANITIZANTE EXTRAGEOSINCLINAL

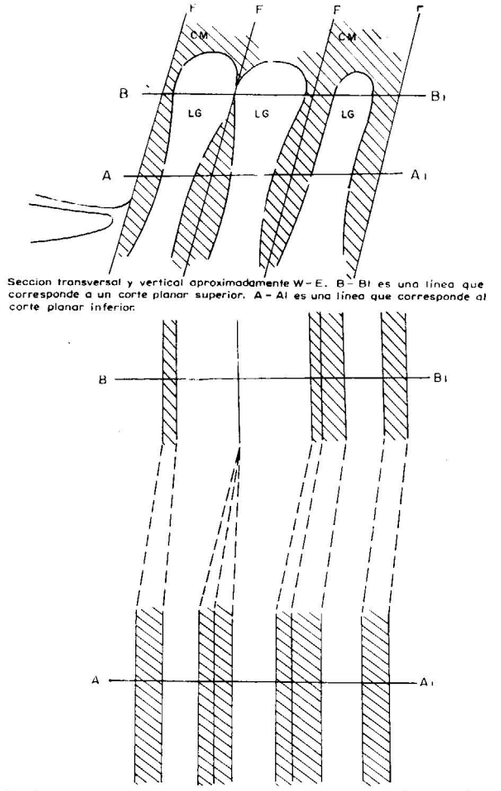
Dentro de este grupo se tratará de encuadrar todos aquellos fenómenos de reajuste físico-químico de todas las escalas (macro a microscópicos, etcétera), producidos dentro de cualquier tipo de condición ageosinclinal (= no geosinclinal =extrageosinclinal), aunque en regiones que bien pudieran haberlas adoptado en cualquier tiempo geológico pasado. Este tipo de mecanismos suele presentarse íntimamente relacionado con sistemas fracturados, en capacidad de producir movimientos diferenciales relativos, en su todo, o en partes, y en todas las escalas, en razón de influencias más o menos indirectas, debidas a reajustes condicionados por orogenias adyacentes y/o infrayacentes, etcétera, dentro del marco de las dimensiones tiempo y espacio (sentido geológico), etc. Tales sistemas de fractura juegan un papel muy importante dentro de los mecanismos en cuestión, bien como elementos intensivos y focos de energía, y/o bien como simples conductos.

Una forma desequilibro-reajustante de este tipo, por ejemplo, puede ser la realizada a partir de

sistemas en equilibrio metaestable condicionado por la presión (factor de estado), alcanzado durante algún proceso anterior. Una simple caída en la magnitud de este factor, conectada, como generalmente suele suceder, con cierto tipo de sistemas fracturados, en franca evolución, condiciona una cierta reacción desequilibro-reajustante, con arreglo, entre otras cosas, a neofases más o menos fluidas y a movilización a través de las fracturas. Tales fases fluidas son diferencialmente exprimidas hacia las zonas de menor presión, en su tendencia natural, a condiciones de mínima energía. En cuanto a sus características de emplazamiento, se puede señalar que es típicamente discordante y francamente intrusivo (a veces circunscrito), e inclusive, bajo condiciones apropiadas, puede condicionar manifestaciones efusivas. La naturaleza de las fases así producidas (fases eruptivas, por ejemplo), dados los altos gradientes existentes (siendo las rocas de la caja uno de los sistemas en consideración), no sufrirá variaciones de importancia. Dicho carácter, por tanto, será el mismo que se tenía antes del desequilibrio en cuestión. Los materiales englobados (enclaves, etc.), en razón de los altos gradientes, no podrán romper el equilibrio, y todo permanecerá prácticamente invariable. Los contactos entre las fases fluidas y las fases sólidas (fases eruptivas y rocas de caja, por ejemplo), son bastante netos y bien definidos, de poco radio, y no evidenciarán otro metamorfismo diferente al contacto-térmico. El metasomatismo, por tanto, será totalmente nulo. Es posible, sin embargo, que con un complemento de influencias mecánicas de cierta intensidad y caraterísticas (fricciones y clastesis, por ejemplo), se condicione alguna nueva complicación.

Otra forma, por ejemplo, sería la producida por compresión y fricciones según fracturas. (Véase lo relativo a las ecuaciones 1, 2, 6, 7, 8 y 9, como a la figura complementaria 7). Tanto su influencia, como sus consiguientes efectos, presentan ciertos grados de variabilidad horizontal, como vertical. Asimismo, la importancia y la trascendencia de tal fenómeno, aunque en principio aparentemente local, dada la posición relativa de los focos y elementos condicionadores, etc., puede tornarse tan regional y formidable como se quiera, según el grado de densidad y de expansión de tales instrumentos, y según la magnitud y escala de acción correspondientes. Tales procesos de fragmentación (fricciones o cizallas y clastesis, etc.), con toda una gama de manifestaciones micro y macroscópicas e intermedias, dan lugar a la formación de, entre otras cosas, brechas (alto gradiente mecánico/calórico), milonitas (gradiente medio mecánico/calórico), ultramilonitas (gradiente bajo mecánico/calórico) y demás efectos intermedios y extremos.

De este modo se condiciona un cierto desarrollo de condiciones más o menos plásticas (tanto más plasticidad cuanto más bajo gradiente mecánico/calórico) y correspondientes formas de movilización, etc., sin la necesaria participación de procesos fundamentales a escala regional. Es la respuesta a una serie de efectos friccionantes, producidos por movimientos diferenciales de bloques,



Seccion transversal y vertical aproximadamente W-E. B-B1 es una línea que corresponde a un corte planar superior. A-A1 es una línea que corresponde al corte planar inferior.

Los dos cortes planares cartografiados y correlacionados. LG= lóbulos graníticos. CM = Cortejo metamórfico correspondiente. F = Sistemas de fractura y falla sintectónicos.

Fig. 6

en regiones más o menos endurecidas (cretogenización postorogénica), cuyo comienzo se realizó con arreglo a un complejo infinitesimal de movimientos o desplazamientos materiales, responsable de reacciones correspondientes según trabajo, etcétera.

Durante el desarrollo del mecanismo en cuestión se puede distinguir dos subestadios o subfases de carácter complementario. Uno, esencialmente conectado con la etapa compresiva (condensativa),

inmediatamente anterior al franco desarrollo del trabajo, o a cualquier forma consiguiente de reacción, una vez rota cierta condición de equilibrio, y el otro, esencialmente exoenergético (expansivo-exoenergético), íntimamente conectado con el franco desenlace debido al rompimiento del equilibrio, una vez traspasada cierta condición límite. El primer subestadio se acopla, dentro de ciertos límites, a las ecuaciones 1, 2, 6 y 7, y a la primera subfase de la figura complementria 7. (Véase lo correspondiente). La acción intensiva de la variedad de presión, aquí considerada, produce reajustes según volumen y entropía, etc. Se condicionan trascendentales modificaciones estructurales y relativas (simetría, empaquetamiento, coeficientes energéticos reticulares, etc.), y se tiende a la formación de ciertas fases minerales de tipo metálico y de tipo antiesfuerzo (formas éstas, relativamente, de alta energía, etc.). El segundo subestadio, por su parte, se acopla, dentro de ciertos límites, a las ecuaciones 1, 2, 8 y 9 y a las condiciones propias de la segunda fase (subfase) de la figura complementaria 7. (Véase lo correspondiente). Con su carácter esencialmente expansivo-endoenergético, a veces francamente identificable, gracias a ciertos rasgos micro, hasta macroscópicos, pasando por todos los tipos intermedios, con interesantes formas de fragmentación y de clastesis, etc., se condiciona, entre otras cosas, una especial tendencia a estados, cada vez menos energéticos y más altamente entrópicos, dentro de los cuales se puede señalar ciertas fases minerales no metálicas y ciertas otras del tipo denominado esfuerzo. La superposición de mecanismos de este tipo es la encargada de condicionar el complemento fenómeno evolutivo químico-mineralógico.

Como consecuencias de los mecanismos en cuestión, en su condición esencialmente dinámica, por lo menos en principio, se puede señalar, teniendo en cuenta su amplia gama de manifestaciones, desde micro hasta macroscópicas, las siguientes: ciertas formas de granitización, de regranitización y migmatización, etc.; ciertas formas, por cierto bastante numerosas e interesantes, de pegmatización, aplitización, etc.; fenómenos de metablastesis y de metafenoblastesis; fenómenos de neoglandulación (variedad metablastésica-metafenoblastésica); fenómenos de protoglandulación (variedad de flaserización y otros); algunas formas de mirmequitización; algunas de pertitización; ciertas variedades de poiquilitización y de poiquiloblastesis; ciertos efectos del tipo rapaquivi, etc., acompañados de una más o menos intensa evolución químico-mineralógica, tanto mayor cuanto mayor la magnitud del mecanismo (o de los mecanismos), y mayor el número de éllos. Por otra parte, debe tenerse muy presente que una buena parte de los

Figura 7 (Secuencia general y diferencias)	Grupos coordinados			Aniones	Minerales		
	Z=4	Y=6	x=8-12	W	Rocas básicas	Granitos ± o menos	Granitos
Ajuste Atectico	O Si Al	Mg Fe	Ca Na K	OH F	Olivino Piroxeno Plagioclasa	Piroxeno Biotita Plagioclasa	Biotita Plagioclasa Cuarzo
Efectos reajustantes Tectónico-Granitizantes Extrageosinclinales Catedráticos	O² Si⁴ Al³ P⁵	Mg² Fe² Ti⁴ Y³	Na⁺ K⁺ Ca² Li⁺	OH⁻ F⁻ /	Olivino Piroxeno Anfibol Y Biotita Y Plagioclasas Cuarzo	Piroxenos Anfiboles Biotitas Plagioclasas Cuarzo	Biotitas Plagioclasas Cuarzo
Efectos reajustantes correspondientes verticos y posteriores	O² Si⁴ Al³ P⁵ B³ Be²	Mg² Fe² Ti⁴ Cr³ Mn² Ni² Zn² Sn² etc	Na⁺ K⁺ Ca² Ba² Cd² U⁴ etc	OH⁻ F⁻ Cl⁻ etc	Olivinos Piroxenos Anfiboles Plagioclasas Biotitas Moscovita Granate Micrometas Apatito Cuarzo etc	Piroxenos Anfiboles Biotitas Plagioclasas Feldespatos Moscovita Granate Lipidolos Micrometas Apatito Cuarzo etc	Biotitas Plagioclasas Feldespatos Moscovita Turmalina Beril Apatito Granate Micrometas Cuarzo etc

Fig. 7

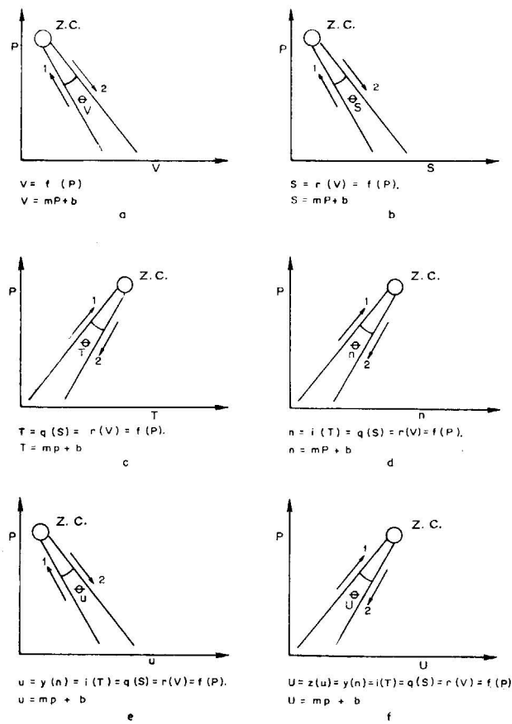


FIGURA COMPLEMENTARIA DE LA Nº 7

Proceso de un mecanismo reajustante con presión según tensiones como variable independiente intensiva de primer orden.

efectos producidos por los dos subestadios de los mecanismos en cuestión (figura complementaria 7 y consideraciones al respecto), pueden, dentro de ciertos límites, subsistir.

Todo este complejo mecanismo, responsable de tan trascendentales efectos de reajuste, en su con-

dición de proceso diferencialmente repetido y diferencialmente intenso, dentro de las dimensiones espacio y tiempo (sentido geológico naturalmente), y sobre sistemas, cada vez más afectados, explica, de manera francamente lógica y clara, el simultáneamente complejo y simple fenómeno de evolución químico-mineralógica, en función de elementos, cada vez más extraños y más evolucionados (tendencia a condiciones de mínima energía y máxima entropía). De este modo, se ha venido condicionando una interesante forma de movilización iónico-selectiva, una correspondiente migración o fuga de los elementos más altamente concentrados (mayor proporción relativa) y el consecuente incremento en el interés composicional y de concentración de ciertos elementos menores, tanto más importantes (menor condición oligoelemental), cuanto más avanzada tal superposición fenomenológica. Sin embargo, no debe olvidarse que dicha movilización no exige grandes desplazamientos, por lo menos desde un punto de vista absolutista, sino que se realiza con arreglo a una muy densa y amplia, a la vez, distribución de focos. Los sistemas primitivos que habían alcanzado condiciones de equilibrio relativamente simples, con arreglo a edificios cristalinos formados por aquellos elementos, entonces más abundantes, tales como: O, Si, Al (encabezadores del grupo de coordinación Z = 4), Mg y Fe (encabezadores del grupo de coordinación Y = 6), Na, Ca y C (encabezadores del grupo de coordinación 8-12). etc., han venido evolucionando de la forma someramente esbozada renglones atrás, de acuerdo a nuevos edificios cristalinos de reajuste, constituidos por antiguos elementos traza (oligoelementos), entonces enmascarados dentro de los respectivos grupos de coordinación. Así, por ejemplo, con la fuga del Si y del Al, se ha venido condicionando la aparición y la importancia, cada vez mayores, de elementos tales como el P (elemento de segundo orden dentro del grupo coordinado Z); con la fuga del Mg y del Fe, se ha venido condicionando las de elementos tales como Ti, Mn, V, Cr, Mo, Co, etc. (elementos de segundo y más órdenes, dentro del grupo coordinado Y), y con la migración (fuga) del Na, del Ca y del K, se ha venido condicionando las de elementos tales como Ba, Cd. U, etc. (elementos de segundo y tercer órdenes dentro del grupo coordinado X). De modo semejante, se ha condicionado la aparición y el incremento de elementos tales como OH, F, Cl, etc. En síntesis, el incremento de los unos, a expensas de la fuga de los otros, se realiza de manera más o menos gradual, con arreglo a las proporciones relativas.

Junto con la evolución química, someramente esbazada, y dentro del complejo evolutivo químico-mineralógico, se sucede un interesantísimo proceso de evolución mineralógica. Veamos, aunque de modo muy general, y sin entrar en detalles, uno de los ejemplos más simples. (Para mayor información al respecto, este autor está preparando la correspondiente publicación, la cual espera poder colocar a órdenes de los interesados). Veamos el ejemplo. Ciertas rocas (facies básico-ultrabásicas de Monte Castillón), que en razón de un mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal y más exactamente dentro de un subestadio expansivo exoenergético inicial (preparoxismal), con arreglo a: F = C + 2 — L = (7 — 4) + 2 — 2 =3, en donde: F = número de fases minerales, C = = número de componentes utilizables, y L = número variable (presión y temperatura), etc., consiguieron una cierta condición de equilibrio, según las siguientes tres fases minerales: Plagioclasa, Forsterita y Augita, tras la influencia de procesos esencialmente dinámicos, del tipo de los mecanismos indirectos de reajuste tectónico-granitizante extrageosinclinal, evolucionaron, o han evolucionado hasta conseguir una nueva condición de equilibrio, con arreglo a la siguiente asociación mineralógica: Cuarzo, Apatito, Onfacita, Granate, Hematites, Cromita, Rutilo y Feldespato (éste último, francamente residual o relíctico).

De manera más o menos semejante, se sucede todo el complejo fenomenológico en cuestión. (Véase lo relativo a las figuras 7 y complementarias). Sin embargo, dadas las características de esta síntesis, no se entrará a discutir ni la totalidad, ni la esencia de los planteamientos al respecto, ya que, como se indicó renglones atrás, oportunamente saldrá una publicación sobre ese tema.

Con la figura complementaria 7 se ha buscado señalar el interés de cierto mecanismo, tanto en sus elementos como en sus consecuencias, etc. La presión debida a ciertas influencias mecánicas (tensiones, por ejemplo), se constituye en variable intensiva de primer orden, dentro de un proceso, en el cual, cabe señalar dos subfases o subestadios complementarios. (Véase lo relativo a las ecuaciones 1, 2, 6, 7, 8, 9 y consideraciones al respecto). Uu subestadio inicial, esencialmente condensativo-endoenergético, señalado con la flecha 1, que no se corresponde (condición de irreversibilidad), con el segundo subestadio (subestadio final complementario), esencialmente expansitivo-exoenergético, señalado con la flecha 2. Dicha condición de irreversibilidad ha sido representada por los ángulos θv, θs, etc., y juega papel muy importante, si se quiere explicar la común coexistencia de efectos correspondientes a tales dos subfases. La zona ZC, por su parte, marca el límite entre las dos condiciones, el paso de una a otra. De otro lado, debemos estar preparados para inter-

PORCENTAJES EN PESO;

SiO2	Al 203	P 205	MgO	Fe 203	FeO	MnO	TiO2	CaO	Na 20	K 20	H 20+	H 20—	Total aprox.
44.9	17.1	0.1	11.5	4.4	5.0	0.01	0.1	12.9	0.6	0.9	0.5	0.1	88.71

BASES OBTENIDAS:

q	cp	cal	cs	kp	ne	fo	fs	fa	fn	ru	w +	w —	Total aprox.
25.60	1.61	24.90	4.68	2.70	3.40	23.10	4.40	5.70	0 01	0.10	3.00	0.80	100.00

ASOCIACION MINERALOGICA PRIMARIA:

Plag.	Forst.	Aug.	Agua + y —	Total aprox.
53.247	23.100	19.853	3.800	100.000

ASOCIACION MINERALOGICA DE REAJUSTE:

Cuarzo	Apetito	Feldp.	Onfac.	Gran.	Hemat.	Cron.	Rutilo	Agua + y —	Total aprox.
20.587	2.352	2.700	37.632	18 816	4.703	7·056	2.352	3.800	100.0 0

pretar ciertos condicionamientos especiales, por ejemplo: Cuando el proceso parece reducirse al primer subestadio, se tenderá a las siguientes caracterizaciones: condensación-endoenergética, ausencia de manifestaciones macroscópicas (efectos de rompimiento, fragmentación, brechificación, milonitización, etc), ausencia, aunque no absoluta, de manifestaciones microscópicas (efectos de microrrompimiento, ultramilonitización, etc), desarrollo de fases minerales de los tipos metá icos y antiesfuerzo de relativamente alta energ'a, baja entropía, etcétera, etc. Cuando el proceso parece reducirse al segundo subestadio: expansión-exoenergética, manifestaciones macroscópicas evidentes, manifestaciones microscópicas evidentes, desarrollo de fases minerales de los tipos no metálicos y esfuerzo (de relativamente baja energía, alta entropía, etc., etcétera). Cuando el proceso se desarrolla de forma completa, esto es, con sus dos subestadios, puede presentarse una complicación (superposición de neo-efectos y paleo-efectos), aunque inmensamente diferencial, puede llegar a reconstruirse, así sea, de manera parcial. Tal complicación es posible, entre otras causas, por la condición de irreversibilidad que carateriza al mecanismo. (Véase lo relativo a la figura 9).

Obsérvese, por otra parte, cómo con la influencia intensiva y primaria de la presión, se va condicionando variaciones progresivas de volumen, de entropía, de temperatura, de concentración y de composición, de tal modo que:

P = Presión (variable independiente de primer orden).

V = Volumen (variable dependiente de primer orden e independiente de segundo orden).

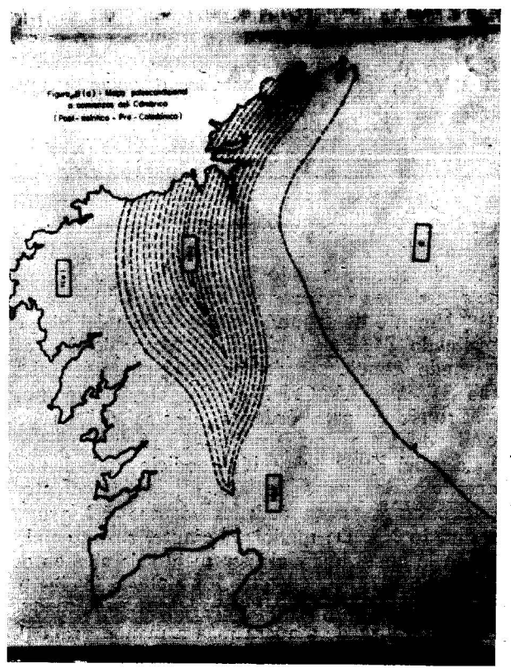


Fig. 8 *a)*

Fig. 8 *b)*

Figura 8 *c*).—Leyenda (Sinopsis explicativa). 1. Comp'ejo residual de granitos asinticos (mecanismos orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico) posterior y predominantemente regranitizado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). 2. Complejo residual de granitos asínticos (mecanismo orogénico granitizante intrageosinclinal asíntico) posteriormente regranitizado, ortomigmatizado y ortoneisificado (mecanismos tectónico-granitizantes, extrageosinclinales, caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). 3. Complejo residual granítico-metamórfico (mecanismos orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico) posteriormente regranitizado-granitizado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). 4. Complejo residual parametamórfico asíntico (mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinales asínticos) posteriormente, y diferencialmente reajustado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). 5. Complejo residual ortometamórfico (mecanismos tectónico-granizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). 6. Complejo residual cataclástico-glandular de Malpica (mecanismos tectónico-granitizantes extregeosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). 7. Complejo residual más o menos básico e indiferenciado (efectos debidos a complicaciones diferenciales de todos los mecanismos atrás indicados). 8. Complejo granítico-lobular caledónico (mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal de segundo orden) posteriormente regranitizado, ortomigmatizado, ortoneisificado, etc. (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores). 9. Complejo dinámico-granítico varíscico (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores). 10. Complejo cataclástico-glandular del «Ollo de Sapo» (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores). 11. Complejo parametamórfico caledónico (mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinales caledónicos) posteriormene reajustado (mecanismos tectónico granitizantes, extrageosinclinales, varíscicos y posteriores). Seguidamente se hará una breve y somera descripción de las unidades enunciadas.

S = Entropía (variable dependiente de segundo orden e independiente de tercer orden).

T = Temperatura (variable dependiente de tercer orden e independiente de cuarto orden).

n = Concentración (variable dependiente de cuarto orden e independiente de quinto orden).

u = Composición (variable dependiente de quinto orden e independiente de sexto orden).

Para que finalmente, según las características específicas del mecanismo, etc., condicione los efectos consiguientes.

En la figura 7, de otro lado, se representa, aunque de manera quizás extremadamente esquemática y general, una tabulación de manifestaciones evolutivo químico-mineralógicas, tal y como parecen sucederse en algunos puntos del Macizo

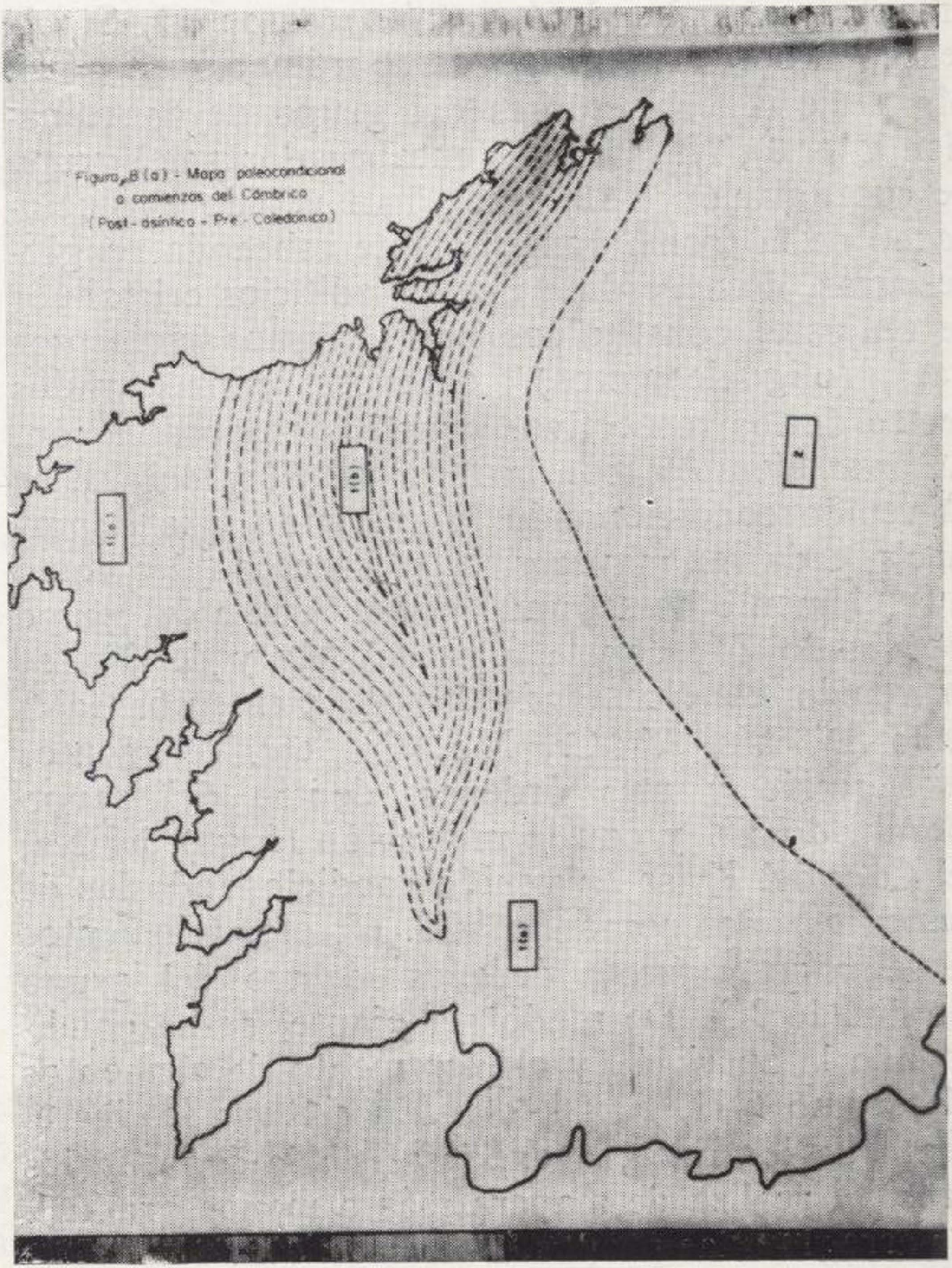


Figura 8 (a) - Mapa paleocondicional
o comienzos del Cámbrico
(Post - asíntico - Pre - Caledónico)

Fig. 8 *a*)

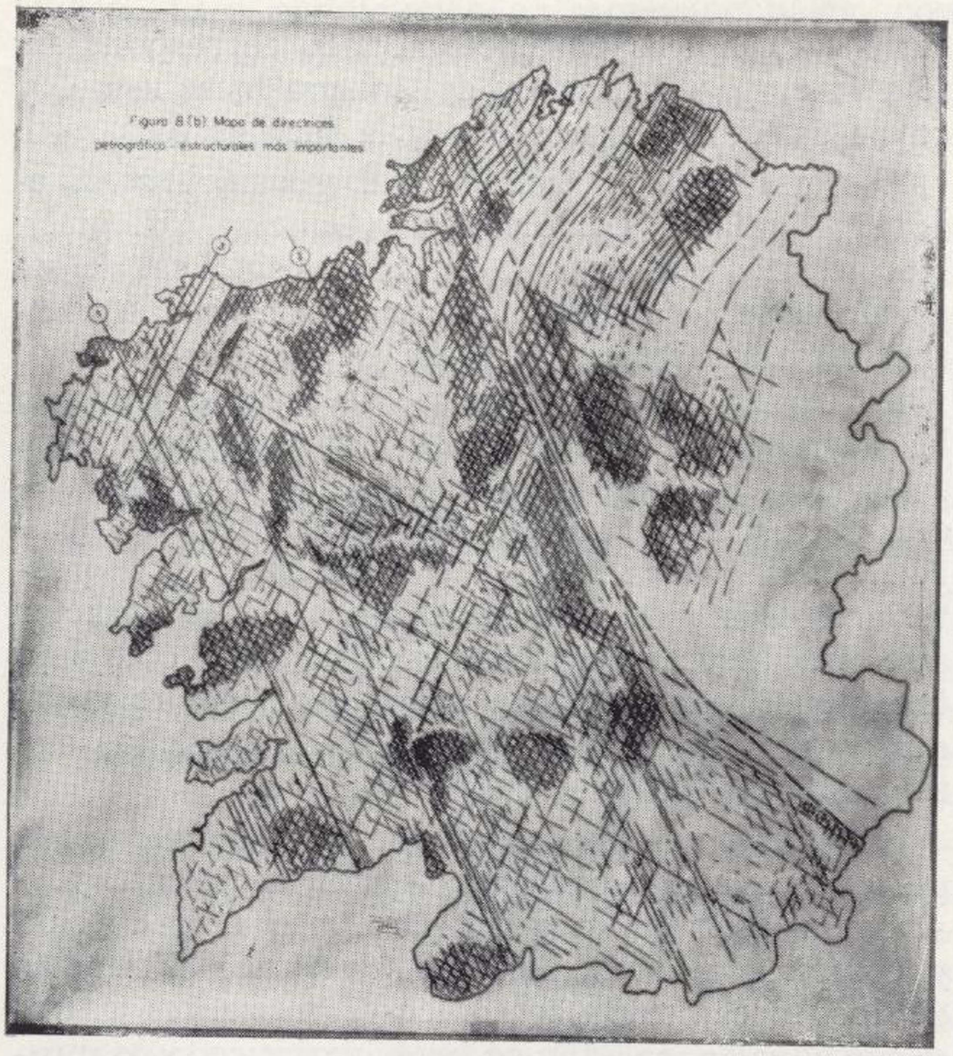


Fig. 8 *b*)

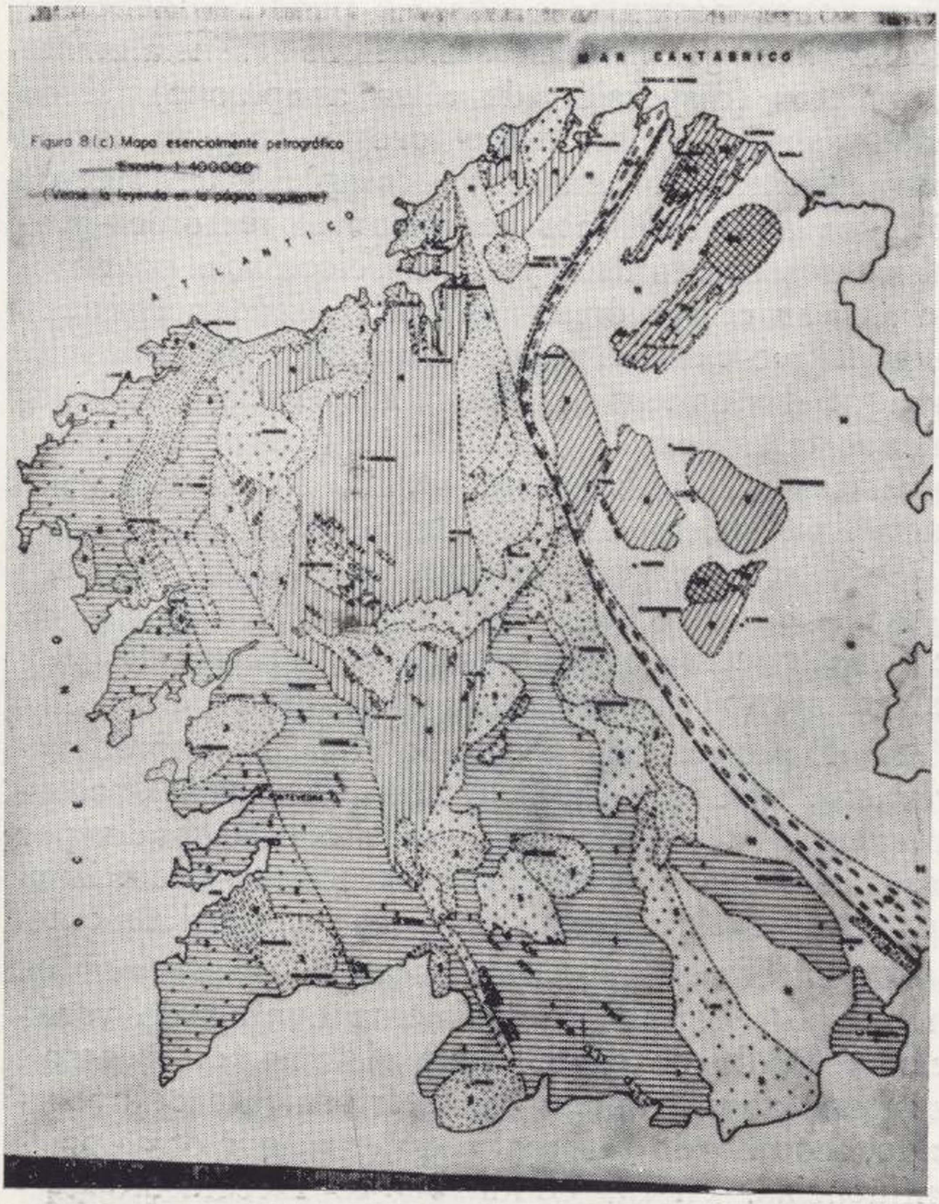


Figura 8 *c*).—Leyenda (Sinopsis explicativa). 1. Comp'ejo residual de granitos asínticos (mecanismos orogénico-gran-

Galaico. Obsérvese la trascendencia de los fenómenos varíscicos y posteriores, y cómo, en razón de su condición, entre otras, de Mecanismo Reajustante Tectónico-Granitizante extrageosinclinal, han llegado a homogenizar y enmascarar de tal modo los anteriores efectos, que hoy resulta casi imposible reconstruirlos e identificarlos. Es esta una de las razones por las cuales muchos de los geólogos, naturalmente de manera equívoca, han atribuido la totalidad del complejo fenomenológico al complejo varíscico (= hercínico). La influencia, verdaderamente trascendental de la revolución varíscica, es innegable, en cualquiera de sus formas y desde cualquier punto de vista; pero también es innegable que antes hubo, por lo menos, otras dos revoluciones importantes: la asíntica y la caledónica. Sin embargo, debe tenerse presente que si bien tales tres procesos han tenido, entre otros, un carácter Orogénico-Granitizante Intrageosinclinal muy importante, ha sido el varíscico el que en su otra condición (reajustante tectónico-granitizante extrageosinclinal), se ha encargado de modificar y condicionar el más trascendental complejo evolutivo, tanto desde el punto de vista económico-práctico. (Recordemos, entre otros, los procesos dinámicos (mecánicos) de silicificación, de feldespatización, de monzonitización y sienitización por desilicificación, de evolución químico-mineralógico-metalogénica, etc.).

Síntesis petrográfica y otras consideraciones relativas

Se trata de un esbozo analítico, somero y simple, pero complemento de los problemas más importantes, basado en las manifestaciones actuales, consecuencias de una complicada e interesante superposición de procesos de condición variada. Paralelamente se irá realizando la correspondiente explicación de las figuras de la serie 8, las cuales, como fácilmente se puede comprobar, corresponden a tres mapas, más o menos esquemáticos, que ilustran interesantes aspectos de tan complicada historia geológica.

La figura 8 *a*) representa un estadio paleocondicional en los comienzos del Paleozoico (Cámbrico), esto es, posterior al paroxismo asíntico y anterior al paroxismo caledónico. En élla podemos distinguir los siguientes elementos:

1. Conjunto Iberoatlántico Asíntico Alto (Galicia Occidental). Unidad primordialmente emergida.

1 *a*) Complejo granítico correspondiente a la etapa paroxismal del mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico y cuyas directrices, aproximadamente NS, parecen corresponder a las indicadas en el elemento 1 *b*).

1 *b*) Complejo parametamórfico correspondiente a la etapa paroxismal del mismo mecanismo, y cuyas directrices aparecen en la ilustración.

2. Parte más occidental del geosinclinal caledónico galaicoasturioleonés (Galicia Oriental). Recordemos que se trata de un geosinclinal de segundo orden, condicionado por el desarrollo asíntico inmediatamente anterior.

La figura 8 *b*) nos ilustra, de manera general, los sistemas de fractura más importantes, merced a los cuales, como instrumentos de los mecanismos reajustantes tectónicos-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores, teniendo en cuenta su especial carácter diferencial, se ha venido condicionando el complejo fenomenológico que nos ocupa, sus manifestaciones y su trascendencia, etc. En élla podemos distinguir los siguientes elementos:

1. Directriz más o menos NS, condicionada por el mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico y posteriormente rejuvenecida y complicada, etc., por las influencias indirectas de los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónico y/o varíscico y/o posteriores. Es de primera importancia tener presente, que a todo lo largo de tal directriz y según direcciones normales a ella, se puede evidenciar: desarrollos granítico-metamórficos esencialmente completos (dispersión de ultra a epizona), si de edad asíntica (mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico); complejo de efectos debidos a mecanismos reajustantes tectónico-granitizantes caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores, en su condición condensativo-endoenergética/expansitivo-exoenergética variable, responsable, aunque de manera altamente diferencial, de fenómenos tales como: neisificación (orientación), regranitización, paleoglandulación, neoglandulación metablastesis, metafenoblastesis, etc., etc.

Tal directriz, para ser más exacto, tiende a adquirir una dirección preferencial N.-NW. especialmente cuando se define en un carácter de franca fracturación (condición postectónica).

2. Directriz más o menos N.-NE. (rumbo varíscico), que con la 3 (rumbo hercínico), constituyen un sistema conjugado, condicionado por los mecanismos reajustantes tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos, primordialmente.

3. Directriz más o menos N.-NW. (rumbo hercínico). Pertenece al sistema conjugado varíscico (sentido de edad). Este sistema, en general, aunque latente antes y posteriormente rejuvenecido, modificado y complicado, etc., por otras postinfluencias, en su condición de mecanismo tectónico-granitizante extrageosinclinal, ha contribuido en la formación de toda clase de manifestaciones, etc., pero no podrá encontrarse conectado,

nunca, bajo condiciones extrageosinclinales, con desarrollos graníticos-metamórficos completos (dispersión de ultra a epizona), ya que éstos son consecuencia exclusiva de mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinales.

Conectados con tales directrices aparecen interesantes manifestaciones de granitización (a partir de rocas formadas por procesos anteriores), ortogranitización (a partir de rocas metamórficas y semejantes), regranitización (a partir de granitos), paragranitización (a partir de sedimentos), orientación y neisificación (a partir de granitos), migmatización (modificaciones diferencialmente complejas a partir de granitos, de ectinitas, etc.), metablastesis (formación de minerales nuevos), mepero con un carácter de magnitud francamente predominante), metapoiquiloblastesis (formación de minerales nuevos, pero con un carácter más o menos poiquilítico o criboso, etc.), metafenopoiquiloblastesis, etc., todo esto dentro de una completa gama de escalas macro a microscópicas. Junto con todo este complejo de posibles manifestaciones y además de los correspondientes procesos de evolución químico-mineralógica y también con un carácter esencialmente diferencial, aparecen, más o menos manifiestos, una serie de efectos micro y macrofraccionantes (brechas, milonitas, ultromilonitas, etc.) con los correspondientes condicionamientos condensativo-endoenergéticos/expansitivo-exoenergéticos, según una amplísima gama de gradientes. Cuanto más evidente sea la fragmentación, dentro de ciertos límites, más evidente será el carácter expansivo-exoenergético, y cuanto menos evidente sea la fragmentación, más evidente será el carácter condensativo-endoenergético. Esta última relación encierra un valor trascendental en la mineralogía, en la metalogenia, etcétera.

La figura 8 *c*), en términos generales, representa una de las consecuencias finales de la superposición de mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinales (asíntico de la Galicia Occidental y caledónico de la Galicia Oriental), y de mecanismos reajustantes tectónico-granitizantes extrageosinclinales (caledónico de la Galicia Occidental, varíscico de las Galicias Occidental y Oriental, más intenso en la primera y posteriores), llevadas a cabo bajo condiciones francamente diferenciales.

Se trata de un mapa, en cierto modo esencialmente petrográfico, que complementado con los otros dos, y superponiéndolos, si esto es posible, brinda una completa e interesante idea de la geología general, naturalmente, desde el punto de vista que a la petrología concierne. Dicho mapa (figura 8 *c*)), se elaboró, tomando como punto primordial de partida «El Mapa Petrográfico Estructural de Galicia», de don Isidro Parga Pondal 1963 (de escala 1 : 400.000), y sobre él se realizó una serie de modificaciones y reinterpretaciones, de las cuales, las más importantes han servido para representar gráficamente nuestros puntos de vista y los correspondientes planteamientos. con el fin de hacer más sencilla la consiguiente explicación, pero buscando no dejar de lado ninguna de las consideraciones que, a nuestro juicio, encierren cualquier valor, científico o práctico, hemos simplificado al máximo nuestra propia versión.

Seguidamente, y para simplificar, se hace un esbozo explicativo, somero y breve, pero completo y suficiente, a través de los distintos elementos que en él se pueden distinguir.

1. Complejo residual de granitos asínticos (mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinal asíntico) posterior y predominantemente regranitizado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). El primer mecanismo y con arreglo a sus propias características, se puede identificar según directrices más o menos NS. El segundo, dada su propia naturaleza, condicionó los fenómenos de reajuste, complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, según directrices más o menos NS (rumbos asínticos rejuvenecidos y caledónicos, etc.), más o menos N.-NW. a NW. (rumbos hercínicos), más o menos N.-NE. a NE. (rumbos varíscicos), etc. (Véanse las figuras de la serie 8).

Se trata de una unidad muy antigua, probablemente la más, si se la considera desde un punto de vista comparativo, y aunque todo parece indicar un máximo de recepción fenomenológica, no es precisamente la que más francamente lo manifieste, lo cual, entre otras cosas, parece ser tan sólo cuestión de escalas.

La elevada densidad de los sistemas fracturados, en su condición de instrumentos de los mecanismos reajustantes aludidos, parece haber condicionado para esta unidad un complejo condensativo endoenergético/expansitivo-exoernergético, con gradientes en favor del segundo subestadio y complementos de intensa fragmentación y movimientos diferenciales de materia, responsables de evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, según neoformas de tendencia evolucionada (bajo energía y alta entropía relativas). La condición químico-mineralógica de equilibrio alcanza durante el mecanismo asíntico, tras las influencias debidas a los mecanismos postectónicos mencionados anteriormente, sufrió interesantes modificaciones, aunque con un carácter diferencial fácilmente evidenciable. Con el mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico, se había condicionado ciertos estados trifásico-minerales, según las siguientes tripletas, entre otras, plagioclasas (gra-

do variable de basicidad, con arreglo al complejo correspondiente de características locales, etc.), piróxenos (algunas de las variedades menos evolucionadas, naturalmente condicionadas por el complejo de caraterísticas locales, pero en gran parte, íntimamente conectadas con las facies menos evolucionadas y francamente influenciadas por procesos digestivos de cualquier tipo de material rico en Mg y/o Fe, etc., eruptivo, metamórfico o sedimentario), y biotita (variedades de tendencia más francamente seudouniáxica, tanto menos matizadas con impactos de circón y relativos, cuanto menos reajustadas, etc.), por una parte, y por otra, por ejemplo, plagioclasa, biotita y cuarzo. Así como los elementos que parecen haber participado esencialmente, muy probablemente fueron: O, Si, Al (grupo coordinado Z = 4), Mg. Fe (grupo coordinado Y = 6), Ca, Na, K, este último, con un carácter de exclusividad con respecto de la biotita y ciertos rasgos indicatrices de un bajo grado de evolución y un considerable condicionamiento de enmascaramiento, etc. (grupo coordinado X = 8 — 12), y grupo aniónico reajustante OH. (Véase lo relativo a la figura 7). Posteriormente, y en razón de las influencias superpuesto-diferenciales de los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores, se condicionó la consiguiente complicación texturo-estructural y químico-mineralógica. De los constituyentes primitivos, solamente quedaron algunos residuos, ya que una buena parte fue utilizada para dicho reajuste. Como exponentes de las consiguientes neoformas, teniendo en cuenta el carácter diferencial del complejo de factores locales, se puede señalar: piroxenos (variedades francamente reajustantes y tan sólo en algunas de las facies), anfíboles (en algunas de las facies, especialmente en las de tipo calco-ferro-magnésicas, pero casi siempre con un aspecto evidentemente superposicional y discordante, macro a micro-metafenoblastésico, a veces poiquiloblastésico, etc.), biotita (en la mayoría de las facies y según formas de tendencia francamente seudouniáxica), granate (en algunas de las facies y según las variedades más comunes, especialmente las de tipo predominantemente cálcico), plagioclasa (variedades albíticas, en muchos casos francamente grandulares, esto es, macro a micro-metafenoblásticas, etc.), feldespato alcalino (variedades más o menos ortoclásicas y/o microclínicas, pero predominantemente microclínicas o microclinizadas, también macro a micro-grandular, etcétera), muscovita (variedades francamente biáxicas y de reajuste, etc.), turmalina y semejantes (carácter muy esporádico y local, propio de condiciones de intensa y especial afectación, como las de puntos o zonas más o menos pegmatíticos, es decir, dinamopegmatíticos, al parecer, íntimamente conectados con gradientes en favor del subestadio expansivo-exoenergético, complementación y desplazamientos diferenciales de materia, etc.), apatito, circón y micromenas (conexión con manifestaciones desequilibro-reajustantes de la biotita primitiva), cuarzo (bajo muchas de sus diversas formas de reajuste), etc. Los elementos, por su parte, también sufrieron complicación y evolución. En el grupo O, Si, Al, se condicionó la evolución en favor de P, B, Be, etc. (grupo coordinado Z = 4), en el grupo Mg, Fe, se condicionó la evolución en favor de Ti, Cr. Mn, etc. grupo coordinado Y = 6), en el grupo Ca, Na, K, se condicionó la evolución en favor de Ba, Cd, U, etc., y se incrementó la importancia del K (grupo coordinado X = 8 — 12), y en el grupo aniónico de reajuste OH se condicionó la evolución en favor de F, Cl, etc.

2. Complejo residual de granitos asínticos mecanismo orogénico granitizante intrageosinclinal asíntico) posteriormente migmatizado, neisificado y regranitizado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). Como consecuencia de la correspondiente superposición de mecanismos, y teniendo en cuenta su característica condición diferencial, etc., se dio lugar a un interesante complejo evolutivo texturo-estructural (macro a micro-fragmentaciones con más o menos movimiento diferencial) y químico-mineralógico, íntimamente conectado con los consiguientes procesos condensativo-endoenergéticos/expansitivo-exoenergéticos (véase lo que concierne a la figura complementaria 7), y con los correspondientes sistemas de fracturación, en su condición de instrumentos, etc. Al parecer, en donde los efectos de fragmentación, etc., tuvieron un desarrollo más francamente evidente, la consiguiente evolución químico-mineralógica se realizó con arreglo a un gradiente en favor del segundo subestadio, naturalmente, casi en ningún caso con carácter de exclusividad. Por el contrario, en donde los efectos de fragmentación (macro a micro, etc.), tuvieron un desarrollo menos francamente evidente, la consiguiente evolución químico-mineralógica se llevó a cabo con arreglo a un cierto gradiente en favor del primer subestadio (Véase lo relativo a las figuras de la serie 7). En el primer caso se condicionó la formación de ciertas neoformas de reajuste, cada vez más francamente evolucionadas, esto es, de tendencia hacia condiciones de mayor entropía y menor energía (ciertas variedades de minerales esfuerzo y no metálico: micras, especialmente claras, de tendencia francamente biáxica, albita y feldespato alcalino en algunos casos —?—, algunas variedades anfibólicas, granates,

turmalina, etc.), y en el segundo caso se condicionó la formación de ciertas neoformas de reajuste, en cierto modo, cada vez más energéticas y menos entrópicas (ciertas variedades de minerales antiesfuerzo y metálico: ciertas variedades piroxénicas, algunas de tipo feldespático, ciertos tipos de biotita (variedades francamente seudouniáxicas), apatito, circón y micromenas metálicas íntimamente conectadas con ciertas manifestaciones de efectos desequilibro-reajustantes de las biotitas primitivas, etc. etc.).

Recuérdese el carácter bifacial complementario, nunca absoluto, del proceso condensativo-endo energético/expansivo-exoenergético, etc. Es por esto, que en la mayoría de los mecanismos de este tipo aparecen manifestaciones de los dos subestadios, aunque con predominio en favor del uno, o en favor del otro. (Véase lo relativo a las figuras 7 y 8).

Asimismo es preciso recordar que la naturaleza y características de los efectos así condicionados depende de la naturaleza y características de los factores de dicho mecanismo (gradientes, intensidad y demás rasgos de los movimientos relativos de materia, etc.) y de la naturaleza y características de los sistemas (facies y relativos, etc.).

3. Complejo residual granítico-metamórfico (mecanismo orogénico granitizante intrageosinclinal asíntico), posteriormente regranitizado-granitizado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). Como consecuencia de tan característica superposición de mecanismos, teniendo en cuenta su carácter irregular y diferencial, etc., y siempre en estrecha conexión con ciertos sistemas de fracturación, en su condición de instrumentos y focos intensivos, etc., se condicionó uno de los más bonitos ejemplos de regranitización-granitización, según cuerpos bastante netos y definidos, que nos recuerdan de inmediato a los famosos y muchas veces mal interpretados granitos circunscritos e intrusivos del magmatismo clásico. Esto explica, en cierto modo, el que una gran mayoría de los geólogos que han pasado por Galicia los hayan enmarcado, naturalmente, de manera equívocada dentro de aquel último cuadro.

Se trata, por tanto, de interesantes efectos de reajuste según fracturas, condicionados por un complejo diferencial de influencias condensativo-endoenergéticas/expansitivo-exoenergéticas, cuyo gradiente, en presencia de ciertos fenómenos de fragmentación y de desplazamientos relativos de materia (diversos grados de fricción y cizallamiento, etc.), de escala fácilmente evidenciable (macro a microscópica), y de magnitud variable, etc., puede engendrar toda una gama de manifestaciones de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica. Veamos, entonces, dos condiciones extremas, cuyo cuidadoso análisis nos ayudará a comprender los distintos estados intermedios.

a) Zonas de desarrollo neto y relaciones de contacto.

b) Zonas de desarrollo difuso y relaciones de contacto.

a) Zonas de desarrollo neto y relaciones de contacto. Este es el caso de los cuerpos graníticos más o menos bien definidos, netos y a veces francamente circunscritos, en su condición de efectos de regranitización y granitización, etc. El proceso en cuestión encierra un carácter bifacial complementario, que en este primer caso, dadas ciertas características de gradientes en favor del primer subestadio, complementadas de cierta fragmentación sin franco desarrollo de trabajos (movimientos diferenciales y relativos de materia, con los correspondientes efectos de fricción y cizalladura, etc.), etc., condiciona un reajuste según ciertas variaciones minerales de tipo metálico y de antiesfuerzo, es decir, de alta energía y baja entropía relativas, tales como: piroxenos (algunas de sus variedades más francamente reajustantes y con arreglo a una distribución un tanto restringida, esporádica y local, según un complejo de características locales, etc.); biotita (fase mineral predominante, caracterizada por una franca tendencia a las formas seudouniáxicas, etc.), apatito, circón y micromenas metálicas (íntimamente conectados con ciertas manifestaciones desequilibro-reajustantes de los ferromagnésicos y en especial de la biotita; plagioclasa (ciertas variedades); feldespato alcalino (ortoclasa más o menos microclinizada), etc., matizadas por la presencia de ciertas manifestaciones ligadas al segundo subestadio, pero de carácter menos esencial y más accesorio-reajustante. La presencia del complejo de condiciones inherentes al segundo subestadio, dado el carácter nunca absoluto del proceso bifacial complementario aludido, explica el desarrollo de ciertas neofases de reajuste de tipo primordialmente no metálicas y de esfuerzo (formas de tendencia evolucionada relativa, es decir, de baja energía y alta entropía relativas), tales como muscovita (variedades micáceas claras francamente biáxicas), turmalina (sólo en algunos puntos), plagioclasa albítica (carácter macro a micro-neoglandular), microclina (carácter, también, macro a micro-neoglandular), cuarzo (diversas formas de reajustes), etcétera. Tales unidades, por tanto, y entre otras cosas, presentan un gradiente biotita/muscovita francamente favorable a la biotita.

Por otra parte, las unidades en contacto están francamente separadas y en su interior sufren un

desarrollo esencialmente semejante. La naturaleza de sus facies (secuencias, etc), evoluciona de manera diferencial, según todo el complejo de características locales, en favor de tales o de cuales minerales. En nuestro caso (*a*), concretamente dentro de las fases minerales correspondientes al primer subestadio y demás características, aunque con ciertas restricciones, aparecen: piroxenos (en algunas de las facies), biotita (más ampliamente distribuida), plagioclasa (en algunas de las facies y según ciertas variedades), apatito, circón y micromenas (en conexión con las manifestaciones desequilibro-reajustantes de la biotita), feldespato alcalino (ortoclasa más o menos microclinizada, y sólo en algunas de las facies), andalucita, sillimanita, cordierita, etc. (en las facies capaces de condicionar su formación), etc., como exponentes del grupo de los metálicos y antiesfuerzo. El segundo subestadio, en su condición más bien accesorio-reajustante, responde por la presencia de ciertas variedades minerales de tipo no metálico y esfuerzo, tales como muscovita, albita, microclina, anfíboles, micras variadas de tendencia biáxica, epídotas, turmalina, distena, estaurolita, cloritoide, etc., teniendo en cuenta que su desarrollo y aparición es francamente esporádica y local, como una función de todo un complejo diferencial de características locales. (Véase lo relativo a la figura complementaria 7).

b) Zonas de desarrollo difuso y relaciones de contacto. Este es el caso de las masas graníticas menos perfectamente definidas, y de contactos menos claros, etc. El carácter complementario bifacial del proceso condensativo-endoenergético/expansitivo-exoenergético, que en este segundo caso se caracteriza por presentar gradientes en favor del segundo subestadio, complementados por fragmentación y franco desarrollo de trabajos (movimientos diferenciales y relativos de materia, con los correspondientes efectos de fricción y cizalladura, etc.), etc., condiciona disipación de energía y reajustes según desarrollo predominante de minerales de tipo no metálico y esfuerzo tales como plagioclasa albítica (carácter a veces francamente macro a micro-neoglandular), microclina (desarrollo similar al de la albita), muscovita (aparición e incremento característicos), turmalina y algunas otras variedades semejantes (en los puntos de máxima influencia y especialmente en los de aspecto dinamo-pegmatítico), epídotas (solamente en algunas de las facies), cuarzo (en muchas de sus diversas formas de reajuste), etc. Las características relativas al primer subestadio, en su condición complementaria y secundaria, etc., explican la presencia de ciertas fases minerales de tipo metálico y antiesfuerzo, tales como piroxenos, biotita seudouniáxica, algunas plagioclasas, algo de ortoclasa más o menos microclinizada, apatito, circón, micromenas metálicas, etc.

Las unidades en contacto, separadas de las masas graníticas producidas por regranitización y granitización, etc.), por zonas más o menos difusas, muchas veces matizadas por efectos diferenciales de dinamismo, etc., se comportan, dentro de ciertos límites, de manera esencialmente similar. Dado que las características del mecanismo y el ambiente dentro del cual se desarrolla, son prácticamente las mismas, las únicas diferencias estriban en la naturaleza física, química, etc., de las unidades en cuestión. Por tales razones, los fenómenos de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, resultan en cierto modo diferentes. Durante y con la influencia predominante del subestadio expansitivo-exoenergético (segundo subestadio) y demás características relativas, se condiciona un reajuste en favor de ciertas fases minerales de tipo no metálico y de esfuerzo (relativamente evolucionadas, es decir, de baja energía y de alta entropía relativas), tales como plagioclasa-albítica (aspecto a veces francamente macro a micro-neoglandular), microclina (características muy semejantes a las de la albita y al igual que élla, aparece tan sólo en algunas de las facies), micas oscuras evolucionadas (tendencia biáxica), micas claras francamente biáxicas, anfíboles de reajuste (aspecto a veces francamente metafenopoiquiloblástico, etc), turmalina (carácter muy restringido), epídotas (en algunas de las facies solamente), distena (en algunas localidades), estaurolita (en ciertas facies), cloritoide (carácter incierto), granate (en algunas de las facies), cuarzo (en muchas de sus variadas formas de reajuste), etc. El primer subestadio, por su parte, responde por la todavía más restringida presencia de ciertas fases minerales de tipo metálico y antiesfuerzo, tales como biotita (ciertas variedades primitivas de tendencia seudouniáxica), apatito, circón, micromenas, andalucita, cordierita, ciertas plagioclasas, etc. (Véase lo relativo a la figura complementaria 7).

De otro lado, dentro de tal conjunto de unidades graníticas de reajuste, dada la interesante complicación fenomenológica, someramente esbozada, aparecen interesantes modificaciones y matices texturo-estructurales y químico-mineralógicos, de variadísimos tipos y escalas, etc. De este modo se condicionó curiosos y trascendentales, inclusive, procesos de silicificación, desilificación, monzonitización, sienitización, feldespatización, pegmatización, aplitización, etc., tan importantes, si bien interpretados, en las investigaciones relativas a la Mineralogenia y a la Metalogenia, etc. Existen manifestaciones de otros muchos fenómenos, muy significativos y dignos de especial consideración,

dentro de los cuales señalaremos los siguientes: cristalización residual según minerales de primitiva formación, parcialmente destruidos durante la realización de los reajustes condicionados por estos mecanismos, neocristalización o recristalización, a veces francamente metafenoblástica y/o metafenopoiquiloblástica (macro a micro-glandular), etcétera. Todo este conjunto de efectos reajustantes y de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, aparecen, de manera un tanto irregular y diferencial, con arreglo a ciertos sistemas de fractura, pero teniendo en cuenta su carácter de superposición diferencial etcétera. (Véanse las figuras de la serie 8 y analícense comparativamente).

4. Complejo residual parametamórfico asíntico (mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico). Aunque intensamente afectado, parcial y diferencialmente modificado por la compleja superposición de mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores, aún se puede reconstruir una buena parte de su complicada historia geológica. (Véanse las figuras correspondientes a la serie 8). Una consideración muy importante estriba en la diferencación de los rasgos primitivos, con respecto de los producidos por los posteriores mecanismos reajustantes, responsables de curiosas manifestaciones seudoestructurales. Del mismo modo, encierra particular interés la presencia de complejos desarrollos más o menos básicos, de origen eruptivo, por una parte, y mecánico, por otra, emplazados concordante y discordantemente, con arreglo a condicionamientos primitivos (orogénico-granitizantes intrageosinclinales asínticos) y a condicionamientos reajustantes posteriores (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores, etcétera), según las respectivas directrices, etc.

Este conjunto ectinítico, que con el primitivo mecanismo había conseguido, para cada facies, una condición de equilibrio para tres fases minerales, plagioclasa albítica, micas biotíticas seudouniáxicas y cuarzo, entre otras, con la superposición diferencial de algunos de los mecanismos reajustantes atrás indicados, sufrió la complicación correspondiente, con arreglo a los siguientes minerales, entre otros: algunas veriaciones de anfíbol (en algunas de las facies), algunas de granate (según la facies), algunas de feldespato (ortoclasa más o menos microclinizada y/o albita), micas de tipo muscovítico, epídotas, distena, micromenas metálicas, etc., todas con un cierto carácter diferencial, condicionado por las características del mecanismo y por la naturaleza primitiva de la facies, etcétera. Como es natural, aquí también se pone de manifiesto la evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, en todas las escalas, y con arreglo al condicionamiento de los gradientes entre los dos subestadios condensativo-endoenergético. (Véanse las figuras 7, 8 y algunas de las explicaciones al respecto). Asimismo, algunas de las preparaciones delgadas permiten evidenciar el carácter superposicional y discordante de algunas de las series de minerales, con respecto de otras y con respecto de los planos de foliación, etc. (Véase la figura 9).

También nos brinda un especial interés cierto carácter de interconexión entre los efectos correspondientes al primer subestadio, entre otros, la neoformación de ciertas fases de minerales metálicos y de antiesfuerzo: micromenas metálicas, apatito y circón (siempre íntimamente relacionados con los procesos desequilibro-reajustantes de los minerales ferromagnésicos y en especial de la biotita), feldespatos (ortoclasa más o menos microclinizada y/o albita), andalucita, sillimanita, etcétera, y entre los efectos correspondientes al segundo subestadio, entre otros, la neoformación de ciertas fases minerales no metálicas y esfuerzo: algunas variedades de anfíbol (en algunas de las facies), ciertos tipos de micas de tendencia francamente biáxica (muscovita principalmente, ciertas variedades epidóticas, distena (en algunas de las facies), estaurolita (en algunas de las facies y con un carácter ciertamente dudoso) y, naturalmente, cuarzo (segregaciones, rellenos, diques, etc.), etcétera. Sin embargo, debe tenerse muy en cuenta, que estos efectos son el resultado de un fenómeno con dos subestadios complementarios, y que todevía no se puede hablar de una franca y directa exclusividad.

Como consecuencia del complejo fenomenológico en cuestión, esta unidad ectinítica presenta una serie de matices y complicaciones texturo-estructurales y químico-mineralógicas local-diferenciales, que hacen, en principio, un tanto difícil su análisis y explicación. (Véase lo relativo a las figuras 7 y 8). Asimismo, la naturaleza y características de tales complicaciones, repetimos, depende de la naturaleza y características del gradiente entre las magnitudes de los dos subestadios y de la naturaleza y características de la facies primitiva, etc.

5. Complejo residual ortometamórfico (mecanismos tectónicos-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). Es el resultado del correspondiente reajuste, producido sobre el complejo residual granítico asíntico. Las consiguientes manifestaciones presentan los rasgos más característicos, con arreglo a las directrices de reajuste indicadas en la figura 8 *b*).

La consecuente complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, se reduce

a procesos de ortoorientación, ortoneisificación, ortomigmatización, etc., y correspondiente recristalización condensativo-endoenergética y/o expansitivo-exoenergética, con todos los pasos intermedios, según la naturaleza y características del consiguiente gradiente y según la naturaleza y características de la facies en cuestión. Son comunes las manifestaciones diferencialmente intensas de macro a micro-fragmentación, los fenómenos de neoglandulación (efecto esencialmente condensativo-endoenergético), los fenómenos de paleoglandulación (efecto esencialmente expansitivo-exoenergético), etc.

Este complejo residual ortometamórfico se diferencia, muy fácilmente, del complejo residual parametamórfico asíntico, entre otras cosas, porque su dispersión zonal se reduce a condiciones más o menos mesozonal inferior a catazonales (micacitas inferiores, neises, etc.), mientras en el segundo caso, se consigue una dispersión tal, que muchas veces llega a la epizona más superior.

6. Complejo cataclástico-glandular de Malpica. Viene siendo, en cierto modo, una zona con cierto desarrollo característico y más o menos neto, dentro del complejo residual de granitos asínticos posteriormente migmatizado y neisificado, etc. Corresponde a una variedad de modificación y reajuste, que sobre los granitos debidos al mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico, produjeron los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores.

Los correspondientes efectos de complicación texturo-estructural y químico-mineralógica, se realizaron con arreglo a una directric predominantemente N.-N.E., entre Mazaricos y Malpica y a otra predominantemente N.-NW., entre Mazaricos y el S.-SE. de Noya. A todo lo largo de la zona en cuestión y de acuerdo con tales directrices, se observan interesantes efectos dentro de toda una amplia gama de escalas macro a microscópicas, de fragmentación y de movimientos diferenciales y relativos de materia (fricciones y cizalla), matizados con paleoglandulación según plagioclasas albíticas y biotitas seudouniáxicas principalmente, y con cristalización de reajuste según micas de tendencia francamente biáxica, microclina (micro a macro-neoglandular), granate, epídotas, micromenas metálicas, a veces riebeckita y ferrohastingsita carácter más local y esporádico, etc.) y naturalmente, cuarzo en todas su formas de reajuste.

Con el siguiente ejemplo, trataremos de ilustrar una de las numerosas y variadas consecuencias de tan interesante superposición de mecanismos, pero dado que un análisis detallado del mismo es algo que se sale de los linderos del presente trabajo, nos limitaremos a su simple citación. Por lo demás, próximamente se lanzará a publicación una serie de análisis y planteamientos a este respecto.

Se trata de una de las facies más francamente graníticas (ortometamórficas), de los alrededores de Allones y, por tanto, no se puede aplicar o generalizar, literalmente, a las facies restantes.

SON LOS PORCENTAJES EN PESO:

SiO2	Al 203	P 205	MgO	Fe203	FeO	MnO	TiO2	CaO	Na20	K20	H20+	H20—	Total apr.
74.40	12.72	0.18	1.27	1.14	1.28	0.03	0.32	1.77	2.54	4.43	0.39	0.14	100.61 %

BASES OBTENIDAS:

q	cp	cal	cs	kp	ne	fo	fs	fa	fn	rc	w+	w—	Total apr.
58.340	0.510	4.350	0.000	16.052	13.720	1.664	1.245	1.500	0.254	0.237	3.410	0 865	103.147

Total aproximado con agua + y — = 103.147
Total aproximado sin agua + y — = 98.872

ASOCIACION MINERALOGICA PRIMARIA:

(La ley de las fas fases nos dice que entonces, el número de fases debía ser de 3.

Plag.	Biot.	Cuarzo	Total apr.
42.237	10.990	45.639	98.866 %

Total aproximado con agua + y — = 101831
Total aproximado sin agua + y — = 98856

Con las influencias debidas a la superposición diferencia de mecanismos, y teniendo en cuenta su condición condensativo-endoenergética/expansitivo-exoenergética, etc., se dió lugar, entre otras, a la siguiente asociación mineralógica de reajuste:

Cuarzo	Apet.	Bioti a	Gran.	Mosc.	Albita	Microcl.	Zoíc	Mcrm.	Agua+ y Agua—	Rsds de silc. K	Total apr.
47.136	0.510	15.904	3.976	6.958	4.970	4.970	7.952	4.473	2.965	2.892	107.96 %

Los totales, como fácilmente se puede comprobar, deben ser, y son, sensiblemente iguales. Las desviaciones obedecen, entre otras cosas, a errores en los cálculos y en el laboratorio, esencialmente humanos y mecánicos, etc. La aparente subida en los valores de la biotita, lo mismo que otra serie de irregularidades semejantes y relativas, parecen deberse, entre otras causas, a la pobre evolución químico-elemental durante las condiciones primitivas, posteriormente, tanto más avanzada y complicada, etc., cuanto más afectada y reajustada, etcétera. El apatito, por ejemplo, que en un comienzo, muy probablemente se encontraba disperso en la biotita, merced a la superposición diferencial de posteriores mecanismos, ha venido separándose, haciéndose cada vez más sensible, e inclusive, constituyéndose en verdaderas estructuras cristalinas macroscópicas evidentes o evidenciables. Es así, de este modo, como se ha venido condicionando la trascendental mecánica fenomenológica de evolución químico-mineralógica (mineralo-metalogenética). Por otra parte, su especial condición de desarrollo amplio y regional, pero denso, etc., elimina la necesidad de recurrir a movilizaciones iónicas según desplazamientos formidables y a fenómenos de metasomatismo equivocadamente interpretado.

NOTA.—Permítaseme señalar, que el camino seguido, tanto en los planteamientos como en la programación de los cálculos, etc., en razón de responder a un complejo de consideraciones de carácter personal, no coincide totalmente con el estrictamente clásico. En una próxima publicación se hará alusión más completa a este respecto.

7. Complejo residual más o menos básico e indiferenciado. Debido a las complicaciones condicionadas por la superposición de mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores, sobre los efectos producidos por mecanismos primitivos, resulta un tanto difícil distinguir y explicar los grupos constituidos del cojunto en cuestión. Sin embargo, y a condición preliminar, este autor ha hecho consideración general de los siguientes tres grupos:

a) Residuos preparoxismales asínticos de los alrededores de Cabo Ortegal (mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico) posterior y diferencialmente reajustados (mecanismo tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores). Ciertos desarrollos de condiciones semejantes parecen presentarse en los alrededores de Carballo (NE.), en algunos puntos comprendidos entre Betanzos, Fuente Deume y el Ferrol, etc.

b) Residuos de emplazamiento posterior, según fracturas de directrices N.-NE. a NE. (dirección varíscica) y N.-NW. o NW. (dirección hercínica), condicionado por procesos postparoxismales asínticos, probablemente conectados con mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores. Además, presentan manifestaciones de reajuste debidas a superposición diferencial de mecanismos subsiguientes. Algunos de los desarrollos más representativos se presentan en los alrededores de Carballo, Angeriz, Santiago, Teijeiro, Mellid, Lalín. etc., francamente asociados a fallas y fracturas del tipo atrás indicado, pero muy posiblemente pre-alpídicas.

c) Residuos de reajuste dinámico (mecanismos tectónico-granitizante extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores), especialmente evidenciables en los alrededores de Santiago, Carballo, Sobrado, N. de Lalín, etc.

En cuanto a los procesos de serpentinización y formación de talcos, etc., parecen responder a mecanismos de alteración relativamente más modernos, en los cuales el agua ha jugado trascendental y primordial papel.

En términos generales, y por otra parte, la fenomenología de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, etc., teniendo en cuenta la variabilidad de los gradientes entre los dos subestadios condensativo-endoenergético/expansitivo-exoenergético, ha sido igualmente trascendental, y sus efectos se pueden estudiar con arreglo a una amplia gama de manifestaciones macro a microscópicas.

Algunas de las facies gábricas de los alrededores de Carballo, por ejemplo, que con arreglo al primer mecanismo, habían conseguido una cierta condición de equilibrio según olivino, ortopiroxeno y plagioclasa, evolucionaron a unas nuevas condiciones de equilibrio, un tanto más complejas, según la siguiente asociación mineralógica; clinopiroxenos de reajuste, naturalmente en algunas de

las facies solamente (gradiente en favor del primer subestadio), ciertas variedades anfibólicas de los tipos hornablenda, tremolita-actinolita, etc. (gradiente en favor del segundo subestadio), algunas variedades granatíferas (gradiente en favor del segundo subestadio, pero condicionado por ciertos caracteres mecánicos), algunas variedades epidóticas, aunque no en todas las facies (gradiente en favor del segundo subestadio), micromenas metálicas de los tipos magnetita, ilmenita, espinelas, etcétera (gradiente en favor del primer subestadio) y cantidades variables de cuarzo reajustante (gradiente en favor del segundo subestadio), etc. Los efectos de serpentinización, de clorotización, de formación de talcos, etc., corresponden a procesos de alteración y reajuste posteriores.

En cuanto a la naturaleza y características de las complicaciones en cuestión, nos permitimos repetir, dependen de la naturaleza y características de los gradientes entre las magnitudes de los dos subestadios (condensativo-endoenergético/expansitivo-exoenergético) y de la naturaleza y características de las facies primitivas, etc. Recordar, también, la importancia de la naturaleza y características de la fragmentación correspondiente, dada su estrecha conexión, etc.

Por otra parte, y esto es muy importante, debemos tener presente, que en una serie de tres minerales X, Y y Z, en la cual son gradualmente más altamente entrópicos y menos altamente energéticos, el mineral Y, por ejemplo, puede en un momento dado formarse bajo las condiciones de un gradiente en favor del primer subestadio, si con respecto del mineral Z, y al mismo tiempo, tener un carácter de gradiente en favor del segundo subestadio, si con respecto del mineral X. Asimismo, X, Y y Z, pueden ser tres variedades del mismo mineral, o ser tres variedades minerales distintas, esto es, tres especies minerales distintas.

8. Complejo granítico-lobular caledónico (mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico) posteriormente reajustado (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y/o posteriores). El conjunto lobular-granítico desarrollado y emplazado merced al mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico, en su condición de segundo orden, y teniendo en cuenta el carácter esencialmente N.-NW. de sus directrices, etc., sufrió interesantes efectos de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica de todas las escalas, responsables del complejo diferencial de manifestaciones actuales (más o menos fragmentación, más o menos movilización diferencial y relativa de materia, más o menos desarrollo de los correspondientes procesos de fricción o cizalla, orientación, pegmatización, aplitización, movilización y emplazamiento diferencial de sílice libre, condicionamiento de fenómenos desequilibro-reajustantes a partir de los elementos primitivos y consiguiente recristalización, etc.

Con el mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico se condicionó un cierto estado de equilibrio químico-mineralógico, con arreglo a las siguientes tres fases minerales: plagioclasa albítico-oligoclásica, biotita francamente seudouniásica y cuarzo, y a los siguientes elementos: Si, O, Al (grupo coordinado Z = 4), Mg. Fe, (grupo coordinado Y = 6), Na, Ca, K, este último prácticamente monopolizado por la biotita (grupo coordinado X = 8 — 12) y grupo aniónico de reajuste OH.

Posteriormente, y con superposición de mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores, se condicionó la correspondente complicación y evolución, con arreglo a las siguientes fases minerales: albita (cierto carácter local y según manifestaciones diferenciales de metablestesis, metafenoblastesis neoglandular, a veces metapoiquiloblastesis, metafenopoiquiloblastesis, etc.), ortoclasa más o menos microclinizada y/o microclina (carácter más bien predominante y según manifestaciones diferenciales como las señaladas por la albita); biotita (variedades secundarias de tendencia más francamente biáxica, y en la mayoría de los casos íntimamente conectada con apariciones e incremento de impactos de circón, circón-apatito, micromenas, etc.), muscovita (variedades francamente biáxicas que no deben confundirse con las variedades más evolucionadas, deferrificadas, etc., de biotita); turmalina (carácter en cierto modo local, restringido a puntos más intensamente afectados); berilo y semejantes (carácter todavía más local, restringido a las zonas de pegmatización mecánica; apatito (en franca conexión con los procesos desequilibro-reajustantes de la biotita); granate (carácter local, y a veces francamente conectado con las manifestaciones desequilibro-reajustantes de la biotita); micromenas metálicas (características hasta cierto punto semejantes a las del apatito y del granate, en cuanto a la biotita se refiere); cuarzo (en muchas de sus formas usuales de reajuste), etc., y en cuanto a los elementos: en el grupo O, Si, Al, se condicionó la evolución en favor de P, B, Be, etc. (grupo coordinado Z = 4); en el de los elementos Mg, Fe, se condicionó la evolución en favor de Ti, Mn, etc. (grupo coordinado Y = 6), en el de Na, Ca, K, se condicionó el incremento y trascendencia del K y la evolución en favor de Ba, Cd, U, etc. (grupo coordinado X = 8— 12), y en el grupo aniónico de reajuste OH, se condicionó la evolución en favor de elementos tales como F, Cl, etc.

9. Complejo dinámico-granítico varíscico (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores, pero primordialmente varíscicos). Este complejo mecanismo condicionó la formación de interesantes desarrollos más o menos graníticos, local y diferencialmente acompañados por ciertos efectos de neisificación y semejantes, etc., con arreglo a característicos sistemas fracturados de directrices N.-NE. a NE. (rumbos varíscicos) y N.-NW a NW. (rumbos hercínicos), modificando de este modo las diferentes unidades constituidas por el mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico. Así, los granitos sufrieron regranitización, ortomigmatización, ortoneisificación, pegmatización, aplitización, etc., naturalmente, con un carácter diferencial y local; las facies ectiníticas correspondientes fueron diferencial y localmente matizadas de granitización (dinamo-granitización), de remetamorfismo, de migmatización (dinamo-migmatización), etc., y las unidades de menor grado de ectinitización (epi-zona y zona de no metamorfismo), en su especial condición, encajaron lo propio (dinamogranitización, dinamo-migmatización y dinamo-neisificación, etc.). De otro lado, si tenemos en cuenta la relación de gradientes entre las magnitudes de los dos subestadios condensativo-endoenergético/expansitivo-exoenergético y la intensidad local-diferencial de los factores compresión y fragmentación, etc., nos colocamos en posición de analizar y entender con cierta facilidad la conexión entre dos variedades diferentes de granitos, con las facies de contacto y con las características de nuestro mecanismo creador:

a) Facies dinamo-granitizadas de gradientes en favor del segundo subestadio y de fragmentación intensa, con francos desplazamientos relativos de materia (fricciones y cizalla). Corresponden a complejos con tendencia a adoptar aspectos desgorado, en que se presenta una alternancia de zonas dinamo granitizadas y primitivo-residuales con poco o nada de granitización. No presentan aureolas francas y netas de contacto. Su mineralogía indica condiciones esencialmente expansitivo-exoenergéticas, según ciertas variedades de tipo no metálico y esfuerzo, esto es, de relativamente baja energía y alta entropía (feldespatos albíticos y/o microclínicos, variedades biotíticas de tendencia francamente biáxica, muscovita, granate, cuarzo, etc.). Ejemplos de este tipo son fácilmente evidenciables en los alrededores de Vivero, S. Ciprián, SW. de Burela, Sarria, etc.

b) Facies dinamo-granitizadas de gradientes en favor del primer subestadio y de fragmentación baja a nula, especialmente a escala macroscópica, con desplazamientos relativos de materia prácticamente inevidenciables, especialmente a escala macroscópica. Corresponden a unidades con tendencia a adoptar aspecto más o menos circunscrito y neto, y a engendrar francas y bien definidas aureolas de contacto. Su mineralogía indica condiciones esencialmente condensativo-endoenergéticas, cuyas liberaciones de energía, no en forma de trabajo disipado por los efectos de fragmentación y de cizalla, etc., sino en forma de calor, condiciona la formación de fases minerales de los tipos metálico y antiesfuerzo, es decir, de relativamente alta energía y baja entropía (ciertas variedades biotíticas de tendencia seudouniáxica, ciertas variedades de feldespato, micromenas metálicas, cuarzo de reajuste, etc.).

Sin embargo, puesto que los gradientes en favor de tal o de cual subestadio, son solamente esenciales y nunca absolutos, la parte que le queda al menos trascendente, estará en condiciones de contribuir a un reajuste en favor de ciertas fases minerales consiguientes. (Véase lo relativo a la figura complementaria 7).

Esto, hasta cierto punto, explica el que la mineralogía de *a*) esté más o menos complicada con la presencia de ciertas variedades más características de *b*), y lo contrario. Por otra parte, la superposición diferencial de posteriores mecanismos se ha encargado de condicionar las complicaciones y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, etc., correspondientes.

Como ejemplos más representativos del caso *b*), se puede señalar los siguientes: los núcleos esencialmente biotíticos al S.-SE. de Vivero y la unidad granítico-biotita del N.-NW. a NW. de Mondoñedo, etc. La diferencia más obvia entre estos dos conjuntos dinamo-granitizados, consiste en que en el caso *a*), el gradiente biotita/muscovita es favorable a la muscovita, y que en el caso *b*), el mismo quebrado es favorable a la biotita. (Véase lo relativo a las figuras de las series 7 y 8).

10. Complejo cataclástico-glandular del «Ollo de Sapo». Se trata de un interesante efecto, esencialmente dinámico, condicionado por algunos de los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y/o posteriores, pero primordialmente varíscicos, fácilmente evidenciables a lo largo de zonas de falla con directrices N.-NE. (rumbos varíscicos del norte), N.-NW. (rumbos hercínicos del centro) y N.-NW a NW. (rumbos hercínicos del centro y sur), que en conjunto parecen dibujar un arco (seudoarco tectónico), el cual, más o menos coincide con la región límite y de despegue, entre los desarrollos asíntico (Galicia Occidental) y caledónico (Galicia Oriental).

Por tratarse de un mecanismo condensativo-endoenergético/expansitivo-exoenergético, con cierto desarrollo de gradientes en favor del segundo subestadio, más o menos intensa fracturación y

considerables desplazamientos diferenciales de materia (cizalla y fricciones), etc., se dio lugar una especial forma de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, cataclasticoblastésica, cataclasticometablastésica y cataclasticometafenoblastésica, etc., con los correspondientes desarrollos paleo y neoglandulares, etc. Con un carácter un tanto local-diferencial, se pueden distinguir algunas fases minerales relícticas de biotita (carácter macro o micro-paleo-glandular), de plagioclasa albítico-oligoclásica (carácter macro a micro-paleoglandular, y cuarzo (casi totalmente neoformacional y de reajuste), contrastando con otras de neodesarrollo y reajuste, tales como: biotita francamente evolucionada y biáxica (carácter macro o micro-neoglandular), muscovita (carácter francamente reajustante macro a microneoglandular), albita (condición a veces francamente neoglandular), microclina (condición francamente neoglandular), apatito (estrechamente conectado con las manifestaciones desequilibro-reajustantes de las biotitas seudouniáxicas primitivas), circón y micromenas metálicas (condición muy parecida a la del apatito), granate (carácter un tanto más local, pero siempre francamente relacionado con ciertas manifestaciones de procesos desequilibro-reajustantes de la biotita seudouniáxica primitiva) y cuarzo (en muchas de su variadas formas de reajuste, incluyendo las glándulas), etc.

11. Complejo parametamórfico caledónico (mecanismo orogénico-granitizante extrageosinclinal caledónico). Todo este complejo, inicialmente depositado bajo condiciones francamente geosinclinales (cuenca geosinclinal caledónica de segundo orden, condicionada por el mecanismo asíntico), por una parte, y bajo condiciones más francamente intracratónicas (fosas entre bloques de tipo más bien local), por la otra, después diferencialmente ectinizado (superposición diferencial de procesos de metamorfismo regional subsistente y paroxismal dinamotérmico) y, finalmente modificado y complicado por los mecanismos tectónicos-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y/o posteriores, presenta en la actualidad una amplia gama de manifestaciones texturo-estructurales y químico-mineralógicas, etc., más o menos matizadas (carácter local-diferencial).

Los sedimentos depositados han sufrido, por tanto, los siguientes efectos:

a) Ajustes debidos al metamorfismo regional subsistente preparoxismal (fase preparoxismal del mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico);

b) Reajustes debidos al metamorfismo dinámo-térmico paroxismal del mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico (superposición más o menos concordante). (Véase lo relativo a la figura 9);

c) Reajustes debidos a los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y/o posteriores (francas superposición y discordancia de los efectos debidos a las correspondientes complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica). (Véase lo relativo a las figuras 7, 8 y 9).

En términos generales, durante el desarrollo y emplazamiento granítico-metamórfico paroxismal caledónico, en su condición lobular-granítica, se engendró una serie de efectos meso-catazonales (alrededores de Friol, Lugo, Puerto Marín, etc.), meso-zonales (alrededores, también de Friol, Lugo Guntín, Puerto Marín, etc., pero alejándose en el sentido granitos, neises, micacitas, etc.) y epizonales (alrededores de Castroverde, etc.), en general, según facies con más o menos cantidad de plagioclasa más o menos albítica, biotita y cuarzo. Posteriormente, y merced a mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y/o posteriores, pero primordialmente varíscicos, se condicionó la correspondiente complicación texturo-estructural y químico-mineralógica, responsable de ciertos efectos local-diferenciales de dinamoregranitización, dinamogranitización, dinamomigmatización, dinamoneisificación, etc., y de interesantes efectos de metablastesis, de metafenoblastesis, de metafenopoiquiloblastesis, macro a microscópicos, según facies minerales más o menos condensativo - endoenergético / expansitivo-exoenergéticas, de asociación y presencia altamente locales, en función de la magnitud relativa de ciertos factores de fragmentación, desplazamientos diferenciales y relativos de materia, cizallas y fricciones, naturaleza de las facies, etc. Esto explica, en buena parte, la presencia de minerales tales como: biotitas de segunda generación (tendencia a formas evolucionadas y más bien biáxicas), muscovita (francamente biáxica y a veces susceptible de confundirse con ciertas variedades desequilibro-reajustadas de biotita seudouniáxica primitiva), turmalina (carácter francamente reajustante), albita (condición macro o micro-neoglandular, que no se debe confundir con las formas relícticas), microclina (carácter francamente macro a microneoglandular), granate (carácter francamente reajustante, estrechamente conectado con la evolución de las biotitas primitivas), micromenas metálicas, circón y apatito (condición altamente local y en estrecha conexión con la evolución y reajuste de las biotitas primitivas), cuarzo (en muchas de sus formas corrientes de reajuste), etc. Dentro de este importante grupo, cabe destacar la característica presencia de ciertas fases minerales altamente significativas, como son: andalucita, sillimanita,

cordierita, ciertas variedades de feldespato alcalino, micromenas metálicas, etc. (formas propias de gradientes en favor del primer subestadio), por una parte, y albita, microclina, anfiboles, micas biáxicas, epídotas, turmalina, distena, estaurolita, cloritoide, granate, cuarzo, etc. (formas propias de gradientes en favor del segundo subestadio), por la otra. Llegamos entonces a una conclusión inmediata: No necesitamos recurrir ni a fenómenos forzados de metasomatismo, ni a raros procesos de metamorfismo contacto-térmico, termodinámicamente absurdos, para explicar la presencia de ciertos minerales en una facies dada.

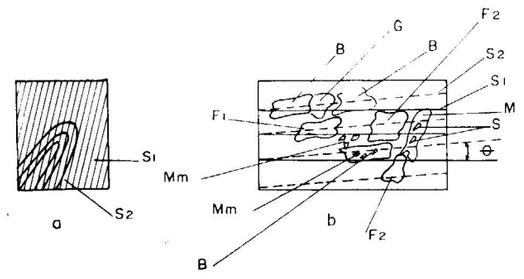


Figura 9. La figura 9 *a*) representa de manera esquemática las superposiciones y discordancias (según paqueño ángulo), entre las esquistosidades S1, correspondienes a la fase regional subsidente y las S2 de tipo crucero, correspondientes a la fase subsiguiente y consiguiente paroxismal (dinamotérmica sintectónica). La figura 9 *b*) representa de manera esquemática algunos de los efectos de reajuste postectónico indirecto. S1. Esquistosidad primaria desarrollada durante la fase regional subsidente. S2. Esquistosidad secundaria (según cruceros) desarollada durante la fase paroxismal (dinamotérmica-sintectónica) subsiguiente y consiguiente. O. Es el ángulo formado por los anteriores dos efectos. Su valor tiende a cero con el incremento de la plasticidad. B. Minerales de biotita desarrollados durante la fase paroxismal sintectónica). Son por tanto, de tendencia francamente concordante con S2 y discordante con S1. F1. Minerales de feldespato desarrollados durante la fase paroxismal (dinamotérmica sintectónica). Tendencia concordante con S2 y discordante con S1. F2. Feldespatos M (muscovita y micas de tendencia biáxica en general), S (sillimanita en muchos casos íntimamente relacionada con los ajustes muscovíticos y cuarzosos, etc.), G (granates), Mn (micromenas metálicas), etcétera; todos en su condición de neoformación, son efectos de reajuste postectónico indirecto, francamente superpuestos y discordantes con respecto de los anteriores. De ese tipo son algunos de los desarrollos minerales de andalucita, de cordierita, etc.

Conclusiones

1. Antes del Cámbrico se inició un gran desarrollo geosinclinal de tipo «Orto», cuya cuenca abarcaba lo que es hoy Galicia, parte de su inmediato fondo Oceánico Atlántico-Cantábrico, Asturias y León.

2. Fue un gran «Ortogeosinclinal» intracratónico y atlántico, de fondo siálico-simaico diferencial no muy potente, pero de espesor creciente hacia el oriente.

3. Esta gran cuenca se desarrolló de acuerdo a una cierta condición asimétrica de antepais occidental (Conjunto Arqueobloqueano Iberoatlántico), actualmente hundido y formando parte del fondo oceánico Atlántico-Cantábrico.

4. Tal condición asimétrica condicionó los buzamientos regionales hacia el W. y las correspondientes vergencias hacia el E.

5. Dicho Geosinclinal evolucionó, en el tiempo y en el espacio, con un crecimiento más o menos paulatino de direción aproximada W.-E., y en ese mismo sentido, engendrando de este modo tres desarrollos, a saber:

a) Desarrollo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico de primer orden (Conjunto Bloqueano Ibero-Atlántico asíntico hundido y Conjunto bloqueano Ibero-Atlántico asíntico alto de Galicia occidental).

b) Desarrollo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico de segundo orden (Conjunto caledónico galaicoasturioleonés de Galicia oriental y parte de Asturias y León).

c) Desarrollo orogénico-granitizante intrageosinclinal Varíscico (= Hercínico) de tercer orden (Conjunto varíscico asturioleonés de la cordillera Cantábrica).

6. El desarrollo caledónico afectó de manera más o menos indirecta y postectónica a la región asíntica (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos).

7. El desarrollo varíscico afectó de manera más o menos indirecta y postectónica a las Regiones Asíntica (más intensamente) y Caledónica (menos intensamente), condicionando los más trascendentales efectos de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos). Tales mecanismos se desarrollaron merced a ciertos sistemas de fracturación.

8. Los mecanimos orogénico-granitizantes intrageosinclinales, en su condición esencialmente diferente a la de los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales, engendraron efectos bastante distintos. El complejo consiguiente de diferenciación entre estos dos mecanismos juega

papel primordial en la mineralogía y en la metalagenia. etc.

9. Un análisis cuidadoso de los factores condensativo-endoenergético/expansitivo - exoenergético, etcétera, con respecto de los procesos de macro a micro-fragmentación y de movilización relativo-diferencial de materia, etc., explican los más interesantes efectos de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, etc.

10. Los mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinales, merced al carácter predominante (pero no total, ni absolutamente) expansitivo exoenergético y prácticamente atómico, condicionaron situaciones de equilibrio texturo-estructuralmente graníticas (sentido amplio) y químico-mineralógicas trifásicas, es decir, según tres fases minerales (dos ferromagnésicos y una plagioclasa, o un ferromagnésico, una plagioclasa y cuarzo, etcétera), y con areglo a los siguientes elementos: O, Si, Al (grupo coordinado Z = 4), Mg, Fe (grupo coordinado Y = 6), Ca, Na, K, este último con exclusividad de la biotita, o en forma dispersa (grupo coordinado X = 8 — 12) y grupo aniónico de reajuste OH. La presencia de otros minerales y de otros elementos, responde a procesos de complicación y evolución condicionados por mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales postectónicos (Caledónicos y/o variscicos y/o posteriores).

De este modo, por ejemplo, en el grupo O, Si, Al, se condicionó la evolución en favor de P, B, Be, etc.; en el grupo Mg, Fe, se condicionó la evolución en favor de Ti, Cr, Mn, etc.; en el grupo Ca, Na, K, se condicionó la evolución en favor de K, (el cual empezó a jugar papel importante), Ba, Cd, U, etc., y en el grupo aniónico de reajuste OH se condicionó la evolución en favor de F, Cl. etcétera, siempre con arreglo a las proporciones relativas.

11. Si a lo señalado en (10) sumamos la actividad del complejo fenomenológico meteorizante, etcétera, nos colocamos en condiciones de analizar los principios más necesarios para las investigaciones mineralogenéticas y metalogenéticas, etc.

12. Los efectos debidos al mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal asíntico, pueden estudiarse con arreglo a directrices más o menos NS (N.-NW. —NS.— N.-NE.). Los efectos debidos al mecanismo orogénico-granitizante intrageosinclinal caledónico, pueden estudiarse con arreglo a directrices más o menos NS. (N.-NW. —NS.— N.-NE.). Y los efectos debidos a los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales variscicos, pueden estudiarse con arreglo a directrices N.-NW. y NW. (arrumbamientos hercínicos) y N.-NE. a NE (arrumbamientos variscicos).

13. Los mecanismos orogénico-granitizantes intrageosinclinales condicionaron desarrollos granítico-metamórficos de carácter regional, más o menos continuo y de amplia dispersión (ultra-zona, cata-zona, meso-zona y epizona), etc., en tanto que los mecanismos tectónico granitizantes extrageosinclinales condicionaron desarrollos regranitizantes, granitizantes, migmatizantes, neisificantes y semejantes, etc., con un carácter más bien local, diferencial, irregular, discontinuo y de más restringida dispersión (ultra-zona, cata-zona y meso-zona inferior), etc.

14. El cociente de las magnitudes de los dos subestadios condensativo-endoenergético/expansitivo-exoenergético, más o menos complementado por ciertos factores de fragmentación y movilización diferencial de materia, etc., cuando en favor del primer subestadio condiciona la presencia de ciertas variedades minerales de los tipos metálico y antiesfuerzo (alta energía y baja entropía relativas), tales como micromenas metálicas, piroxenos, ciertas variedades de micas oscuras seudouniáxicas, ortoclasa más o menos microclinizada, algunas variedades de plagioclasa, apatito, circón, andalucita, cordierita, sillimanita, etc., y cuando en favor del segundo subestadio, condiciona la presencia de ciertas variedades minerales de los tipos no metálico y esfuerzo, tales como anfíboles, ciertas variedades de micas oscuras y claras, pero de tendencia francamente biáxica, albita, microclina, turmalina, distena, estaurolita, cloritoides, cuarzo, etc.

15. Todos los efectos de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, etcétera, como ciertas formas de granitización, de migmatización, de neisificación, de silicificación, de desilicificación, de monzonitización, de sienitización, de feldespatización, de turmalinización, de muscovitización, de paleoglandulación, de neoglandulación, de metablastesis y metafenoblastesis (macro a microscópica), etc., parecen ser interesantes consecuencias de la superposición diferencial de mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales, en su condición esencialmente dinámica. Estos procesos, en suma con el complejo fenomenológico meteorizante y la trascendental actividad del agua, etc., son factores muy importantes a considerar en las investigaciones mineralógicas y metalogenéticas, etc.

16. Los fenómenos de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, etc., consecuencias de la superposición diferencial de mecanismos reajustantes postectónicos (variedades tectónico-granitizantes extrageosinclinales), son los responsables de las equivocaciones en la datación de las rocas y de sus minerales, etc. Una cosa es la edad de una roca y otra cosa es la edad de las diferentes asociaciones minerales que la cons-

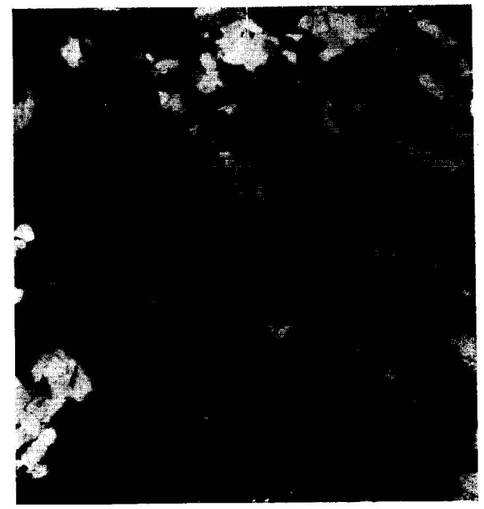


Lámina núm. 1.—N. C. 25 ×. M 8344. Facies graníticas de los alrededores de Sobrado. Complicación y evolución texturoestructural y químicomineralógica, condicionada por mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o variscicos y/o posteriores. Obsérvese el correspondiente desarrollo reajustante de epídotas radiactivas. Véanse también ciertas manifestaciones desequilibro-reajustantes de las biotitas y su conexión con las micromenas metálicas.

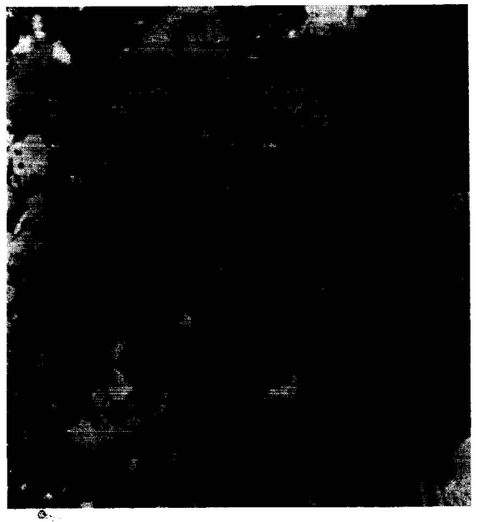


Lámina núm. 2.—N. C. 25 ×. M 8344. Facies graníticas de los alrededores de Sobrado. La influencia de mecanismos del mismo tipo condicionó interesantes efectos de neoglandulación, a veces francamente metafenopoiquiloblastésica, superposicional y discordante de microclina. Obsérvense los residuos relícticos de plagioclasa y las francas manifestaciones de reacción y reajuste. etc.

Lámina núm. 1.—N. C. 25 ×. M 8344. Facies graníticas de los alrededores de Sobrado. Complicación y evolución texturoestructural y quimicomineralógica, condicionada por mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales caledónicos y/o varíscicos y/o posteriores. Obsérvese el correspondiente desarrollo reajustante de epidotas radiactivas. Véanse también ciertas manifestaciones desequilibro-reajustantes de las biotitas y su conexión con las micromenas metálicas.

Lámina núm. 2.—N. C. 25 ×. M 8344. Facies graníticas de los alrededores de Sobrado. La influencia de mecanismos del mismo tipo condicionó interesantes efectos de neoglandulación, a veces francamente metafenopoiquiloblastésica, superposicional y discordante de microclina. Obsérvense los residuos relícticos de plagioclasa y las francas manifestaciones de reacción y reajuste, etc.

Láminas núm. 3.—N. C. 25 ×. M 9216. Facies ectínico-mesozonales del complejo parametamórfico caledónico (mecanismo orogénico granitizante intrageosinclinal caledónico), de los alrededores del Km. 506 (carretera Lugo-Baralla), posteriormente modificadas y complicadas (mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores). Obsérvese el carácter superposicional y discordante de los neodesarrollos anfibólicos (tremolítico-actinolíticos, etcétera) y granatíferos. Las micromenas metálicas son, también, consecuencia de los reajustes.

Lámina núm. 4.—N. P. 25 ×. M. 8347. Alrededores de la zona límite entre las provincias de Lugo y La Coruña, por la carretera de Mellid (Km. 552 aprox.). Obsérvese la complicación y evolución texturo-estructural y quimicomineralógica, condicionada por los mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores, según, entre otros, interesantes fenómenos de neoformación superposicional y discordante, de andalucita, de granate y de micromenas metálicas, a expensas de la destrucción parcial de plagioclasas y biotita.

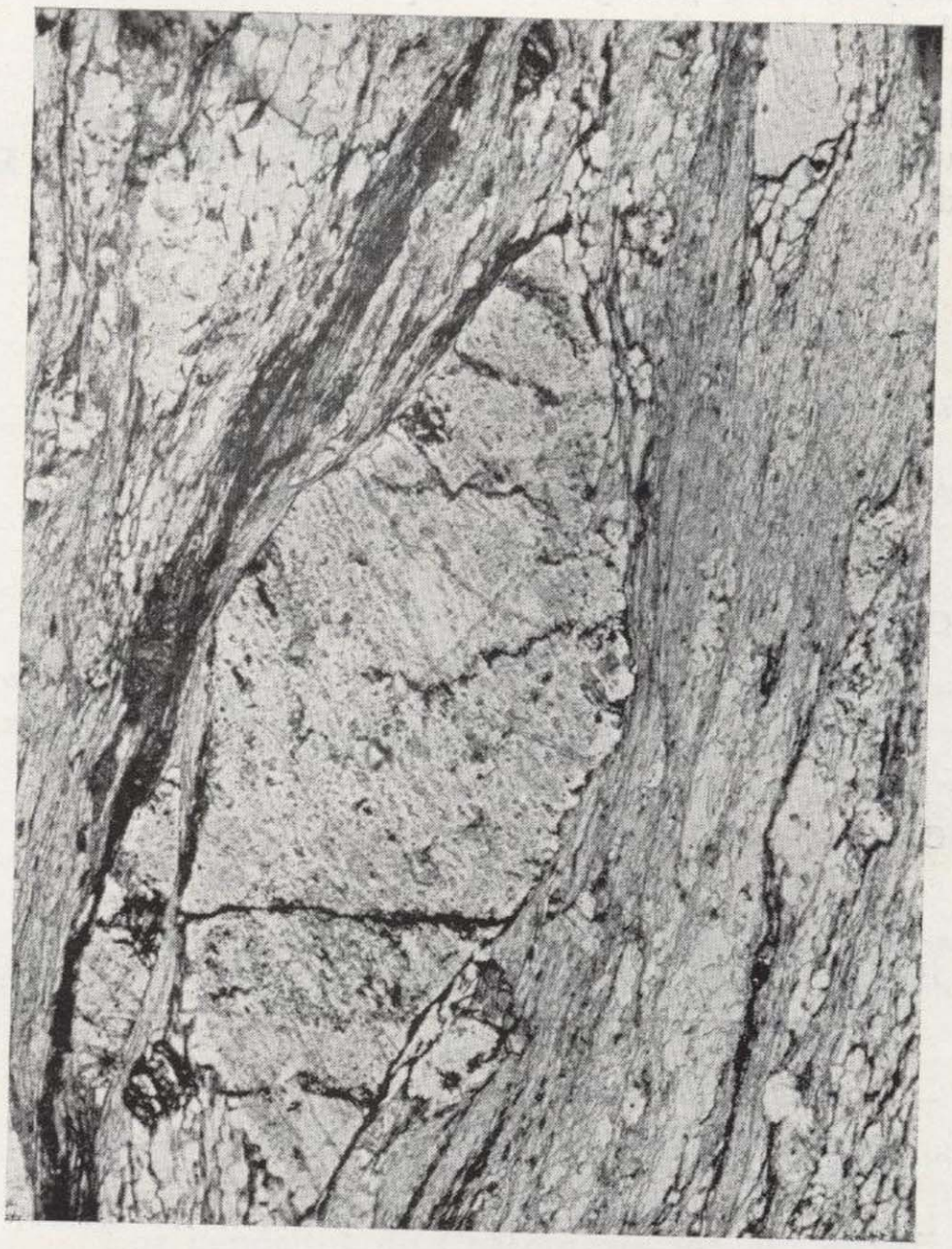


Lámina núm. 5.—N. P. 25 ×. M 9266. Complejo cataclástico-glandular del famoso «Ollo de Sapo». Carretera Lugo-La Coruña (alrededores del K. 556). Obsérvese la franca manifestación de los efectos dinámicos y de las correspondientes consecuencias de complicación y evolución texturo-estructural y químico-mineralógica, condicionados por los trascendentales mecanismos tectónico-granitizantes, extrageosinclinales varíscicos y posteriores. La fotografía nos enseña un bonito ejemplar de plagioclasa albítica cataclástico-glandular.

Lámina núm. 6.—N. P. 40 ×. M 9268. Facies ectiníticas meso-catameso-zonales de los alrededores de Villamayor de Negral. Posteriores mecanismos tectónico-granitizantes extrageosinclinales varíscicos y posteriores se encargaron de engendrar ciertas modificaciones texturo-estructurales y químico-mineralógicas, ejemplarmente representadas por esporádicos neodesarrollos microfenopaiquiloblásticos meta, o micrometafenopoiquiloblásticos, de turmalina. Paralelamente y con los procesos desequilbro-reajustantes de la biotita primitiva se condicionó la aparición de micromenas, de apatito y de circón, etc.

tituyen, las cuales pueden responder al mismo o a distintos mecanismos reajustantes posteriores. Una roca de constitución asíntica, por ejemplo, puede haber sido reajustada totalmente por mecanismos variscicos, fenómeno muy corriente en la mayoría de las regiones geológicamente primitivas.

BIBLIOGRAFÍA

Trabajos en general

ASENSIO AMOR. 1957. *Datos para la mineralogía de Galicia*, «Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural», núms. 55 págs. 199-236.

CAPDEVILA, R. 1966. *Sur le geologie du Precambrien et du Paleozoique dans la region de Lugo et la question des plissements assyntiques et sardes en Espagne*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 80, págs. 157-174.

COMTE, P. 1959. *Recherches sur les terrains anciens de la Cordillére cantabrique*, «Memorias del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 60, págs. 1-440.

JULLIVERT, J. M. 1960. *Estudio geológico de la Cuenca de Beleño*, «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 71, págs. 1-346.

— — 1965. *Sur la tectonique herynienne à nappes de la Csaine Cantabrique*, «Bull. Soc. Géol. de France», núm. 7, páginas 644-651.

LOTZE, F. 1958. *Zur Stratigraphie des spanischen Kambriums*, «Geologie. Jahrg», núm. 7, págs. 727-750.

MARTÍNEZ, J. A. 1962. *Estudio geológico del reborde oriental de la Cuenca carbonífera central de Asturias*, «Instituto de Estudios Asturianos», núm. 1, págs. 232.

PARGA PONDAL, I. 1960. *Observación, interpretación y problemas geológicos de Galicia*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 59, páginas 333-358.

— — 1963. *Mápa petrográfico estructural de Galicia*, Escala 1 : 400.000, «Instituto Geológico y Minero de España».

— — & LÓPEZ DE AZCONA, J. M. 1965. *Sobre la presencia de elementos escasos en los granitos de Galicia*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 78, págs. 221-236.

— — & GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. 1964. *Las rocas del Cantábrico*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 76, págs. 79-94.

— — & MATTE PH. & CAPDEVILA, R. 1964. *Introduction a la géologie de l'Ollo de Sapo...*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 76, págs. 119-154.

— — & ALEIXANDRE TRINIDAD. 1966. (Lugo), *La arenisca ortocuarcítica del Gistral*, «Notas y Comunicaciones del Insituto Geológico y Minero de España», núm. 7, páginas 59-90.

RADELLI, L. 1962. *Un interesante caso de metablastesis*, «Geología colombiana», núm. 2, págs. 15-33.

SITTER, L. U. DE. 1961. *Establecimiento de las épocas de los movimientos tectónicos durante el Paleozoico en el Cinturón del Orógeno cántabroasturiano*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», número 61, págs. 51-61.

Recibido: 15-II-69.

Boletín Geológico y Minero. T. LXXXI.-IV. Año 1970 (345-368).

GEOLOGIA

La cobertera sedimentaria de la isla de Alborán (Almería)

por C. GAIBAR-PUERTAS (*)

RESUMEN

Se describen los depósitos cuaternarios constituidos por una formación continental (loésica), extendida sobre una formación marina cuyas biofacies y altitud del muro (14,5 m) parecen evidenciar una edad Paleotirreniense a Milazziense.

SUMMAIRE

On décrient les dépôts quaternaires constituées par une couvercle continental (loéssique) qui tapisse une terrasse marine dont les biofacies et altitud du mur (14,5 m.) semblent mettre en évidence une âge Paleotyrrhénien vars Milazien.

I. INTRODUCCIÓN

En 1878 Ramsay y Geikie describieron (10) (11), en Gibraltar, tres niveles de terrazas cuaternarias ubicados a las altitudes de 43 a 37 m. (muy extenso y suavemente inclinado en Punta Europa), 23 m. y 16 m., complementados con una serie de superficies de abrasión marina, que, emplazadas a las altitudes de 3, 7, 81 y 113 m., encuentran antecedencia pliocénica en otra rasa marina suavemente inclinada entre los 214 y 183 m. de altitud. Según esto, durante los tiempos cuaternarios, Gibraltar ha experimentado un discontinuo proceso emersivo —isostático, eustático o, más probablemente, mixto— cuyas pausas se tradujeron en aquellos siete períodos de estabilización del nivel marino a las altitudes de 113, 81, 43 a 37, 23, 16, 7 y 3 m., muy probablemente asimilables, respectivamente, a los mares Calabriense, Siciliense, Milazziense, Paleotirreniense, Eutirreniense, Neotirreniense y Versiliense.

Parece lógico que las oscilaciones eustáticas cuaternarias hayan mostrado en Gibraltar una amplitud similar a la alcanzada en el Mar de Alborán, a lo largo de cuyo periférico litoral los niveles de las playas levantadas podrían permitir evidenciar las discrepancias de amplitud o signo presumibles para las oscilaciones isostáticas.

Los depósitos de Cuaternario marino dispersos a lo largo de las costas circundantes del Mar de Alborán han venido siendo objeto de la atención de diversos especialistas, cual se evidencia claramente en el trabajo de síntesis, publicado en 1941 por Günther (8), el 46 por 100 de cuyas descripciones se refieren concretamente al perímetro del Mar de Alborán en sus litorales sudespañol y nordmarroquí. Para el litoral meridional de España todavía deben ser retenidas las precisiones obtenidas al respecto durante las épocas más recientes (7); pero con todo, en ningún punto de estos litorales ha sido descrita una secuencia de niveles en número parangonable con el evidenciado en Gibraltar, lo que dificulta extraordinariamente el pretendido análisis del probable comportamiento isostático diferencial o la largo del borde de la cuenca de Alborán.

En el sector central de esta cuenca emerge la diminuta y única isla de Alborán (*Al-Borany* en árabe), cuyos rasgos geológicos venían siendo insuficientemente conocidos, singularmente en lo concerniente a la Geofísica. Animados por estas circunstancias, a principios de 1967 tuvimos la idea de organizar una campaña de exploración geológica y geofísica en Alborán, para cuya realización nos pusimos inmediatamente en contacto con las

(*) Instituto de Geología Económica, Madrid.

autoridades de nuestra Marina de Guerra y, más concretamente, con nuestros queridos amigos los Almirantes don Juan García-Frías y don Carlos Pardo y Delgado (a la sazón desempeñaban, respectivamente, los destinos de Jefe de Operaciones en el Ministerio de Marina y Jefe del Sector Naval y Comandancia de Marina de Málaga, a cuya jurisdicción pertenece la isla de Alborán), a quienes reiteramos muy gustosamente nuestro más cordial agradecimiento por su gran interés en torno a nuestro trabajo, y habernos dispensado cuantas facilidades de transporte y permanencia requirió nuestra investigación.

Precisamente, y con miras a hacer más llevadera nuestra estancia en la isla, el Almirante-Jefe del Sector Naval de Málaga se apresuró a remitirnos una atenta comunicación, fechada el 21 de marzo de 1967, recomendándonos demorásemos algunos meses la realización de nuestro proyectado trabajo. Este aplazamiento fue aprovechado para mejorar el equipo instrumental geofísico, así como nuestra documentación bibliográfica y, por otra parte, con miras a ampliar la proyectada investigación decidimos recabar una colaboración petrográfica, para lo cual, a principios de 1968, tuvimos una entrevista con el eminente petrógrafo, profesor Fúster Casas, a quien expusimos detalladamente los pormenores de nuestra proyectada campaña y recabamos su participación personal en la misma, a lo que accedió con las reservas dimanadas del hecho de que, tanto él como la totalidad de su equipo investigador, se encontraban a la sazón ocupadísimos en la organización de la Reunión Internacional de Vulcanología, que había de celebrarse en el archipiélago canario durante el verano de 1968; por esta razón decidimos diferir hasta el otoño de dicho año la realización de nuestra campaña, que, finalmente, fue efectuada entre los días 27 de octubre y 12 de noviembre de 1968.

En las magníficas síntesis sobre el Cuaternario marino del Mediterráneo Occidental, publicadas en 1913 por Gignoux (5), en 1941 por Günther (8), en 1961 y 1962 por Solé Sabarís (12) (13), y Gigout (6), etc., no aparece referencia alguna sobre los sedimentos recientes de Alborán, razón por la cual decidimos incluirlos en nuestro proyectado estudio geológico de la isla, máxime habida cuenta de que durante nuestra documentación bibliográfica habíamos obtenido referencias que permitían colegir la existencia de depósitos sedimentarios recientes. Efectivamente, en 1876 fue descrita por Dávila (1) la existencia de *una masa superficial de un metro próximamente de espesor, compuesta por cantos de pórfido con cristales de olivino, cuyo volumen llega a 8 decímetros cúbicos* y, a este mismo respecto, son todavía más remarcables las observaciones publicadas por Fernández Navarro (2), pues aun cuando no llegó a intuir vinculadas a depósitos marinos tales formaciones conglomeráticas, atisba la existencia de un nexo entre la abrasión marina y la arrasada topografía de aquella superficie insular cuando afirma: *Extremando tal vez algo las cosas, podría verse asimismo en lo plano de la superficie de la isla la huella de otro nivel inferior en el cual permaneció Alborán primeramente, siendo entonces decapitada por la acción erosiva de las olas*, advirtiendo, asimismo, la existencia de un tapiz de arenas sueltas formando un manto con espesor inferior a 2 m., cuya génesis es relacionada por este investigador con la desagregación subaérea experimentada por la incompetente toba volcánica que constituye el yacente.

Los resultados de nuestras observaciones sobre la cobertera cuaternaria de Alborán constituyen el sujeto de la presente Nota, un resumen de la cual, todavía inédito, fue remitido el 14 de enero de 1969 a «Acta Geológica Hispánica», cuya expresa finalidad consiste en publicar notas previas esencialmente destinadas a asegurar la prioridad de los trabajos, aunque, al parecer, dificultades económicas conjugadas con un exceso de original han motivado que la aparición del mencionado resumen haya venido difiriéndose más de un año. Entre tanto, ha surgido la inesperada circunstancia de que hacia finales del primer trimestre de 1969, y en el volumen número 66 (correspondiente al último trimestre de 1968) del Boletín de la Sección Geológica de la R. S. E. H. N., apareció un interesante trabajo sobre los depósitos cuaternarios de la isla de Alborán que, lógicamente, desconocíamos y no mencionábamos en nuestra precitada Nota previa. No obstante la semejanza de los títulos independientemente conferidos a una y otra publicaciones simultáneas, su contenido es sumamente dispar, puesto que el trabajo de los señores Hernández-Pacheco (F.) y Asensio Amor (I.), resulta fundamentalmente enfocado hacia los resultados obtenidos en una investigación granulométrica y morfoscópica de los sedimentos integrantes de la cobertera cuaternaria de la isla de Alborán, donde fueron recogidos por don F. Hernández-Pacheco y don A. Hernández-Pacheco, durante una campaña efectuada, según parece, en el mes de junio de 1968. Muy lejos de interferir, se da la afortunada circunstancia de que una y otra publicaciones resulten auténticamente complementarias, pues, cual podrá apreciarse en las siguientes líneas, en nuestra investigación resultan totalmente orillados los análisis granulométricos y morfoscópicos de los sedimentos cuaternarios de la isla de Alborán.

Antes de proceder a la exposición de nuestras observaciones al respecto, debemos indicar que, a

título un tanto marginal y cual no podía ser de otro modo, algunos de sus aspectos resultan ligeramente imbricados con referencias figurantes en la magnífica investigación simultáneamente publicada por los señores F. Hernández-Pacheco e I. Asensio Amor; tal sucede con las escuetas descripciones que, al final de su trabajo, adscriben estos investigadores (9, pág. 390) sobre la altimetría, biofacies y posible cronología de aquella terraza marina. Pero, como muy bien escribe en su recientísima obra (* págs. 37 y 38), el Presidente de nuestro C. S. I. C., don Manuel Lora Tamayo, *la coincidencia en el tema con otros buscadores de la verdad, lejos de originar contrariedad, confieso que produce la satisfacción de sentirse compañeras de viaje en una ruta desconocida; más tarde, la discrepancia en la interpretación de unos resultados mueve a preocupación, pero ésta ha de asentarse únicamente en un deseo de esclarecer la auténtica verdad, sin que ninguna pasión por hacer prevalecer nuestro propio criterio deba dominarla;* plenamente identificados con tan hermosos pensamientos, en las líneas siguientes trataremos única y sencillamente de aportar nuevos hechos observados junto a personales enfoques interpretativos que, por supuesto, no pretenden la menor interferencia con lo expuesto en el importante trabajo de mi querido maestro don Francisco Hernández-Pacheco.

II. La cobertera de Cuaternario continental

Las formaciones eruptivas de Alborán (4) aparecen discordantemente recubiertas por una terraza marina desigualmente conservada y enteramente tapizada por un depósito continental prácticamente extendido sobre la totalidad de la superficie insular. Esta disposición, lo mismo que su propia naturaleza, evidencian para la cobertera de sedimentos continentales un origen obviamente incompatible con una posible desagregación meteórica de las tobas volcánicas infrayacentes, cuya coloración fluctúa ligeramente entre muy pálidas tonalidades verdosas y verdeamarillentas.

Además de ser muchísimo más finas que los productos de desagregación dimanados de dichas tobas (abundantemente acumulados al pie de los abruptos acantilados que circundan la isla), las incoherentes arenas limosas superficiales muestran tonalidades netamente parduzcas y se caracterizan por una esterilidad sumamente acusada —posiblemente relacionada con un elevado contenido salino depositado por los vientos que azotan casi constantemente a la isla— coadyuvando a justificar el desolado aspecto de su paisaje, pues no arraigan otros vegetales, sino algunas pobres y feas plantas halófilas, entre las que pudimos identificar raquíticos ejemplares de *Messembryanthemum* y *Frankenia*.

A nuestro modo de ver, se trata de un depósito loésico procedente, en su mayor parte, del vecino continente africano, y que ha sido retenido merced a la horizontalidad de la superficie insular en concomitancia con la presencia de la mencionada vegetación halófila y la incidencia de la humedad marina que, aglomerándolo un tanto, impide o frena su reincorporación a la atmósfera cuando se incrementa la velocidad del viento. Añadamos en este momento la íntima satisfacción que nos deparó posteriormente el hecho de que, tanto la morfología de las curvas granolométricas como la de las morfoscópicas hayan sugerido (9, pág. 388) a F. Hernández-Pacheco e I. Asensio Amor, que *siendo principalmente el material de procedencia eólica, nada de particular tiene que los sedimentos finos sean los más frecuentes*, lo que abunda en nuestra idea sobre el carácter loésico de aquella cobertera; en cuanto a la procedencia de los materiales, estos investigadores consideran que *su verdadero origen había que buscarlo en relación con la frecuencia y fuerza de los vientos, particularmente el denominado levante*, lo que asimismo abunda en nuestra idea de su procedencia africana.

Respecto al espesor de esta cobertera continental, nuestras observaciones evidenciaron una amplia fluctuación a través de la superficie insular, pues medimos espesores comprendidos entre 10 y 300 cm. Este espesor máximo pudimos observarlo gracias a haber practicado, unos 20 m. al NW. de la cota de 12,2 m. ubicada en los aledaños de la Punta del Pajel, un pozo que atravesó el manto loésico. Por cierto que, cuando el pozo alcanzaba la base de esta formación limoarenosa, tropezamos con un antiquísimo y curioso utillaje de hierro, sumamente oxidado y corroído, con el que se inició un Museo local en una de las dependencias del Faro; se trata de toscas piezas interpretables cual roldanas, cáncamos y ganchos posiblemente utilizados para la sujeción de las artes de pesca o, acaso, de muy pequeñas o ligeras embarcaciones. Este hallazgo podría entrañar una importante contribución histórica, caso de que permitiera colegir la época correspondiente a aquella ocupación humana de la isla que muy bien pudo haber acaecido hacia los albores del actual período interglaciar; en cualquier caso, según nuestro modo de ver, tal industria evidencia claramente una edad muy reciente para aquel depósito loési-

(*) Lora-Tamayo (M.): *Un clima para la Ciencia*, con 150 páginas. Biblioteca Universitaria Gredos; II. *Ensayos*, Madrid, 1968.

co, que muy bien puede haber acaecido a favor de las condiciones climáticas imperantes durante los tiempos post-würmienses.

Exceptuando unos curiosos tubos calizos agrupados en haces (acaso puedan imputarse a «muñequitas de loess» o depósitos calizos en torno a raíces de vegetales muy probablemente halófilos y de muy pequeño porte), estos limos arenosos parecen evidenciar claramente tratarse de despojos de moluscos que sirvieron de alimento a los pobladores circunstanciales (pescadores, náufragos, etcétera), o más permanentes (fareros, etc.); en el mismo sentido parece abundar el hecho de que las conchas en cuestión no aparezcan enterradas más allá de 20 a 30 cm., no habiendo encontrado ejemplar alguno en el precitado pozo de 3 m. de

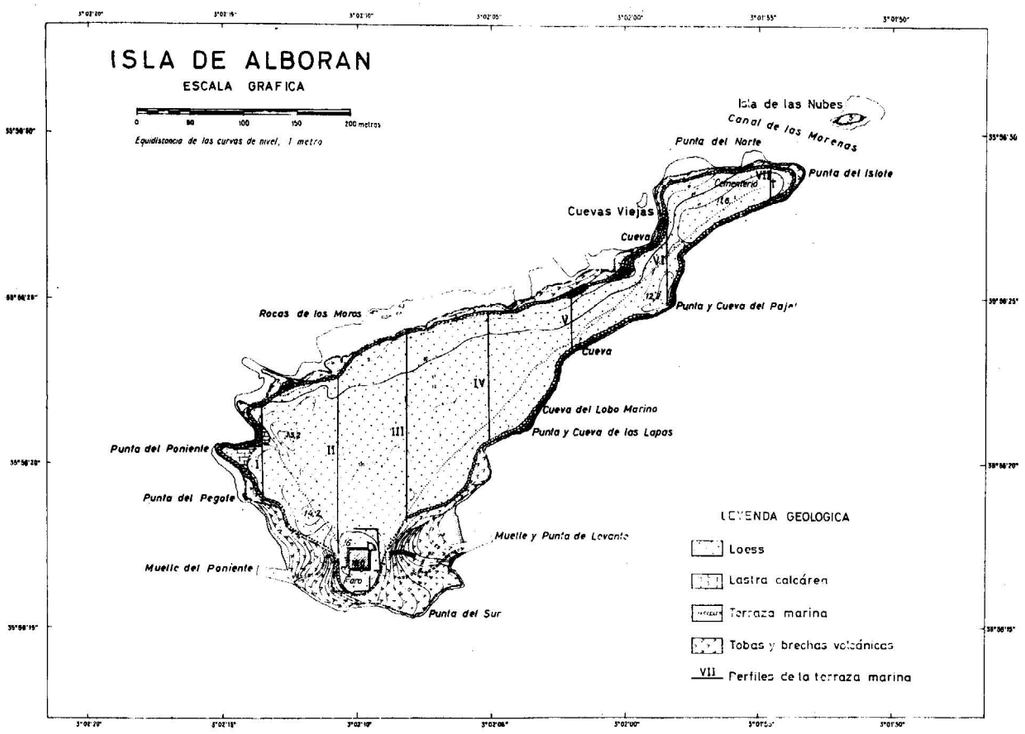


Fig. 1

de la cobertera loésica carecen de vestigios orgánicos, lo que se comprende fácilmente dentro del principio del actualismo.

En la superficie —sea enteramente al descubierto, ora semienterrados y hasta completamente rellenas por el propio loess— aparecen conchas pertenecientes a diversas especies de moluscos, cuya máxima abundancia aparece desparramada en torno al Faro (singularmente por sus aledaños septentrionales y orientales) que, desde siempre, constituyó la vivienda de los fareros y pescadores. Esta última circunstancia, sumada al hecho de que se trate invariablemente de especies comestibles y caracterizadas por sus tallas relativamente grandes, profundidad, excavado en los aledaños de la Punta del Pajel, ni en otra excavación, mucho más somera, que practicamos en el sector de la Punta del Poniente, con objeto de exhumar totalmente un esqueleto humano, cuyas extremidades inferiores —orientadas hacia el W.— afloraban en la superficie (*).

Entre tales restos de moluscos abundan sobremanera los ejemplares de *Triton nodiferum* La-

(*) La totalidad de estos restos humanos fueron colocados en una pequeña caja que, transportada hasta el extremo oriental de la isla, fue inhumada por el Sr. Comandante de aquella guarnición en el cementerio allí existente.

marck, generalmente correspondientes a ejemplares de gran talla, sin que, por ello, falten los de tallas más modestas y aun los imputables a individuos juveniles de tamaño equiparable al de los grandes individuos de *Purpura haemastoma* Linné, asimismo abundantes. A este respecto, nos interesa singularmente dejar constancia de la existencia de bastantes ejemplares correspondientes a patéllidos de gran talla, junto a otros que, presentando tallas estimables cual normales, entrañan cierta incertidumbre en lo que atañe a su encuadramiento sistemático; por esta razón, aun considerando la gran probabilidad de que se tratase de despojos de seres actuales utilizados para la alimentación humana, decidimos acopiar buen número de ejemplares y fragmentos con objeto de remitir una selección al eminente especialista en malacología pleistocénica, nuestro distinguido amigo don Juan Cuerda Barceló, quien, luego de proceder a su detenido estudio y clasificación, nos remitió el informe siguiente: «Estos ejemplares de *Patella ferruginea* Gmelin, son los que más llama nuestra atención, pues, junto a ejemplares típicos de esta especie (que, francamente regresiva, subsiste acantonada en el Mediterráneo), aparece un ejemplar entero y un fragmento de otro que corresponde a la forma *stellata* Pallary, explicando su diferencia respecto a los otros ejemplares de la misma especie hallados conjuntamente. La *Patella ferruginea* Gmelin var. *stellata* Pallary, vive actualmente en el Mediterráneo, pues Pallary la recogió en las costas de Egipto. Entre este grupo de patélidos también aparecen ejemplares, que me limito a clasificar como *Patella* sp., en razón de que, aun cuando tiene cierta semejanza con la *P. lusitanica* Gmelin, su tamaño es sensiblemente mayor y sus costillas más marcadas».

Consecuentemente, gracias a la amable colaboración prestada por don Juan Cuerda, podemos concluir que los aledaños inmediatos a la isla de Alborán constituyen un nuevo jalón sobre la relicta presencia en el Mediterráneo de la *Patella ferruginea* Gmelin, así como de su variedad *stellata* Pallary, localizada por este especialista en las costas de Egipto. Y, a nuestro juicio, tampoco carece de interés la presencia de ejemplares cuya posición sistemática resulta un tanto incierta, no obstante, sus afinidades con la *Patella lusitanica* Gmelin, pues, teniendo presente la ubicación geográfica de la isla de Alborán, resulta muy probable que la circulación oceánica superficial y, más concretamente, el trasvase de las aguas atlánticas hacia el Mediterráneo a través del vecino Estrecho de Gibraltar, puedan responsabilizarse de las singularidades ecológicas convergentes en el interesante jalón entrañado por la isla de Alborán.

III. *La cobertera de Cuaternario marino*

Constituyendo el yacente de la cobertera loéssica y recubriendo discordantemente el macizo de tobas volcánicas emergidas en la isla de Alborán, se intercalan unos depósitos de sedimentos cuaternarios marinos que permiten discriminar dos niveles (caparazón calcáreo suprayacente y conglomerado basal), concordantes entre sí y propicios a la observación y medida de su inclinación congénita.

Generalmente representadas por retazos preservados de la ablación hasta nuestros días, las terrazas marinas muy raramente permiten atisbar la importancia o magnitud de su pendiente originaria. Por ello resulta excepcional el caso de la isla de Alborán, donde, por tapizar enteramente su superficie, resulta factible observar y aún medir con precisión la inclinación congénita presentada por su cobertera de Cuaternario marino; en el borde meridional de la isla, tanto la superficie de abrasión marina como el conglomerado de la terraza que la fosiliza y la suprayacente cobertera caliza e, incluso, la propia superficie topográfica del manto loéssico, se ubican a altitudes sistemáticamente superiores que en su borde septentrional, acaeciendo otro tanto si se compara su borde occidental con el extremo oriental, que se ubica a una altitud ligeramente inferior.

Tales variaciones de altitud indican que la inclinación o basculación se produce en un acimut intermedio entre los N.-S. y W.-E., aunque más próximo a la primera de estas direcciones, juzgando por la mayor importancia del desnivel existente entre los bordes meridional y septentrional de la isla. Este hecho, sumado a las mayores facilidades proporcionadas por la morfología del perímetro insular, nos aconsejó concretarnos a medir la inclinación mostrada en la dirección de los meridianos. Paralelos entre sí, más o menos equidistanciados y cubriendo enteramente la superficie insular en toda su longitud (de W. a E.), hemos establecido siete perfiles cuyos extremos coinciden con el asomo periférico de la base de aquellos depósitos marinos.

La longitud de cada uno de estos perfiles, junto con las respectivas diferencias altimétricas entre sus extremos meridional y septentrional, nos han permitido calcular sus pendientes septentrionales, que, expresadas en % de sus longitudes y ángulos correspondientes, resultan recíprocamente comparables.

Estos resultados demuestran que el declive septentrional de la superficie insular entraña una pendiente media de 3,2 por 100, equivalente a una inclinación o buzamiento congénito de 2° 1, exactamente coincidente con la basculación evidenciada

PERFIL N.º	Longitud (metros)	DESNIVEL (metros)	INCLINACIONES en %	en º
I	92	11,0 — 9,5 = 1,5	1,6	1,1
II	170	14,5 — 9,2 = 5,3	3,1	2,0
III	174	13,0 — 7,5 = 5,5	3,2	2,1
IV	120	11,5 — 7,5 = 4,0	3,3	2,2
V	54	11,0 — 8,0 = 3,0	5,6	3,8
VI	68	11,5 — 9,0 = 2,5	3,7	2,5
VII	30	11,0 — 10,0 = 1,0	3,3	2,2
Promedios:	101	11,93 — 8,67 = 3,26	3,2	2,1

individualmente por nuestro perfil número III, que, en consecuencia, puede permitirnos establecer las discrepancias relativas para los demás perfiles:

PERFIL N.º	DISCREPANCIAS RELATIVAS en % de su longitud	en º de inclinación
I	— 1,6	— 1º 1
II	— 0,1	— 0º 1
III	0,0	0º 0
IV	+ 0,1	+ 0º 1
V	+ 2,4	+ 1º 7
VI	+ 0,5	+ 0º 4
VII	+ 0,1	+ 0º 1

evidenciándose que la componente septentrional de la inclinación disminuye progresivamente hacia el extremo occidental de la isla, cuya superficie se acerca progresivamente a la horizontal; no sucede lo mismo en el sector comprendido entre el perfil III y el extremo oriental de la isla, puesto que su inclinación muestra valores absolutos superiores a los inherentes al perfil número III, sin que tales incrementos traduzcan una progresión, cual la del sector occidental, pues reflejan una dispersión parabólica con valores máximos en los parámetros centrales (perfiles números V y VI) cuya explicación sugiere la necesidad de invocar la intervención de movimientos recientes.

A nuestro entender, se trata de una basculación adicional hacia el N., que, precisamente concretada al más angosto segmento insular, se traduce en un incremento de su inclinación congénita. Observable a simple vista desde lo alto del Faro (puede apreciarse en la magnífica fotografía de F. Hernández-Pacheco, representada en la figura 2 de su trabajo (9) precitado) tal basculación también resulta traducida en nuestro mapa por el pequeño y alargado óvalo que, dibujado por la curva de nivel de 12 m. en la Punta del Pajel, jalona el borde elevado (SE.) de aquella pequeña dovela basculada hacia el N.-NW. Los factores determinantes de esta basculación adicional parecen bastante obvios, pues afecta al más angosto segmento insular, que, precisamente, aparece minado por socavones tan profundos que actualmente ya permiten la comunicación subacuática bajo la isla entre las Cuevas Viejas (litoral N.) y la Cueva del Pajel (litoral S.); la debilitación y resquebrajamiento de las bóvedas de esta serie de cuevas debió facilitar aquella basculación, probablemente acaecida en una época muy reciente.

1. *El nivel calizo suprayacente*

Este caparazón presenta espesores comprendidos entre 10 y 60 cm., apareciendo constituido por una caliza muy detrítica, bastante dura y algo oquerosa que, extendida de modo sensiblemente continuo por toda la superficie insular, muestra tonalidades fluctuantes entre un pálido ocre amarillento y un parduzco rosado rojizo. Este banco calizo fue objeto de una importante explotación en la época durante la que fue constituido el Faro y sus dependencias anejas, cuya sillería absorbió gran número de bloques prismáticos tallados en esta caliza; la obra fue efectuada durante el pasado siglo y, sin duda, los bloques de caliza fueron extraídos practicando numerosas y pequeñas excavaciones, que, por cierto, han quedado totalmente ocluidas por la arena limosa que, tapizando los retazos residuales del banco calizo, impiden su observación directa en casi la totalidad de la superficie insular. Fernández Navarro (2) observó *in situ* esta cobertera caliza cerca de la costa oriental de la isla, mientras que nosotros únicamente hemos podido observar un pequeño asomo en la Punta de Poniente, amén de la orla que, ceñida al perímetro insular en la parte alta del acantilado, forma peligrosas cornisas apoyadas sobre el conglomerado basal sustentado por las incompetentes tobas volcánicas profundamente socavadas por ser fáci

pasto de la abrasión marina; por supuesto, también localizamos esta cobertera caliza en el fondo del pozo practicado (profundidad de tres metros).

No ofrece la menor duda el origen marino de esta roca, pese a su acentuada esterilidad paleontológica y la insignificancia de sus afloramientos. Por una parte, así lo revelan los moluscos lamelibranquios (Pectínidos, Cardíidos, etc.) observables en los grandes bloques integrantes de los muros del Faro y, singularmente, en los que forman las almenas de la terraza del SW., cuyas superficies muestran grandes moldes externos de dichos pelecípodos. De otro lado, abunda en el mismo sentido el actualismo, pues, orlando la isla y mostrando una anchura próxima a 40 metros, existe actualmente un depósito calizo a profundidades tan someras que durante las principales bajamares permiten su emersión marina singularmente en el litoral septentrional (véase la pestaña que lo orla en nuestro mapa) y en la zona meridional de la Punta y Cueva de las Lapas donde, por quedar algo más profunda la superficie del banco calizo, resulta más esporádica su emersión, siendo ésta, probablemente, la razón por la que no figura la correspondiente pestaña en los mapas oficiales.

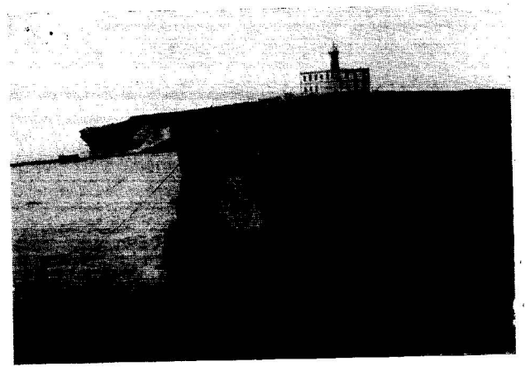


Figura 2.—Litoral meridional de la isla de Alborán, en la parte alta de cuyo acantilado destaca la cornisa esencialmente constituida por sedimentos marinos del Pleistoceno medio superior. En primer término aparece la entrada a la cueva de la Lapas. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

Según esto, el origen de estos someros depósitos calizos debe relacionarse con la extraordinaria actividad y proliferación biótica en aquella zona intercotidal en concomitancia con las propias condiciones térmicas superficiales y, posiblemente, con los fenómenos (exhalaciones moféticas) inherentes a la actividad eruptiva. Por lo demás, el escaso espesor atribuible a los actuales depósitos calizos parece sugerido por el hecho de estar afectados por el sistema de diaclasas que atraviesan el paquete de tobas volcánicas que constituyen la isla de Alborán.

2. *La formación conglomerática infrayacente*

El depósito calizo a que acabamos de referirnos aparece concordantemente apoyado sobre otro nivel marino, asimismo subhorizontal, de naturaleza esencialmente conglomerática, y que aparece encostrado por irregulares venillas calcáreas de espesor comprendido entre 5 y 40 m/m. Se trata de una terraza marina formada a expensas de los cantos proporcionados por las delgadas brechas conglomeráticas interestratificadas entre las tobas volcánicas (4), cual es testificado por el hecho de tratarse de cantos eruptivos porfiroides que subrodados y mostrando diámetros comprendidos entre 1 y 80 cm., aparecen fuertemente encostrados o cementados en este conglomerado cuyo espesor fluctúa entre 10 y 90 cm.; irregulamente distribuida entre los cantos de la terraza se interpone una pulpa psamítica de tonalidad ocreverdosa (indudablemente suministrada por la ablación de las tobas volcánicas), en la que resultaron especialmente preservados los restos orgánicos constitutivos del contenido fosilífero albergado por esta terraza.

Figura 3.—Aspecto del acantilado suroriental de la isla de Alborán mostrando los potentes bancos de las típicas tobas valcánicas entre los que se aprecia la interestratificación de una cuña de brecha conglomerática exclusivamente integrada por rocas eruptivas melanocratas. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

Al igual que el diámetro de los elementos que lo integran, el espesor del conglomerado aumenta progresivamente desde el extremo oriental de la isla hacia su borde occidental, donde, mostrando su máximo desarrollo, fosiliza nítidamente la su-

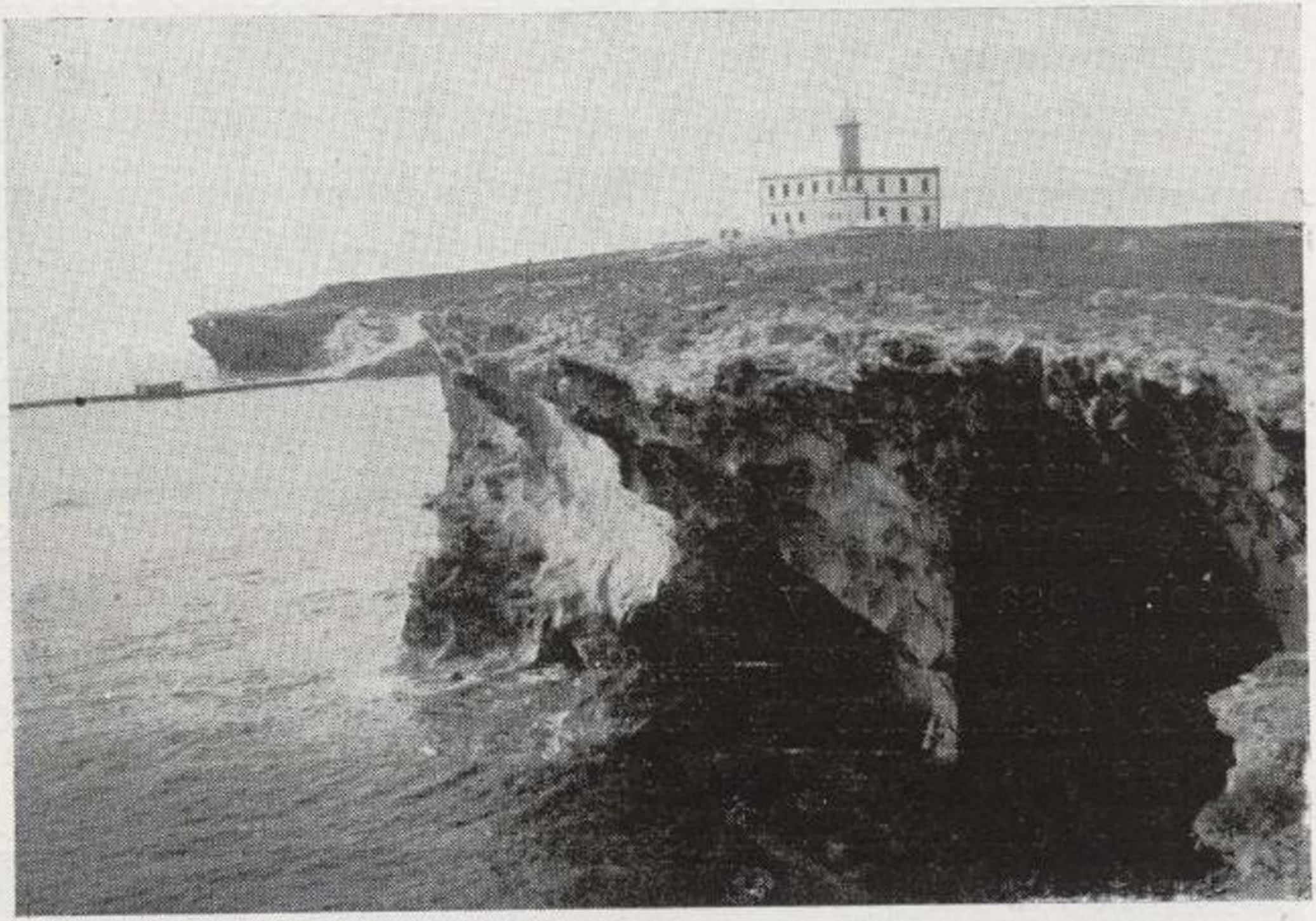


Figura 2.—Litoral meridional de la isla de Alborán, en la parte alta de cuyo acantilado destaca la cornisa esencialmente constituida por sedimentos marinos del Pleistoceno medio superior. En primer término aparece la entrada a la cueva de la Lapas. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

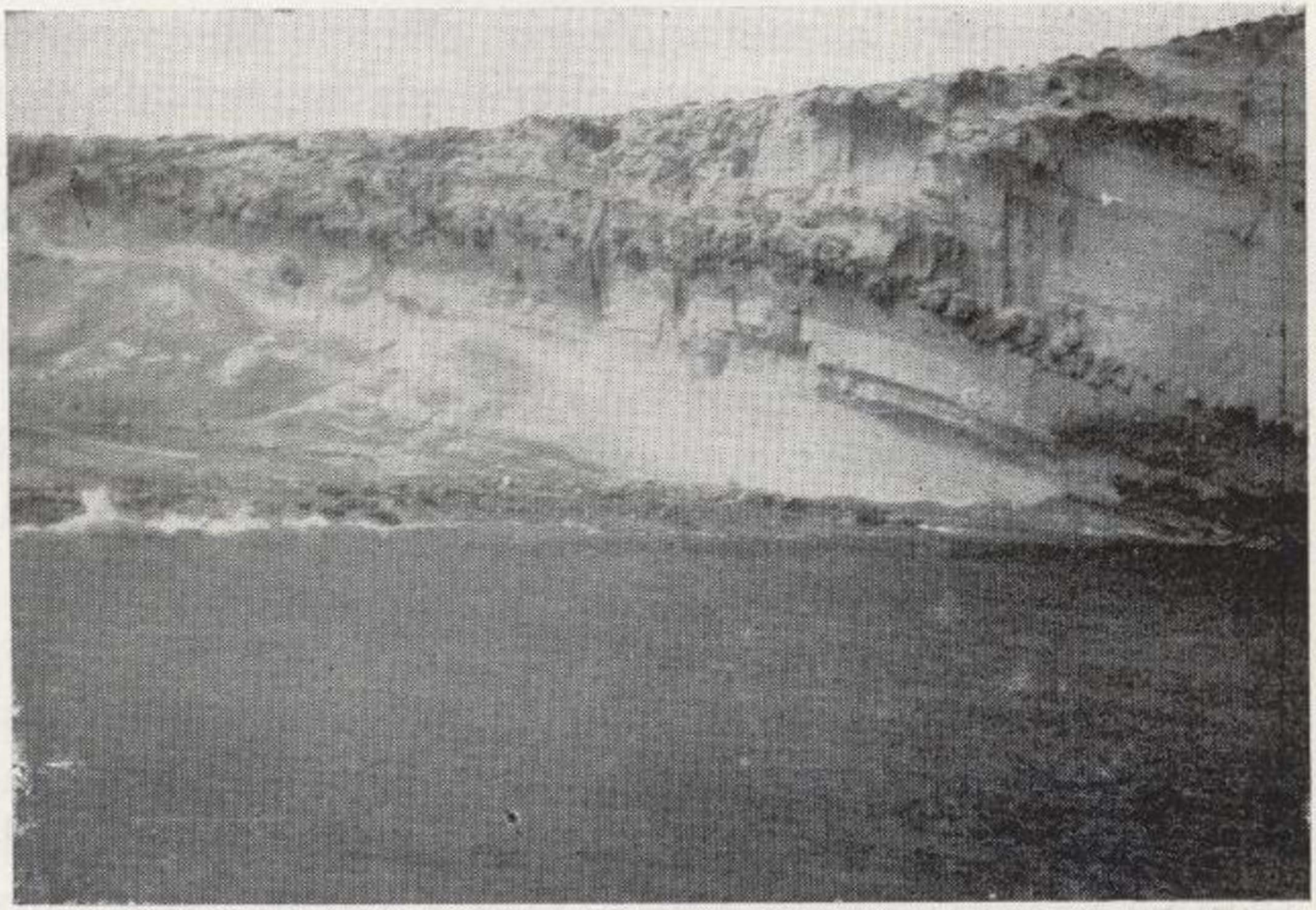


Figura 3.—Aspecto del acantilado suroriental de la isla de Alborán mostrando los potentes bancos de las típicas tobas valcánicas entre los que se aprecia la interestratificación de una cuña de brecha conglomerática exclusivamente integrada por rocas eruptivas melanocratas. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

perficie de abrasión esculpida durante los albores de aquella regresión marina truncando la secuencia eruptiva del yacente, cuyos niveles muestran buzamientos hacia el septentrión, comprendidos entre 7 y 34°.

Figura 4.—Extremo oriental de la isla de Alborán mostrando las rocas basálticas de una de las dos coladas que allí recubren y metamorfizan paleosuelos rudimentarios. En la parte superior derecha aparecen el canal de las Morenas y el islote de las Nubes. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

Tanto en razón de un estudio sistematizado como pensando en la datación de esta formación seguiremos utilizando la metodología clásica (que, como es sabido, se apoya sobre el trípode entrañado por la altimetría, las biofacies y algunos aspectos de las litofacies), pues, en la actualidad, todavía no nos resulta accesible la utilización de los métodos radiactivos para la determinación de la edad absoluta conferible a los restos orgánicos albergados por estos depósitos cuaternarios.

A) *Altitud y litofacies*

La base de la terraza (contacto con la infrayacente superficie de abrasión), queda ubicada a altitudes comprendidas entre 14,5 y 7,5 m., que fueron medidas con un altímetro de precisión; tanto aquella altitud máxima como el espesor máximo de este depósito, corresponden al borde occidental de la isla, y, más concretamente, a la cornisa circundante de la caleta de Poniente, donde arma un importante retazo de esta terraza, que fue magníficamente fotografiado por F. Hernández-Pacheco (9, fig. 3). En el resto del perímetro insular, la base de la terraza aparece a altitudes progresivamente inferiores hacia el extremo oriental, donde queda reducida a 7,5 metros, por lo que, la lógica inclinación congénita mostrada por todas las terrazas y superficies de abrasión marina, resulta nítidamente patentizada en la isla de Alborán, donde aquella pendiente se traduce en un declive extendido desde el borde W.-SW. hasta el extremo E.-NE., por toda la superficie insular.

Por lo que concierne a su litología señalaremos el carácter heterotípico de la terraza de Alborán, tanto en lo que respecta a sus litofacies como en lo que atañe a su secuencia litoestratigráfica.

Todo ello constituye una simple consecuencia del propio carácter insular sumado a la diminuta extensión superficial que, concomitantemente con la gran incompetencia de las tobas volcánicas constitutivas del substrato aflorante, facilitaron su total arrasamiento y sumersión marina durante la transgresión previa al depósito de la terraza, producido cuando no existía tierra emergida alguna en todo aquel bajo fondo. En él había de germinar la futura isla de Alborán al producirse la regresión marina que, por otra parte, fue abandonando paulatinamente sobre aquella superficie los cantos, psamitas y restos orgánicos que integran aquella terraza. En estas condiciones se comprende fácilmente la total imposibilidad de que

Figura 5.—Retazo de terraza marina conservado en el extremo SW. de la isla de Alborán, con su muro levantado a la altitud de 14,5 metros. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

esta playa levantada pudiera resultar ulteriormente recubierta por limos rosados continentales, dunas, etcétera, habitualmente observables sobre las terrazas eutirrenienses ubicadas en los bordes litorales de los bloques permanentemente emergidos a causa de su enhiesta topografía (continentes e islas más importantes).

Antes al contrario, luego de producirse la citada regresión, Alborán se vio afectada por una nueva transgresión, que debió operar una ablación de la terraza con desigual intensidad a través de la superficie insular y permitió la formación del predescrito depósito calizo, que terminó precintando la totalidad de la terraza, exclusivamente conglomerática, cuyas litofacies (grado de consolidación y

Figura 6.—Retazo de la terraza marina de las isla de Alborán, cuyo muro (ubicado a la altitud de 14,5 m.) se apoya claramente discordante sobre las tongadas de tobas volcánicas. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

encostramiento, etc.) parecen sugerir, con las lógicas reservas, una edad encuadrable en la primera mitad del Pleistoceno superior.

B) *Biofacies y cronología*

Acabamos de ver que el problema de la datación de esta terraza resulta limitado a la consideración del factor altimétrico y las biofacies, razón por la cual decidimos dedicar singular interés y gran perseverancia en la recolección de fósiles con miras a la obtención de la máxima garantía posible al respecto. En este sentido, las dificultades y grandes riesgos existentes para la exploración del tenue caparazón conglomerático que, bajo las cornisas culminantes del acantilado periférico, orla la inmensa mayoría del perímetro insular, aconseja dedicar atención preferente al estudio de la terraza en su intersección con los declives menos acentuados de las caletas de Levante y Poniente (ubicadas en el borde SW. de la isla), donde casualmente alcanza su máximo espesor el depósito conglomerático en cuestión. Pero en estos parajes más accesibles, existe la contrapartida de que la terraza experimentó un importante desmantelamiento cuando se decidió utilizar sus cantos para la construcción del Faro y sus anejas dependencias; contrapartida que decidimos neutralizar a base de perseverancia en la búsqueda de los fósiles indispensables.

Estos restos fósiles reflejan haber experimentado un trato y conservación sumamente dispares en la terraza de Alborán; donde la acumulación de cantos eruptivos alcanzó gran densidad (apareciendo actualmente yuxtapuestos o con muy escaso cemento), las conchas expelidas por el oleaje fueron maltratadas hasta quedar reducidas a pequeños fragmentos laminares (conchuela) interpuestos entre los cantos, o constituyendo acúmulos en los mayores intersticios. Contrariamente, donde prepondera la acumulación de las psamitas procedentes de la ablación de las infrayacentes tobas volcánicas, entre los aislados cantos aparecen voluminosos acúmulos de aquellas arenas en cuyo seno quedaron mucho mejor preservadas las conchas —incluso las de grandes tallas pertenecientes a *Triton nodifer* Lmk., etc.—, que aparecen entremezcladas con las pertenecientes a especies de menor porte, entre las que no escasean las de tallas diminutas ni las pertenecientes a individuos juveniles cuya separación de las ingentes cantidades de conchuela resulta súmamente laboriosa.

Entre los restos fósiles recogidos en esta terraza nos ha sido posible identificar las siguientes especies y números de ejemplares:

	Número de ejemplares
VEGETALES.	
ALGAS: *Lithothamnion* sp.	24
ANIMALES.	
CELENTÉREOS: Madreporarios	14
EQUINODERMOS: *Paracentrotus lividus* Lamarck	23
Espatángidos	4
ARTRÓPODOS: CRUSTÁCEOS = *Balanus* sp.	53
Decápodos braquiuros (pinzas)	4
BRIOZOOS: *Membranipora* sp.	13

Figura 4.—Extremo oriental de la isla de Alborán mostrando las rocas basálticas de una de las dos coladas que allí recubren y metamorfizan paleosuelos rudimentarios. En la parte superior derecha aparecen el canal de las Morenas y el islote de las Nubes. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

Figura 5.—Retazo de terraza marina conservado en el extremo SW. de la isla de Alborán, con su muro levantado a la altitud de 14,5 metros. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

Figura 6.—Retazo de la terraza marina de las isla de Alborán, cuyo muro (ubicado a la altitud de 14,5 m.) se apoya claramente discordante sobre las tongadas de tobas volcánicas. Fot. GAIBAR-PUERTAS.

	Número de ejemplares
MOLUSCOS GASTEROPODOS.	
I. PROSOBRANQUIOS MONOTOCARDIOS, Sifonostómidos:	
Familia Cónidos: *Conus mediterraneus* Bruguiere	93
» Buccínidos: *Sipho Jeffreysi* P. Fischer	3
» Nássidos: *Nassa* (*Amycla*) *corniculum* Olivi	3
Nassa reticulata Linné	1
» Columbéllidos: *Columbella rustica* Linné	207
» Murícidos: *Purpura haemastoma* Linné	12
» Tritónidos: *Triton nodifer* Lamarck	2
» Cipréidos: *Cypraea lurida* Linné	1
Cypraea (*Trivia*) *europaea* Montagu	1
» Cerítidos: *Cerithium vulgatum* Bruguiere	28
Cerithium rupestre Risso	10
II. PROSOBRANQUIOS MONOTOCARDIOS, Holostómidos:	
Familia Vermétidos: *Vermetus arenarius* Linné	16
» Scálidos: *Scala* (*Scalaria*) *communis* Lamarck	1
III. PROSOBRANQUIOS HETEROCARDIOS:	
Familia Patélidos: *Patella caerulea* Linné	10
Patella lusitanica Gmelin	8
IV. PROSOBRANQUIOS DIOTOCARDIOS:	
Familia Tróquidos: *Gibbula cineraria* Linné	3
Calliostoma zizyphinum Linné	13
Astralium rugosum Linné (opérculos)	2
» Fisurélidos: *Fissurella italica* Defrance	63
Fissurella reticulata da Costa	37
Fissurella sp.	56

	Número de valvas
MOLUSCOS PELECIPODOS.	
I. MONOMIARIOS:	
Familia Anómidos: *Anomia ephippium* Linné	2
» Ostreidos: *Ostraea* sp.	4
» Límidos: *Lima hians* Gmelin	11
» Espondílidos: *Spondylus gaederopus* Linné	2
» Pectínidos: *Pecten multistriatus* Poli	38
Pecten sp.	1
II. HETEROMIARIOS:	
Familia Mitílidos: *Mytilus edulis* Linné	79
Mytilus minima Poli	10
Mytilus sp.	3
Modiola barbata Linné	2
» Avicúlidos: *Avicula hirundo* Linné	4
III. HOMOMIARIOS Sinupaleales:	
Familia Myidos: *Mya arenaria* Linné	6
» Donácidos: *Donax variegatus* Gmelin	1 ejemplar + 23
Donax semistriatus Linné	1 ejemplar + 2
» Petricólidos: *Petricola lithophaga* Retzius	2
» Venéridos: *Venus casina* Linné	3
Tapes decussatus Linné	1 ejemplar + 4
Tapes sp.	1
Venerupis irus Lamarck	13

	Número de valvas
IV. HOMOMIARIOS Integripaleales:	
Familia Chámidos: *Chama gryphina* Lamarck	4
» Cardítidos: *Cardita calyculata* Linné	1
Venericardia sp.	1
» Lucínidos: *Lucina divaricata* Linné	1
Lucina (*Jagonia*) *reticulata* Poli	146
Lucina (*Loripes*) *lactea* Linné	2
» Arcidos: *Arca Noae* Linné	6
Arca lactea Linné	1

VERTEBRADOS.	Número de ejemplares
Peces (vértebras)	1
Mamíferos (fragmentos de huesos)	2

La precedente relación puede ser resumida del modo siguiente:

GRUPO TAXONOMICO			Número de ejemplares
Vegetales (algas)			24
Celentéreos			14
Equinodermos			27
Artrópodos			57
Briozoos			13
Moluscos	Gasterópodos	570	832
	Pelecípodos	262	
Vertebrados			8
Número total de ejemplares fósiles recogidos			970

donde el número de ejemplares de Pelecípodos ha sido estimado cual equivalente al 70 por 100 del número total de valvas fósiles colectadas.

Por representar el 86 por 100 del número total de fósiles recogidos, los moluscos merecen una especial consideración, que podemos iniciar sumarizando el número de familias, especies y ejemplares encuadrados en cada uno de los principales grupos.

			Familias	Especies	Ejemplares
GASTERÓPODOS (Prosobranquios)	MONOTOCARDIOS	Sifonostómidos	8	13	361
		Holostómidos	2	2	17
	HETEROCARDIOS		1	2	18
	DIOTOCARDIOS		2	3	174
PELECÍPODOS	MONOMIARIOS		5	6	41
	HETEROMIARIOS		2	4	67
	HOMOMIARIOS	Sinupaleales	4	8	41
		Integripaleales	4	8	113
Resumen parcial		GASTERÓPODOS	13	20	570
		PELECÍPODOS	15	26	262
Totales globales para moluscos			28	46	832

De este modo se evidencia que, no obstante implicar menos de la mitad de ejemplares (31,5 por 100 del total), tanto el número de familias como el de especies integradas en los Pelecípodos resultan netamente superiores a los de los Gasterópodos, delatando una mayor diversidad de formas. También puede observarse que 648 individuos (78 por 100 de los moluscos fósiles recogidos), se encuadran en tres grupos netamente preponderantes: Monotocardios sifonostómidos, Diotocardios y Homomiarios integripaleales.

Cual ha podido advertirse, en el importante lote de moluscos fósiles colectados no figura ni un sólo ejemplar o fragmento imputable a alguna de las especies que, totalmente extinguidas o netamente regresivas en el actual Mediterráneo, integran la pléyade de la «fauna cálida» cortejante del género *Strombus*. Ciertamente que, tanto en el litoral de Alicante como en los todavía más vecinos de Almería, Málaga y Marruecos, hemos podido verificar que, mientras en unos lugares las terrazas son extraordinariamente ricas en aquella «fauna cálida», estas especies desaparecen totalmente en parajes relativamente próximos a aquellos dentro de una misma terraza o playa levantada; el hecho resulta lógico a la luz del actualismo recordando las específicas apetencias de determinados «habitats», y la rapidez con que frecuentemente se producen modificaciones espaciales o variaciones laterales de las condiciones ambientales, hechos que, sin embargo, no parecen poder ser invocados en el concreto caso de Alborán a la luz de las razones que exponemos seguidamente.

Sabemos que la dispersión geográfica de los moluscos acaece en su estado larvario, durante el que, flotando cual plancton, son transportados por las corrientes oceánicas superficiales; pese a cuanto ha sido supuesto y afirmado en la literatura, la autolocomoción de los gasterópodos adultos por los fondos marinos dista considerablemente de poder condicionar su dispersión geográfica. De otro lado, es bien conocido el hecho de que las aguas atlánticas penetran en el Mediterráneo por el Estrecho de Gibraltar, constituyendo corrientes superficiales testificadas por los hileros cuya incidencia en la isla de Alborán hemos observado personalmente. Por último, es indudable que las especies de moluscos integrantes de la llamada «fauna cálida», procedieron del Altántico meridional; transportadas por las corientes superficiales, sus larvas irrumpieron a través del Estrecho de Gibraltar, en el Mediterráneo, donde aquellas especies se desarrollaron y proliferaron a la sazón merced al óptimo vital que les brindaba la mayor temperatura de sus aguas someras. Consecuentemente, no parece posible justificar la total ausencia de aquella «fauna cálida» en la terraza de la isla de Alborán, por lo que es preciso admitir que este depósito acaeció durante una época en la que la temperatura de las aguas mediteráneas era un tanto deficitaria para resultar propicia al desarrollo de la fauna en cuestión.

Tanto el aspecto como el grado de cementación y encostramiento mostrados por los elementos integrantes de la terraza de Alborán, resultan compatibles con su datación en el Pleistoceno superior, cuyo tramo central (Tirreniense II, Eutirreniense o Tirreniense principal), parece claramente descartable en razón de la mencionada ausencia de *Strombus* y su cortejo de «fauna cálida»; otro tanto podemos decir respecto al tramo más alto o reciente de aquel período, durante el que sabemos subsistió una buena parte de aquella fauna característica, alguna de cuyas especies han perdurado, a título relicto, hasta nuestros días en las propias aguas que bañan la isla de Alborán, donde tenemos completa certidumbre de que, cuando menos, prosigue viviendo la *Patella ferruginea* Gmelin.

Consecuentemente, los dos puntos de apoyo disponibles para el establecimiento de la edad conferible a la terraza de Alborán: paleontológico (presencia de «fauna banal» exclusivamente) y altimétrico (altitud máxima de la terraza comprendida entre 14,5 y 15,3 m.), parecen convergentes en el sentido de indicar una edad pre-Eutirreniense que, perfectamente soportada por el grado de cementación y encostramiento presentados por la terraza, debemos estimar comprendida entre los períodos Milazziense y Paleotirreniense. En el alicantino Cabo de Santa Pola, creemos haber identificado una terraza milazziense (3), cuyo muro alcanza altitudes que, comprendidas entre 31 y 48 metros, parecen rebasar excesivamente la máxima (15,3 m.) alcanzada en la isla de Alborán, lo que parece dificultar el entroncamiento de esta última en el Milazziense, si bien no excluye esta posibilidad, habida cuenta de los fenómenos isostáticos cuya amplitud parece previsible cual lógicamente superior en el mar de Alborán, teniendo presente su encuadramiento tectónico regional. Si se descarta esta posibilidad, el factor altimétrico hace más homologable la asimilación de la terraza de Alborán a los niveles descritos por Gigout, Solé Sabarís y N. Solé (7), al N. de Alicante, en la almeriense localidad de Villaricos y, aunque más mediocres, en Torre de Gainos, que, cual la terraza de Alborán, se caracterizan por la total ausencia de «fauna cálida», entre su contenido fósil.

En suma, no parecen atisbarse especiales dificultades oponibles a la consideración de que la terraza de la isla de Alborán sea coetánea de las que, mostrando análogas altitudes y biofacies, aparecen desparramadas a lo largo de los litorales de

Córcega, Menorca (con reservas), SW. de Palma de Mallorca, Ibiza (perfectamente desarrollada), Norte de Alicante, Villaricos (Almería) y Gibraltar, así como con la rasa marina que, ubicada a la altitud de + 16 m., se identifica con la máxima culminación de la isla de Nueva Tabarca (SE. de Alicante). Todas estas terrazas han sido referidas al Paleotirreniense que, como es sabido, corresponde al penúltimo interglaciar (Mindel a Riss), durante el que acaeció la formidable «regresión romana» y se depositaron los sedimentos continentales con *Elephas antiquus* que, asociado a otros numerosos mamíferos, fue descubierto por Ramsay y Geikie (10) (11), en las cavernas gibraltareñas contemporáneas de la terraza marina en aquel peñón ubicada a la altitud de 23 m.

C) *Sugerencias palcoecológicas*

Dada la importancia del lote de moluscos fósiles recogidos en la terraza de Alborán parece merecer bastante garantía cuanto pueden sugerirnos sobre los rasgos paleoecológicos imputables a aquel tan singular jalón mediterráneo. Pero, antes de concretarnos a este problema, creemos conveniente llamar la atención sobre el hecho de que, aun resultando estimable en unos 125.000 años la edad absoluta de los moluscos fósiles contenidos por la terraza de Alborán, no escasean los ejemplares que presentan perfectamente conservadas las películas internas de nácar e, incluso, los pigmentos externos de sus conchas (particularmente, los intensamente violáceos de los Mitílidos, etc.). Este hecho ya nos había llamado la atención en moluscos fósiles mucho más antiguos —Pleistoceno inferior a Plioceno— de las formaciones sedimentarias que orlan el litoral malagueño occidental y debe alertar a los especialistas en el sentido de que, cual la propia integridad física mostrada por las conchas, el grado de conservación del nácar y los pigmentos no deben ser utilizados a la hora de conjeturar sobre la edad de tales formaciones. Desconocemos los factores condicionantes de tal resistencia a la destrucción del nácar y los pigmentos, aunque debemos señalar que tal hecho lo hemos observado, invariablemente, cuando los sedimentos que contienen tales fósiles arman sobre un yacente impermeable (peridotitas alteradas de San Pedro de Alcántara, tobas volcánicas muy arcillosas de Alborán, etc.), lo que acaso pueda sugerir un influjo del grado de humedad retenido por aquellos sedimentos.

Entrando en las consideraciones paleoecológicas, comenzaremos señalando que la gran abundancia de gasterópodos parece sugerir un «habitat» en rocas con interposiciones fangoarenosas y, de hecho, así lo confirman los 283 ejemplares (34 por 100 del total) correspondientes a especies que viven adheridas a las rocas: Múricidos, Patéllidos, Fisuréllidos, Espondílidos, Mitílidos y Chámidos, abundando en idéntico sentido el gran número de ejemplares de *Balanus*. El hecho de que los Arcidos estén representados por tan sólo 7 ejemplares evidencia nítidamente que las rocas constituían bloques aislados, pero no bancos en cuyas fisuras habrían proliferado mucho más exhuberantemente.

De otro lado, el conjunto de moluscos fósiles recogidos delata un habitat en aguas someras puesto que 473 individuos (equivalentes al 57 por 100 del total recogido) corresponden a los géneros *Conus*, *Columbella*, *Cerithium* y *Lucina;* el carácter litoral del habitat resulta subrayado por el hecho de que 356 ejemplares (equivalentes al 42,8 por 100 del total) pertenecen a los géneros *Conus*, *Columbella*, *Cerithium* y *Patella*.

Resulta altamente sugestiva la abundancia de individuos pertenecientes al género *Lucina* (149 ejemplares, equivalentes al 17,9 por 100 del total), pues caracterizado por la gran labilidad de sus valvas, se ve obligado a habitar aguas súmamente tranquilas (ensenadas, lagunas litorales, etc.), obviamente incompatibles con la traza actualmente mostrada por el litoral de la isla de Alborán y, por supuesto, con el régimen hidrodinámico inherente a sus aguas superficiales desde el momento en que se operó la apertura del Estrecho de Gibraltar. Si, cual parece probable, tal apertura precedió al periodo eruptivo de Alborán, esta isla muy bien pudo prolongarse hacia el W.-SW., mostrando una profunda ensenada posiblemente jalonada por la actual Caleta de Poniente, en la parte alta de cuya concavidad recogimos la inmensa mayoría de los fósiles, tanto en razón de una mayor comodidad, como por el hecho de ser precisamente aquél el sector donde la terraza alberga su máxima concentración fosilífera; esta sugerencia paleogeográfica justificaría el hecho de que alrededor del 50 por 100 de los fósiles recogidos correspondan a individuos muy jóvenes, juzgando por los tamaños y suma fragilidad de sus caparazones que, en algunos pequeños y lábiles bivalvos (*Donax variegatus* Gmelin; *Donax semistriatus*, Linné y *Tapes decussatus* Linné), fueron recogidos cerrados y sin mostrar el más mínimo deterioro.

D) *Biotelecorrelaciones espaciales y temporales*

Hemos visto que, claramente pre-eutirreniense, la edad de la terraza de la isla de Alborán parece sugerir una época milazziense-paleotirreniense juzgando por su contenido malacológico más bien que

por su actual altimetría un tanto deficitaria al respecto; sumados a su carácter insular y gran distanciamiento respecto a las líneas de costa más inmediatas, aquellos hechos parecen aconsejar apuntalar al máximo aquella edad sugerida y, en este sentido, parece obvia la posible aportación de las telecorrelaciones basadas en el confrontamiento entre el contenido malacológico desentrañado en la terraza de Alborán y los lotes de moluscos proporcionados por otras playas levantadas lo menos distanciadas posible en el espacio y en el tiempo.

Naturalmente que parece lógico iniciar las comparaciones entre depósitos aparentemente coetáneos y, en este sentido, comenzaremos por la mencionada terraza del Cabo de Santa Pola que, ubicada a altitudes comprendidas entre 35 y 48 metros, constituye una preciosa, potente y estensa lumaquela exclusivamente integrada por «fauna banal», que hemos referido al Milazziense (3), no obstante la notable ausencia del más mínimo vestigio de Paleotirreniense en aquel litoral alicantino, donde también aparece perfectamente desarrollado y caracterizado el Tirreniense principal (T-II). Dado que tanto el Milazziense como el Paleotirreniense únicamente contienen «fauna banal», aquella discriminación resulta esencialmente fundada sobre el criterio altimétrico, por lo que, pensando en las lógicas variaciones que caracterizan el valor absoluto y signo de los gradientes isostáticos, parece innegable la posibilidad de que la precitada terraza del Cabo de Santa Pola pueda ser coetánea de la que en la isla de Alborán aparece ubicada a la altitud máxima de 15,3 m.

El contenido malacológico fósil no parece demasiado idóneo para aportar alguna confirmación sobre tal posibilidad, pues, las singulares circunstancias ecológicas imperantes a la sazón en el Cabo de Santa Pola determinaron que la lumaquela aparezca integrada por más de un 83 por 100 de individuos correspondientes al género *Pectunculus* y más de un 9 por 100 de ejemplares pertenecientes al género *Mactra;* gracias a una especial y reiterada perseverancia en la exploración paleontológica de esta lumaquela pudimos desentrañar las especies de moluscos que, marginales a aquellos dos géneros, representan cerca del 8 por 100 de su contenido malacológico; esta circunstancia se traduce en una importante basculación hacia los pelicípodos del porcentaje malacológico que, en la isla de Alborán, resulta netamente inclinado a favor de los gasterópodos.

Es notable que la comparación entre ambos lotes de moluscos fósiles evidencie una máxima correspondencia entre las familias de gasterópodos representadas en una y otra terrazas, pues tanto en Alborán como en Santa Pola aparecen individuos pertenecientes a los Cónidos, Murícidos, Cipreidos, Cerítidos, Patélidos, Tróquidos y Fisurélidos; de otra parte, en Santa Pola se advierte la ausencia de ejemplares correspondientes a las familias de los Buccínidos, Nássidos, Columbéllidos, Tritónidos, Vermétidos y Scálidos perfectamente representados en la terraza de Alborán, que, como contrapartida, no nos proporcionó ejemplar alguno de Marginélidos, Risoidos y Turbínidos, representados en la terraza de Santa Pola. Por lo que respecta a los Pelecípodos, únicamente parecen representadas en ambas localidades las familias de los Venéridos, Chámidos, Lucínidos y Arcidos, resultando un tanto sorprendente que, no obstante el gran predominio de su contenido en pelecípodos, la terraza de Santa Pola no nos haya proporcionado ejemplar alguno correspondiente a las familias de los Anómidos, Ostréidos, Límidos, Espondílidos, Pectínidos, Mitílidos, Avicúlidos, Myidos, Donácidos, Petricólidos y Cardítidos, perfectamente representadas en la terraza de Alborán, no obstante entrañar un porcentaje mucho más elevado para su contenido en gasterópodos; muy ligera es la contrapartida representada por el hecho de que la terraza de Santa Pola nos haya proporcionado ejemplares correspondientes a dos familias (Máctridos y Cardíidos) de las que no encontramos representante alguno en la terraza de Alborán.

Dentro de cada uno de los principales grupos de gasterópodos y pelecípodos, tanto el número de familias y especies como el de los correspondientes números de ejemplares proporcionados por las terrazas de Santa Pola (S. P.) y Alborán (A.), pueden resumirse en el cuadro incluido en la página siguiente.

Recíprocamente comparable, la importancia de ambos lotes viene a subrayar la indudable significación ecológica entrañada por su gran discrepancia numérica en torno a la predominancia de Pelecípodos o Gasterópodos; la obvia necesidad de fondos netamente fangoarenosos invocada por el 96 por 100 entrañado por los Pelecípodos en los aledaños del Cabo de Santa Pola, dista considerablemente de poderse avenir con el 69 por 100 correspondiente a los Gasterópodos de la isla de Alborán, para cuyos aledaños sugieren la existencia de abundante canturral. Amén de dificultar considerablemente cualquier ensayo de biotelecorrelación, esta heterogeneidad ecológica nos alerta sobre la posibilidad de que también puede incrementar las dificultades propias de cualquier ensayo comparativo entre la fauna malacológica fósil de Alborán y la proporcionada por depósitos que, a su distanciamiento espacial, adscriban una coetaneidad mucho más incierta cual, por ejemplo, la de los numerosos retazos de terrazas tirrenienses que, a altitudes normalmente comprendidas entre 2 y 4

			Familias		Especies		Ejemplares	
			SP.	A.	SP.	A.	SP.	A.
Gasterópodos (Prosobranquios)	Monotocardios	Sifonostómidos..	5	8	7	13	10	361
		Holostómidos	1	2	4	2	11	17
	Heterocardios		1	1	1	2	1	18
	Diotocardios		3	2	3	3	8	174
Pelecípodos	Monomiarios		0	5	0	6	0	41
	Heteromiarios		0	2	0	4	0	67
	Homomiarios	Sinupaleales...	2	4	2	8	74	41
		Integripaleales	4	4	8	8	643	113
Resumen parcial...		Gasterópodos...	10	13	15	20	30	570
		Pelecípodos	6	15	10	26	717	262
Totales globales para moluscos			16	28	25	46	747	832

metros, aparecen esparcidas orlando el litoral del SE. peninsular.

A mero título de ensayo, en este sentido podemos confrontar la fauna malacológica de Alborán con la de los numerosos e importantes lotes que hemos recogido en aquellos retazos típicamente eutirrenienses. Lógicamente, todos estos retazos nos proporcionaron abundantes ejemplares de diversas especies características de la pléyade integrada en la extinguida «fauna cálida», contrastando con la terraza de Alborán, que nos ha proporcionado exclusivamente ejemplares de la inexpresiva «fauna banal». Al margen de esta diferencia fundamental, anotaremos que el Tirreniense peninsular nos proporcionó ejemplares representantes de las familias de los Pleurotómidos, Marginélidos, Mítridos, Cásidos, Litorínidos, Truncatélidos, Natícidos, Turbínidos, Haliótidos, Tillínidos y Cardíidos que, por el contrario, parecen totalmente ausentes en la terraza de la isla de Alborán; y, descendiendo hasta los géneros, también resulta sorprendente que en la terraza de Alborán se advierta una ausencia total de los *Trochocochlea, Cardium* y *Pectunculus,* así como extraordinaria escasez de ejemplares pertenecientes a los *Spondylus, Cardita* y *Arca,* tan abundantemente representados en el Tirreniense de los vecinos litorales peninsulares de Alicante, Almería y Málaga.

Acabamos de ver que, con miras a asegurar la edad conferible a la terraza de Alborán, resultan excesivamente menguadas las aportaciones colegibles de sus biotelecorrelaciones respecto a las playas levantadas en el alicantino Cabo de Santa Pola. Efectivamente, en el supuesto de coetáneos depósitos milazzienses la aportación de la telecorrelación espacial resulta muy capitidisminuida a causa de la excesiva disparidad existente entre ambas biofacies, de resultas de las notables discrepancias entre la naturaleza que, a la sazón, mostraban los fondos marinos en los litorales aledaños del Cabo de Santa Pola e isla de Alborán; en el caso del Tirreniense peninsular, a aquella dificultad se adscriben las propias de un importante desfase cronológico traducido en sendas variaciones térmicas, asimismo incidentes en el habitat previsible para uno y otro sectores.

Ensayemos ahora las correlaciones —exclusivamente temporales— sugeridas por la comparación entre los fósiles contenidos en la terraza de la isla de Alborán y la fauna actualmente viviente en sus aledaños más inmediatos, de la que recolectamos el siguiente lote:

	Número de ejemplares
VEGETALES.	
Algas: *Lithothamnion* sp	152
ANIMALES.	
Espongiarios (Córneo-silicicas, Monaxonas, Hadrómeras):	
Suberites carnosus Johnst	2
Celentéreos:	
Hidromedusas, Hidrarios, Caliptoblásticos	11

	Número de ejemplares
Madreporarios: *Caryophylia clavus* Scop	9
Cladocora cespitosa L. Ehrenberg	1
EQUINODERMOS: *Paracentrotus*, Mortimer (= *Strongylocentrotus* Brandt = *Toxopneustes* Agassiz) *lividus* Lamk	25
CRUSTÁCEOS:	
Isópodos: *Armadillidium vulgare* Latr.	1
Balanus sp.	2
Decápodos braquiuros (pinzas)	7
BRIOZOOS: *Membranipora* sp.	4
MOLUSCOS ANFINEUROS: *Acanthochites fascicularis* Linné	1
MOLUSCOS GASTERÓPODOS:	
I. PROSOBRANQUIOS MONOTOCARDIOS, Sifonostómidos:	
Familia Cónidos: *Conus mediterraneus* Bruguiere	294
» Pleurotómidos: *Donovania minima* Montagu	7
Mangilia Companyoi B. D. y D.	1
» Marginélidos: *Marginella Philippi* Montr.	1
Marginella clandestina Brocchi	1
» Mitridos: *Mitrolumna clivoidea* Cantraine	3
Mitra tricolor Gmelin	2
» *corniculu* Linné (= *M. lutescens* Lamarck)	11
» *zonata* Marryat	1
» Buccínidos: *Euthria cornea* Linné	2
Pisania maculosa Lamarck	1
» Nássidos: *Nassa pygmaea* Lamarck	3
Nassa reticulata Linné	4
» (*Amycla*) *corniculum* Olivi	3
» *mutabilis* Linné	1
» Columbelidos: *Columbella Gerveillei* Payraudeau	2
Columbella scripta Linné	4
» *rustica* Linné	163
» Murícidos: *Purpura haemastoma* Linné	47
Ocinebra corallina Scacchi (*O. aciculata* Lk.)	2
Murex Blainvillei Payraudeau	6
» Tritónidos: *Triton nodifer* Lamarck	33
» Cipreidos: *Cypraea spurca* Linné	1
Cypraea lurida Linné	3
» Cerítidos: *Triforis perversa* Linné	8
Bittium lacteum Phil.	27
» *reticulatum* da Costa (*scabrum* Olivi)	25
Cerithiopsis minima Brusina	3
Cerithium rupestre Risso	45
» *vulgatum* Bruguiere	5
II. PROSOBRANQUIOS MONOTOCARDIOS, Holostómidos:	
Familia Vermétidos: *Vermetus arenarius* Linné (= *V. gigas* Bivona).	25
Vermetus glomeratus Linné (= *V. subcancellatus* Bivona).	7
» *cristatus* Biondi	1
» *triqueter* Bivona	1
» sp. (encostrados por caliza)	31
» Litorínidos. *Littorina saxatilis* Olivi	6
Littorina saxatilis var *rudis* Maton	1
» *neritoides* Linné	13

	Número de ejemplares
» Risoidos: *Rissoa fulgida* J. Adams	1
Rissoa glabrata Mühlfeldt	4
» *cimex* Linné	7
» *lineata* Risso	1
» *carinata* da Costa	3
» » var. *ecarinata* Monts	2
» *Guerini* Recluz.	6
» *auriscalpium* Linné	1
Barleeia rubra Adams	74
» Truncatélidos: *Truncatella laevigata* Risso	1
» Capúlidos: *Calyptraea chinensis* Linné	1
» *Scala* (*Scalaria*) *communis* Lamarck	1
Scala commutata Monterosato	5
» Piramidélidos: *Odostomia turbollinoides* Brusina	1
Odostomia (*Pyrgulina*) *interstincta* Montagu	1
» *doliolum* Phil.	4
III. PROSOBRANQUIOS HETEROCARDIOS:	
Familia Patélidos: *Helcion pellucidus* Linné	2
Patella ferruginea Gmelin	14
» » var. *stellata* Pallary	5
» *vulgata* Linné	12
» *athletica* Bean	28
» *caerulea* Linné	12
» *lusitanica* Gmelin	21
Acmaea cf. *virginea* Müll.	6
IV. PROSOBRANQUIOS DIOTOCARDIOS:	
Familia Nerítidos: *Neritina* sp.	2
» Turbínidos: *Astralium rugosum* Linné	3
Turbo sangineus Linné	1
Phasianella pullus Linné	36
» Tróquidos: *Calliostoma striatum* Linné	5
Calliostoma exasperatum Penn.	1
» *zizyphinum* Linné	17
Gibbula tumida Mont.	1
» *umbilicalis* da Costa (*G. obliquata* Gmelin)	4
» *varia* Linné	5
» *Richardi* Payraudeau.	1
Trochocochlea articulata Lamarck	6
» *turbinata* Born	27
» Haliótidos: *Haliotis lamellosa* Lamarck	5
» Fisurélidos: *Fisurella italica* Defrance	25
Fisurella reticulata da Costa	14
Emarginula rosea Bell.	3
MOLUSCOS PELECIPODOS.	
I. MONOMIARIOS:	
Familia Anómidos: *Anomia ephippium* Linné	82
» Ostreidos: *Ostrea* sp.	1
» Límidos: *Lima inflata* Chemn.	1
Lima squamosa Lamk. (= *Radula lima* Linné)	1
» Spondílidos: *Spondylus gaederopus* Linné	4
» Pectínidos: *Pecten* aff. *opercularis* Linné	1
Pecten multistriatus Poli	1

	Número de ejemplares
II. HETEROMIARIOS:	
Familia Mitílidos: *Lithodomus lithophagus* Linné	1
Mytilus edulis Linné	1
Modiolaria marmorata Forbes	1
» *discors* Linné	1
Modiola barbata Linné	3
» Avicúlidos: *Pinna nobilis* Linné	1
III. HOMOMIARIOS Sinupaleales:	
Familia Gastrochénidos: *Gastrochaena dubia* Penn (*G. modiolina* Lamarck)	1
» Tellínidos: *Tellina tenuis* Linné	1
Gastrana fragilis Linné	1
» Venéridos: *Venerupis irus* Lamarck	10
Tapes rhomboideus Penn	6
» *texturatus* Lamarck	1
» *aureus* Gmelin	14
» *decussatus* Linné	1
Venus casina Linné	7
Cytherea (*Meretrix*) *chione* Lamk.	2
IV. HOMOMIARIOS Integripaleales:	
Familia Chámidos: *Chama gryphina* Lamarck	1
Chama gryphoides Linné	9
» Cardítidos: *Cardita trapezia* Linné	9
Cardita calyculata Linné	52
» Lucínidos: *Lucina* (*Loripes*) *lactea* Linné	1
Lucina divaricata Linné	1
» Arcidos: *Pectunculus violacescens* Lamarck	3
Arca Noae Linné	14
» *barbata* Linné	2
» *lactea* Linné	1
VERTEBRADOS.	
Peces (vértebras)	8
Mamíferos (fragmentos de huesos)	11

Resumiendo la precedente relación, cual hicimos con la relativa a los ejemplares fósiles proporcionados por la terraza de Alborán, podemos establecer el siguiente cuadro, que permite una comparación directa entre la números de ejemplares pr porcionados por la terraza y la actual playa de borán para cada uno de los principales grupos t xonómicos:

GRUPOS TAXONOMICOS	NUMERO TOTAL DE EJEMPLARES	
	Fósiles	Actuales
Vegetales (algas)	24	152
Espongiarios	—	2
Celentéreos	14	21
Equinodermos	27	25
Artrópodos	57	10
Briozoos	13	4
Moluscos: Anfineuros	—	1
Moluscos: Gasterópodos	570	1.163
Moluscos: Pelecípodos	262	236
Moluscos: total	832	1.400
Vertebrados	3	19
Número total de ejemplares recogidos	970	1.633

Con objeto de facilitar las comparaciones numéricas entre los individuos encuadrados en cada uno de los grupos taxonómicos, tanto en la relación como en el cuadro precedentes, han sido directamente figurados los números de ejemplares correspondientes a los pelecípodos que, cual hicimos precedentemente en el caso de los bivalvos fósiles proporcionados por la terraza de Alborán, hemos considerado equivalentes al 70 por 100 del número total de valvas colectadas para cada una de las especies.

Lo mismo que evidenciaban los fósiles suministrados por la terraza, en la playa actual de la isla la Alborán el número de ejemplares de moluscos predomina considerablemente sobre el total de individuos pertenecientes al conjunto de los restantes grupos taxonómicos; se da la curiosa coincidencia de que, respecto al número total de ejemplares colectados (970 en la terraza y 1.633 en la playa actual), los respectivos números de moluscos (832 en la terraza y 1.400 en la playa actual), representan exactamente el mismo porcentaje relativo: 85,7 por 100.

Tanto en razón de esta gran predominancia inherente a los moluscos como por el hecho de entrañar una significación ecológica más patente, parece oportuno dedicar a la fauna malacológica alguna preferente atención que podemos iniciar sumarizando los números de familias, especies e individuos implicados en cada uno de los principales grupos:

			Familias	Especies	Ejemplares
Gasterópodos (Prosobranquios)	Monotocardios	Sifonostómidos	11	30	709
		Holostómidos	7	23	198
	Heterocardios		1	8	100
	Diotocardios		5	17	156
Pelecípodos	Monomiarios		5	7	91
	Heteromiarios		2	6	8
	Homomiarios	Sinupaleales	3	10	44
		Integripaleales	4	10	93
Resumen parcial		Gasterópodos	24	78	1.163
		Pelecípodoe	14	33	236
Totales globales para moluscos			38	111	1.399

En el parágrafo III-2-B hemos incluido un resumen semejante relativo a los moluscos fósiles de la terraza de la isla de Alborán, que forman un total de 832 ejemplares y, por tanto, considerablemente superior al de los 1.399 recogidos en la playa actual, que vienen a representar el 170 por 100. Cual podía esperarse, el azar no traduce idéntica repercusión cuantitativa en los números de especies y familias (46 y 28, respectivamente) de los moluscos representados en la terraza, cuyo 170 por 100 supondría la presencia de 78 especies y 48 familias en el lote recogido en la playa actual que, según terminamos de resumir, ha proporcionado 111 especies y 38 familias de moluscos; estas desproporciones dificultan su comparación recíproca y, por ende, la observación de sus correlaciones y de la posible evolución experimentada por aquel habitat entre la época durante la que se depositó la terraza de Alborán y nuestros días.

El interés al respecto nos ha sugerido la idea de calcular indepedientemente para uno y otro lotes los porcentajes que —respecto a sus números totales de familias, especies e individuos— corresponden a cada grupo de moluscos. De esta guisa, serán revertidos a valores recíprocamente comparables y, consecuentemente, el confrontamiento entre los porcentajes relativos a los números de familias, especies y ejemplares fósiles (terraza) y actuales, deben permitirnos colegir la evolución experimentada por la preponderancia relativa inherente a cada grupo de moluscos que, obviamente, puede reflejar interesantes biotelecorrelaciones de orden estrictamente cronológico o temporal. En efecto, se refieren a restos orgánicos exclusivamente procedentes de la diminuta isla de Alborán, donde la totalidad de los moluscos actuales fueron recogidos en las playas de sus caletas de Levante y Poniente, entre las que únicamente se interponen unos 100 metros de la antigua superficie de abrasión tapizada por el mejor conservado, más elevado, potente y fosilífero retazo, de la terraza marina, en el que, precisamente, fue colectada la inmensa mayoría de los fósiles estudiados. Por tanto, puede afirmarse con toda propiedad que uno y otro lotes de moluscos fueron recogidos en yacimientos ubicados en una misma vertical, en la que resultan separados por una diferencia de altitud próxima a los 15 metros; totalmente descartada la posibilidad de enojosas variaciones laterales, las circunstancias concurrentes

entrañan una óptima oportunidad de evidenciar la evolución cronológica experimentada por las biofacies que, de rechazo, puede brindarnos ideas acerca de las variaciones operadas en los factores ecológicos determinantes del habitat en el borde W.-SW. de la isla de Alborán.

En este orden de ideas vamos a resumir, para cada uno de los principales grupos de moluscos, los porcentajes inherentes a los números de familias, especies e individuos enmarcados en cada uno de dichos grupos, según evidencian los lotes de fauna malacológica proporcionados por la terraza (Ter.) y la playa actual (Act.) de la isla de Alborán:

P O R C E N T A J E S

			Familias		Especies		Ejemplares	
			Ter.	Act.	Ter.	Act.	Ter.	Act.
Gasterópodos (Prosobranquios)	Monotocardios	Sifonostómidos..	29	29	28	27	43	51
		Holostómidos	7	18	4	21	2	14
	Heterocardios		3	3	4	7	2	7
	Diotocardios		7	13	7	15	21	11
Pelecípodos	Monomiarios		18	13	13	6	5	7
	Heteromiarios		7	5	9	5	8	1
	Homomiarios	Sinupaleales...	14	8	17	9	5	3
		Integripaleales	14	11	17	9	14	7
Porcentajes generales...		Gasterópodos...	46	63	43	70	69	83
		Pelecípodos	54	37	57	30	31	17

Los actuales porcentajes inherentes a los gasterópodos resultan netamente superiores a los que les correspondían durante la época en que fue depositada la terraza, tanto en lo que respecta al número de familias y especies representadas como al de los ejemplares proporcionados; dado que unos y otro porcentajes resultan bastante equiparables en el caso de los Heterocardios y, particularmente, en los Monotocardios sifonostómidos, parece obvio que aquella disparidad resulta muy esencialmente condicionada por el notable incremento experimentado hacia nuestros días por los Monotocardios holostómidos, así como por el número de familias y especies de los Diotocardios que, sin embargo, parecen presentar actualmente poblaciones menos numerosas.

Forzada contrapartida es la conducente al hecho de que los porcentajes correspondientes a los lamelibranquios disminuyan ostensiblemente al pasar desde la terraza a la playa actual, resultando muy notables las considerables fluctuaciones existentes entre los porcentajes relativos a los números de familias, especies y ejemplares implicados en cada grupo de Pelecípodos. Así, por ejemplo, en la playa actual se advierten importantes disminuciones en los porcentajes referentes a sus familias y especies, siendo los Monomiarios el único grupo que refleja una mayor abundancia relativa en el número de ejemplares cual traduce perfectamente el incremento operado en el correspondiente porcentaje.

El número de familias representadas en la playa actual resulta muy superior al de las evidenciadas por la terraza, denotando la incorporación al habitat de aquellos aledaños de especies integradas en 13 nuevas familias (Pleurotómidos, Marginélidos, Mítridos, Litorínidos, Risóidos, Truncatélidos, Capúlidos, Piramidélidos, Nerítidos, Turbínidos, Haliótidos, Gastrochénidos y Tellínidos), de las que no obtuvieron vestigio alguno en la terraza cuyo contenido fósil brinda la pobre contrapartida entrañada por albergar ejemplares integrados en los Homomiarios sinupaleales y pertenecientes a tres únicas familias (Myidos, Donácidos y Petricólidos) aparentemente desaparecidas en la época actual. A nuestro juicio, la incorporación de aquellas 13 familias entraña importante significación, pues 8 de ellas (Pleurotómidos, Marginélidos, Mítridos, Litorínidos, Truncatélidos, Turbínidos, Haliótidos y Tellínidos), figuran entre las 11 anotadas al principio del presente parágrafo como habituales en el Eutirreniense del SE. peninsular y totalmente ausentes en la terraza de Alborán, en cuyo actual litoral —aparte de la familia de los Estrómbidos y las especies cálidas integrantes de la pléyade que los cortejaba en nuestros mares tirrenienses—, únicamente se advierte la ausencia de las especies banales pertenecientes a las otras tres familias (Cásidos, Natícidos y Cardíidos), normalmente representadas en las terrazas tirrenienses del SE. peninsular.

Si descendemos a la consideración de los géneros nos encontramos con resultados muy semejantes, pues, abundantemente representados en las

vecinas terrazas tirrenienses del SE. peninsular, los *Trochocochlea*, *Cardium* y *Pectunculus* resultan totalmente ausentes de la terraza de Alborán, no acaeciendo otro tanto en la actual playa, donde recogimos hasta 33 ejemplares de *Trochocochlea* y tres de *Pectunculus*. De otro lado, al principio del presente parágrafo también dejábamos constancia de que otros tres géneros asimismo abundantemente representados en las terrazas tirrenienses del más inmediato litoral peninsular: *Spondylus*, *Arca* y *Cardita*, proporcionan muy escaso número de ejemplares en la terraza de Alborán, pero no acaece otro tanto en su playa actual, donde el número de ejemplares recogidos para estos tres géneros multiplica por 2, 4 y 60 a los que, respectivamente, nos proporcionaron en la terraza.

De todas las consideraciones precedentes, se sigue que las afinidades malacológicas, respecto al contenido fósil de las terrazas típicamente tirrenienses extendidas a lo largo del vecino litoral del SE. peninsular, experimentan un notable incremento cuándo, desde el contenido fósil suministrado por la terraza de la isla de Alborán, se pasa a la consideración de la fauna actualmente habitante en sus aledaños más inmediatos. La explicación de tal incremento en las afinidades malacológicas debe relacionarse con modificaciones experimentadas por aquel hábitat, esencialmente referibles a la propia naturaleza de aquella plataforma continental o a alteraciones ambientales condicionadas por las oscilaciones térmicas, no siendo descartable la posibilidad del simultáneo acaecimiento de una y otra variaciones durante el período transcurrido entre el depósito de la terraza y nuestros días.

En los más inmediatos aledaños de la isla de Alborán resulta indiscutible que las litofacies del fondo de aquellas aguas someras han experimentado importantes modificaciones. En efecto, su antigua terraza resulta apoyada sobre una superficie de abrasión marina esculpida en las tobas volcánicas, cuyos materiales psamítico-pelíticos constituían indiscutiblemente a la sazón aquellos fondos marinos. Contrariamente y según hemos anotado, en la actualidad, la isla de Alborán resulta orlada por una pestaña caliza que, presentando amplitudes próximas a los 40 metros y espesores relativamente reducidos, constituye un escalón que, ligeramente más somero en el borde insular septentrional, resulta ubicado en la zona intercotidal de por suyo tan idónea para el desarrollo de la fauna malacológica que nos ocupa. Consecuentemente, entre la época durante la que se depositó la terraza y la actualidad, en aquellos parajes se ha operado una importante reducción de la extensión superficial conferible a las someramente sumergidas áreas limoarenosas o, lo que es igual, un importante incremento en la extensión superficial conferibles a aquellos fondos rocosos cuyas características también han sido modificadas, puesto que los bloques eruptivos aislados y subrodados existentes durante la época en que se depositó la terraza, han quedado sustituidos por un extenso y continuo banco calizo ligeramente diaclasado o fisurado que, obviamente, ofrece nuevas condiciones o posibilidades de habitat cual, por ejemplo, es demostrado el hecho de que el número de ejemplares de Arcidos recogidos en la playa actual triplique al de los proporcionados por la terraza. Por lo demás, el incremento de la extensión superficial ocupada por la superficie rocosa en aquellos fondos litorales de aguas someras resulta claramente testificado por el notable incremento observado en el porcentaje que, respecto al número total de moluscos, absorben los gasterópodos, puesto que mientras en la terraza se concreta al 68,5 por 100, en la playa actual se eleva nada menos que hasta el 83,1 por 100. En el mismo sentido abunda el hecho de que en la playa actual aparezcan nuevas familias de gasterópodos que viven adheridos a la superficie de las rocas (Mítridos, Litorínidos, Capúlidos, Haliótidos, etc.) e incluso litófagos (Gastrochénidos), mientras se observa la desaparición de algunas familias representadas en la terraza (Myidos, Donácidos, Petricólidos), cuyas especies suelen habitar más o menor profundamente enterradas en fondos menos competentes y fluctuantes entre psamitas incoherentes y pelitas sumamente endurecidas. En otro sentido, tanto la fauna malacológica proporcionada por la terraza como la recogida en la playa actual, sugieren un habitat típico de aguas someras cuyos géneros más característicos (*Conus*, *Columbella*, *Cerithium* y *Patella*) proporcionaron 356 ejemplares en la terraza y 613 en la playa actual, respectivamente equivalentes al 42,8 por 100 y 44 por 100 del total de moluscos suministrados.

Antes de finiquitar la exposición de hechos sugeridos por estas cronobiocorrelaciones nos parece interesante subrayar una consecuencia de orden paleogeográfico, que parece sugerida por ciertos lamelibranquios caracterizados por la extremada labilidad de sus caparazones; tal es el caso de los géneros *Lucina* y *Donax*, que en la terraza aparecieron representados por 128 ejemplares (dos de estos fósiles conservan cerradas sus valvas), mientras que en la playa actual únicamente hemos podido encontrar dos ejemplares. Es sabido que ambos géneros únicamente logran sobrevivir y proliferar normalmente en aguas sumamente tranquilas (fondo de ensenadas y, particularmente, lagunas litorales), hecho que parece venir a corroborar o forzar la admisión de que, durante la épo-

ca en que se depositó su terraza, la isla de Alborán se prolongaba hacia el W.-SW., formando dos largos espolones entre los que penetraba hacia el E.-NE. una angosta ensenada, la concavidad de cuyo fondo parece conservarse relicta en la actual caleta de Poniente.

Precedentemente habíamos colegido que las actuales biofacies malacológicas de los aledaños de la isla de Alborán entrañan mucha mayor similitud que las de su terraza, en relación con la fauna malacológica banal ordinariamente contenida por las terrazas tirrenienses del vecino litoral peninsular; por otra parte, acabamos de desentrañar la realidad de una sólida correlación entre la evolución temporal experimentada por las litofacies y las biofacies de aquellos aledaños entre la época durante la que se depositó la terraza y nuestros días. De hecho, merecen ser tildadas de muy particulares las litofacies fundamentalmente psamítico-pelíticas que, alimentadas por sus tobas volcánicas, imperaban en la isla de Alborán a la sazón del depósito de su terraza; de esto se sigue que aquellos dos hechos podrían conjugarse en la suposición de que las actuales litofacies litorales de la isla de Alborán entrañan una mayor convergencia o similitud respecto a las litofacies medias depositadas en el SE. peninsular bajo las someras aguas litorales del mar tirreniense, lo que, no obstante su probabilidad, parece albergado en el seno de un criterio excesivamente simplista.

Efectivamente, aquella posibilidad jamás podría justificar el hecho de que entre la fauna malacológica actualmente habitante en los más inmediatos aledaños de la isla de Alborán figuren familias totalmente ausentes en la terraza y que, aun a fuerza de entrañar especies banales, son propias de los mares cálidos actuales y, por ende, obviamente delatoras de temperaturas bastante más elevadas para las aguas superficiales del actual mar de Alborán.

Dentro de los Prosobranquios diotocardios, tal es el caso de la familia de los Nerítidos representada en la playa actual por dos ejemplares de *Neritina* y, singularmente, el de la familia de los Turbínidos que, totalmente ausente en la terraza, aparece representada en la playa actual nada menos que por tres géneros (*Astralium*, *Turbo* y *Phasianella*) y otras tantas especies que, en total, nos han proporcionado 40 ejemplares. Por si ello fuera poco, entre los actuales Prosobranquios heterocardios figuran dos variedades de *Patella ferruginea* Gmelin, que, integrada en la pléyade de la «fauna cálida», que cortejaba al *Strombus* en el Mediterráneo tirreniense, en la actualidad son francamente regresivas, pues han logrado sobrevivir a trueque de acantonarse en refugios ubicados en los precisos sectores y profundidades donde la temperatura de las aguas les resulta menos desfavorables. En el concreto caso de la isla de Alborán, ya hemos anotado que las conchas de este gasterópodo aparecen exclusivamente desparramadas en torno al Faro donde, sobre la superficie del depósito loéssico, recogimos las conchas de hasta 19 individuos que, sin duda, sirvieron de alimento a los fareros o pescadores. La lógica sospecha de que habían sido extraídos del mar en los más inmediatos aledaños de la isla, nos animó a realizar una breve exploración utilizando un pequeño bote de remos que nos permitió observar todo el litoral y hasta adentrarnos en algunas de sus profundas cuevas, en las paredes de una de las cuales —precisamente denominada «Cueva de las Lapas»—, amén de los consabidos y abundantes ejemplares de pequeños patélidos, tuvimos ocasión de observar la presencia de grandes ejemplares de *Patella ferruginea* Gmelin, a profundidades comprendidas entre 1 y 2 metros. Consiguientemente, creemos haber obtenido una impresión bastante objetiva en el sentido de que la *Patella ferruginea* Gmelin, aparece acantonada en el más idóneo de los refugios que podía brindarle la actual isla de Alborán; en efecto, a causa de la forma y orientación del litoral de la isla, las frías aguas atlánticas inciden en su costa septentrional, mientras que las cálidas aguas mediterráneas que se dirigen hacia el Atlántico tropiezan con su costa meridional, en cuya parte central aparece precisamente ubicada la «Cueva de las Lapas».

En suma, entre la fauna malacológica viviente en los aledaños de la isla de Alborán figuran varias especies estimables cual relictas de la «fauna cálida» tirreniense, pues son claramente indicatrices de aguas más cálidas que las apetecidas por la «fauna banal», integrante de las biofacies de la playa actualmente levantada en aquella isla. La altitud máxima de 15,3 metros actualmente alcanzada por esta terraza, al igual que el avanzado grado ostentado por su cementación y encostramiento, constituyen dificultades muy difícilmente reconciliables con una edad versiliense que, transitiva entre los tiempos tirrenienses y nuestros días, también debería reflejarse en las biofacies, pues nos habrían proporcionado mayor o menor número de ejemplares y diversidad de las especies cuya significación cálida permiten considerarlas cual relictas. Hemos visto que no sucede así y, por otra parte, la comparación de los moluscos vivientes en Alborán con la «fauna cálida» tirreniense, parece sugerir ciertas cronobiocorrelaciones que, de rechazo, vienen a invocar una edad claramente pre-eutirreniense para la terraza de la isla de Alborán.

Conclusiones

I. Luego de truncados por una superficie de abrasión, los depósitos de tobas volcánicas constitutivas de la actual isla de Alborán fueron discordantemente recubiertos por sedimentos cuaternarios esencialmente constituidos por una terraza marina desigualmente conservada y enteramente tapizada por un depósito loésico que subsiste prácticamente extendido sobre la totalidad de la superficie insular.

II. El manto de loes presenta espesores comprendidos entre 10 y 300 cm. Desde el punto de vista paleontológico, esta formación continental es prácticamente estéril, pues únicamente pudimos descubrir unos curiosos tubos calizos agrupados en haces, y que, mostrando diámetros próximos a los 10 m/m., acaso sean asimilables a las «muñequitas», tan típicas de estas formaciones. En los aledaños más inmediatos al Faro, sobre la superficie del loes aparecen desparramadas abundantes conchas de moluscos comestibles, que deben referirse a especies actuales, entre las cuales merecen destacarse *Patella ferruginea* Gmelin, y su variedad *stellata* Pallary, cuya existencia —relicta en el actual Mediterráneo— venía desconociéndose en Alborán. Con objeto de precisar al máximo el espesor y las características de este depósito eólico, decidimos practicar un pozo donde, cuando alcanzaba a la profundidad de tres metros el muro de la formación, tuvimos la fortuna de exhumar un antiquísimo y curioso utillaje de hierro que, no obstante aparecer sumamente oxidado y corroído, parece permitir la identificación de roldanas, cáncamos y ganchos delatores de una presencia humana anterior al depósito loésico que, en consecuencia, parece haberse acumulado a favor de las condiciones climáticas imperantes durante los tiempos post-würmienses.

III. Constituyendo el yacente de la cobertera loésica, aparece un depósito de caliza muy detrítica, bastante dura y algo oquerosa que, presentando espesores comprendidos entre 10 y 60 cm., muestra tonalidades fluctuantes entre un pálido ocre-amarillento y un intenso rosado-rojizo. Lógicamente, se trata de una formación marina asimismo testificada por su contenido fosilífero: conchas y moldes perfectamente conservados de moluscos lamelibranquios (cardíidos y pectínidos) aun cuando, aparte de esta actividad biótica imputable a aguas muy someras, parece probable que el depósito de esta caliza parcialmente organógena no esté exento de relaciones con los últimos fenómenos de la actividad eruptiva (exhalaciones moféticas submarinas) en concomitancia con la temperatura relativamente elevada de aquellas aguas superficiales. Tal interpretación parece avenirse perfectamente con el actualismo, puesto que, orlando casi la totalidad de la isla y mostrando una anchura media próxima a 40 m., existe actualmente un depósito calizo ubicado a profundidades tan someras que le permiten su emersión marina durante las principales bajamares; el escaso espesor de este depósito actual resulta evidenciado por el hecho de estar afectado por el sistema de diaclasas, que atraviesan el paquete de tobas volcánicas emergidas constitutivas de la isla.

IV. Entre la suprayacente cobertera de caliza detrítica y el infrayacente macizo de tobas volcánicas se intercala la terraza marina constituida por una formación conglomerática fuertemente cementada y encostrada que, mostrando espesores fluctuantes entre 10 y 90 cm., aparece esencialmente constituida por cantos eruptivos no muy rodados, cuyos tamaños implican diámetros de hasta 80 cm., y volúmenes de unos 200 dm³. Al igual que las suprayacentes coberteras sedimentarias, esta terraza aparece ligeramente basculada hacia el NE. o E.-NE., de resultas de una inclinación congénita septentrional oscilante entre 1° 1 y 3° 8 que conduce a un promedio de 2° 1 y determina que la base de la terraza aparezca actualmente a altitudes fluctuantes entre 14,5 m. (borde occidental de la isla) y 7,5 m. (extremo E.-NE. de la isla). De los 970 fósiles que obtuvimos en esta formación, 832 (= 86 por 100) corresponden a moluscos entre los que el número de ejemplares de gasterópodos (570) duplica con creces el correspondiente a los lamelibranquios (262), que, sin embargo, superan a los gasterópodos, tanto por el número de familias como de especies representadas. A pesar de su considerable importancia, este lote de moluscos fósiles no contenía ni un solo ejemplar o fragmento perteneciente a la extinguida «fauna cálida», ni aún referible a las especies relictas o regresivas actualmente supervivientes; consecuentemente, se trata de una «fauna banal» muy difícilmente reconciliable con una edad tirreniense. El avanzado estado de cementación mostrado por esta terraza, su importante encostramiento y hasta la propia altitud máxima (14,5 m.), actualmente alcanzada por su base, dificultan excesivamente su entroncamiento con los depósitos inherentes a los tiempos post-tirrenienses y, en consecuencia, parece bastante probable la estimación de que a la terraza de la isla de Alborán deba conferírsele una edad pre-eutirreniense, fluctuante entre un probable Paleotirreniense y un posible Milazziense.

V. Las biotelecorrelaciones apoyadas en la fauna malacológica parecen reafirmar aquella edad aún cuando, a causa de importantes discrepancias entre la naturaleza que sugieren para uno y otro fondos litorales, no nos haya resultado asequible

establecer una correlación entre las biofacies entrañadas en la terraza de Alborán y las evidenciadas por los depósitos milazzienses del Cabo de Santa Pola. Tomando como referencia el Tirreniense del SE. peninsular, a la total ausencia de «fauna calida» en la terraza de Alborán se adscribe el hecho de que en su «fauna banal» estén ausentes numerosas familias sumamente comunes en aquellas terrazas tirrenienses y que, en su inmensa mayoría, habitan actualmente los aledaños más inmediatos a la isla, junto con especies (asimismo ausentes en las biofacies de la terraza) típicas de aguas bastante cálidas y entre las que figuran dos variedades de *Patella ferruginea*, sugiriendo un notable incremento térmico entre la época del depósito de la terraza y nuestros días, período que muy bien puede comprender los tiempos eutirrenienses y versilienses, de cuyas playas no existe el más mínimo vestigio. Este hecho, concomitantemente con la existencia de la plataforma que, actualmente sumergida a profundidades que no alcanzan los 20 metros, circunda totalmente la isla mostrando un radio de 800 m., sugieren la posibilidad de que, durante el Pleistoceno superior, el sector de la isla de Alborán haya venido experimentando un movimiento isostático negativo.

VI. Por su gran importancia, el lote de moluscos fósiles extraídos de la terraza de la isla de Alborán parece poder garantizarnos suficientemente sus sugerencias ecológicas resumibles en un habitat de someras aguas litorales cuyo fondo debió estar constituido por áreas fangoarenosas salpicadas de cantos eruptivos subrodados. La abundancia de ejemplare correspondientes a formas juveniles, así como la presencia de determinados géneros de pelecípodos entre la fauna contenida por el retazo de terraza ubicado en la cornisa del fondo de la Caleta de Poniente, parecen sugerir para esta escotadura litoral un carácter relicto.

Bibliografía

(1) Dávila (F. M.): *Isla de Alborán: datos físicos-geológicos*, «Bolet. de la Com. del Mapa Geol. de España», vol. III, págs. 177-179, Madrid, 1876.

(2) Fernández Navarro (L.): *Datos geológicos acerca de las posesiones españolas del Norte de Africa*, «Mem. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», tomo V, Mem. núm. 6, págs. 259-340, con 13 fig. y 8 láms., con fotos, Madrid, 1908.

(3) Gaibar-Puertas (C.) y Cuerda Barceló (J.): *Las playas de Cuaternario marino levantadas en el cabo de Santa Pola (Alicante)*, «Boletín Geológico y Minero», tomo LXXX-II, págs. 105-123, Madrid, 1969.

(4) Gaibar-Puertas (C.): *Estudio geológico de la isla de Alborán (Almería)*, I. *Las rocas eruptivas*, «Acta Geológica Hispánica», año IV, núm. 3, págs. 72-80, Barcelona, 1969.

(5) Gignoux (M.): *Les formations marines Pliocènes et Quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicilie*, «Ann. de l'Université de Lyon, Nouv. Ser.», fascículo 36, con 693 págs., 42 figs. y 21 láms., Lyon-Paris, 1913.

(6) Gigout (M.): *Sur le Tyrrhénien de la Mediterranée occidentale*, «Quaternaria», vol. VI, págs. 209-228, con 1 fig. y 21 fotos, Roma, 1962.

(7) — — Solé Sabarís (L.) y Solé (N.): *Sur le Quaternaire méditerranéen d'Andalousie*, «C. R. somm. Soc. Geol. Fr.», págs. 177-179, Paris, 1955.

(8) Günther (E.): *Die quartären Niveauschwankungen in Mittelmeer unter besonderer Berücksichtigung des Beckens von Alboran*, «Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft», 74 (Neue Folge 67), págs. 1-252, con 99 figuras, Jena, 1941.

(9) Hernández-Pacheco (F.) y Asensio Amor (I.): *Depósitos cuaternarios de la isla de Alborán*, «Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), vol. 66, págs. 381-392, con 9 figs., Madrid, 1968.

(10) Ramsay (A. C.) and Geikie (J.): *On the Geology of Gibraltar*, «Quaterly Journal of the Geol. Soc. of London», págs. 505-541, con 12 figs., 11 cortes y 1 mapa geolog., Londres, 1878.

(11) Smith (J.): *On the geology of Gibraltar*, «Quat. Journ. Geol. Soc. of London», vol. II, pág. 41, Londres, 1946.

(12) Solé Sabarís (L.): *Oscilaciones del Mediterráneo español durante el Cuaternario*, «Publicac. del C. S. de I. C.», con 58 págs. y 1 fig., Barcelona, 1961.

(13) — — *Le quaternaire marin des Baléares et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la Péninsule Ibérique*, «Quaternaria», vol. VI, págs. 309-342, con 11 figs., Roma, 1962.

Recibido: 21-II-70.

Boletín Geológico y Minero. T. LXXXI.-IV. Año 1970 (369-377)

Rocas y yacimientos exógenos de hierro

por F. MINGARRO MARTIN (*)

Desarrollándose actualmente en España el Programa Nacional de Investigación Minera, polarizado en sus comienzos a la prospección, análisis y valoración de las reservas nacionales de hierro, me ha parecido oportuno enfocar esta aportación hacia la génesis de las rocas y yacimientos exógenos de hierro, que bajo unos mismos mecanismos de formación es esencialmente un simple factor de tiempo el que distingue las rocas ferruginosas de los yacimientos sedimentarios de hierro.

La preocupación despertada por las rocas ferruginosas como mena del hierro y como factor geoquímico de enorme importancia en los ciclos exógenos ha desarrollado e intensificado en gran manera su estudio, que aunque incompleto en muchos aspectos, e incomprendido perfectamente en todos sus detalles, repercute en numerosas teorías formativas, clasificaciones y nomenclaturas; que aun gozando todas de numerosos adeptos, no tienen siempre un claro significado, y siguen flotando en el ámbito de las ciencias petrológicas, induciendo al principiante a una serie de confusiones.

Rocas y yacimientos exógenos de hierro

Dentro de la clasificación general de los materiales exógenos, un grupo muy importante lo forman los llamados precipitados químicos, materiales no detriticos o sedimentos autóctonos, los cuales han sido frecuentemente afectados por una clasificación genética recibiendo una denominación indicadora de sus mecanismos de origen: transformaciones minerales, fenómenos físico-químicos o acción biológica (metasomatitos, evaporitos y biolitos de Grabau).

Pero estos factores genéticos pueden provocar cada uno por separado la precipitación de compuestos distintos, y, por tanto, sedimentos análogos y de difícil interpretación petrogenética, había que encasillarlos en grupos diferentes.

Estas dificultades determinaron la clasificación de dichos materiales autóctonos por su composición y una subdivisión posterior, atendiendo a sus factores petrogenéticos.

De esta manera surge el grupo de las rocas y yacimientos exógenos de hierro o materiales ferruginosos junto a las salinas y a las fosfáticas, carbonosas, etc., todas ellas con un denominador común: su composición aniónica o catiónica; de aquí su interés extraordinario humano y científico como productos utilizables por el hombre para el beneficio del hierro, de las sales, fosfatos, carbón, petróleo, etc.

Nomenclatura

Es muy frecuente encontrar en la literatura geológica la denominación de «ferruginosa» como atributo clasificador de aquellos tipos petrográficos llamados impropiamente «areniscas», «calizas» o «pizarras», nombres tan ambiguos y clásicos como la propia petrografía; un aspecto general o un color rojizo es suficiente para recibir este calificativo sin recapitular en la importancia petrogenética que puede tener.

De esta manera, y en una conceptuación terminológica correcta, sólo debe utilizarse tal atributo cuando la cantidad de hierro que contiene la roca sea adecuada y, por tanto, significativa desde el punto de vista petrográfico.

Muchos son los términos utilizados para definir tales tipos de rocas, no existiendo un acuerdo internacional para concretar su nomenclatura, y de esta manera dichos tipos, al igual que otras muchas rocas exógenas, gozan de gran anarquía, no correspondiendo su nombre a un atributo calificador y diferenciador de otras especies.

Es frecuente denominar a este tipo de materiales, en conjunto, como «sedimentos portadores de hierro», «sedimentos férricos» o «rocas de mineral de hierro»; en los países anglosajones se suele utilizar la voz del mineral, y así hablar de «sideritas estratificadas», o incluso de su composición química como «óxidos de hierro estratificados» o «silicatos de hierro estratificados», etc. En

(*) Departamento de Petrología Sedimentaria. Facultad de Ciencias. Madrid.

Hispanoamérica se utiliza preferentemente la voz «ferrífero» para designar estos materiales.

Si una especie petrográfica, en sentido lato, es un agregado mineralógico, el nombre de la roca no podrá ser el mismo que una especie mineral, ni mucho menos el de la composición química, con frecuencia variable para la misma especie mineral; por tanto, hemos de considerar improcedente la utilización de esta terminología. Por otra parte, si el hierro puede presentarse en estado ferroso o férrico en los minerales constituyentes de la roca parece también impropia la utilización de la palabra «ferrífero», que indica que el hierro se presenta en estado de máxima valencia.

Esta polaridad en la nomenclatura hasta ahora utilizada en la literatura no debe intimidarnos con un falso aunque hispano anhelo extranjerizante, quedando perfectamente evitada al utilizar la tradicional y española palabra de «ferruginoso» o «ferruginosa», es decir, portador o que contiene hierro, lo cual define perfectamente estos tipos litológicos o de yacimientos de hierro, siempre y cuando su contenido sea significativo desde el punto de vista genético, y que, por tanto, sólo tienen de común todos los tipos petrográficos, el estar compuestos preferentemente por minerales en cuya composición entra fundamentalmente el catión hierro.

Tanto en las rocas ferruginosas como en los llamados yacimientos exógenos de hierro, este elemento se presenta constituyendo diversos minerales, incluso dentro de un mismo grupo aniónico, y así, al aparecer el hierro formando silicatos, óxidos o carbonatos sí que representa unas condiciones geoquímicas diferentes y significativas, y, por tanto, asimilables por la nomenclatura. De esta forma se debe hablar de rocas ferruginosas silicáticas, carbonáticas, oxidáticas o sulfúricas, cuando más del 50 % del total de la roca está compuesto por minerales de hierro en forma de silicatos, carbonatos, óxidos, hidróxidos o sulfuros de hierro, prescindiendo en esta nomenclatura general de aquellas palabras tan corrientes de silicatada, carbonatada, etc., que denuncian una transformación de un mineral en silicatos, carbonatos, etc., y que, por tanto, sólo deben utilizarse en estos casos concretos.

Definiciones

Uno de los elementos más extendidos en la corteza terrestre es el hierro; de ahí que todos los materiales lo contengan y sólo algunos tipos petrográficos muy restringidos podrían exceptuarse; de esta manera resulta necesario evaluar su contenido en un material para determinar si éste es normal, si representa una cantidad significativa como para denominarlo ferruginoso, o si la concentración es tal que define el producto como un yacimiento de hierro.

De los materiales constituyentes de la corteza terrestre las rocas endógenas forman el 95 % de una capa externa de 16 kilómetros, como aconseja evaluarla Washington, con un contenido medio en hierro del 5,04 %, mientras que el 5 % restante está ocupado por los materiales exógenos, promediando los análisis de éstos y la frecuencia con que se presentan según las estadísticas de Leith y Mead, corregidas posteriormente por Poldervaart, sólo presentan un valor medio del 3,72 %. De esta manera el valor medio del contenido en hierro de los materiales que forman la corteza terrestre en una capa de 16 kilómetros de espesor es del 4,98 %.

Si consideramos con Clarke únicamente los afloramientos de materiales, las tres cuartas partes de la superficie de la corteza terrestre están recubiertas por materiales sedimentarios, y de esta forma el valor medio del contenido en hierro en la superficie de la corteza terrestre es tan sólo del 4,05 %.

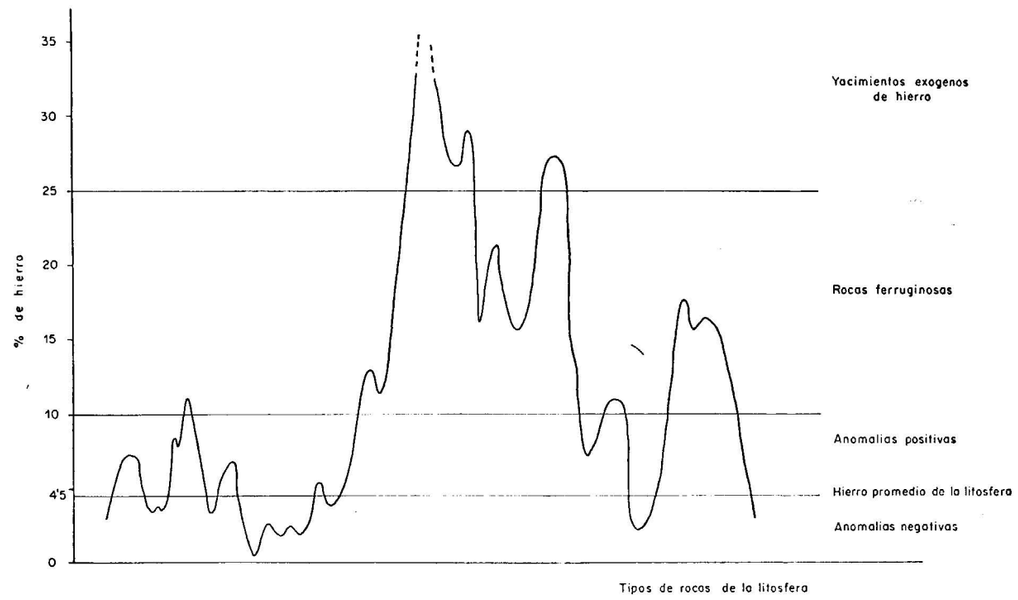
De todas estas observaciones se deduce que el contenido en hierro de cualquier material que forme la corteza terrestre debe ser próximo al 4,5 %, en cuyo caso lo consideraremos normal, pero indudablemente existirán materiales con mayor o menor proporción, a los cuales consideraremos como anómalos positivos o negativos, respectivamente.

Si la anomalía positiva es muy elevada, la roca puede considerarse como ferruginosa, y si es superior a un determinado límite como yacimiento de hierro.

La Comisión del distrito del Lago Superior determina que para llamar a una roca «formación de hierro» tiene que presentar un contenido superior al 15 % de hierro. Tal vez este límite resulte un tanto exagerado desde el punto de vista petrográfico, teniendo en cuenta, además, que se trata de un distrito minero, y, por tanto, este límite deben considerarlo como el contenido mínimo de un yacimiento de hierro y no de una roca ferruginosa.

Resulta más aconsejable, como señaló Carozzi, el establecer el límite inferior de una roca ferruginosa en el 10 %, que es, por otra parte, un poco más del doble del contenido de los materiales terrestres.

A partir de un 28 o un 30 % de hierro, la formación puede considerarse un yacimiento de hierro, como en el caso de Lorena, aunque estos yacimientos no sean siempre explotables, ya que, como es sabido, la explotabilidad de un producto concentrado en la corteza terrestre está subordinada no sólo a la cantidad del producto, en nuestro caso el hierro, sino también al tipo del mineral que lo contiene, lo que repercute en el coste de su laboreo y en el de su beneficio, el cual será compa-



Distribución del hierro en la litosfera

rado con el precio que tal elemento adquiera en el mercado; de esta manera la constitución de un yacimiento no la determina su precio, aunque su explotabilidad y rendimiento sí sean fijados en el mercado. Por tanto, explotable o no, concentraciones de hierro superiores al 25 % hemos de darlas como yacimientos de hierro.

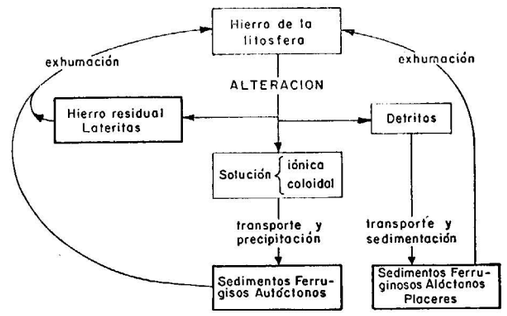
De esta manera, prescindiendo de cualquier consideración de tipo económico, y respecto al contenido en hierro, debemos considerar una roca como normal cuando la cantidad de hierro es inferior al 10 %; como ferruginosa cuando su contenido oscila entre el 10 y el 25 %, y formando un yacimiento de hierro cuando el contenido de este elemento es superior al 25 %.

Procesos petrogenéticos del hierro exógeno

Sobre la procedencia del hierro capaz de constituir rocas y yacimientos exógenos se ha especulado con numerosas teorías, predominando hasta hace muy poco tiempo las teorías endógenas, es decir, que en un principio se constituían los yacimientos endógenos de hierro, magmáticos, hidrotermales o neumatolíticos, y después su destrucción hipergénica provocaba la movilización del elemento, que luego se integraría en los sedimentos de hierro.

Es evidente que una excesiva concentración de hierro en la corteza terrestre constituye una excelente fuente de dicho elemento, pero en este caso las formaciones exógenas de hierro siempre estarían relacionadas con yacimientos endógenos, lo cual en muy pocos casos se evidencia.

CICLO PETROLOGICO DEL HIERRO SEDIMENTARIO



Por otra parte, estas fuentes resultan muy locales y nunca pueden explicar los grandes depósitos regionales de rocas ferruginosas, aunque determinen buenas fuentes de hierro, junto con otras rocas especialmente de origen efusivo, o incluso sedimentario.

La observación y estudio de las grandes formaciones ferruginosas, especialmente las de facies marina, determinan una relación cronológica y geográfica con las grandes orogenias, las cuales exhuman materiales que empiezan a erosionarse con tanta mayor rapidez cuanto mayor ha sido el desequilibrio ocasionado por la misma, y de esta manera en los estados finales de la evolución morfológica, cuando predomina la acción química sobre la mecánica, las aguas fluviales llevan en solución iónica o coloidal hierro en grandes cantidades, como producto resultante de la alteración de los minerales de hierro que formaban las rocas, y que, como ya dijimos, prácticamente todas las rocas lo contienen.

De esta manera, hemos de considerar como fuente del hierro todos los materiales que constituyen la corteza terrestre, los cuales contienen este metal, concentrado formando yacimientos o rocas ferruginosas, o disperso formando parte del complejo mineralógico constituyente de las rocas. El promedio de las aguas continentales tiene un uno por mil de hierro (10^{-3}), mientras que en las marinas no llega a ocho milésimas por mil (8×10^{-6}), lo cual quiere decir que son los continentes los que aportan el hierro necesario para formar las rocas y yacimientos exógenos de hierro, siendo, por tanto, el resultado de una precipitación lenta del hierro extraído de los continentes bajo unas condiciones hipergénicas y singenéticas muy específicas.

La hipergénesis como movilizadora del hierro

Según sean las condiciones geomorfológicas y climáticas regionales, la alteración química puede actuar de diferentes formas, pero en general podemos considerarla como de dos tipos, o ataca a los minerales no férridos, o actúa precisamente sobre ellos.

En el primer caso, la alteración descompone, y en el último extremo disuelve algunos minarales de la roca y disgrega a sus componentes con lo que se liberan los minerales férridos. En el segundo caso, la descomposición se efectúa sobre estos minerales y el hierro pasa a la disolución en estado iónico o coloidal, según las características geoquímicas de la alteración hipergénica, pudiendo ser transportado o permaneciendo *in situ* según el drenaje de la zona o la hidrodinámica que le afecta.

Cuando el hierro permanece sobre la roca madre constituye los «placeres hipergénicos» o las «lateritas ferruginosas», los primeros como consecuencia de una lixiviación casi total de los productos de alteración de los minerales no férridos, al concentrarse paulatinamente éstos, que son generalmente óxidos, y quedando empastados la mayoría de las veces por una matriz arcillosa más o menos abundante.

En el segundo caso, las lateritas ferruginosas se constituyen bajo un mecanismo hipergénico muy específico; generalmente se desarrollan en zonas tectónicamente estables y en estado de penillanurización, bajo un régimen climático tropical o subtropical con temperaturas elevadas y aportes grandes de agua; con ello la acción química resultan mucho más intensa, y se obtienen resultados espectaculares, especialmente cuando estas condiciones concurren sobre una roca madre ferruginosa no oxidática.

A veces son rocas ferruginosas carbonáticas, compuestas esencialmente por siderita y que concluyen con la formación de una laterita de óxidos de hierro, como en las coberteras de Bilbao. Otras veces, los minerales son sulfuros, como las piritas de Río Tinto, que dan coberteras de gohetita y oligisto, o las lateritas de oligisto procedentes de la moscovita, en Missuri, en general limonitas, pero que casi nunca son explotables por el gran contenido de impurezas que tienen, especialmente de azufre. Otras veces son silicatos de hierro, como el llamado hornsteno o la greenalita, en los que una fuerte lixiviación elimina los álcalis, alcalinotérreos, y la sílice, formando un concentrado muy importante de óxidos e hidróxidos de hierro, y que ha llegado a constituir los mejores y más importantes yacimientos del mundo, como los oligistos del Lago Superior.

Las rocas endógenas básicas, fundamentalmente peridotitas más o menos serpentinizadas, originan depósitos residuales muy concentrados y a veces explotables como las leteritas limoníticas de Cuba, aunque por lo general resultan muy arcillosas o alumínicas.

También son muy alumínicos los resultados de laterización de las rocas carbonáticas; a ellas se atribuye muchas veces la formación de residuos ferruginosos e incluso la formación de auténticos yacimientos de hierro. Ya Eckel demostró que la escasa acidez que caracteriza la hipergénesis de las rocas carbonáticas es más propia para formar lateritas bauxíticas que ferruginosas; de todas formas, una caliza normal, con un residuo insoluble medio del 4 %, del que la octava parte son óxidos de hierro, dejaría una capa de dos centímetros por cada 25 m. disueltos.

Estos fenómenos de laterización ferruginosa se caracterizan por desarrollarse en dos ambientes físico-químicos muy distintos, bien en ambientes francamente ácidos, como la oxidación de sulfuros con formación de ácido sulfúrico, en los que se elimina la alúmina y precipita por hidrolisis el hierro, o bien, en medios muy básicos capaces de

disolver la sílice y la alúmina, concentrando los óxidos e hidróxidos de hierro.

Otro proceso de la alteración hipergénica es la liberación del hierro no mineral, mecanismo más importante y principal, ya que por él se desplazan grandes cantidades de hierro.

La alteración hipergénica, regularmente, siempre se realiza en un medio ácido, como consecuencia fundamental de que el agua de lluvia está enriquecida en dióxido de carbono, aportado por la atmósfera, la biósfera y la litósfera, junto con otros elementos y compuestos, que en la mayoría de los casos van encaminados a acentuar este carácter ácido.

La estabilidad del hierro en solución está regulada por el pH y el potencial Redox del medio, es decir, el estado de valencia con que se presente, y así la concentración del hierro férrico es proporcional al cubo de la concentración de hidrógeno, mientras que si se presenta en estado ferroso, solamente es proporcional al cuadrado de esta concentración de hidrógeno.

$$[Fe^{3+}] = K\,[H+]^3 \qquad [Fe^{2+}] = K\,[H+]^2$$

Atkins, en 1930, estableció los umbrales máximos de pH para la precipitación de los hidróxidos de hierro, determinando para el férrico el valor de **3,0** y para el ferroso el de **5,1**, lo que demuestra que el hierro férrico necesita medios muy ácidos para permanecer en solución iónica, muy difíciles de encontrar en la naturaleza e imposible en las aguas hipergénicas; por el contrario, en estado ferroso puede permanecer en estado iónico más fácilmente, ya que la acidez del medio es más próxima a los medios naturales.

Por otra parte, las propiedades básicas del hidróxido férrico son tan débiles, que cualquiera de sus sales se hidroliza con facilidad, produciendo su precipitación, con lo que la sedimentación del hierro férrico es muy rápida y completa cuando el pH es superior a **3**, mientras que el carácter básico del hidróxido ferroso es mucho más acentuado, por lo que las sales ferrosas no son tan fácilmente hidrolizables, con lo que la precipitación del hidróxido ferroso no es completa ni siquiera para un pH superior a siete. De esta manera, podemos deducir que el hierro sólo puede ser transportado en solución iónica, en estado ferroso, pues las aguas hipergénicas normales tienen un pH comprendido entre **6,5** y **7**.

Por ello, todos los minerales que contengan hierro en estado ferroso éste pasará fácilmente a la solución iónica, siempre que el medio tenga en solución dióxido de carbono y carencia de oxígeno, formando principalmente bicarbonatos ferrosos, y si en el medio existe el oxígeno, éste oxida al hierro, transformándolo en férrico, el cual nunca forma bicarbonatos. En general es el potencial Redox el que regula la precipitación o disolución del hierro.

Uno de los mecanismos más importantes en la alteración hipergénica en general, y en particular de los minerales de hierro, lo constituye la oxidación de los sulfuros de hierro, como la pirita, tan frecuente en toda la litosfera.

Los sulfuros de hierro se oxidan en un medio acuoso formando sulfato ferroso y ácido sulfúrico

$$2\,FeS_2 + 7\,O_2 + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,SO_4Fe + 2\,SO_4H_2$$

Esta es la ecuación que podríamos llamar fundamental en la alteración hipergénica, moviliza disolviendo el hierro, produce dos magníficos disolventes y rebaja el pH del medio.

Este sulfato ferroso se transforma en férrico en medio oxidante, directamente si el medio es ácido o por hidrólisis con la precipitación de hidróxido férrico:

$$4\,SO_4Fe + 2\,SO_4H_2 + O_2 \longrightarrow 2\,(SO_4)_3Fe_2 + 2\,H_2O$$
$$14\,SO_4Fe + 6\,H_2O + 3\,O_2 \longrightarrow 4\,(SO_4)_3Fe_2 + \downarrow 4\,Fe(OH)_3$$

El sulfato férrico así formado, por hidrólisis precipita en forma de hidróxido férrico, produce ácido sulfúrico que rebaja el pH, deteniendo la reacción, por lo que en cierto modo resulta una reacción tampón que regula la acidez del medio:

$$(SO_4)_3Fe_2 + 6\,H_2O \longrightarrow \downarrow 2\,Fe(OH)_3 + 3\,SO_4H_2$$

Por otra parte, el sulfato férrico, con un gran potencial de oxidación, determina reacciones en cierto modo catalíticas, por oxidar a casi todos los sulfuros naturales, los transforman en sulfatos, deja azufre libre, o combinado como sulfúrico, y se reduce a sulfato ferroso; de esta manera se cierra el ciclo con la regeneración del sulfato ferroso y el ácido sulfúrico:

$$SM + 4\,(SO_4)_3Fe_2 + 4\,H_2O \longrightarrow SO_4M + 8\,SO_4Fe + 4\,SO_4H_2$$

Es, pues, esta evolución del hierro el mecanismo más importante que regula y dirige la alteración hipergénica de la corteza terrestre: se disuelve el hierro como sulfato, se precipita como hidróxido y disuelve casi todos los sulfuros naturales; e incluso oxida también a la materia orgánica, tan común en estos medios exógenos, se reduce al estado ferroso y deja en libertad los compuestos del carbono, esencialmente el dióxido, por lo que es un oxidante continuo con función catalítica, portador del oxígeno, e interviene con esta función

en todos los ciclos de la biosfera, y contribuye a la formación de compuestos orgánicos y ácidos húmicos, tan importantes en el ciclo evolutivo exógeno.

De esta manera vemos cómo el hierro de los minerales de la litósfera, por la alteración hipergénica, si se encuentra en estado ferroso pasa fácilmente a la solución en forma de bicarbonatos o sulfatos, y si aparece en estado férrico ha de sufrir una reducción previa para pasar a la solución iónica (por ejemplo mediante la presencia de materia orgánica), y sino, permanece como inatacado o se transforma *in situ* en hidróxido férrico.

Pero en la alteración hipergénica, especialmente de sulfuros y óxidos, no sólo intervienen con gran eficacia los oxácidos fuertes, ya que rebajan el pH y atacan y disuelven los minerales, sino que también y al parecer mucho más eficaces son los ácidos débiles orgánicos, producidos en la descomposición de la materia orgánica, productos que juegan un papel muy importante en la disolución y transporte del hierro, por una parte rebajan el pH y por otra lo reducen a ferroso, con lo que facilita su paso a la solución iónica.

Como consecuencia se aumentan los componentes húmicos que se forman en estado coloidal, y que sirven de protectores a los coloides recientemente formados de hidróxido férrico, originando una solución suspensoide capaz de transportar grandes cantidades de hierro en estado férrico y coloidal.

Otras veces los ácidos orgánicos se combinan con el hierro, principalmente férrico, para dar sales orgánicas solubles, y ciertos compuestos orgánicos derivados de la misma descomposición de la materia orgánica forman coloides no estabilizadores de las micelas férricas, pero fijan el hierro por adsorción, al igual que ciertos minerales de arcilla de reciente formación, al estado coloidal; aunque este mecanismo de fijación en micelas inorgánicas es muy reducido, ya que los minerales de arcilla que más intensamente presentan estas propiedades de adsorción son precisamente los del grupo de la montmorillonita, los cuales son muy difíciles de formarse en estos medios hipergénicos del hierro, por necesitar condiciones de basicidad muy acentuadas.

Podemos completar todas las formas en que el hierro puede pasar a la solución, indicando que también puede hacerlo combinado en forma de cloruros y fluoruros ferrosos, pero las cantidades existentes de estos compuestos en la naturaleza son muy exiguas, incluso en aquellas zonas más favorables, en las que se desarrolla una cierta actividad volcánica.

Transporte exógeno del hierro

De esta manera disgregada la roca madre, y alterados sus componentes mineralógicos, queda el hierro dispuesto a ser transportado por la hidrodinámica del medio, bien en estado de mineral (cuando la hipergénesis ha actuado sobre los minerales no férricos), bien en estado de disolución cuando ha actuado sobre éstos, o a veces en solución iónica en soluciones carbonatadas, sulfatadas y orgánicas, y otras como soluciones coloidales en hidrosoles de hidróxido férrico, fundamentalmente estabilizadas con coloides protectores orgánicos, o bien fijos por adsorción a micelas orgánicas y en muy escasa cantidad, y, por tanto, sin importancia significativa como constructores de depósitos ferruginosos, como cloruros, fluoruros o por adsorción en minerales de arcilla.

Por estos medios, el hierro se transporta hasta la cuenca de sedimentación, que no es más que un lugar donde se modifican estas condiciones de equilibrio, ya sean mecánicas o físico-químicas, el hierro se precipita ante las nuevas condiciones singenéticas y se concentra, determinando la formación de un depósito ferruginoso exógeno.

La singénesis alóctona

Cuando los procesos hipergénicos de disgregación y descomposición actúan sobre los minerales menos resistentes quedan sueltos de la trabazón de la roca madre los «Resistatos» de Goldschmidt, como cuarzo, circón, ilmenita, magnetita, etc., los cuales pueden ser transportados por la dinámica de un fluido que los clasifica y distribuye conforme los factores que regulan la singénesis alóctona.

Cuando se llega a adquirir un equilibrio determinado (en último extremo regulado por la ley de Stokes) entre la velocidad del fluido, su viscosidad, densidad, forma y dimensiones del mineral, éste se sedimenta, pero como en este equilibrio permanecen constantes todos los valores a excepción de los propios de cada mineral, se van alcanzando los equilibrios de sedimentación de cada una de las especies que transporte el fluido, con lo que en un punto se sedimentará como único mineral, aumentando la concentración mineralógica de esos clastos y constituyéndose un «placer singenético» tradicionalmente referido tan sólo a las concentraciones de oro, plata, platino o gemas, pero que también se forman de ilmenita y magnetita, explotables muchas veces para el beneficio del titanio y del hierro, respectivamente.

De todas formas estos tipos de yacimientos y formaciones ferruginosas son muy restringidos y

escasos, y desde el punto de vista petrográfico de poca importancia, dada su escasa extensión y potencia. A veces pueden resultar explotables, como los cotos mineros de Wagner y Vivaldi, ambos recrecidos por una singénesis autóctona del hierro; o bien los yacimientos de la playa de Hondon, en el Japón, que forman un placer de ilmenita con un 20 o 30 % de hierro.

Singénesis autóctona

Se acostumbra a considerar como factor fundamental y casi único, regulador de la precipitación del hierro, los cambios de potencial Redox; asimismo, como quiera que de cualquier manera en que el hierro sea transportado puede depositarse originando depósitos de hierro en forma de óxidos, carbonatos, silicatos, etc., también se acostumbra a prescindir de la solución o modo de transporte, y simplemente se considerarán los medios singenéticos en que puede precipitar este metal.

Como ya hemos visto, el hierro está muy difundido mineralógicamente en la litosfera, en forma de minerales muy diversos en composición, estructura cristalina, etc., por tanto, sus mecanismos de alteración son muy heterogéneos y los nuevos productos precipitados han de serlo también.

Todo esto nos indica que el hierro es un elemento extraordinariamente sensible a cualquier cambio ambiental, fácilmente combinable con otros elementos, o lo que es lo mismo, que la energía necesaria para su combinación es escasa, y que pequeños cambios de ésta pueden ocasionar la adopción de compuestos distintos, que fundamentalmente podemos resumirlos cuantitativamente en las formas carbonáticas, oxidáticas, silicáticas y sulfúricas; cualquier variación energética del medio puede dar una u otra forma, y, por tanto, todos estos compuestos han de ser muy susceptibles a los cambios diagenéticos y epigenéticos, resultando frecuentemente muy difícil discernir si tal o cual compuesto o mineral de hierro es el resultado de una precipitación directa (ambiente singenético) o es un producto secundario resultado de una transformación posterior (ambientes diagenéticos o epigenéticos).

El hierro, transportado en cualquier tipo de solución de los ya indicados y en cualquier tipo de valencia (ferroso o férrico), puede precipitar por agentes químicos, físico-químicos o bioquímicos; agentes y mecanismos que vamos a analizar a continuación:

Precipitación química y físico-química

1.° *A partir de soluciones bicarbonatadas:*

a) Puede perder dióxido de carbono por disminución de la presión parcial de éste al disminuir la presión atmosférica; o bien por un aumento de la temperatura, como consecuencia se precipita el carbonato de hierro y su consiguiente formación de siderita.

$$(CO_3H)_2Fe \longrightarrow \downarrow\ CO_3Fe + \nearrow CO_2 + H_2O$$

b) Si el medio es oxidante, el hierro de los bicarbonatos se oxida y por hidrólisis produce un precipitado de hidróxido de hierro.

$$(CO_3H)_2Fe + O_2 \longrightarrow \downarrow Fe(OH)_3 + CO_3H_2 + \nearrow CO_2$$

c) Estas soluciones pueden reaccionar con los monómeros de sílice y la alúmina coloidal para formar silico-aluminatos de hierro con magnesio, como la chamosita, silicatos ferroso féricos como la greenalita o la glauconita tomando también del medio marino el potasio y el calcio necesarios.

Así vemos cómo se pueden formar sedimentos de carbonatos, hidróxidos o silicatos de hierro a partir de soluciones bicarbontadas, según sean las condiciones singenéticas de la cuenca.

2.° *A partir de soluciones sulfatadas:*

a) Estas soluciones pueden reaccionar con otras de bicarbonatos alcalinos, o simplemente atravesar durante su transporte por zonas de rocas carbonáticas, dando lugar a la formación de un precipitado de carbonato ferroso constituyendo un depósito exógeno de siderita.

$$SO_4Fe + CO_3Ca \longrightarrow \downarrow\ CO_3Fe + SO_4Ca$$

b) El sulfato ferroso puede reaccionar con el ácido sulfúrico en presencia de oxígeno, para formar sulfato férrico, que por hidrólisis originará depósitos de hidróxidos de hierro.

$$4\,SO_4Fe + 2\,SO_4H_2 + O_2 \longrightarrow 2\,(SO_4)_3Fe_2 + 2\,H_2O$$
$$(SO_4)_3Fe + 6\,H_2O \longrightarrow \downarrow 2\,Fe(OH)_3 + 3\,SO_4H_2$$

c) Si en el medio existen coloides de aluminio y sílice pueden formarse silicatos de hierro del tipo de la Greenalita.

d) El sulfato férrico pueden actuar como oxidante de los coloides orgánicos, estabilizadores de las micelas de hidróxido férrico, destruyéndolos y provocando la precipitación del hidróxido.

De esta manera podemos comprobar cómo a partir de las soluciones sulfatadas de hierro se pueden precipitar también carbonatos, hidróxidos o silicatos de hierro, según sean las características hidroquímicas de la cuenca.

3.º *A partir de soluciones coloidales:*

Aparte del mecanismo antes indicado, como consecuencia de la reacción de soluciones iónicas férricas con coloidales orgánicas, los hidrosoles férricos forman soluciones electrolíticas positivas, que reaccionan con las negativas del mar, fundamentalmente las de sílice, provocando su floculación en forma de nontronita u otros minerales de arcilla ferríferos.

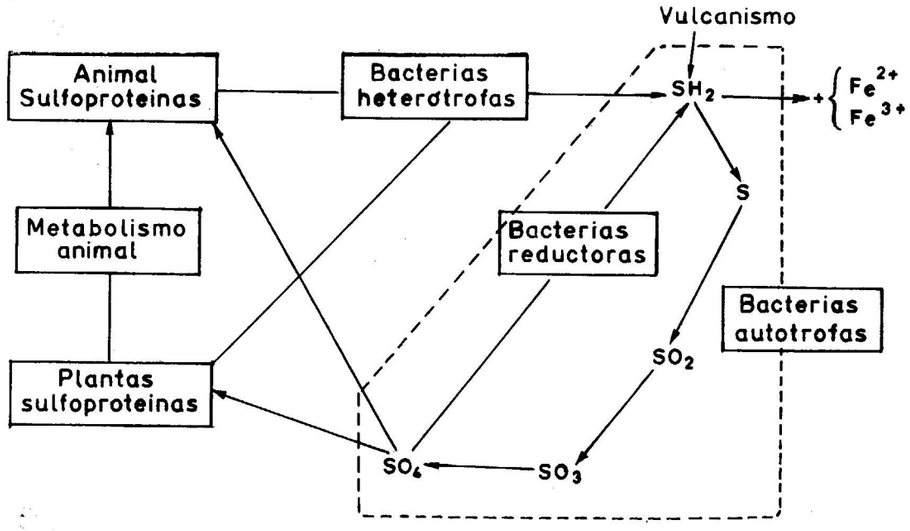
Tanto las soluciones iónicas como las coloidales ferrosas o férricas, pueden también ocasionar la formación de sedimentos exógenos de hierro, en forma de sulfuros, cuando en el medio existe los sedimentos la constituye la descomposición de la materia orgánica sulfurada mediante las bacterias heterótrofas, originando con las reductoras y las autótrofas el pequeño ciclo del Sulfuretum anaerobio, dentro del ciclo general del azufre.

Newhouse indica que la marcasita es el sulfuro más propio de las zonas carbonosas, mientras que la pirita lo es del resto de los medios. Tal vez esto se deba a que en la formación del carbón son muy abundantes los ácidos orgánicos, y al ser el medio más ácido se forme mejor la marcasita, ya que la pirita se constituye en medios más neutros.

Precipitación bioquímica

En la precipitación bioquímica del hierro exógeno intervienen principalmente las bacterias, pero también juegan un papel, aunque éste sea muy secundario, las algas y las plantas.

Las algas, como organismos inferiores, fijan



Sulfuretum anaerobio

sulfhídrico, pero como en la formación de éste intervienen las bacterias, este mecanismo puede considerarse como híbrido entre químico y bioquímico, ya que mediante él se enlaza en la naturaleza el ciclo del hierro con el del azufre.

El sulfhídrico puede originarse por la descomposición bacteriana de las sulfoproteínas, la reducción bacteriana de los sulfatos o la acción de las bacterias con el azufre libre, y muy localmente por el aporte directo de origen volcánico, pero sin duda su presencia principal y más general en el hierro en la materia mucolaginosa que las envuelve y sólo cuando el alga muere se sedimenta ésta y el hierro. Como puede apreciarse, la cantidad de hierro así depositado hay que considerarla muy restringida, y de escasa importancia como mecanismo formador de rocas ferruginosas.

Las plantas actúan sobre los bicarbonatos descomponiéndolos, al tomar por fotosíntesis el dióxido de carbono, ocasionando la precipitación del carbonato de hierro, generalmente en compañía de carbonato cálcico, por lo que origina la formación de un sedimento carbonático ferruginoso.

La precipitación del hierro mediante la acción bacteriana ha sido muy discutida, habiendo motivado numerosas polémicas en el ámbito científico, no siendo admitida o considerándola como muy poco importante por algunos tratadistas, justificándose al considerar que las bacterias conocidas no precipitan carbonatos ni silicatos de hierro, y como éstos son los sedimentos ferruginosos más importantes, su actividad debe ser muy escasa. Sin embargo, modernos autores sostienen la teoría contraria, siendo cada vez más popular entre los petrólogos sedimentarios, ya que la sedimentación más importante del hierro es la de los óxidos e hidróxidos, e incluso algunos extremistas sostienen que es la única forma de precipitación, y que son posteriormente las transformaciones diagenéticas y epigenéticas las que cambian estos sedimentos en otros tipos mineralógicos según se constituyan nuevas condiciones físico-químicas en el medio.

Actualmente se consideran cuatro tipos fundamentales de bacterias como precipitantes del hierro:

Las que tienen un biociclo marino carente de materia orgánica y presencia de dióxido de carbono, éstas como *Spirophillim ferrugineum* o *Gallionella ferrugineum* toman el dióxido de carbono necesario para su habitat de las soluciones carbonatadas, y provocan la precipitación de hidróxido férrico. Tal vez en realidad sólo precipiten el carbonato de hierro como producto primario, pero la actividad de estas mismas bacterias acaba por transformarlo en hidróxido como proceso singenético postsedimentario.

Otro grupo de bacterias como *Leptothrix ochracea* y *Cladothrix dichotoma*, necesitan en su habitat materia orgánica, y al parecer la toman de los coloides orgánicos protectores de las micelas de hidróxido férrico, dejándolas en libertad y provocando su precipitación.

Un tercer tipo bacteriano, no bien identificado, y que tal vez sea el mismo anterior, parece que ataca a las sales orgánicas de hierro; toman el radical orgánico para su alimentación, y precipitan en consecuencia el hidróxido férrico.

Otro grupo lo constituyen las bacterias reductoras de los sulfatos, tomando de estos compuestos el oxígeno y dejando en libertad el sulfhídrico que reacciona con las soluciones de hierro, formando depósitos de sulfuros de hierro.

Como hemos visto, los mecanismos de precipitación del hierro son muy diversos, y sólo son específicos para unas condiciones muy concretas del medio ambiente, por lo que frecuentemente en la naturaleza se mezclan entre sí, y es muy difícil dilucidar cuál o cuáles mecanismos físico-químicos o bioquímicos han intervenido en la formación de la roca o el yacimiento.

El hierro es el elemento más sensible al medio ambiente, por lo que si éste cambia o varía, rápidamente se transforma en otro compuesto; es muy sensible al cambio aniónico y pequeñas variaciones del ambiente eusingenético o fenómenos de almirólisis pueden cambiar su composición, sin necesidad de alcanzar los profundos cambios diagenéticos o epigenéticos que llegan a afectar incluso al mismo hierro, reduciéndolo a ferroso.

Estas circunstancias, reguladas de una manera muy directa por los cambios de potencial de oxidación, dio la idea a Teodorovich de establecer una escala de potenciales Redox para los medios sedimentarios, según los minerales de hierro existentes en él, desde los muy oxidantes con formación de hematites y limonitas, hasta los muy reductores con la formación de pirita y marcasita.

Así pues, como consecuencia de conjuntarse uno o varios mecanismos de precipitación, casi siempre imposibles de identificar, se puede sedimentar el hierro en forma de carbonatos, sulfuros, silicatos u óxidos, independientemente de como haya sido transportado o el estado de valencia en que se encuentre.

Un conjunto de procesos químicos, bioquímicos, o incluso ambos, pueden provocar la precipitación del hierro de una solución ferrosa o férrica, pero si en el medio existe sulfuro de hidrógeno, dará como consecuencia la formación de una roca o un yacimiento ferruginoso sulfúrico; si en el medio existe materia orgánica como agente reductor, y que por tanto reduce el férrico o mantiene en estado de ferroso el ya existente, se forman las rocas ferruginosas carbonáticas; si existe «arcilla» en sentido lato, es decir sílice y alúmina, se formarán las rocas ferruginosas silicátidas, y si no predomina ninguno de estos elementos como reguladores y característicos del medio singenético, la roca ferruginosa constituida lo hará en forma de óxidos e hidróxidos.

Recibido: 20-V-70.

Boletín Geológico y Minero. T. LXXXI.-IV. Año 1970 (378-393).

GEOLOGIA, GEOFISICA, GEONUCLEONICA Y GEOQUIMICA

Las anomalías geomagnéticas de la isla de Alborán (Almería)

por C. GAIBAR-PUERTAS (*) y J. RUIZ LOPEZ (**)

RESUMEN

Aparte de permitir extender a la isla de Alborán el reciente levantamientto geomagnético peninsular (1960,0), el objeto fundamental del presente trabajo ha consistido en evidenciar las perturbaciones geomagnéticas producidas por aquel singular macizo de naturaleza exclusivamente volcánica que emerge en la región central del Mar de Alborán. Por esta razón, no obstante la reducida extensión superficial de la isla (71.200 m²), han sido realizadas 53 estaciones para Z y 19 para H, además de 4 para D; la F ha sido calculada para las 15 estaciones donde fueron determinadas H y Z.

Los valores obtenidos han sido reducidos a la época 1-XI-1968, habiéndonos permitido evidenciar importantes anomalías alineadas formando bandas muy alargadas en una dirección próxima a la W. 14º S-E. 14º N., y que, mostrando alternativamente signos negativo y positivo desde el N. hacia el S., reflejan discrepancias o intensidades máximas de 327 γ para H, 1.029 γ para Z y 408 γ para F, alcanzando 13'9 para la D.

Finalmente, se procede a la interpretación geológica de estas anomalías teniendo en cuenta la naturaleza y disposición estructural de los materiales eruptivos que forman la isla, así como su posición y significación en el ámbito regional del plegamiento alpino responsable de esta erupción submarina.

ABSTRACT

The magnetical perturbances all over Alborán island have been investigated. Inspite of its small size —85.000 square yards— it has been obtained 53 Z, 19 H and 4 D values on several spots; F has been taken from H and Z for 15 ones.

The observed values have been carried over to a mean date in order to get a comparison reference. There are fairly plain anomalies which depict lengthened stretches going from W. 14º S. to E. 14º N., with alternative signs from North towards South and maxima of 327 γ, 1.029 γ, 408 γ and 13'9, for H, Z, F, and D respectively.

Then it deals with a geological discussion on these anomalies according to the kind and structural layout of the eruptioned materials that form the island, as well as its location and significance in the regional area of the alpine folding, origin of this submarine upburst.

ZUSAMMENFASSUNG

Abgesehen davon, dass die vorliegende Arbeit die geomagnetische Karte der Halbinsel vervollständigt, besteht ihr Hauptobjekt darin, die durch jenes einzigartige Massiv vulkanischer Natur erzeugten magnetischen Störungen zu erforschen. Aus diesem Grunde hat man trotz des geringen Flächenausmasses der Insel (71.200 qm) 53 Wertbestimmungen von Z und 19 von ermittelt, ausser 4 für D an verschiedenen Stellen; F hat man für 15 Stellen abgeleitet, an welchen H und Z bestimmt worden waren.

Wenn man die beobachteten Wertbestimmungen auf den Zeitpunkt 1-XI-1968 beschränkt, zeigen sich bemerkenswerte Regelwidrigkeiten in Form von Längsstreifen in Richtung W. 14º S. E. 14º N, mit abwechselndem Zeichen von N. bis S. und Maximalwerten von 327 γ, 1.029 γ, 408 γ und 13'9 betreffend H, Zt, F und D.

Bei der geologischen Auslegung dieser Regelwidrigkeiten wird gemäss der Natur und strukturellen Beschaffenheit der diese Insel bildenden Eruptivstoffe verfahren, sowie gemäs ihrer Lagerung und Bedeutung im landschaftlichen Umkreis der für diesen unterseeischen Ausbruch verantwortlichen alpinen Faltung.

(*) Investigador Científico del CSIC, Jefe de la Sección de Prospección geológica y Geofísica del Instituto de Geología Económica.

(**) Doctor-Ingeniero Geógrafo, Jefe del Servicio de Gravimetría del Instituto Geográfico y Catastral.

I. INTRODUCCIÓN

Como la bibliografía únicamente permitía colegir un desdibujado esquema litoestructural de este tan reducido cual interesante isleo del suelo patrio, uno de los objetivos perseguidos por nuestra campaña en Alborán fue su estudio geológico, cuyos resultados hemos pretendido resumir en una Nota (1), referida a los rasgos geoestructurales sugeridos por las 16 coladas lávicas que hemos colegido en las tobas que arman la porción actualmente emergida de aquel macizo volcánico. La superficie insular aparece tapizada por una cobertera de sedimentos continentales y marinos depositados durante el Cuaternario, a partir de los cuales hemos colegido algunas puntualizaciones sobre la edad conferible a la emersión marina de la isla de Alborán (2).

Desde el punto de vista geofísico venía siendo todavía más acentuada la ausencia de referencias sobre esta isla, hasta el punto de que incluso fue soslayada en el reciente levantamiento geomagnético peninsular (1960,0) no obstante haber sido apoyado sobre la tupida red integrada por más de 2.400 estaciones o puntos de observación. Amén de permitirnos colmatar esta laguna y obtener referencias actualizadas sobre la Declinación geomagnética con miras a facilitar la navegación por el Mar de Alborán, el detallado levantamiento geomagnético efectuado en la isla, y cuyos resultados constituyen el sujeto de la presente Nota, fue esencialmente proyectado a título de prospección geológica, pues, tratándose de un macizo eruptivo, era previsible que las anomalías geomagnéticas suministrasen alguna luz sobre la ubicación en el substrato de las principales concentraciones ferromagnéticas que, obviamente asimilables a los acúmulos de rocas melanocratas, podrían sugerir la localización de las raíces de aquel aparato volcánico.

Para la realización de nuestra exploración geomagnética (sin precedente alguno en aquel ámbito territorial), hemos dispuesto de un equipo instrumental integrado por: Magnetómetro de protones «ELSEC-592», Balanza magnética vertical «BMZ-48», Magnetómetro horizontal «QHM-130», Declinómetro «ASKANIA», Cronómetro de precisión y el equipo de accesorios inherentes a todo este utillaje.

Marginalmente a las gestiones iniciadas en marzo de 1967, cerca de diversas autoridades y estamentos de nuestra Marina de Guerra, según especificábamos en la segunda de nuestras Notas (2), debemos anotar que, tanto la utilización del mencionado equipo instrumental como la autorización comisionada que permitió al segundo de nosotros su desplazamiento y participación personal en la Campaña (realizada entre el 28 de octubre y el 11 de noviembre de 1968), han sido posibles merced a la entusiasta acogida dispensada a nuestro proyecto por el Excmo. Sr. Contralmirante-Director General del Instituto Geográfico y Catastral, don Juan García-Frías, a quien muy gustosamente reiteramos en este lugar nuestro más sincero y profundo reconocimiento.

II. EL LEVANTAMIENTO GEOMAGNÉTICO

Una vez conocida la disposición litoestructural en este retazo de macizo volcánico, nos pareció procedente efectuar las estaciones magnéticas ubicándolas más o menos equidistanciadas y alineadas a lo largo de perfiles orientados de modo sensiblemente ortogonal respecto al arrumbamiento de las coladas volcánicas.

Entre los diversos elementos escalares y vectoriales que definen el campo geomagnético es sabido que la componente vertical (Z) entraña la máxima significación geológica, de donde las anomalías inherentes a su distribución espacial se prestan a una interpretación más fácilmente inteligible que en los restantes elementos del campo cuyo carácter complementario determina que, no obstante, su consideración resulte insoslayable.

Las razones precedentes nos aconsejaron conferir preferente atención a la Z, cuya observación fue efectuada en 53 estaciones, que entrañan una red sumamente tupida, habida cuenta de la reducida extensión superficial (71.200 m²) de esta isla. En cambio, la componente horizontal (H) únicamente fue determinada en 19 estaciones, correspondiendo 15 de ellas a puntos donde también había sido observada Z con el fin de poder colegir el valor imputable a la fuerza geomagnética total (F), pues, durante la observación de la estación número 3 (primera de las previstas para la determinación directa de F), una avería produjo la descarga de la única batería de acumuladores disponible para el magnetómetro de protones, obligándonos a desistir de su utilización.

Los valores brutos que íbamos obteniendo en las sucesivas estaciones para Z y H nos permitieron ir atisbando la existencia de importantes anomalías geomagnéticas que, lógicamente, también debían afectar a la Declinación geomagnética, cu-

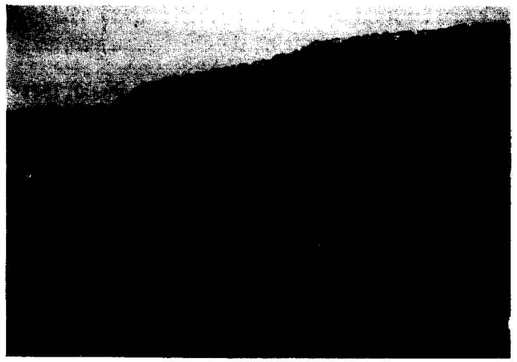


Figura 1.—Observación de la componente geomagnética horizontal H en la estación número 3 (Caleta del Poniente) del levantamiento de la isla da Alborán (Almería).
Fot. GAIBAR-PUERTAS.

yas determinaciones tuvieron que ser largamente diferidas a causa de la gran persistencia de las desfavorables condiciones eólicas imperantes. Aprovechando las amanecidas y puestas del Sol de los tres únicos dias en que amainaron algo los fuertes vientos que azotaron a la arrasada isla durante las dos semanas de nuestra permanencia, tuvimos ocasión de realizar hasta cuatro observaciones de la Declinación geomagnética. En lugar de concretarnos a realizar todas las observaciones posibles en un mismo punto, aquella probabilidad de existencia de anomalías nos aconsejó esparcir las observaciones a lo largo del perímetro insular con cuyo proceder pensábamos brindar resultados más provechosos para los navegantes. Una de estas determinaciones fue efectuada en la estación número 8 (ubicada en la Punta de Poniente), mientras que la segunda fue realizada en la estación número 14 (extremo SE. de la isla) y una tercera observación fue efectuada en la estación número 52 (extremo E.NE. de la isla); aprovechando el socaire del viento de Poniente brindado por el fondo de la ensenada de Levante, todavía fue posible realizar una cuarta determinación en aquel paraje (estación número 58) que, no obstante su escasa distancia respecto a la número 14, tenía el aliciente de resultar ubicada en el preciso sector donde habíamos encontrado las más intensas anomalías geomagnéticas de Alborán.

Luego de haberlos sometido a las oportunas correcciones hasta su reducción a la época 1-XI-1968 (central en el período abarcado por nuestra campaña), en el cuadro siguiente hemos recopilado la totalidad de valores obtenidos para D, H y Z, así como los 15 calculados para F en las estaciones donde habían sido efectuadas observaciones de H y Z, pudiendo observarse que fueron realizadas dos estaciones completas en los extremos de la isla: la número 14, situada en su extremo SW., y la número 52, ubicada en su extremo NE.

Los valores obtenidos para la Declinación geomagnética en las cuatro estaciones donde fue observada, presentan una discrepancia máxima de 13'9 entre sus valores extremos, que corresponden a las estaciones número 14 (— 6° 53' 7 W.) y número 8 (— 6° 39' 8 W.). Respecto a la componente geomagnética horizontal (H), los valores absolutos oscilan entre 27081 γ (estación número 34) y 26754 γ (estación número 23), revelando una discrepancia máxima de 327 γ. Por su parte, los valores absolutos inherentes a la componente geomagnética vertical (Z) fluctúan entre 33539 γ (estación número 31) y 32510 γ (estación número 3), traduciendo una discrepancia máxima de 1029 γ. Finalmente, el valor absoluto de la fuerza geomagnética total (F) oscila entre 42585 γ (estación número 34) y 42177 γ (estación número 52), evidenciando una discrepancia máxima de 408 γ.

Estas discrepancias entre los diversos valores absolutos obtenidos en la isla para cada uno de los elementos geomagnéticos denotan la existencia de anomalías que, traducidas en la distribución espacial inherente a aquellos valores, evidenciaremos gráficamente a través de los correspondientes mapas.

CUADRO I

Estaciones	D	H	Z	F
N.°	° ′	γ	γ	γ
1	—	—	32757	—
2	—	27006	32665	42383
3	—	27033	32510	42281
4	—	—	32684	—
5	—	—	32660	—
6	—	—	32682	—
7	—	—	32821	—
8	— 6 39 8	—	32902	—
9	—	—	32682	—
10	—	—	32582	—
11	—	—	32706	—
12	—	26938	32766	42432
13	—	—	32782	—
14	— 6 53 7	27001	32695	42403

Estaciones	D	H	Z	F
N.°	° ′	γ	γ	γ
15	—	—	32658	—
16	—	—	32757	—
17	—	—	32769	—
18	—	—	32864	—
19	—	—	32610	—
20	—	—	32754	—
21	—	26968	32729	42409
22	—	—	32741	—
23	—	26754	32849	42366
24	—	—	32736	—
25	—	—	32740	—
26	—	—	32829	—
27	—	—	32653	—
28	—	—	32733	—
29	—	26940	32640	42322
30	—	—	32680	—
31	—	—	33539	—
32	—	—	32705	—
33	—	—	32727	—
34	—	27081	32865	42585
35	—	—	32763	—
36	—	26795	32698	42274
37	—	—	32882	—
38	—	26851	32745	42347
39	—	—	32667	—
40	—	—	32685	—
41	—	—	32861	—
42	—	—	32712	—
43	—	—	32672	—
44	—	26793	32734	42301
45	—	—	32711	—
46	—	—	32679	—
47	—	26891	32702	42338
48	—	—	32644	—
49	—	—	32727	—
50	—	26890	32654	42301
51	—	26932	32719	42378
52	— 6 53 2	26832	32541	42177
53	—	27011	—	—
54	—	26869	—	—
55	—	26800	—	—
56	—	26888	—	—
57	—	—	32833	—
58	— 6 44 2	—	—	—

III. EL CAMPO «NORMAL» Y LAS ANOMALÍAS ABSOLUTAS

Es sabido que el cálculo de las anomalías geomagnéticas puede ser operado con miras a la evidenciación de factores anomalógenos profundos (subcrustales), o más someros (intracrustales) cual conviene en el caso de nuestro actual propósito.

La evidenciación de las perturbaciones producidas por los factores anomalógenos ubicados a profundidades someras requieren el previo conocimiento del denominado «Campo normal» que, como es sabido, se caracteriza por la uniformidad en su dispersión geográfica o distribución superficial inherente a los valores absolutos de las componentes o elementos geomagnéticos.

Para un punto central en la isla de Alborán, el análisis matemático suministra los siguientes valores «normales», referidos a la época durante la que fue efectuado nuestro levantamiento:

$$D = -6^\circ\,35'\,3,\quad H = 26633\ \gamma,\quad Z = 32759\ \gamma,\quad F = 42219\ \gamma$$

Habida cuenta de las reducidas dimensiones de la isla, se comprende que el valor absoluto de estos elementos presente ligerísimas oscilaciones en torno a dichos valores punctuales y, en efecto, los cálculos evidencian que las fluctuaciones máximas mostradas por aquél «campo normal» entre los litorales septentrional y meridional de la isla son las siguientes:

$$H = 2\ \gamma,\qquad Z = 4\ \gamma,\qquad F = 2\ \gamma$$

En el caso de la Declinación, los valores absolutos suelen experimentar variaciones progresivas en una dirección ortogonal (es decir, a lo largo de los paralelos), por lo que su máxima fluctuación debe producirse entre los extremos occidental y oriental de la isla; en el caso del «Campo normal», la fluctuación máxima es de 0'2, o sea, de ± 0,1 respecto al valor punctual precedentemente anotado.

Consiguientemente, la Declinación «normal» de Alborán presenta los valores siguientes:

Extremo occidental de la isla ... = — 6° 35' 4
Centro de la isla ... ... = — 6° 35' 3
Extremo oriental de la isla ... = — 6° 35' 2

mientras que los elementos vectoriales del «Campo normal» presentarán los valores siguientes, expresados en gammas:

	H	Z	F
Borde más septentrional de la isla.	26632	32761	42220
Centro de la isla	26633	32759	42219
Borde más meridional de la isla ...	26634	32757	42218

Dado que la variación de los valores absolutos se produce a lo largo de los paralelos en el caso de la D, y a lo largo de los meridianos en el caso de los elementos vectoriales, con el fin de obtener una precisión máxima dividiremos la isla en tres sectores que, presentando extensiones equipara-

Figura 1.—Observación de la componente geomagnética horizontal H en la estación número 3 (Caleta del Poniente) del levantamiento de la isla da Alborán (Almería).

Fot. GAIBAR-PUERTAS.

bles, resultan delimitados por meridianos (en el caso de la D) y por paralelos (en el caso de los elementos vectoriales considerados en esta Nota).

Para la D, en cada uno de los tres sectores resultan ubicadas las estaciones siguientes:

Occidental = núm. 8, Central = núms. 14 y 58
Oriental = núm. 52

mientras que, para los elementos vectoriales, en cada uno de los tres sectores latitudinales resultan emplazadas las estaciones siguientes:

Septentrional = núms. 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 y 55.

Central = núms. 8, 13, 17, 18, 22, 23, 25, 26, 28, 30 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 54, 56, y 57.

Meridional = núms. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 24, 27, 31, 53 y 58.

Teniendo presentes las referencias y dispersiones que terminamos de exponer, resulta fácil el cálculo del cuadro II, donde anotamos los valores «normales» imputables a los elementos geomagnéticos determinados en cada una de nuestras estaciones.

CUADRO II

Estaciones	D	H	Z	F
N.º	° ′	γ	γ	γ
1	—	—	32757	—
2	—	26634	32757	42218
3	—	26634	32757	42218
4	—	—	32757	—
5	—	—	32757	—
6	—	—	32757	—
7	—	—	32757	—
8	— 6 35 4	—	32759	—
9	—	—	32757	—
10	—	—	32757	—
11	—	—	32757	—
12	—	26634	32757	42218
13	—	—	32759	—
14	— 6 35 3	26634	32757	42218
15	—	—	32757	—
16	—	—	32757	—
17	—	—	32759	—
18	—	—	32759	—
19	—	—	32757	—
20	—	—	32757	—
21	—	26634	32757	42218
22	—	—	32759	—
23	—	26633	32759	42219
24	—	—	32757	—
25	—	—	32759	—
26	—	—	32759	—
27	—	—	32757	—
28	—	—	32759	—
29	—	26633	32759	42219
30	—	—	32759	—
31	—	—	32757	—
32	—	—	32759	—
33	—	—	32759	—
34	—	26633	32759	42219
35	—	—	32759	—
36	—	26633	32759	42219
37	—	—	32759	—
38	—	26633	32759	42219
39	—	—	32759	—
40	—	—	32759	—
41	—	—	32759	—
42	—	—	32759	—
43	—	—	32759	—
44	—	26633	32759	42219
45	—	—	32759	—
46	—	—	32761	—
47	—	26632	32761	42220
48	—	—	32761	—
49	—	—	32761	—
50	—	26632	32761	42220
51	—	26632	32761	42220
52	— 6 35 2	26632	32761	42220
53	—	26634	—	—
54	—	26633	—	—
55	—	26632	—	—
56	—	26633	—	—
57	—	—	32759	—
58	— 6 35 3	—	—	—

Entre los valores observados o reales y los «normales» o teóricos suministrados por el cálculo, suelen existir discrepancias cuantitativas que, denominadas anomalías absolutas, son fácilmente evidenciables mediante la confrontación de los valores figurados en los cuadros I y II, para los elementos determinados o considerados en cada estación. Tales discrepancias o anomalías aparecen convenientemente ordenadas en el cuadro III, donde puede advertirse la existencia de una notable concordancia cualitativa (signo) para las anomalías inherentes a D, H y F.

Efectivamente, en las cuatro estaciones efectuadas, la Declinación occidental presenta valores absolutos superiores a los teóricos o «normales», equivaliendo a decir que muestra anomalías negativas cuyos valores absolutos quedan comprendidos entre 4'4 y 18'4.

CUADRO III

Estaciones	D	H	Z	F
N.º	° ′	γ	γ	γ
1	—	—	0	—
2	—	+ 372	— 92	+ 165
3	—	+ 399	— 247	+ 63
4	—	—	— 73	—
5	—	—	— 97	—
6	—	—	— 75	—
7	—	—	+ 64	—
8	— 4,4	—	+ 143	—
9	—	—	— 75	—
10	—	—	— 175	—
11	—	—	— 51	—
12	—	+ 304	+ 9	+ 214
13	—	—	+ 23	—
14	— 18,4	+ 367	— 62	+ 185
15	—	—	— 99	—
16	—	—	0	—
17	—	—	+ 10	—
18	—	—	+ 105	—
19	—	—	— 147	—
20	—	—	— 3	—
21	—	+ 334	— 28	+ 191
22	—	—	— 18	—
23	—	+ 121	+ 90	+ 147
24	—	—	— 21	—
25	—	—	— 19	—
26	—	—	+ 70	—
27	—	—	— 104	—
28	—	—	— 26	—
29	—	+ 307	— 119	+ 103
30	—	—	— 79	—
31	—	—	+ 782	—
32	—	—	— 54	—
33	—	—	— 32	—
34	—	+ 448	+ 106	+ 366
35	—	—	+ 4	—
36	—	+ 162	— 61	+ 55
37	—	—	+ 123	—
38	—	+ 218	— 14	+ 128
39	—	—	— 92	—
40	—	—	— 74	—
41	—	—	+ 102	—
42	—	—	— 47	—
43	—	—	— 87	—
44	—	+ 160	— 25	+ 82
45	—	—	— 48	—
46	—	—	— 82	—
47	—	+ 259	— 59	+ 118
48	—	—	— 117	—
49	—	—	— 34	—
50	—	+ 258	— 107	+ 81
51	—	+ 300	— 42	+ 158
52	— 18,0	+ 200	— 220	— 43
53	—	+ 377	—	—
54	—	+ 236	—	—
55	—	+ 168	—	—
56	—	+ 255	—	—
57	—	—	+ 74	—
58	— 8,9	—	—	—

Todavía es más notable el hecho de que, en las 19 estaciones donde fue determinada, los valores obtenidos para H rebasan considerablemente a los correspondientes teóricos o «normales», traduciéndose en anomalías positivas cuyos valores absolutos fluctúan entre + 121 γ y 448 γ. La constancia en el signo positivo mostrando por las anomalías de H implica obviamente una interesante aportación geológica, puesto que evidencia para los factores anomalógenos una ubicación a profundidades relativamente someras.

Esta consecuencia es subravada por el hecho de que aquella uniformidad cualitativa de las anomalías resulte asimismo evidenciada por la fuerza geomagnética total, puesto que 14 de sus 15 estaciones muestran signo positivo para las anomalías de F, cuyos valores absolutos fluctúan entre + 55 γ y + 366 γ.

Esta concordancia de signo entre las anomalías absolutas de H y F, así como el propio hecho de que correspondan a una misma estación (núm. 34) las máximas intensidades de las anomalías para H (+ 448 γ) y F (+ 366 γ), traducen nítidamente el gran influjo ejercido por los valores absolutos de H sobre los de F, confirmando una ubicación somera en el substrato para los factores anomalógenos. Y todavía viene a abundar en idéntico sentido el hecho de que el único valor negativo figurante entre las anomalías de F (— 43 γ) corresponda a la estación número 52, que, ubicada en el extremo más septentrional de la isla, corresponde al punto más alejado del área eyectiva, juzgando por por las evidencias geotectónicas sugeridas por el estudio geológico de la isla.

La uniformidad cualitativa de las anomalías inherentes a H y F nos sitúa en inmejorables condiciones para interpretar las anomalías sugeridas por la Z, que, cual hemos indicado, suele entrañar la máxima significación geológica. Luego de haber colegido la ubicación de los factores anomalógenos en profundidades someras, su emplazamiento en el plano horizontal resultará obviamente facilitado por la gran tupidez de que, previsivamente,

fue dotada la red de estaciones para Z, pues, frente a las 15 disponibles para F o las 19 efectuadas para H, fueron 53 los puntos donde realizamos la determinación del valor absoluto de Z. En 37 de estas estaciones presentan signo negativo las anomalías relativas de Z, cuyos valores absolutos resultan comprendidos entre — 3 γ y — 247 γ, mientras que en otros 14 puntos muestran signo positivo y valores absolutos comprendidos entre + 4 γ y + 782 γ; en las dos estaciones restantes (numeros 1 y 16), el valor suministrado por nuestras determinaciones coincide exactamente con el teóricamente colegido para las mismas en el hipotético caso de un campo con distribución «normal» u homogénea.

IV. Las anomalías relativas y su distribución espacial

La reducida extensión superficial de la isla lleva implícitas ligerísimas variaciones de los valores absolutos de los elementos del campo geomagnético «normal», puesto que, según hemos anotado, resultan ser de 26633 ± 1 γ para H, de 32759 ± 2 γ para Z, y de 42219 ± 1 γ para F; consecuentemente, aquellas anomalías no constituyen sino discrepancias entre las magnitudes obtenidas en las diversas estaciones y dichos valores «normales» que, en la práctica, pueden ser considerados cual punctuales o constantes para toda la superficie insular. Ahora bien, con miras a la evidenciación cartográfica e interpretación de sus máximos y mínimos, la uniformidad cualitativa (signo) advertida en los valores absolutos de las anomalías para H y F sugiere la conveniencia de considerar sus discrepancias o valores relativos respecto a los promedios generales que, en virtud de lo dicho precedentemente, muy bien pueden identificarse con los suministrados por el conjunto de magnitudes vectoriales obtenidos en el levantamiento para cada elemento: H = 26909 γ, Z = 32739 γ y F = 42353 γ. Es evidente que las diferencias entre estos promedios generales y los valores inherentes a cada estación traducirán las discrepancias o anomalias relativas, cuya ubicación, forma, extensión superficial e intensidad serán nítidamente evidenciadas por los correspondientes mapas.

En este sentido, y pensando en reducir al máximo el número de representaciones cartográficas, hemos decidido servirnos de nuestros mapas de isodínamas absolutas, cuya inteligibilidad hemos juzgado suficiente calculando las líneas isodinámicas escalonadas de 20 en 20 γ y, a fin de conservar estos sencillos múltiplos, hemos estimado la conveniencia de reemplazar aquellos promedios generales por los inherentes, en cada vector, a la isodínama referida al valor absoluto más inmediato (H = 26900 γ, Z = 32740 γ y F = 42360 γ), que, consideradas cual líneas neutras, aparecen dibujadas con trazo más grueso en los mapas respectivos.

Además de los cuatro valores punctuales obtenidos para la Declinación geomagnética, en la figura 2 hemos calculado el campo de isodínamas para la componente horizontal cuyas anomalías absolutas se caracterizan, cual hemos indicado, por presentar signo positivo y magnitudes bastante elevadas en toda la superficie insular. Cual puede apreciarse, ha sido reforzada la isodínama de 26900 γ, valor que, muy próximo al promedio (26909 γ) imputable a dichas isodínamas nos permite considerarla cual línea neutra o fronteriza entre las áreas ocupadas por las anomalías positivas y las que constituyen sede para las anomalías negativas.

Claramente se observa que dicha línea neutra se orienta en una dirección muy próxima a la del eje mayor de la isla que, en consecuencia, resulta dividida en dos sectores: el ubicado hacia el N.NW., donde se concentran todas las anomalías negativas, y el emplazado al S.SE., donde se enmarcan todas las anomalías de signo positivo. Por otra parte, parece evidenciarse un emplazamiento submarino relativamente próximo al litoral para las culminaciones de la intensidad de estas anomalías, tanto en el caso de los ombligos deficitarios alineados frente al litoral septentrional, como en el de los vértices positivos que contornean el litoral meridional. Este cuadro no es sino una simple consecuencia del hecho de que la intensidad de las anomalías absolutas de H —todas ellas positivas— aumenta claramente desde el N.NE. hacia el SSW., evidenciando que, además de una ubicación somera en el substrato, los factores anomalógenos resultan emplazados a profundidades mínimas en las inmediaciones del litoral S.SW. de la isla y, particularmente, frente a su borde más meridional (al Sur del Faro). Por lo que respecta a las intensidades mostradas por estas perturbaciones anotaremos que, jalonadas por las estaciones números 23, 44-45 y 52, las anomalías negativas presentan respectivamente unos valores relativos de — 146 γ, — 107 γ a — 100 γ y — 68 γ, a los que corresponden unas anomalías absolutas de + 121 γ, + 160 a + 168 γ y + 200 γ; por su parte, las anomalías positivas resultan jalonadas por las estaciones números 3, 34 y 51 que, respectivamente, entrañan valores relativos de + 133 γ, + 181 γ y + 32 γ, equivalentes a unas anomalías absolutas de + 399 γ, + 448 γ y + 300 γ.

Definida y condicionada por H y Z, la fuerza geomagnética total F y sus anomalías entrañan características y significación intermedias entre las inherentes a aquellas componentes, razón por la cual vamos a considerarla en segundo lugar, presentando en la figura 3 el correspondiente campo

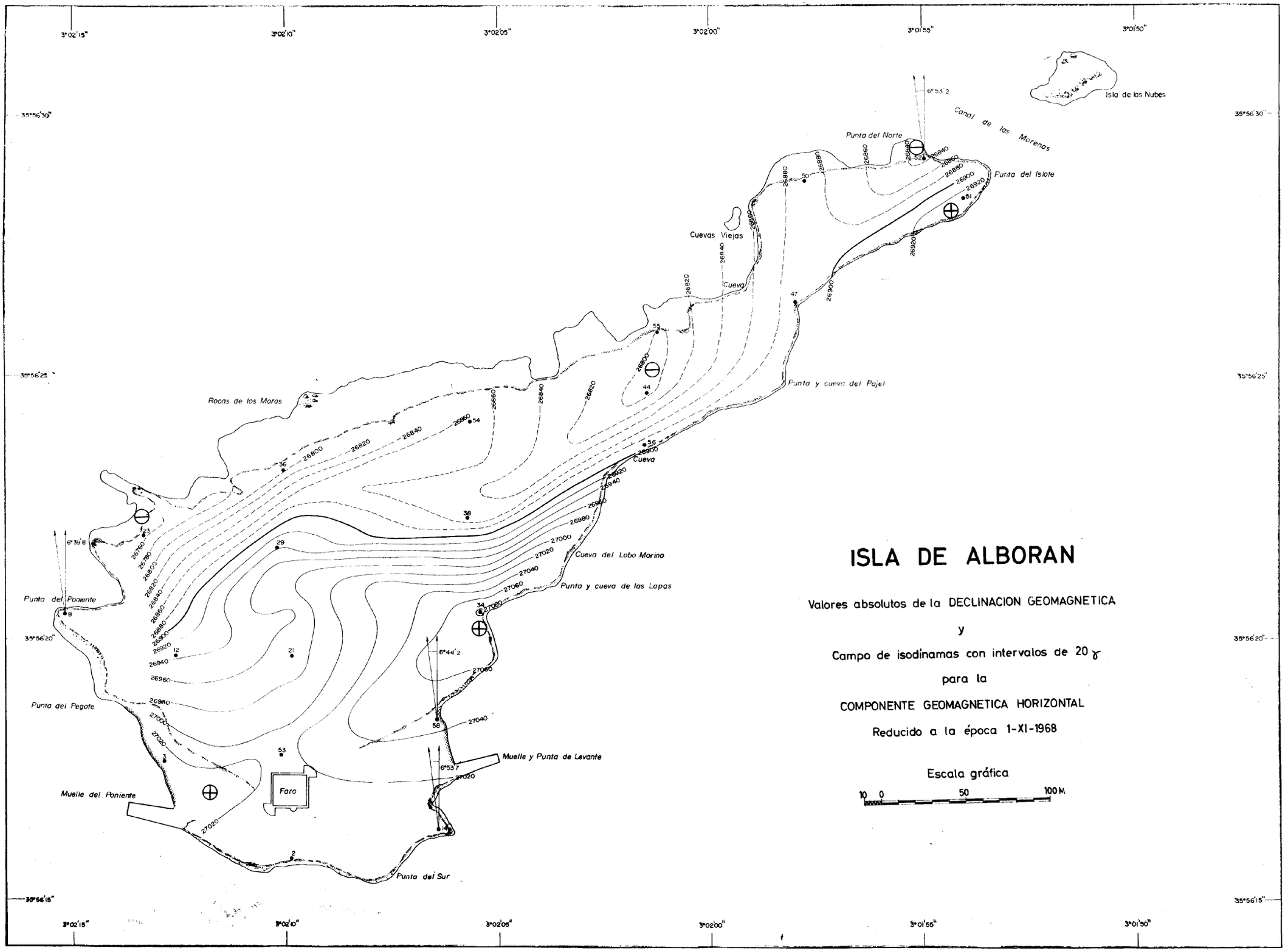

3°02'15"
3°02'10"
3°02'05"
3°02'00"
3°01'55"
3°01'50"
35°56'30"
35°56'25"
35°56'20"
35°56'15"
Isla de las Nubes
Canal de las Morenas
Punta del Norte
Punta del Islote
Cuevas Viejas
Cueva
Punta y cueva del Pajel
Rocas de los Moros
Cueva del Lobo Marino
Punta y cueva de las Lapas
Punta del Poniente
Punta del Pegote
Muelle y Punta de Levante
Muelle del Poniente
Faro
Punta del Sur
6°53'2
6°39'8
6°44'2
6°53'7
ISLA DE ALBORAN
Valores absolutos de la DECLINACION GEOMAGNETICA
y
Campo de isodinamas con intervalos de 20 γ
para la
COMPONENTE GEOMAGNETICA HORIZONTAL
Reducido a la época 1-XI-1968
Escala gráfica
10 0 50 100 M

Fig. 2.

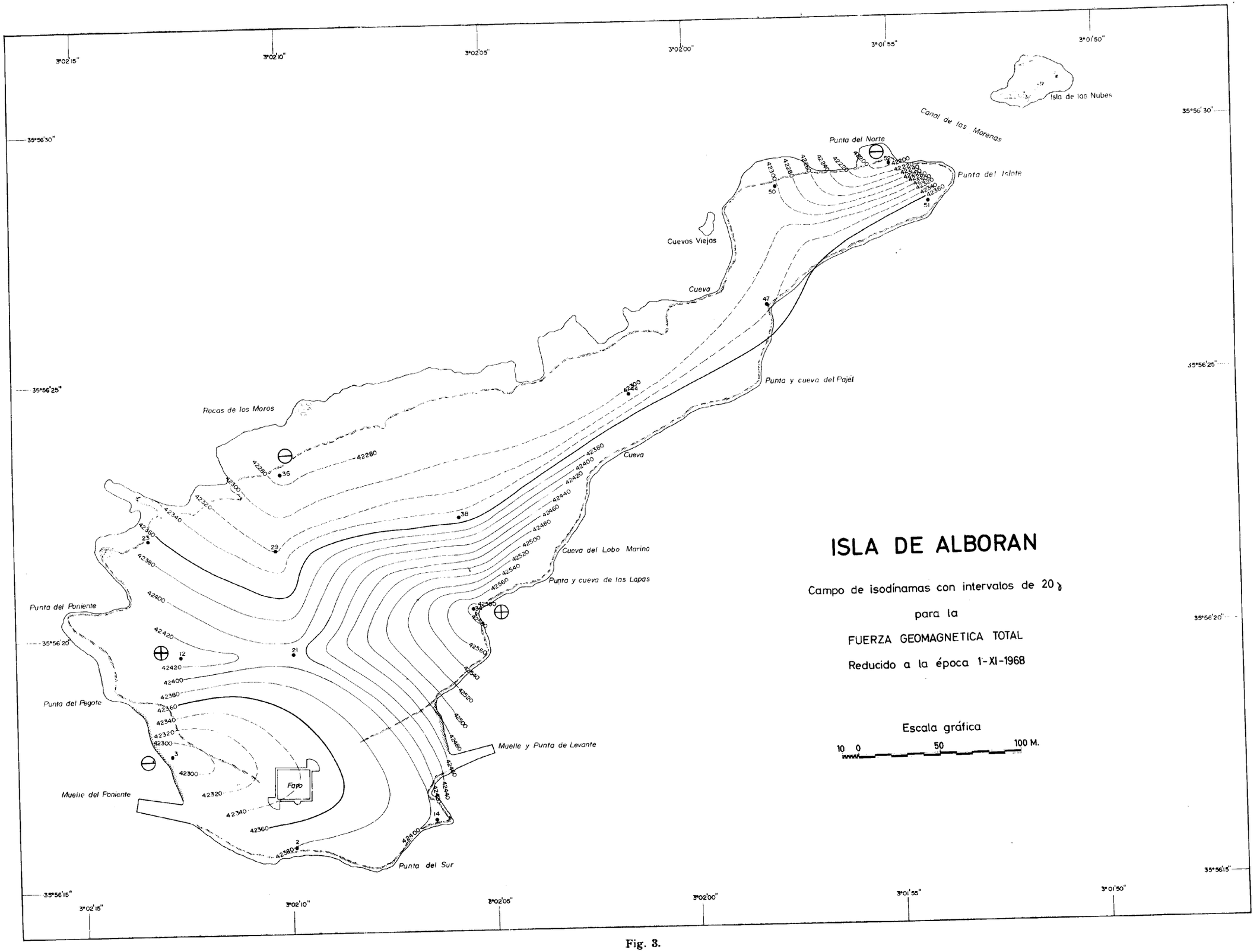

ISLA DE ALBORAN
Campo de isodinamas con intervalos de 20 γ
para la
FUERZA GEOMAGNETICA TOTAL
Reducido a la época 1-XI-1968
Escala gráfica
10 0 50 100 M.
Isla de las Nubes
Canal de las Morenas
Punta del Norte
Punta del Islote
Cuevas Viejas
Cueva
Punta y cueva del Pajel
Rocas de los Moros
Cueva del Lobo Marino
Punta y cueva de las Lapas
Punta del Poniente
Punta del Pegote
Muelle y Punta de Levante
Muelle del Poniente
Faro
Punta del Sur
3°02'15"
3°02'10"
3°02'05"
3°02'00"
3°01'55"
3°01'50"
35°56'30"
35°56'25"
35°56'20"
35°56'15"

Fig. 3.

de líneas isodinámicas. Cual en el caso precedente ha sido reforzado el trazo de la isolínea (42360 γ), que entraña el valor más próximo al representativo del promedio (42353 γ), de los valores absolutos colegidos para las 15 estaciones de F y que, cual antes, también consideramos fronteriza entre las áreas ocupadas por anomalías positivas y las que constituyen la sede para las negativas; subrayemos el carácter relativo implícito a estas anomalías, pues, cual vimos precedentemente, las anomalías absolutas de F presentan signo positivo en todas las estaciones, hecha abstracción de la número 52, que, no obstante presentar una anomalía absoluta de + 200 γ para H, evidencia una anomalía absoluta de — 43 γ para F. Por lo demás, en este mapa de isodínamas para F también se produce el hecho de que, coincidiendo sensiblemente con la dirección del eje mayor de la isla, aparezca orientada la línea neutra asimismo fronteriza entre el sector N.NW., donde se concentran las anomalías negativas, y el sector S.SE., donde se expanden las anomalías positivas.

Con todo, la similitud entre los campos de isodínamas para H y F se desvanece un tanto cuando se someten a más detalladas observaciones y comparaciones. En efecto, hemos visto que las isodínamas de H apenas sugieren otra cosa que anomalías absolutas de signo constantemente positivo e intensidades progresivamente crecientes desde el N.NE. hacia el S.SW., mientras que, según refleja la figura 3, el campo de isodínamas para F muestra interesantes novedades que rompen o enmascaran la monotonía entrañada por el campo de isodínamas para H. Por ejemplo, el segmento occidental de la línea neutra se dirige claramente hacia el SW. en el mapa de H mientras que lo hace hacia el W.NW. en el mapa de F, donde, en consecuencia, la anchura de la franja dibujada por la anomalía negativa septentrional mengua hasta el extremo de que, mientras en el mapa de H la estación número 23 presenta una anomalía negativa tan intensa que jalona su ombligo, en el mapa de F se observa que la línea neutra discurre al N. de dicha estación (que, en consecuencia, resulta ubicada en el dominio de las anomalías positivas) y, desplazado unos 100 metros hacia el E.NE., dicho mínimo circunda a la estación número 36. Por su parte, en el mapa de F no se evidencia el mínimo sugerido para H por las estaciones números 44 y 55, lo que, no obstante, puede estar parcialmente justificado por el hecho de no disponer de referencias para F en la segunda de las citadas estaciones; no acaece otro tanto con el mínimo de H que orla a la estación número 52, puesto que, además de subsistir, presenta una intensidad muy superior en el mapa de F.

Continuando el análisis de las discrepancias existentes entre los campos de isodínamas para H y F, todavía es más importante la traducida en el mapa de F por la aparición, en el extremo más suroccidental de la isla, de una segunda anomalía negativa, cuya envolvente línea neutra se extiende hacia Levante con tal amplitud, que el Faro queda netamente inmerso en aquella área deficitaria. Traduciendo claramente su delimitación meridional, este cuadro evidencia en la anomalía positiva la existencia de dos polos o vértices de máximo que, representados por la estaciones números 12 y 34, jalonan nítidamente su arrumbamiento desde el W.SW. hacia el E.NE.; es decir, en una dirección ligeramente divergente respecto a la jalonada por los ombligos deficitarios evidenciados por la anomalía que orla el litoral septentrional. Y por lo que atañe a la anomalía negativa meridional, cabe mencionar la observación de que ocupa una superficie netamente alargada, cuyo eje mayor se extiende entre las estaciones números 3 y 4.

Indudablemente interesante es la puntualización de las discrepancias existentes entre los arrumbamientos sugeridos por los polos enmarcados en cada una de las tres anomalías evidenciadas en el campo de isodínamas para F. La figura 3 sugiere claramente que mientras el eje de la anomalía negativa septentrional (estaciones números 36 y 52) se orientan de W.SW. a E.NE., el correspondiente a la anomalía positiva (estaciones números 12 y 34) lo hace en una dirección W.-W.SW. a E.-E.NE. y, finalmente, el inherente a la anomalía negativa meridional (estaciones números 3 y 4) se dirige en el rumbo W.-W.NW. a E.-E.SE.; es decir, que entre los tres ejes se advierte una clara divergencia hacia Levante o, lo que es igual, una convergencia occidental obviamente delatora de una concentración de los factores anomalógenos en el extremo suroccidental de la isla.

Refiriéndonos por último a los valores máximos inherentes a las anomalías de F, advertiremos que a las magnitudes absolutas de + 55 γ y — 43 γ, mostradas por los ombligos de la anomalía negativa septentrional (estaciones números 36 y 52) corresponden, respectivamente, unas anomalías relativas de — 79 γ y — 176 γ. Por su parte, los vértices de la anomalía positiva centrados en las estaciones números 12 y 34 presentan intensidades absolutas de + 214 γ y + 366 γ, correspondiéndoles, respectivamente, unas anomalías relativas de + 79 γ y + 232 γ. Finalmente, aunque la anomalía meridional que orla a la estación número 3 muestra en este ombligo una intensidad absoluta de + 63 γ, debe retenerse que le corresponde una anomalía relativa de — 72 γ.

Ya hemos advertido que la componente vertical refleja con la máxima nitidez las heterogeneidades petrográficas del substrato, siempre y cuando lle-

ven implícitas variaciones laterales de susceptibilidad magnética traducidas en sus coeficientes de imanación. Así se comprende que, paralelamente a su mayor significación geológica, los campos de isodínamas para Z entrañen la máxima complejidad cartográfica, razón por la cual hemos reservado precisamente para este lugar la presentación de las anomalías mostradas por la componente vertical en la isla de Alborán, que hemos calculado en la figura 4, donde se evidencia la ubicación, extensión superficial, morfología e intensidad inherentes a estas anomalías; cual en los casos precedentes, las isolíneas entrañan asimismo la significación de isodínamas que también han sido escalonadas con intervalos de 20 γ.

Al igual que en los mapas precedentes, ha sido reforzado el trazo de la isodínama correspondiente al valor (32740 γ) más próximo al promedio (32739 γ) de los valores absolutos obtenidos en las 53 estaciones donde fue determinada la magnitud de esta componente; lo mismo que en los casos predecentes, esta isodínama lleva implícito el carácter de línea neutra o fronteriza entre los dominios inherentes a las anomalías positivas y a las negativas. Recordemos, por último, el aspecto relativo anexo a estas anomalías, pues, cual vimos precedentemente, las anomalías absolutas de Z fueron calculadas para cada estación mediante confrontamiento entre los valores reales u observados y los proporcionados por el cálculo en el supuesto teórico de un campo homogéneo, caracterizado por la distribución geográfica regular o «normal» del valor absoluto de sus elementos.

Oportunamente ya hemos tenido ocasión de advertir que los valores y, singularmente, los signos de las anomalías absolutas evidencian nítidamente una diversificación progresiva entre la H y la Z, pasando por la F. En efecto, las 19 estaciones de H muestran anomalías positivas con valores absolutos fluctuantes entre + 121 γ y + 448 γ, mientras que entre las 53 estaciones de Z solamente 14 presentan signo positivo y valores absolutos comprendidos entre + 4 γ y + 782 γ, mostrando 37 de ellas signo negativo y valores absolutos comprendidos entre — 3 γ y — 247 γ, siendo totalmente normales los valores obtenidos en las dos estaciones restantes. Por lo demás, aquella significación o carácter intermedio imputado a la fuerza total F resulta totalmente confirmado por los signos y valores inherentes a las anomalías absolutas evidenciadas por las 15 estaciones disponibles al efecto: 14 de ellas presentan signo positivo y valores absolutos netamente inferiores a los de H (fluctúan entre + 55 γ y +366 γ), mientras que en la estación restante presenta signo negativo (sin precedente en H) y valor absoluto de 43 γ.

Consecuencia de todo ello es el hecho de que, cual refleja la figura 4, el campo de isodínamas y anomalías relativas de Z, también presente complejidad superior a la evidenciada por la fuerza total y, consecuentemente, por la componente horizontal.

Al subsistir la franja de anomalías negativas orlando el litoral septentrional, resulta certificada su real e importante significación geológica. El ombligo o mínimo más occidental (con anomalía relativa de — 99 γ y absoluta de — 119 γ) aparece claramente cernido en torno a la estación número 29 que, en cierto modo, puede considerarse ubicada en un punto intermedio entre las número 23 (en la que se centra el mínimo de H) y número 36 (en la que se centra el mínimo de F); según esto, conservando la longitud geográfica inherente al mínimo de F, el mínimo de Z aparece desplazado hacia el S. hasta alcanzar la latitud correspondiente al ombligo de H. Por su parte, el mínimo central con anomalías relativas de — 72 γ y absoluta de — 92 γ parece involucrar en el campo de Z a la estación número 39, sugiriendo un desplazamiento occidental respecto al mínimo de H, que parecía orlar las estaciones números 44 y 55, mientras que parece desvanecido en el mapa de F. Finalmente, cual en los campos de H y F, el mínimo oriental de Z subsiste arraigado en torno al extremo septentrional de la isla (estación número 52) entrañando una importante anomalía relativa (— 198 γ) y absoluta (— 220 γ), lo que viene a subrayar la realidad e importancia de las factores geológicos condicionantes.

Lo mismo que en el caso de F, y a diferencia del de H, el campo de isodínamas para la componente vertical evidencia la existencia de una franja de anomalías positivas que, yuxtapuesta al borde meridional de la predescrita banda de anomalías negativas, también presenta hacia el meridiano del Faro una peculiar e importante angostura en la dirección N.-S., aneja a una notable debilitación de intensidad que coadyuva a subrayar la importancia de los máximos presentados por esta anomalía positiva al W. y al E. de aquel meridiano. El máximo occidental parece ubicarse en el fondo submarino de los aledaños de la Punta del Poniente, donde nuestra estación número 8 evidencia anomalías de + 163 γ (relativa) y + 143 γ (absoluta). Orlando la estación número 34 en el campo de H, la anomalía positiva oriental aparece desplazada unos 25 metros hacia el S en el caso de la Z, puesto que se cierne en torno a la estación número 31, cuya anomalía relativa es de + 800 γ, y la absoluta de + 782 γ. Por lo demás, los campos de F y Z permiten advertir cierta discrepancia en la traza de los bordes de esta anomalía o vértice positivo oriental; efectivamente en el campo de F su borde septentrional se prolonga

hasta el extremo oriental de la isla, pasando al N. de la estación número 51, mientras que en el campo de Z dicho borde se incurva y pasa a ser submarino unos metros al S. de la Punta del Pajel; por lo que atañe al borde meridional, el campo de Z evidencia una orientación bastante próxima a la W.-E. atravesando enteramente la isla entre los bordes septentrionales de las caletas de Poniente y Levante, mientras que en el caso de F se incurva hacia el S y posteriormente hacia el W., envolviendo al Faro y dejando inmerso el sector de Punta del Sur en el área de anomalías negativas, mientras que en el área comprendida entre el Faro y la Caleta de Poniente aparece una segunda anomalía negativa que toma auténtica carta de naturaleza en el campo de isodínamas para Z.

En efecto, atravesando por completo la isla y mostrando los extremos de sus bordes sensiblemente coincidentes con los de las caletas de Poniente y Levante, el campo de Z evidencia nítidamente una amplia banda deficitaria que, extendida entre ambas caletas, dibuja dos mínimos. Al igual que en el campo de F., el mínimo occidental presenta su ombligo en la estación número 3, que, emplazada hacia el centro de la caleta de Poniente, evidencia para Z anomalías de — 229 γ (relativa) y de — 247 γ (absoluta). Por su parte, el mínimo oriental aparece extendido entre la estación número 19 y la número 10, que entraña una intensidad ligeramente superior para sus anomalías relativa (— 157 γ) y absoluta (— 175 γ).

Anotemos finalmente que una interesante novedad sugerida por el campo de isodínamas para Z consiste en la aparición del borde de una segunda anomalía positiva que, sin género de dudas, se extiende hacia mediodía del borde meridional de la isla, donde su iniciación o borde septentrional es evidenciado tanto hacia el SW. (anomalía relativa de + 18 γ, correspondiente a la estación número 1) como hacia el SE. (traza e intensidad de las isodínamas envolventes de las estaciones números 4, 9 y 14).

V. Descripción y ensamblamiento de las áreas perturbadas

A lo largo de la exposición precedente ha podido observarse que, en cada elemento geomagnético y para el conjunto de los valores observados, se mantienen sensiblemente constantes las discrepancias existentes entre los valores correspondientes a las anomalías absolutas y los inherentes a las respectivas anomalías relativas. De otro lado ha quedado bien patente que, a causa de llevar implícita una mayor versatilidad en los signos de sus valores, las anomalías relativas de áreas tan reducidas cual la de Alborán, resultan mucho más expresivas que las anomalías absolutas cuyo signo se mantiene sensiblemente constante en sectores de tan limitada extensión superficial. Y como, por otra parte, nuestras representaciones cartográficas evidencian muy explícitamente la situación, extensión, forma e intensidad de las anomalías relativas, las precedentes razones nos han aconsejado apoyarnos en estas anomalías a la hora de efectuar la interpretación geológica de los resultados de nuestro levantamiento.

En síntesis, ha quedado evidenciado el hecho de que la isla de Alborán presenta una serie de anomalías negativas y positivas que, netamente alargadas en una dirección próxima a la W.-E. y con signo alternante, franjean de N. a S. toda la superficie insular, culminando sus intensidades en vértices u ombligos cuya ubicación jalona nítidamente aquella disposición.

Sensiblemente paralela al litoral septentrional de la isla y constituyendo una franja continua con anchura próxima a los 100 metros, aparece una anomalía negativa hacia el N.NW. de una línea aproximadamente extendida entre las puntas del Poniente y del Islote. Dentro de esta área los ombligos o mínimos de H aparecen en las estaciones números 23 (— 155 γ), número 44 (— 116 γ), número 55 (— 109 γ) y número 52 (— 77 γ), centrándose los de Z en las número 29 (— 98 γ), número 39 (— 71 γ), número 43 (— 66 γ) y número 52 (— 197 γ), mientras que los de F surgen en las número 36 (— 79 γ) y número 52(— 176 γ). Obsérvese que estos diez focos deficitarios se ciñen en torno a ocho estaciones cuya distribución relativa desde el W. hacia el E. —números 23, 29, 36, 39, 43, 44, 55 y 52— jalonan perfectamente la orientación y continuidad, entre los extremos occidental y oriental de la isla, para esta franja septentrional de anomalía negativa. De otro lado, la estación número 52 merece ser destacada, pues, aparte de ser la única en torno a la que se centran áreas deficitarias para todos los elementos vectoriales considerados (H, Z y F), se da la circunstancia de que mientras el valor absoluto de su anomalía para H es el más reducido de los cuatro evidenciados para esta componente en la franja deficitaria considerada, acaece todo lo contrario con los valores absolutos de sus anomalías para Z y F, puesto que duplican con creces a los mostrados por los restantes núcleos deficitarios evidenciados para estos elementos por la zona de anomalía negativa que los enmarca; la significación de estos dos hechos nos parece tan obvia cual convergente, ya que, tanto la capitidisminución del valor absoluto de la anomalía negativa para H, como el gran incremento en los valores absolutos de las inherentes a Z y F, indican alejamiento de los factores

anomalógenos tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Yuxtapuesta al borde meridional de la precedente y extendida hacia el S. hasta una línea sensiblemente coincidente con la jalonada por los bordes septentrionales de las caletas de Poniente y Levante, aparece una nueva franja anómala que muestra signo positivo. En ella se enmarcan los vértices que aparecen centrados para H en las estaciones número 34 (+ 172 γ) y número 51 (+ 23 γ), para Z en las números 8 (+ 164 γ), número 16 (+ 19 γ), número 20 (+ 16 γ) número 31 (+ 801 γ) y número 37 (+ 144 γ), resultando ubicadas para F en las números 12 (+ 79 γ) y número 34 (+ 232 γ). Como puede observarse, estos nueve máximos implican a otras ocho estaciones cuya distribución relativa desde el W. hacia el E. —números 8, 12, 16, 20, 31, 34, 37 y 51— jalona la orientación y extensión de esta banda de anomalía positiva que, a partir de un meridiano muy próximo al centro de la isla, parece prolongarse por sus aledaños submarinos, ya que resulta interceptada por su litoral meridional entre las cuevas del Lobo Marino y del Pajel. Parece bastante normal la dispersión geográfica mostrada por los valores absolutos de las anomalías positivas presentadas por los diversos elementos; en el caso de H, la estación número 51 parece jalonar la prolongación oriental de esta franja positiva y, por lo demás, su débil valor absoluto (+ 23 γ) comienza a insinuar alguna proximidad horizontal para los factores anomalógenos que, obviamente, deben ubicarse mucho más próximos a la estación número 34, pues, aparte de jalonar otro vértice de H mucho más intenso (+ 172 γ), también implica un importante máximo (+ 232 γ) para F. Con la sola excepción de la precitada estación número 51, todas cuantas en esta franja jalonan vértices positivos para H, Z o F se ubican concentradas en la mitad occidental de la isla y, más concretamente, entre las puntas de Poniente y de las Lapas, siendo destacable el hecho de que cinco de los ocho vértices de máximo evidenciados entre todos los elementos geomagnéticos resulten corresponder a la Z, que, cual hemos indicado, es el elemento más explícito a la hora de las interpretaciones geológicas. A este respecto merece subrayarse la dispersión ofrecida por las intensidades correspondientes a los cinco máximos de Z; en la Punta de Poniente (estación número 8) la intensidad alcanza el importante valor de + 164 γ, y apareciendo extraordinariamente capitidisminuido en las estaciones número 16 (+ 19 γ) y 20 (+ 16 γ), más adentradas en la isla, se incrementa extraordinariamente en las estaciones ubicadas en el litoral oriental, donde alcanza valores comprendidos entre + 144 γ (estación número 37) y + 801 γ (estación número 31). Por lo que atañe a los vértices de F, además del que ensamblado con otro de H y mostrando importante intensidad (+ 232 γ) es evidenciado por la estación número 34, ubicada en el litoral oriental, aparece otro de ellos con mediana intensidad (+ 79 γ) centrado en la estación número 12, ubicada hacia un punto intermedio entre el sector central de la isla y su litoral occidental.

Indudablemente que, a efectos interpretativos, la banda de anomalías negativas descrita precedentemente y la de anomalías positivas a que terminamos de referirnos, deben ser ensambladas en un sólo dipolo o anomalía geomagnética que, por lo demás, presenta una dispersión geográfica totalmente normal (mínimo ubicado al norte geomagnético del máximo) y para el que han sido evidenciadas intensidades máximas de: 327 γ para H (número 23 = — 155 γ y número 34 = + 172 γ), 408 γ para F (número 52 = — 176 γ y número 34 = + 232 γ) y 998 γ para Z (número 52 = — 197 γ y número 31 = + 801 γ), confirmando, como es lógico, una vez que la intensidad máxima de las anomalías de F se intercala entre las relativas a sus componentes H y Z.

Prosiguiendo nuestra descripción hacia el mediodía insular, se advierte que, adosada al borde meridional de la franja de anomalías positivas a la que habíamos terminado de referirnos, se extiende una segunda banda de anomalías negativas, los extremos de cuyos bordes septentrional y meridional resultan aproximadamente coincidentes con los de los entrantes o caletas de Poniente y de Levante. Jalonada por el déficit inherente a F en la estación número 3 (— 72 γ) y, particularmente, por los mostrados por Z en la propia estación número 3 (— 228 γ) y en las número 10 (— 156 γ) y número 27 (— 85 γ), esta franja anómala negativa atraviesa enteramente aquel sector meridional de la isla. Su extremo occidental resulta jalonado por la estación número 3, que, efectuada en el sector central de la pequeña playa depositada en la ensenada de Poniente, presenta la singularidad de evidenciar mínimos para Z (— 228 γ) y F (— 72 γ), mientras que para H entraña un notable vértice o anomalía positiva (+ 125 γ) indicatriz de la supremacía que, sobre los factores condicionantes de aquellos signos deficitarios, ejerce la proximidad (en el plano horizontal) de los factores determinantes del signo positivo en las anomalías.

Finalmente, el borde meridional de esta última franja deficitaria aparece orlado por una segunda banda de anomalías positivas que, sutilmente iniciadas en el borde más meridional de la isla, deban alcanzar su máxima amplitud e intensidad en los inmediatos aledaños de aquel substrato oceánico. Desconsiderando los valores absolutos de las

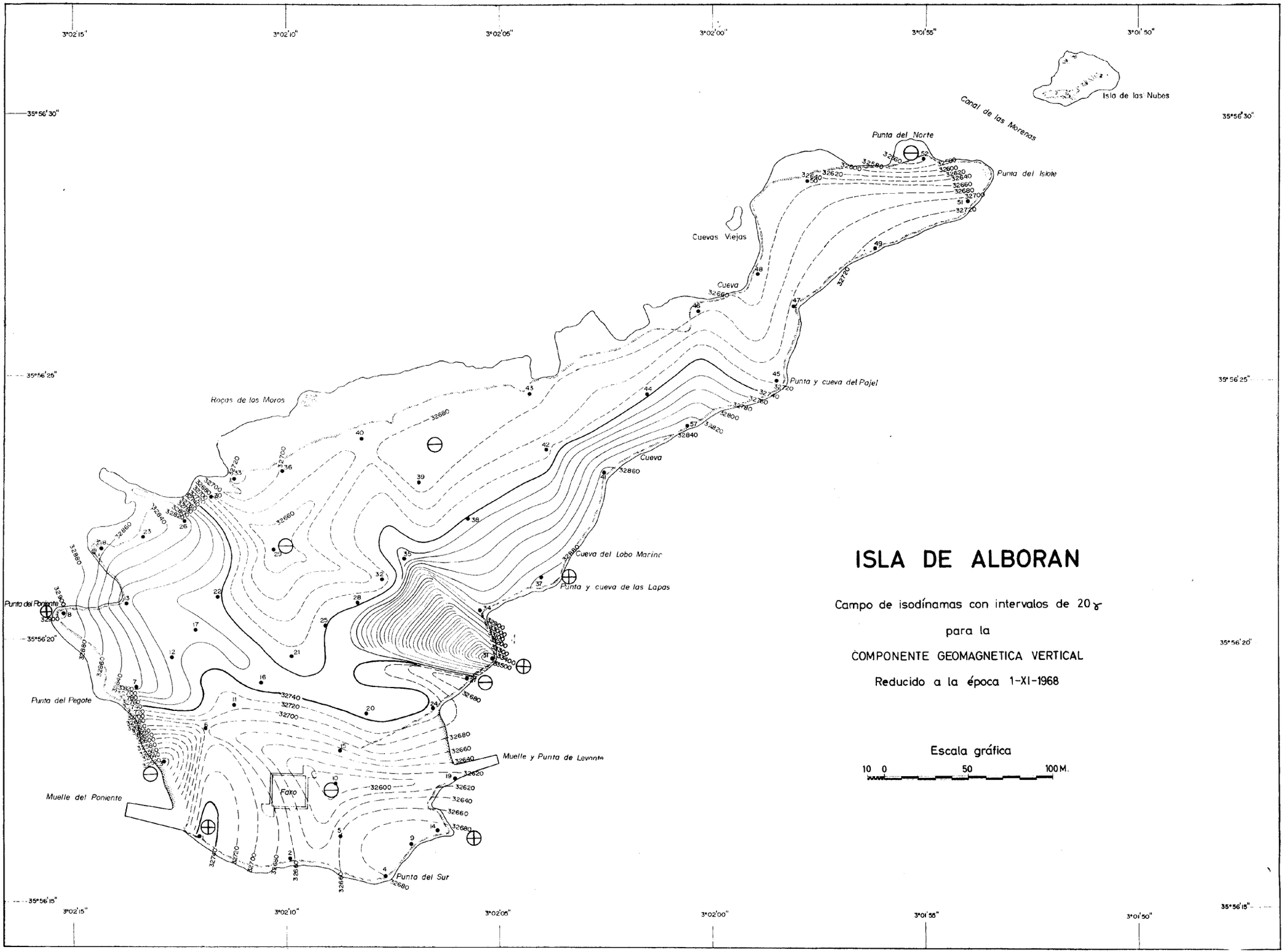

3°02'15"
3°02'10"
3°02'05"
3°02'00"
3°01'55"
3°01'50"
35°56'30"
35°56'25"
35°56'20"
35°56'15"
Isla de las Nubes
Canal de las Morenas
Punta del Norte
Punta del Islote
Cuevas Viejas
Cueva
Punta y cueva del Pajel
Rocas de los Moros
Cueva del Lobo Marino
Punta y cueva de las Lapas
Punta del Poniente
Punta del Pegote
Muelle y Punta de Levante
Muelle del Poniente
Faro
Punta del Sur
ISLA DE ALBORAN
Campo de isodínamas con intervalos de 20 γ
para la
COMPONENTE GEOMAGNETICA VERTICAL
Reducido a la época 1-XI-1968
Escala gráfica
10 0 50 100 M.

Fig. 4.

anomalías mostradas por H (ya vimos que en la mitad meridional de la isla presentan sistemáticamente signo positivo e intensidad creciente hacia el borde meridional), la presencia del precitado máximo se colige de las consideraciones siguientes. Aun cuando presenta débiles anomalías negativas para Z (absoluta = 62 γ y relativa = — 44 γ), son tan intensos los máximos para H mostrados por la estación número 14 (absoluta = + 367 γ y relativa = + 92 γ), que llegan a condicionar el signo positivo y hasta una notable intensidad en las anomalías (absoluta = + 185 γ y relativa = + 50 γ) del vector resultante o fuerza geomagnética total F. En las inmediatas estaciones números 9 y 4, únicamente fue determinado el valor de Z, que entraña anomalías negativas de intensidad equiparable a la de la precitada estación número 14, tanto en sus respectivos valores absolutos (— 75 γ y — 73 γ) como relativos (— 57 γ y — 55 γ). Ubicada unos 25 metros al N. de aquel litoral, la estación número 5 nos proporcionó un valor de Z conducente a anomalías asimismo negativas, pero que lógicamente presentan una intensidad (absoluta = — 97 γ y relativa = — 79 γ) sensiblemente superior a la de las estaciones estrictamente litorales. No es menos expresiva la estación número 2, donde fueron determinadas H y Z, pues, aun proporcionando anomalías negativas para Z (absoluta = — 92 γ y relativa = — 74 γ), son tan intensas las anomalías positivas mostradas por H (absoluta = + 372 γ y relativa = + 97 γ), que, cual en el caso de la estación número 14, llegan a condicionar el signo positivo para las anomalías de F (absoluta = + 165 γ y relativa = + 30 γ). Registrado en tres estaciones (números 3, 2 y 14), muy próximas entre sí y festoneantes del borde meridional de la isla, el hecho de que la intensidad alcanzada por las anomalías positivas de H se baste para determinar el signo positivo y la notable intensidad de las anomalías de F, no obstante el signo negativo inherente a las correspondientes anomalías de Z, indica claramente —al igual que la mermada intensidad presentada por estas últimas— la inmediata vecindad del área de anomalías positivas para Z, sobre cuyo borde septentrional resultó ubicada la estación número 1 (anomalía absoluta = 0 γ), ligeramente inmersa en dicho máximo, juzgando por el signo de su débil anomalía relativa (+ 18 γ).

Resumiendo, volvemos a encontrarnos ante un nuevo dipolo a anomalía geomagnética con disposición geográfica asimismo normal, cuya intensidad máxima no nos es posible colegir a causa de que el litoral más meridional de la isla corta a este nuevo dipolo ligeramente hacia mediodía de su línea neutra.

VI. Interpretación geológica

La masa rocosa integrante de la isla de Alborán es enteramente de origen eruptivo, pareciendo constituir el flanco N.NE. depositado por eyecciones magmáticas que, esencialmente submarinas, debieron operarse a través de geoclasas abiertas en un yacente sobre cuya naturaleza calcodolomítica tenemos algunas evidencias. Este cuadro geológico facilita notablemente la interpretación de las anomalías geomagnéticas que, de tal guisa, resultan claramente imputables a los coeficientes de imanación inherentes a aquellas rocas eruptivas y a sus eventuales segregaciones locales de minerales ferromagnéticos.

En esencia, la susceptibilidad magnética de las rocas eruptivas está condicionada por la naturaleza y la concentración de los minerales ferromagnéticos diferenciados en aquéllas, cuya proporción puede estimarse cual progresivamente creciente desde los magmas más ácidos hacia los más básicos. Con todo, es preciso retener que marginalmente a aquella susceptibilidad magnética, la magnitud de los coeficientes de imanación presentados actualmente por las rocas eruptivas pudo estar, en cierta medida, condicionada por otros factores relacionados con su consolidación, entre los que merecen ser destacadas las características locales mostradas por el campo geomagnético durante el período inherente al enfriamiento magmático y la subsiguiente diferenciación mineral y, singularmente, a partir del momento en que la temperatura comenzó a quedar por debajo del correspondiente punto crítico (de Curie); anotemos todavía la posibilidad de que, aún en el supuesto de una constancia cualitativa y cuantitativa de los minerales segregados, parece ser que ejerce cierto influjo la velocidad imputable al proceso de consolidación magmática.

En el concreto caso de Alborán, el problema entraña una singular faceta debido a que, aun siendo íntegramente de naturaleza eruptiva, cerca del 90 por 100 de su masa rocosa está constituida por auténticas tobas volcánicas cuyas litofacies evidencian claramente su deposición submarina. Hacia la parte superior de aquella secuencia litológica es donde únicamente arman dos típicas coladas de basaltos que delatan una consolidación subaérea, representando un volumen ligeramente inferior al 6 por 100 de la masa actualmente emergida en la isla. De otro lado, interestratificadas entre las potentes formaciones tobáceas, arman delgadas intercalaciones cuneiformes (invariablemente aguzadas hacia el N.-NE.) de pudingas brechoides que, exclusivamente integradas por cantos eruptivos y representando alrededor del 5 por 100 respecto al

volumen total emergido en la masa insular, constituyen un auténtico mosaico o muestrario de rocas imputables a los términos comprendidos entre los mesocratas y melanocratas sin que, por ello, queden ausentes los ejemplares de sílice libre (cuarzo, ópalos, jaspes, etc,). Entre los términos melanocratas parecen figurar elementos piríticos así como rocas verdes totalmente parangonables con algunas de las que, generalmente englobadas con el común denominador de «peridotitas», arman en el núcleo del denominado *bético de Málaga* y, por supuesto, con las que constituyen los enormes pitones intrusivos que perforan las estructuras diapíricas arumbadas a lo largo de la supuesta prolongación oriental, por tierras de Murcia y Alicante, del mencionado bético malagueño. Puntualicemos, finalmente, que las precitadas masas de sílice libre aparecen esencialmente concentradas en los términos más recientes de la secuencia eruptiva de Alborán, sugiriendo claramente su relación con los últimos estadios del magmatismo, análogamente a lo que es dable observar en los macizos «peridotíticos» de Málaga y en los doleríticos de Murcia y Alicante.

En suma, parece concluirse la probabilidad de que los distintos tipos de rocas eruptivas observables en Alborán deben representar o ser atribuidos a los sucesivos estadios eyectivos a cualquier ciclo normal de actividad magmática; por lo demás, la acusada basicidad sugerida por las rocas para el magma madre parece subrayada por la relativa frecuencia o notable contenido de pequeñas diferenciaciones o segregaciones de minerales ferromagnéticos puros (oligisto, etc.), que constituyen otro aspecto de la analogía existente entre las rocas de Alborán, las «peridotitas» malagueñas y las doleritas murcianas y alicantinas.

Ya hemos indicado que las típicas tobas volcánicas de Alborán representan muy cerca del 90 por 100 de la masa rocosa emergida en aquella isla, siendo previsible que estas rocas deben ejercer muy escaso influjo perturbador en el campo geomagnético a causa de su consolidación submarina. En efecto, los minerales diferenciados durante el brusco enfriamiento magmático submarino debieron subsistir en turbulenta flotación durante cierto período antes de su sedimentación para formar las tobas, en las que aquellos minerales debieron resultar aprisionados en las orientaciones más diversas y dispares respecto a aquellas en que fueron sorprendidos por los procesos de consolidación e imanación. Según esto, las tobas volcánicas deben caracterizarse por una dispersión total en la orientación espacial de los vectores inherentes a los momentos magnéticos de cada uno de sus gránulos traduciéndose en resultantes tan sumamente neutralizadas o capitidisminuidas que, en la práctica, pueden ser parangonados con los coeficientes de imanación habituales de las rocas sedimentarias.

Lógicamente, no acaece otro tanto cuando las rocas segregadas por el magma se consolidaron en el seno de geoclasas formando chimeneas o diques sumamente idoneos para la generación de importantes perturbaciones geomagnéticas. Sin embargo, debemos puntualizar que cuando tales diques o filones resultaron destruidos por ulteriores explosiones volcánicas, abrasión, etc., resultando transmutados en depósitos de brechas conglomeráticas, los elementos que integran estas formaciones sedimentarias quedaron depositados y cementados en orientaciones sumamente diversas y dispares respecto a las que poseían inicialmente al consolidarse en los tapones obturadores del recinto magmático, razón por la cual tales brechas conglomeráticas se comportan análogamente a las tobas, por lo que atañe a su escaso influjo perturbador del campo geomagnético.

Resumiendo, las anomalías geomagnéticas de Alborán, parece que deben relacionarse fundamentalmente con la existencia de pitones magmáticos consolidades en el substrato a lo largo de geoclasas que, amén de justificar su alineación en el plano horizontal, pueden permitir en mayor o menor grado su anastomosis en auténticas crestas filonianas enraizadas en el substrato. Tanto la existencial real de estos diques probablemente arrosariados como su extensión y arrumbamiento deben reflejarse o traducirse en el emplazamiento superficial, la morfología y la extensión horizontal de las anomalías geomagnéticas, cuya intensidad también puede facilitar alguna indicación acerca de la profundidad relativa conferible a las culminaciones de aquellas apófisis magmáticas consolidadas en el yacente. Debe retenerse que la intensidad de las anomalías puede verse incrementada de un modo muy local y esporádico a causa de la eventual existencia en el substrato de pequeñas segregaciones o acumulaciones de minerales ferromagnéticos (oligisto, etc.).

La consideración de toda esta serie de premisas viene a facilitar la interpretación de las anomalías geomagnéticas evidenciadas en Alborán, singularmente las inherentes a la componente geomagnética vertical Z. Aunque poco probable, no puede ser enteramente descartada la posibilidad de que en el sector marino extendido hacia el E.NE. de la isla existan otras extrusiones magmáticas cuyo menor volumen o importancia pudo impedirles su emersión marina. En todo caso, el hecho es que las anomalías magnéticas detectadas en aquella isla se relacionan exclusivamente con eyecciones magmáticas en el substrato del actual ámbito insular y, marginalmente, con las raíces de las extrusiones acaecidas en los aledaños submarinos de

su litoral más meridional, habiendo proporcionado la totalidad de los materiales rocosos constitutivos de la masa actualmente emergida.

La anomalía más boreal queda integrada por la banda deficitaria septentrional y su cortejo meridional de anomalías positivas débilmente anastomosadas entre sí. Es importante retener que la intensidad de la banda deficitaria aparece progresivamente incrementada hacia el extremo más septentrional de la isla (donde su signo negativo termina afectando a todos los vectores considerados), pues tal disposición indica claramente que las intrusiones o apófisis de rocas básicas responsables de dicha anomalía quedan ubicadas hacia mediodía del sector ocupado por aquella ancha franja de mínimos, o más concretamente, en la zona de transición hacia las importantes anomalías positivas evidenciadas por la Z que, débilmente anastomosadas entre sí en el sector situado unos 50 metros al N. del Faro, constituyen una alineación arrumbada desde la Punta del Poniente hacia el E. 14° N. Según esto, hacia la línea fronteriza entre la franja deficitaria septentrional y la banda de anomalías positivas yuxtapuesta al borde meridional de aquélla, deben armar en el substrato sendas apófisis de rocas básicas que, ligeramente anastomosadas entre sí, deben constituir a modo de arrosariados filones o diques arrumbados de W. 14° S. a E. 14° N.; esta perfecta alineación de las anomalías (y, por tanto, de las masas anomalógenas) aconseja eliminar la posibilidad de relacionarlas con la presencia de acúmulos de segregaciones minerales ferromagnéticas (oligisto, etc.), pues, lógicamente, deberían dispersarse mucho más irregularmente. Así, pues, parece ofrecer pocas dudas aquella interpretación, pese a que tales apófisis lávicas no sean observables en la superficie insular, donde pudieran estar fosilizadas por el manto de loess que tapiza la isla (2), o por las coladas tobáceas que constituyen la isla y muy bien pudieran mostrar alguna solución de continuidad ocluida por aquel depósito eólico; de hecho, observando atentamente los buzamientos subseptentrionales mostrados por las tobas a lo largo de todo el perímetro insular, se advierte la existencia de cierta disrupción entre los buzamientos del litoral septentrional y los del meridional, que muy bien podría relacionarse con la existencia de una dislocación en las tobas que pudo facilitar, o ser producida, por las eyecciones de rocas básicas sugeridas por nuestras anomalías geomagnéticas. Los mencionados buzamientos subseptentrionales mostrados constantemente por las tobas evidencian nítidamente una procedencia más meridional para las extrusiones que proporcionaron los materiales integrantes de aquellos depósitos tobáceos; de ello, se sigue que las extrusiones lávicas sugeridas por esta anomalía septentrional entrañaron el carácter de pioneras en este ciclo magmático, a no ser que se trate de erupciones abortadas en el substrato (tobáceo o infratobáceo), donde pueden armar constituyendo pequeños lacolitos algo anastomosados entre sí merced a su gran proximidad recíproca.

Pasando ahora a la anomalía meridional, hemos de subrayar que también muestra una facies normal, puesto que su mínimo aparece ubicado al N. del correspondiente máximo que, únicamente presentido en su borde septentrional (estaciones que orlan el litoral más meridional de la isla) debe suponérsele extendido por el ámbito marino de los aledaños más inmediatos a dicho litoral. El mínimo integrante de la parte septentrional de esta anomalía dibuja una segunda banda de anomalías negativas cuya amplitud y ubicación resultan aproximadamente coincidentes con los límites septentrional y meridional de los dos profundos senos o entrantes dibujados por el litoral en las denominadas caletas de Poniente y Levante que, por cierto, han sido esculpidas a favor de una potente (13,7 m) formación tobácea imputable (1) a la tercera de las erupciones sugeridas por las rocas actualmente emergidas en la isla. El borde meridional de esta banda geomagnéticamente deficitaria resulta sensiblemente coincidente con la traza del litoral más meridional de la isla donde, lógicamente, quedó detenido nuestro levantamiento, impidiéndonos evidenciar la morfología, amplitud e intensidad de este máximo que, indudablemente, debe resultar mucho más importante que los de la banda positiva septentrional habida cuenta de que todas las rocas de Alborán proceden de extrusiones acaecidas hacia sus aledaños suroccidentales, donde deben encontrarse las aberturas, raíces o chimeneas por donde fueron expelidas las rocas eruptivas que, enteramente, constituyen la actual isla de Alborán.

En síntesis, nuestro levantamiento geomagnético evidencia la existencia de dos anomalías cuyos máximos y mínimos presentan una disposición recíproca enteramente normal.

La estación más próxima al mínimo de la anomalía septentrional es la número 29, con valores absoluto y relativo de — 119 γ y — 99 γ, respectivamete; a este mínimo corresponden los máximos que aparecen, hacia el SE. y hacia el SW., representados por las estaciones números 31 y 8, cuyos valores absoluto y relativo son, respectivamente, + 782 γ, + 800 γ, + 143 γ y + 163 γ. Según esto, respecto al mínimo de la estación número 29, las estaciones números 31 y 8 sugieren para esta anomalía valores muy próximos a 900 γ y 260 γ respectivamente; esta disparidad puede encontrar justificación en la posible segregación de alguna masa mineral ferromagnética (oligistro, etc.) en

el substrato de la estación número 31. La interpretación geológica mas probable para lo que pudiera considerarse como valor normal de esta anomalía consiste en la admisión de que en aquel substrato arman dos apófisis que, más o menos anastomosadas, parecen formar parte de un arrosariado dique o tilón formado por rocas eruptivas bastante básicas, juzgando por la notable intensidad de esta anomalía para Z. Tales apófisis, tilones o chimeneas se arrumbarían aproximadamente en la dirección definida por las puntas de Poniente y de las Lapas. Como quiera que la geología superficial no deja entrever el menor indicio sobre la existencia de tales raíces o chimeneas basálticas, parece preciso evocar su relación con erupciones acaecidas durante los albores del ciclo magmático de Alborán y que, más o menos arrasadas por la abrasión, quedaron ulteriormente fosilizadas por el potente manto de tobas en que se tradujeron las ulteriores eyecciones lávicas submarinas; sin embargo, nada se opone a la admisión de una cronología en el sentido de que tales apófisis puedan corresponder a erupciones tardías que, abortadas, resultaron ocluidas por las preexistentes tobas volcánicas. En este mismo sentido de otras posibles alternativas también cabe sugerir que la notable discrepancia evidenciada para esta anomalía por las estaciones números 8 y 31 (260 γ y 900 γ) traduzca una mayor proximidad a la superficie de la chimenea oriental, alternativa que parece un tanto repugnada por el carácter punctual y la gran densidad de isolíneas en torno a la estación número 31.

La anomalía meridional ha sido íntegramente detectada en su mitad septentrional por los mínimos de unas 240 γ y 170 γ, centrados en torno a las estaciones números 3 y 10, respectivamente. Desafortunadamente, su línea neutra resulta sensiblemente coincidente con la traza del litoral más meridional de la isla, razón por la cual no nos fue posible prospectar los correspondiente máximos que, sin duda alguna, deben extenderse por los inmediatos aledaños submarinos, puesto que en la litoral estación número 1 ya nos fue dable observar una anomalía positiva para la Z, cuya débil intensidad (+ 18 γ) resulta lógica habida cuenta de que, cual hemos indicado, esta estación se encuentra en las inmediaciones de la línea neutra o, si se quiere, en el borde septentrional de la anomalía positiva cuya intensidad debe rebasar con creces su mínimo teórico de + 300 γ. Indudablemente que esta anomalía debe relacionarse con la presencia, en aquellos aledaños submarinos, de las raíces o chimeneas por donde fueron expelidas la totalidad de las rocas que constituyen la actual isla de Alborán, según es evidenciado por los buzamientos de sus tobas volcánicas.

En suma, mientras la anomalía septentrional resulta perfectamente evidenciada y su explicación requiere la invocación de factores geológicos ocultos en el substrato, la anomalía meridional no ha podido evidenciarse a causa de resultar ampliamente extendida por el substrato oceánico, pero su explicación resulta claramente testimoniada por la propia existencia de esta isla. Consecuentemente, la isla de Alborán viene a representar un nuevo eslabón de la larga cadena de hechos que evidencian el ineludible carácter complementario de las observaciones geológicas de superficie y las geofísicas.

Conclusiones

1.ª El levantamiento geomagnético de la isla de Alborán ha consistido en la realización de 53 estaciones para la componente vertical y 19 para para la componente horizontal, amén de 4 observaciones de la Declinación geomagnética. En 15 puntos fueron realizadas observaciones de Z y H, que nos han permitido calcular la intensidad mostrada por la fuerza geomagnética total y en los extremos SW. (número 14) y NE. (número 52) de la isla han sido efectuadas estaciones completas. Una vez introducidas las oportunas correcciones, todos los valores obtenidos han quedado reducidos a la época media del levantamiento: 1-XI-1968.

2.ª Los valores absolutos obtenidos para la Declinación geomagnética oscilan entre— 6° 39' 8 y 6° 53' 7 evidenciando una anomalía relativa o discrepancia máxima de 13'9. En el conjunto de estaciones donde fueron determinadas las componentes vectoriales se obtuvieron valores comprendidos entre 26754 γ y 27081 γ para H, y entre 32510 γ y 33539 γ para Z, cuyas anomalías o discrepancias máximas resultan ser de 327 γ y 1029 γ respectivamente. Aquellas magnitudes conducen a valores de F oscilantes entre 42177 γ y 42585 γ, que implican una anomalía o discrepancia máxima de 408 γ.

3.ª Calculando para cada estación los valores teóricos en el supuesto de una distribución geomagnética homogénea cual corresponde al denominado «campo normal», su confrontación con los correspondientes valores observados nos ha permitido evidenciar los signos e intensidades de las anomalías absolutas correspondientes a los elementos escalares y vectoriales que resultan oscilar entre: — 4'4 y — 18'4 para la D, + 121 γ y + 448 γ para la H, — 247 γ y + 782 γ para la Z y entre — 43 y + 366 γ para la F.

4.ª Los campos de isodinamas para H, Z y F, evidencian la distribución espacial de las respectivas anomalías que resultan alineadas en cuatro franjas sensiblemente paralelas entre sí y arrumbadas aproximadamente de W. 14° S. a E. 14° N. Formando una ancha banda paralela al litoral, la más septentrional presenta signo negativo e intensidad creciente hacia el extremo más septentrional de la isla; inmediatamente al Sur de la precedente aparece otra banda jalonada por dos alargados e intensos máximos ligeramente anastomosados entre sí, que, sin género de dudas, jalonan el máximo de una anomalía cuyo mínimo está representado por la deficitaria banda mencionada precedentemente. Inmediatamente hacia el Sur de la anomalía integrada por las dos franjas citadas, aparece una segunda anomalía cuyo mínimo —asimismo ubicado en la posición septentrional, que teóricamente le corresponde— aparece constituido por isleos deficitarios que, subanastomosados entre sí, dibujan una tercera alineación, cuyo borde meridional resulta sensiblemente concidente con el del litoral insular; a lo largo de éste, fueron efectuadas varias estaciones cuyos resultados delatan la proximidad inmediata del borde septentrional del máximo correspondiente a esta segunda anomalía, cual, de hecho, es reflejado por la componente vertical en una de estas estaciones litorales.

5.ª Nada se opone a que hacia el N. de la anomalía septentrional prosiga el régimen de anomalías, pero, no obstante, el cuadro geológico de Alborán parece conferir mucha mayor probabilidad a la suposición de que tal régimen prosiga hacia el Sur de la más meridional de las anomalías evidenciadas en aquel ámbito insular. Es sumamente remarcable el hecho de que estas anomalías geomagnéticas presenten la forma de bandas muy alargadas constituidas por la anastomosis de amplias e intensas áreas de máximos o mínimos: muy lejos de permitir relacionarlo con una erupción punctual, este cuadro es mucho más claramente imputable a la existencia de una serie de extrusiones que, alineadas según rumbos sensiblemente paralelos entre sí y respecto a la dirección general de nuestras Cordilleras Béticas, resultan perfectamente relacionables con la existencia de sendas geoclasas a merced de las cuales fueron efectuados aquellos derrames magmáticos.

6.° En este cuadro general la interpretación de las dos anomalías geomagnéticas evidenciadas en Alborán parece alcanzar una gran probabilidad, no obstante aparecer un tanto contradictoria con lo sugerido por los rasgos geológicos observables en la isla, puesto que el 90 por 100 de su masa está constituido por tobas cuyo momento magnético puede estimarse sumamente reducido a causa de la condición sedimentaria de esta roca: otro tanto puede decirse respecto a las cuñas de brechas conglomeráticas que comportan el 5 por 100 del volumen de la isla. En apariencia únicamente serían susceptibles de producir perturbaciones geomagnéticas las dos coladas basálticas que, truncadas por la superficie topográfica, asoman en el borde más oriental de la isla; consiguientemente, nuestra anomalía septentrional únicamente puede ser producida por apófisis de rocas melanocratas que, más o menos anastomosadas en crestas o filones, pueden estar fosilizadas por el manto de loess que tapiza la isla o, en otra alternativa, por la potente (> 172,7 m.) formación tobácea emergida en Alborán. No poseemos elementos de juicio suficientes para dilucidar si tales apófisis de rocas eruptivas corresponden a eyecciones imputables a los albores del ciclo magmático (ulteriormente arrasadas por la abrasión y fosilizadas por las tobas) o si, contrariamente, deben atribuirse a los estadios finales del magmatismo de Alborán, en cuyo caso se trataría de extrusiones arrasadas por el proceso abrasivo inmediatamente precedente a la emersión oceánica de la isla, y actualmente enmascaradas por el manto eólico que la recubre casi enteramente; todavía cabría evocar una tercera alternativa, que sería la entrañada por un magmatismo póstumo desprovisto del vigor requerido para la perforación de aquel potente manto tobáceo.

En cualquiera de estas hipótesis, las intrusiones sugeridas por las anomalías geomagnéticas resultan completamente inapercibidas en los rasgos geológicos de superficie casi enteramente acaparados por las tobas, cuyos constantes buzamientos hacia rumbos próximos al NE., delatan su procedencia de un sector que, ubicado en las inmediaciones meridionales de la isla, continúa correspondiendo al substrato submarino desde la época en que acaecieron las erupciones de los materiales transmutados en dichas tobas. Según esto, las principales apófisis o chimeneas eruptivas deben estar localizadas en el fondo marino de los aledaños más meridionales de la isla donde, en consecuencia, deben extenderse las más intensas anomalías geomagnéticas (incluyendo, lógicamente, la Declinación) marginalmente a nuestro levantamiento: consiguientemente, nuestra anomalía meridional —únicamente detectada en su mínimo y zona de tránsito hacia su máximo— debe interpretarse cual avanzadilla de una importante perturbación geomagnética que debe extenderse hacia mediodía de Alborán.

Bibliografía

(1) Gaibar-Puertas (C.): *Estudio geológico de la isla de Alborán (Almería)*. I: *Las rocas eruptivas*, «Acta Geológica Hispánica», t. IV, núm. 3, págs. 72-80, con 4 figs., Barcelona, 1969.

(2) Gaibar-Puertas (C.): *Estudio geológico de la isla de Alborán (Almería)*. II: *La cobertera sedimentaria*. «Acta Geológica Hispánica» (en prensa).

Recibido el 21 de febrero de 1970.

Boletín Geológico y Minero. T. LXXXI.-IV. Año 1970 (394-399)

Estudio cristalográfico de los granates de "El Hoyazo" (Almería) (*)

por J. E. IGLESIA PEREZ y J. L. MARTIN VIVALDI (**)

SUMMARY

Garnets from the Hoyazo (Almería) formation are studied, as well as the enclosing rock. From optical determinations this rock is classified as a dacite with transition to riodacite in several zones.

The garnets have been studied optically, by X-ray diffraction, chemical analysis and differential thermal analysis. Their refractive index and density have also been determined. It is deduced that we are dealing mainly with almandite, containing minor amount of spesartite, pyrope and andradite.

Calculated value for a_0 is 11,529 Å. Using this parameter and the value for density and refractive index, equations and graphs from several authors were used in an attempt to deduce the percentage for the different phases presents. The results obtained in this way have only been reasonably good for the more abundant almandinic phase.

RESUMEN

Se estudian los granates de la formación de «El Hoyazo» (Almería), y el tipo de roca que los contiene. Las determinaciones ópticas realizadas en ésta indican que se trata de una dacita que pasa a ser riodacita en algunas zonas. Los granates se han estudiado ópticamente por difracción de rayos-X, análisis químico y análisis térmico diferencial. Se ha determinado su índice de refracción y su densidad.

Se deduce que se trata de granates esencialmente almandínicos con cantidades menores de espesartita, piropo y andradita. El valor de a_0 calculado es de 11,529 Å. Con este dato y las restantes determinaciones físicas se intenta aplicar ecuaciones y diagramas de varios autores para deducir el porcentaje de las fases presentes. Los resultados son solamente aceptables para la fase más abundante.

Continuando con el estudio de yacimientos españoles de silicatos, hemos iniciado una investigación sobre las formaciones granatíferas del S. de España. Entre ellas se encuentra la formación granatífera de «El Hoyazo», próximo a Níjar (Almería), cuyos granates han sido beneficiados hace algún tiempo para la obtención de esmeril. Estos granates han sido descritos por Calderón (1910), y analizados por Burri y Parga-Pondal (1936).

En la presente comunicación se hace un estudio cristalográfico por difracción de rayos X, y una identificación mineralógica. Además, a partir de los resultados de difracción, se calcula la arista de la celdilla unidad. Con dicho valor, y con los resultados de otras determinaciones físicas, se intenta deducir la composición del cristal mixto, y se compara con los resultados del análisis químico. La génesis de los granates en relación con la de la roca encajante será objeto de una comunicación posterior.

DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL YACIMIENTO

El yacimiento de El Hoyazo se encuentra entre los 35° 95′ y los 36° 58′ de latitud N., y entre 1° 31′ y 1° 32′ de longitud E., aproximadamente a unos

(*) Se hace constar que este trabajo se ha beneficiado de la ayuda concedida a la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía con cargo al Fondo para el Fomento de la Investigación en la Universidad.

(**) Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Madrid.

cuatro kilómetros de la bifurcación de la carretera de Almería a Níjar, siguiendo el llamado Camino de Fernán Pérez.

El afloramiento está atravesado por un barranco llamado «Rambla de las Granatillas», con un amplio cono de deyección, en cuyas arenas son muy abundantes los granates, y de las cuales han sido beneficiados por tamizado para su pulverización y empleo como abrasivo.

La roca que los contiene es de color gris, y relativamente poco consistente. Además de los granates, son muy abundantes en ella las laminillas de mica negra. Los granates son de un color rojo oscuro, y aparecen implantados en el material volcánico, haciendo salientes en su superficie como consecuencia de su mayor dureza. También se les encuentra sueltos en gran profusión, principalmente en el fondo de los barrancos.

Sobre las rocas ígneas descansan unas calizas neógenas (Gignoux y Fallot, 1926), claramente discordantes. Dichas calizas parecen fosilizar el yacimiento, que habría sido erosionado previamente a la deposición de aquéllas. En favor de esta idea aboga el hecho de que no se han encontrado señales de metamorfismo de contacto en las calizas, como debería ocurrir si se tratase de un contacto intrusivo.

MATERIAL Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

a) *Material*

a_1) *Granates*

Se presentan a simple vista bien cristalizados, y en efecto, en el diagrama de difracción se observa desdoblamiento de los picos Cu $K\alpha_1$ y Cu $K\alpha_2$. El tamaño oscila entre 0,5 y 10,0 mm.; son abundantes los de pequeño tamaño, a veces acumulados zonalmente dentro de la roca, pero no son raros los más grandes, de 5,0 a 10,0 mm., que se encuentran diseminados en toda su masa.

Son idiomorfos con caras bien desarrolladas; son perfectamente reconocibles las caras de trapezoedro, y más raras, y en todos los casos de escaso desarrollo, las de rombododecaedro. Los cristales presentan estriación sobre la cara de trapezoedro, paralelamente a una recta que uniese el punto de emergencia de un eje cuaternario con el de un eje ternario.

El color es rojo, bastante oscuro. En sección delgada presentan un leve tono rosado, y son perfectamente isótropos.

En secciones delgadas de la roca es difícil encontrar granates a causa de la diferencia de dureza entre ellos y el resto de los minerales de la roca, lo cual determina que los granates sean arrancados durante el proceso de pulimentación de la lámina.

No obstante, se ha conseguido conservarlos en algunas de las secciones talladas.

a_2) *Roca*

La textura es frecuentemente pilotaxítica, con matriz parcialmente vítrea en la que se disponen cristalitos de plagioclasa y biotita más o menos alineados, rodeando a los fenocristales de plagioclasa (figs. 1 y 2). A veces la textura es micrograda holocristalina sin orientación preferencial (figura 3). Los fenocristales suelen ser de:

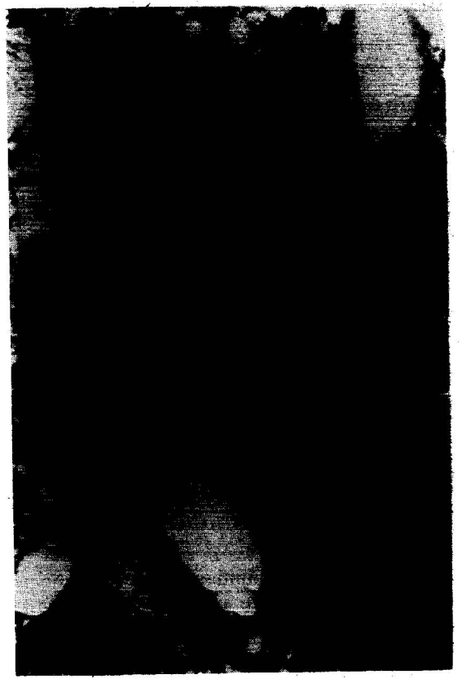


Figura 1.—Microfotografía de una sección delgada de una riodacita biotítica de las rocas de la formación granatífera de El Hoyazo (Almería). Nicoles cruzados.

Plagioclasa, maclada polisintéticamente según asociación de las leyes de la albita, Carlsbad y periclina. Son corrientes los cristales zonales. La composición es normalmente An_{30} a An_{45}. *Cuarzo*, abundante, en cristales grandes de bordes redondeados. Se presenta en proporción igual o ligeramente inferior a la de la plagioclasa. *Biotita*, cuyo pleocroísmo y angulo $2V_x$ la definen como *meroxe-*

sa (figs. 1 y 2). A veces la textura es microgra-

ra 1.—Microfotografía de una sección delgada de una cita biotítica de las rocas de la formación granatífera de El Hoyazo (Almería). Nicoles cruzados.

nita. Hornblenda marrón, no siempre presente. *Piroxeno* incoloro, probablemente *augita*. Su presencia no es constante.

Figura 2.—Otro aspecto de la preparación anterior (fig. 1), mostrando un fenocristal de plagioclasa rodeado por los cristalitos de la matriz. Nícoles cruzados.

La matriz, menos abundante que los fenocristales, es sólo parcialmente vítrea, y está constituida fundamentalmente por leucocratas, presentando a veces menas metálicas.

A la vista de todo lo anterior, la roca puede clasificarse como un dacita, que en algunas zonas pasa a riodacita.

b) *Métodos experimentales*

b_1) *Rayos X*

Para los estudios de difracción de rayos X se empleó un difractómetro Philips PW 1010-1051-1050, provisto de equipo de discriminación de altura de impulsos. Los granates fueron molidos en mortero de acero, y después pulverizados en mortero de ágata, hasta tamaño de grano suficiente para poder ser tamizados por una malla de 270 ASTM.

Se obtuvo en primer lugar un diagrama sobre papel, con una velocidad de exploración de 1.°/min. y con una velocidad del papel de 400 mm/hora, con el fin de estimar aproximadamente la posición de los picos. Una vez fijada ésta, los picos se exploraron de nuevo mediante contaje de impulsos, empleando tiempos diferentes según la intensidad de cada pico. A partir de estos datos, se calcularon los índices correspondientes a cada reflexión, y el valor de la arista de la celdilla fundamental. La radiación empleada en ambos casos fue la K_α del Cu, filtrada por filtro de Ni.

b_2) *Indice de refracción*

El índice de refracción fue determinado por comparación frente a líquidos standard (Cargille), mediante el procedimiento de la línea de Becke. Una vez hallado el líquido cuyo índice era igual al de la

Figura 3.—Microfotografía de una sección delgada de una dacita biotítica de textura microcristalina. Formación granatífera de El Hoyazo (Almería). Nícoles cruzados.

muestra, se evitaron errores sistemáticos debidos a variaciones con la temperatura, paso del tiempo, etcétera; determinando el índice del líquido mediante un microrefractómetro Zeiss, adaptable a la platina del microscopio.

Se precisó el valor del índice de refracción con dos cifras decimales, como permitía el intervalo de valores de n en los líquidos empleados. Se operó con luz monocromática de 589 mμ.

b_3) *Análisis térmico diferencial*

Se realizó en un aparato de registro fotográfico (Martín Vivaldi-Girela Vilchez, 1963), frente a alúmina calcinada. La elevación de la temperatura del horno fue de 10°/min.

b_4) *Densidad*

Se determinó por el método del frasco. Se empleó muestra molida a un tamaño de grano intermedio, manteniendo el picnómetro con la muestra y líquido picnométrico bajo vacío durante unos veinte minutos, con objeto de extraer el aire adherido a las partículas de muestra.

b_5) *Análisis químico*

Para el análisis químico se siguieron las normas de Jakob (Jakob, 1944), excepto en los casos siguientes:

El hierro total se determinó por permanganimetría, previa reducción al estado ferroso mediante cloruro estannoso, y precipitación del exceso de Sn con cloruro mercúrico (Kolthnoff, 1943)

El hierro ferroso se determinó en muestra aparte, disgregando en cápsula de Pt con FH y SO_4H_2 al baño maría durante unas cuatro horas, y valorando con permanganato potásico en presencia de ácido bórico (Kolthoff, 1943).

El manganeso también se determinó en muestra aparte. La muestra se trató con los ácidos fluohídrico y nítrico durante unas horas, y en el líquido resultante, convenientemente diluido, se oxidó el Mn a permanganato mediante periodato potásico, determinándose el contenido en permanganato en un fotocolorímetro Spekker, por comparación con una serie de patrones previamente preparados.

Resultados experimentales

a) *Rayos X*

Como ha quedado dicho, se obtuvo en primer lugar un diagrama de difracción de rayos X para la identificación del granate y para fijar aproximadamente los máximos de difracción, que luego fueron explorados uno por uno graduando manualmente el ángulo de exploración con intervalos de 0,01°, y anotando en cada posición el número de impulsos por segundo registrados por el contador de centelleo.

En la tabla I se dan los espaciados e intensidades correspondientes a cada pico y se comparan con los datos de un almandino estudiado por L. G. Berry (ASTM, 1963). Los valores de 2Θ deducidos de la exploración de cada uno de los picos, junto con los índices calculados para cada reflexión y los correspondientes valores de a_0, están resumidos en la tabla II.

Tabla I.

Espaciados e intensidades deducidas de difractogramas de los granates de El Hoyazo			Almandino natural ASTM 9-427	
Pico	d (A)	I/I_0	d (A)	I/I_0
1	4,07	3	4,04	30
2	2,88	50	2,87	40
3	2,57	100	2,57	100
4	2,46	1	2,45	5
5	2,35	23	2,35	20
6	2,26	12	2,25	20
7	2,10	15	2,10	20
8	2,04	5	2,04	10
9	1,87	25	1,86	30
10	1,66	10	1,66	30
11	1,59	20	1,59	40
12	1,54	35	1,54	50
13	1,44	10	1,44	20
14	1,28	7	1,28	20
15	1,25	15	1,25	30
16	1,23	7	1,23	10
17	1,16	4	1,16	5
18	1,07	15	1,07	20
19	1,05	7	1,05	10
20	1,02	8	1,02	10
21	0,94	3	0,94	5
22	0,93	8	0,93	10

A partir de los valores de a_0 obtenidos en cada reflexión, se ha realizado el cálculo del valor más probable, que resulta ser:

$$a_0 = 11{,}529 \text{ A}$$

b) *Análisis químico*

En la tabla III se expresan los resultados del análisis químico.

Figura 2.—Otro aspecto de la preparación anterior (fig. 1) mostrando un fenocristal de plagioclasa rodeado por los cristalitos de la matriz. Nícoles cruzados.

Figura 3.—Microfotografía de una sección delgada de una dacita biotítica de textura microcristalina. Formación granatífera de El Hoyazo (Almería). Nícoles cruzados.

Tabla II.—Indices deducidos para reflexiones de los granates de El Hoyazo y valores de a_0 calculados.

Pico	2	d (A)	hkl	a_0 (A)
1	21,775	4,078	220	11,5342
2	31,000	2,882	400	11,5280
3	34,760	2,578	420	11,5290
4	36,515	2,458	332	11,5290
5	38,195	2,354	422	11,5320
6	39,815	2,262	510	11,5339
7	42,925	2,105	521	11,5295
8	44,395	2,039	440	11,5342
9	48,630	1,870	611	11,5274
10	55,135	1,664	444	11,5285
11	57,580	1,599	640	11,5305
12	59,975	1,541	642	11,5317
13	64,580	1,442	800	11,5360
14	73,395	1,289	840	11,5290
15	75,500	1,258	842	11,5296
16	77,615	1,229	664	11,5290
17	82,800	1,164	941	11,5229
18	92,000	1,070	10.4.0	11,5242
19	94,055	1,052	10.4.2	11,5240
20	98,160	1,019	880	11,5286
21	108,715	0,977	12.2.0	11,5207
22	110,880	0,935	10.6.4	11,5274
23	124,740	0,869	12.4.4	11,5285
24	127,310	0,859	12.6.0	11,5246
25	129,920	0,850	12.6.2	11,5299
26	135,540	0,832	888	11,5285
27	153,040	0,792	14.4.0	11,5316

Tabla III.—Análisis químico de los granates de El Hoyazo (Almería y composición en por ciento de las distintas fases.

SiO_2	36,93
TiO_2	n. d.
Al_2O_3	19,32
Fe_2O_3	6,27
FeO	30,44
MnO	1,35
MgO	1,94
CaO	2,92
Na_2O	t. r.
K_2O	t. r.
H_2O	t. r.
TOTAL	99,17
Espesartita	3,1
Piropo	6,5
Almandino	70,3
Andradita	20,0

A partir de los cationes Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} y Fe^{3+}, se calculan los porcentajes de las diversas fases de la serie, resumiéndose los resultados en la misma tabla.

c) *Análisis térmico diferencial*

Se obtuvo una curva prácticamente sin inflexiones, y por tanto sin ningún valor determinativo.

d) *Otras determinaciones físicas*

Los valores obtenidos para el índice de refracción y la densidad son:

$$n = 1{,}80\,;\ d = 4{,}139\ \text{gr/c. c.}$$

Discusión de los resultados

Los resultados de difracción de rayos X indican que se trata claramente de un granate tipo *almandino*, lo que está de acuerdo con los resultados del análisis químico. El diagrama de ATD no presenta, sin embargo, los dos picos exotérmicos que han sido citados por Badalov (Badalov, 1949), para granates conteniendo Fe^{2+} y Mn^{2+}.

Diversos autores (Winchell, 1958, Sriramadas, 1957, Henriques, 1958), han propuesto ecuaciones o diagramas para calcular la composición química de un granate a partir de sus propiedades físicas.

Utilizando las medidas realizadas por nosotros y los diagramas de Winchell y Sriramadas, así como los ecuaciones de Henriques, se obtienen diversas composiciones para el granate, que se resumen en la tabla IV, donde se las compara con los resultados del análisis químico.

Tabla IV.—Composición deducida para los granates de El Hoyazo, Almería) a partir del análisis químico y de las determinaciones físicas; 1) Calculado con las gráficas de Winchell, 1958. 2) Calculado con las gráficas de Sriramadas, 1957. 3) Calculado con las ecuaciones de Henriques, 1958.

		Calculado con datos físicos		
Fases	Deducido del Análisis Químico	1	2	3
ALMANDINO...	70,30	70,9	65	59
ANDRADITA ...	19,95	1,8	1	9
PIROPO.....	6,46	20.5	17	19
ESPESARTITA..	3,14	6,7	17	23
GROSULARIA...	—	—	—	8

Como puede observarse, la concordancia es sólo aceptable para la fase predominante, por lo que el cálculo a partir de datos físicos, y basándose en la hipótesis de una relación lineal, sólo es un método de orientación, conclusión similar a la obtenida por Henriques al comparar los resultados de diversos análisis de granates con la composición calculada mediante sus ecuaciones.

Posiblemente el error radica en suponer una relación lineal entre las propiedades físicas (especialmente a_0) y la composición química. A este respecto, en todos los diagramas y ecuaciones empleados se admite la ley de Vegard, que establece dicha relación lineal. Sin embargo, Zen (Zen, 1956) llegó a la conclusión de que dicha ley es sólo aplicable en condiciones muy restringidas, concretamente, cuando los volúmenes molares de los términos extremos de la serie son muy semejantes.

Conclusiones

Las determinaciones efectuadas en la formación granatífera de El Hoyazo demuestran que se trata de granates esencialmente almandínicos, como indica el diagrama de difracción, el valor de a_0 calculado, y el análisis químico.

En cuanto a la posibilidad de utilizar datos físicos para determinar la composición de los granates en estudio, se observa que los resultados son razonablemente buenos para la fase más abundante, pero que, en general, el método no da una precisión aceptable en las proporciones de las distintas fases.

Agradecimiento.

Agradecemos a la Srta. Puga Rodríguez las determinaciones ópticas realizadas en las rocas volcánicas descritas.

Bibliografía

A. S. T. M. (1963): *X-ray Powder data File. American Society for Testing Materials.*

Badalow, S. T. (1949): *Investigation of manganic-ferrous garnet*, «Proc. Acad. Sci. Uzbek SSR.», vol. 12, pág. 22.

Burri, C. y Parga-Pondal, I. (1936): *Schweiz*, «Min. Petr. M. H.», XVI.

Calderón, S. (1910): *Los minerales de España*, «Ampl. Estudios e Inv. Cientif.», tomo II, Madrid, pág. 364.

Gignoux, M. y Fallot, P. (1926): *Contribution a la connaissance des terrains neogenes et quaternaires marins sur les côtes mediterraneennes d'Espagne*, «XIX Cong. Geol. Inst.», tomo II, Madrid, págs. 413-521.

Henriques, A. (1958): *On the determination of the composition of garnet without chemical analyses*, «Arkiv. Min. Geol.», vol. 2, pág. 349.

Jackob, J. (1944). *Guía para el análisis químico de las rocas*, Trad. por E. E. Raurich y M. Castillo, C. S. I. C.

Kolthoff, J. M. y Sandell, E. B. (1943): *Tratado de Química Analítica cuantitativa general e inorgánica*, Ed. Nigar, Buenos Aires.

Martín Vivaldi, J. L. y Girela Vilchez, F. (1963): *Contribución a la técnica del A. T. D.*, Partes I, II, III, «Revista de Ciencia Aplicada», *91, 92, 93.*

Sriramadas, A. (1957): *Diagrams for correlation of unit cell edge and refractive indices with the chemical composition of garnets*, «Amer. Min.», vol. 42, pág. 294.

Winchell, H. (1958): *The composition and physical properties of garnet*, «Amer. Min.», vol. 43, pág. 595.

Zen, E.-An. (1956): *Validity of Vergard's law*, «Amer. Min.», vol. 41, pág. 523.

Recibido: 4-II-68.

INFORMACION

Noticias

ECONOMIA

LA INDUSTRIA EN MARRUECOS DURANTE EL AÑO 1969.

Las minas metalúrgicas se han beneficiado en 1969 del alza de los precios en el mercado mundial del plomo, del cinc, del cobre y del antimonio, pero Marruecos no ha podido sacar mucho provecho de esta coyuntura por haber cerrado en julio las minas de Zellidja, no explotarse en el país yacimientos de cobre importantes y haberse, por otra parte, agotado casi por completo las reservas de cinc.

La producción de fosfatos ha sido en 1969, de 11.294.000 toneladas, con un aumento del 9,4 por 100 sobre 1968, pero las exportaciones sólo han progresado en 1,8 por 100 (10.742.500 toneladas), y los precios han bajado sensiblemente en un mercado saturado. Se estima, pese a todo, que el aumento conseguido ha sido un éxito para Marruecos, ya que los demás competidores han visto mermadas sus exportaciones.

En los carbones se registra una fuerte baja producción y un déficit financiero considerable. Las empresas sustituyen con apuros los mineros que las dejan.

Las explotaciones estatales de hierro de la región de Nador, han cerrado por no ser rentable la central de Setolozar, y desde entonces las ventas han mejorado.

El mercado de manganeso metalúrgico sigue siendo inaccesible para las minas marroquíes.

La mina de cobalto de Bou Azzer tiene intención de cerrar dentro de poco sus puertas, en espera de conocer los resultados de las exploraciones que efectúa una firma soviética.

La energía total producida por la red del Office National de l'Electricité ha alcanzado en 1969, 1.764 GWh., o sea, un aumento de 148 GWh. sobre la cifra correspondiente al ejercicio anterior, es decir, el 9,2 por 100. Esta fuerza ha sido suministrada en su casi totalidad por las fábricas hidráulicas (1.389 GWh.) y térmicas (368 GWh.), propiedad de dicho organismo. No son conocidas aún las cifras relativas a las ventas del O. N. E. en 1969, pero pueden calcularse en un 9,5 por 100 de aumento sobre el año anterior.

El consumo de productos petrolíferos refinados ha superado en el presente ejercicio la cifra del año 1968, principalmente, en supercarburante, gas-oil, fuel, carburreactor y gas natural, de Essaouira.

LA MINERIA EN MEXICO DURANTE EL AÑO 1969.

Al introducirse mejores técnicas extractivas y por ligera tendencia alcista en los precios de los principales renglones, en 1969 la industria confirmó la recuperación iniciada en 1968. Salvo azufre y plomo, el volumen de minerales más importante siguió en ascenso, con tasas aceptables. Sobresalen: cobre, que en enero-septiembre se incrementó el 17 por 100 respecto a igual período de 1968; plata, el 7,8 por 100, con posibilidad de colocar de nuevo a México como primer productor, hierro, el 7,9 por 100.

Hubo baja en azufre; aunque ocurre por segundo año consecutivo, no es alarmante: resulta del control de su exportación para utilizar las reservas de manera más racional, ya que su desmedido aprovechamiento amenaza agotarlas.

La producción de oro no mantuvo el aumento de 1968. Tal vez alcance el volumen del año anterior, si continúa el ritmo de los primeros nueve meses: hasta septiembre mostraba incremento de 0,5 por 100 sobre igual lapso de 1968. Influyó la disminución del precio en el mercado libre, en los últimos meses. En noviembre casi se habían igualado a las cotizaciones del mercado y la monetaria, de 35 dólares la onza.

Aumenta la reserva de minerales básicos: la de azufre creció 19,4 millones de toneladas; aunadas a 14 millones descubiertos en 1968, dan 77,4 millones; uranio, 637.000, y cobre, 200 millones.

FABRICA DE CEMENTO EN BRASIL

Ha sido firmado en Madrid un contrato entre una empresa española y la Compañía Brasileira de Ligantes Hidráulicos, para la instalación completa de una fábrica de cemento en Macae, Estado de Río de Janeiro (Brasil). Tendrá una capacidad de producción de 2.400 Tm. diarias de «clinker», su valor será de más de 1.500 millones de pesetas, y entrará en funcionamiento dentro de unos dos años y medio.

EL CONSUMO DE PETROLEO EN EUROPA OCCIDENTAL

El consumo de petróleo en los países de Europa occidental aumenta a un ritmo casi doble que en EE. UU. Por esta razón, el presidente de la «Texaco Incorporation» (EE. UU.) calcula que para 1980 el consumo de petróleo en los países europeos occidentales sobrepasará en unos 1.000 millones de toneladas, al que corresponderá a EE. UU. en ese mismo año, que ascenderá, según sus cálculos, a 950 millones de toneladas. El consumo de petróleo en el mundo libre se espera llegue en 1970 a los 3.000 millones de toneladas.

PLANTA DE ALUMINA EN CERDEÑA

En el segundo semestre de 1971 entrará en funciones una gran planta de alúmina situada en Portoscuso, en la isla de Cerdeña, perteneciente a Italia. Representa una inversión de 60 millones de dólares, y tendrá una capacidad anual de 600.000 toneladas métricas. El proyecto y construcción están a cargo de Kaiser Engineers, de Oakland, California, E. U. A. La planta es propiedad de Eurallumina, S. p. A., y trabajará con bauxita importada de Australia.

RUSIA SUMINISTRARA GAS A ALEMANIA E ITALIA

Italia y Alemania Occidental han firmado contratos para importar gas natural de la Unión Soviética. Durante los primeros cinco años del convenio, la empresa italiana ENI permutará tuberías de acero y otros equipos, por valor de 200 millones de dólares para obtener 3,5 billones de pies cúbicos de gas natural, valuado en 3.000 millones de dólares, que Rusia entregará en un período de 20 años. Las entregas comenzarán en tres años, con un período inicial de 210 millones de pies cúblicos por año. También Alemania recibirá gas de Siberia durante 20 años, cuando menos, comenzando en 1973, con una entrega inicial de 500 millones de pies cúbicos. Alemania hará el pago parcialmente con tubería de acero de diámetro grande.

GAS Y PETROLEO DE VENEZUELA

La empresa Philadelphia Gas Works se halla próxima a firmar un convenio con la Venezuelan Petroleum Corp. para un proyecto de unos 400 millones de dólares, que inicialmente contempla la importación de 14 millones de metros cúbicos de gas natural licuado por día a través del puerto de Philadelphia. Si se firma el acuerdo, las remesas de gas podrían comenzar en cuatro años. El proyecto prevé la construcción de una planta licuadora en Venezuela y dispondría de un número no especificado de buques-cisterna. Los gastos estimados incluyen 200 millones de dólares para construcción de la planta y de instalaciones portuarias en Venezuela, así como de 100 a 160 millones para la flota de tanqueros.

DESARROLLO INDUSTRIAL EN LA REPUBLICA DOMINICANA

Gracias a importantes préstamos, conseguidos de varias fuentes, la República Dominicana podrá poner en vías de realización su desarrollo industrial, consistente en la extracción y elaboración de mineral de níquel laterítico. El proyecto contempla la producción de unos 30 millones de kilogramos anuales de níquel bajo la forma de ferroníquel, que se destinará mayormente a la exportación. Unos préstamos por un total de 195 millones de dólares fueron concedidos a la Falconbridge Dominicana, C. por A., una compañía subsidiaria de Falconbridge Nickel Mines Ltd. del Canadá, y a la Armco Steel Corp. de los Estados Unidos. Una agencia del Gobierno dominicano será también accionista. El proyecto comprende una central generadora termoeléctrica, de 198 megavatios, 60 kilómetros para el transporte de petróleo crudo desde el puerto de Haina al lugar de la planta, e instalaciones para el tratamiento de las aguas.

FUSION DE ACERIAS EN JAPON

Las acerías japonesas que ocupan primer y segundo lugar por su importancia —La Yawata Iron & Steel Co. Ltd. y la Fuji Iron & Steel. Co. Ltd.— se fusionaron en febrero último formando la Nippon Steel Corp., la mayor compañía del país, y segunda como productora de acero del mundo (después de la U. S. Steel Corp.). El año pasado, estas dos empresas produjeron conjuntamente 28 millones de toneladas métricas de acero bruto, o sea, 35 por 100 del total del país. Las ventas netas ascendieron a 2.500 millones de dólares.

LOS RECURSOS MUNDIALES FUTUROS DE MINERALES

El suministro adecuado de minerales constituye un requisito indispensable para el logro de una sociedad próspera. el desarrollo industrial experimentando en las dos últimas décadas, unido a otra serie de factores, aceleró el consumo de minerales, poniéndose nuevamente de relieve el peligro que supone el creciente desequilibrio entre la producción y su demanda. La primera alarma en este sentido se hizo pública ya en EE. UU., en el año 1952, en un informe realizado por la Comisión del Presidente sobre Política de Materiales, conocido con el nombre de «Informe de la Comisión Paley», donde se recogían los resultados del estudio realizado sobre la situación de las reservas de minerales y su demanda en EE. UU., indicaban las medidas que debía adoptar el Gobierno norteamericano para subsanar una situación cuyo balance resultaba desfavorable. Este informe no recibió entonces la atención apropiada, y gran parte de sus recomendaciones fueron olvidades. El director del Departamento de

Minas norteamericano y presidente del Instituto de Técnicos de Minería, Metalurgia y Petróleo, Sr. W. R. Hibbard, ha redactado un informe sobre el peligro del consumo excesivo de minerales sin el correspondiente aumento de la producción y recuperación de los mismos, del que extractamos lo fundamental de su exposición.

Los minerales son materias primas que actúan como poderosos multiplicadores de la economía, pero la producción de un mineral comprende un proceso laborioso, de cuya realización depende en gran parte la rentabilidad de la obtención del mineral. Se precisa de una suma elevada de capital (cientos de millones de dólares) y de un tiempo correspondiente (de 5 a 10 años) para la iniciación de una nueva explotación. El inversor en negocios mineros tiene que esperar muchos años, a veces hasta un cuarto de siglo, antes de que la mina pueda explotarse a un ritmo que amortice su inversión y le produzca un beneficio razonable. Además, necesita un capital elevado, la explotación rentable de una mina está condicionada por otros dos factores muy importantes. Uno, la tecnología que se aplica para la extracción del mineral, y el otro, su planificación. Mediante la mejora de las técnicas de extracción se puede reducir la cuantía del capital necesario, y conseguir la explotación exhaustiva del yacimiento por recuperación de las menas de calidad inferior, mientras que una planificación a largo plazo puede resolver el problema del tiempo. Propone el informe una serie de medidas que pueden contribuir a equilibrar la relación consumo/demanda de minerales. En primer lugar figuraría el desarrollo de la tecnología aplicada a las minas; en segundo, la recuperación de los minerales de los productos de desecho, y, por último, la ampliación de los recursos minerales por explotación de las tierras sumergidas bajo los océanos.

Desarrollo de la tecnología minera.—El desarrollo de la tecnología aplicada a las minas puede contribuir a aumentar los recursos minerales por cuatro vías distintas: 1) El empleo de métodos de prospección más avanzados, que permitieran descubrir los filones situados a mayores profundidades (hasta ahora, la mayoría de los minerales se obtienen de afloramientos superficiales); 2) mejora de los métodos de laboreo, beneficio y tratamiento de los minerales, lo que haría posible la explotación de yacimientos que hoy se desprecian por su bajo rendimiento económico; 3) recuperación de chatarras y escombreras (la mejora de las técnicas de concentración y tratamiento de los metales facilitaría su recuperación de los materiales de desecho); 4) empleo de metales abundantes en sustitución de los que se encuentran en menor proporción. La investigación de metales sustitutivos no obedece tan sólo a presiones de carácter económico, es decir, a la búsqueda de metales baratos que sustituyan a los caros, sino también a presiones de tipo técnico, pues muchas veces se comprueba que no siempre son mejores técnicamente los metales utilizados tradicionalmente.

Un caso claro de la importancia que tiene la mejora de las técnicas de prospección y tratamiento de los minerales lo tenemos en los avances conseguidos en la producción de oro. Tradicionalmente, el oro había sido extraído de placeres auríferos, en los que bastaba su concentración por simples métodos físicos. Las técnicas de análisis químico ha permitido la extracción de oro de yacimientos subterráneos, en los que aquél suele encontrarse esparcido muy finamente en vetas o filones de cuarzo, mezclado con otros minerales, y para cuya extracción se precisan métodos químicos muy especializados. Estos depósitos subterráneos de oro constituyen hoy la fuente principal de este metal en EE. UU., y su explotación ha permitido cuadruplicar la producción de oro de este país.

Recuperación de chatarra.—La recuperación de metales de los productos de desecho constituye otra fuente saneada de recursos minerales. Tan sólo en EE. UU. se incineran anualmente de las escombreras municipales unos 34 millones de toneladas de chatarra, que contienen aproximadamente más de 2,8 millones de toneladas de hierro, y unas 180.000 toneladas de aluminio, cobre, plomo y estaño. A estas cantidades hay que sumar la pérdida de minerales a través de los gases y desechos que se eliminan en las instalaciones que consumen combustibles como fuente energética, o en las fábricas de productos químicos, que constituyen, además, un grave problema de contaminación del aire y del agua. A juicio del autor, para subsanar esto sería preciso, en primer lugar, llevar a cabo una reforma importante en las normas de fabricación de maquinaria y otros productos a base de metales. Esto es, conseguir de los fabricantes de todos aquellos productos que éstos se ajusten a diseños que permitan prolongar su tiempo de servicio y reduzcan su desgaste, y que, una vez retirados como chatarra, estuvieran constituidos de forma que fuese factible la recuperación por reciclado de los diferentes metales que los constituyen. Hasta ahora, ningún fabricante se ha preocupado de diseñar sus productos pensando en su posterior desgüace, por lo que es muy difícil conocer la composición y distribución de los diferentes metales que componen una pieza y, con ello, planificar su recuperación. La consecución de estos objetivos en sí no proporcionaría beneficios económicos a las industrias que actuasen en este sentido, por lo que sería preciso cargar los gastos de tal recuperación a los consumidores. Sin embargo, con esta medida se podría aumentar de forma notable la disponibilidad de metales. Así, por ejemplo, en EE. UU. el 40 por 100 de la producción de plomo y el 25 por 100 de la producción de cobre obtenidas en 1968, procedió ya de la recuperación de chatarra.

Exploración submarina.—Una de las oportunidades más prometedoras para la ampliación de los recursos minerales mundiales es la exploración y explotación de las casi tres cuartas partes de la corteza terrestre, situada bajo los océanos. Las zonas situadas en aguas profundas se encuentran hasta el presente fuera de nuestro alcance, pero no sucede así con las plataformas continentales, cuya profundidad de unos 200 metros es asequible para la técnica actual, y cuya estructura geológica es similar a la de la tierra firme colindante. El desarrollo de las técnicas apropiadas para la exploración, identificación y muestreo de los recursos minerales de estas superficies sumergidas y el poder realizar posteriormente su explotación, es una meta a la que se debe prestar el máximo apoyo posible.

El informe destaca el papel que les corresponde a los gobiernos de los diversos países en el fomento de estas actividades. Si es de la responsabilidad de la industria privada el desarrollo y explotación de recursos nuevos para satisfacer las demandas del mercado, corresponde, en cambio, al gobierno la dirección en cuanto al análisis de las necesidades de minerales en el país, en la aportación de ayuda científica y técnica a la industria minera, y en el suministro de medios de información y documentación a esta industria, para que puedan desenvolverse de acuerdo con las últimas técnicas y las necesidades del momento.

PARTICIPACION ESPAÑOLA EN EL SUMINISTRO DE GAS A LA ARGENTINA

España participará en el suministro de gas licuado a la Argentina, en colaboración con Francia. Una compañía francesa ganó, en pugna con otras empresas, el concurso que Gas del Estado argentino convocó para el suministro de 300.000 Tm de gas, durante el período 1969-70. El Gobierno argentino aceptó la propuesta de la firma francesa, que incluía a una firma española.

ACUERDO PETROLIFERO HISPANO-BOLIVIANO

Las Delegaciones española y boliviana han firmado en La Paz, un acuerdo de base relativo a la financiación y comercialización del petróleo boliviano. Además, España intervendrá en la construcción de un gasoducto entre Santa Cruz (Bolivia) y Yacuiba (Argentina). El acuerdo queda pendiente de la aprobación por los Gobiernos respectivos.

CRIADEROS

JAPON BUSCA MAS FUENTES DE MINERAL DE HIERRO

Los siderúrgicos japoneses están confiando demasiado en Australia para el suministro de sus minerales de hierro. Este último país vendió al Japón el 20,3 por 100 de sus requisitos en mineral de hierro en 1968, y esta cifra bien podría subir hasta el 40 por 100 en los próximos cinco años. Aun cuando Australia se considera como un proveedor seguro y no muy distante, el Japón está interesado en firmar nuevos contratos a largo plazo con otros países, entre ellos Sudáfrica, el Brasil y la India. Está estudiando los resultados de la prospección por mineral de hierro en Arabia Saudita, el Sudán y las naciones costeras del Africa. También considera las posibilidades de Alaska.

Las fuentes de mineral de hierro que surten al Japón distan dos o tres veces lo que las fuentes donde se abastecen las acerías de Estados Unidos y de Europa. Sin embargo, el Japón ha logrado reducir el costo del flete en sus importaciones gracias a los ahorros derivados del uso de gigantescos buques especializados para el transporte de mineral de hierro y carbón de coquificación. Tiene actualmente 137 buques mineraleros, con un peso muerto de 6,3 millones de toneladas.

INVESTIGACION

MINIANTEPASADOS LEJANOS DE LOS MAMIFEROS

El árbol genealógico de los animales tiene numerosas lagunas, y una de éstas corresponde a los mamíferos. Surgieron como tales en el Paleozoico, hace más de 250 millones de años, a partir de los reptiles, y hace unos 60 millones de años aproximadamente, se convirtieron en la especie zoológica dominante tras la desaparición de los grandes saurios. En el Mesozoico aparecieron y desaparecieron a lo largo de unos 150 millones de años una media docena aproximadamente de razas de mamíferos muy diferenciadas, se desarrollaron paralelamente a partir de diversos reptiles hasta llegar a un tipo de mamífero de sangre caliente, vivíparo y provisto de una dentadura especial, desaparecidos sin dejar descendencia. Al mismo tiempo aparecieron las razas actuales de mamíferos, los monotremas de Australia (como los ornitorrincos), los marsupiales y los mamíferos auténticos.

Cuando los reptiles eran los mayores vertebrados terrestres, los mamíferos tenían proporciones ínfimas, no pasando su tamaño del de las ratas o de los conejos y viviendo, por así decirlo, a la sombra de los dinosaurios. Los restos de estos pequeños vertebrados terrestres suelen hallarse raramente en la búsqueda normal de fósiles. En el Jurásico y en el Cretácico, el peso máximo de los mamíferos era de unos 2.000 gramos En el Cretácico inferior sólo se conocen siete especies de mamíferos, frente a más de 100 de reptiles.

Para cubrir esta laguna documental se han desarrollado técnicas especiales de búsqueda de dichos fósiles pequeños. Se excavan grandes cantidades de rocas mesozoicas, de las que se conocen hallazgos de vertebrados o pueden esperarse con cierta probabilidad; se necesitan varias toneladas de roca para tener una posibilidad de hallazgo. En un proceso de concentración como el que se utiliza en la minería metálica, es fragmentada la roca sometiéndola a un chorro de agua a presión. La mena resultante de esta operación es tratada con ácidos o lejías. Por último, no queda más que una milésima parte, aproximadamente, del material que resulta insoluble. Este residuo es el que se analiza al microscopio para la búsqueda de fósiles.

En ocho yacimientos que ha trabajado el Prof. Kühne con arreglo a este procedimiento, hallándose en cuatro de ellos verdaderas faunas de mamíferos. En gran parte se trata de dientes, que tienen una importancia decisiva para el reconocimiento de los mamíferos. Así se han hallado, por ejemplo, formas hasta aquí desconocidas de insectívoros y animales de presa primitivos, los residuos más antiguos del esmalte dental «prismático» de los actuales perisodáctilos, mandíbulas de mamíferos de construcción distinta a las hasta aquí conocidas y las ranas y salamandras más antiguas.

En dos minas de carbón de Portugal y España no sólo se han hallado dientes y huesos, sino también partes enteras

de esqueleto, sobre todo mandíbulas con dientes. Estas piezas se han conservado en muy buenas condiciones, y pueden prepararse sin dificultad.

LA ANTIGÜEDAD DE LA LUNA Y LOS IMPACTOS DE METEORITOS

Por estudios de rocas lunares, se deduce una antigüedad mucho mayor del material lunar que de las rocas terrestres

Las rocas más antiguas de la tierra tienen una edad aproximada de 2,6 mil millones de años: en cambio los mineralogos calculan de 3,2 a 4,6 mil millones de años la antigüedad de solidificación de las rocas lunares. Los cráteres se han producido claramente por impacto de meteoritos, y no tienen origen volcánico.

El Dr. von Engelhardt considera probable el origen de la luna por aglomeración de material cósmico, recalentado por la desintegración de substancias radiactivas y solidificado a lo largo de millones de siglos después de haber estado en fusión. La edad aducida se refiere a la época de solidificación. Según eso, la luna es considerablemente más antigua que la tierra.

Al chocar meteoritos contra la superficie de la luna se producen ondas de presión de hasta un millón de atmósferas de varias decenas de miles de grados.

No se encontró cuarzo en los minerales lunares, que se convierten en parte en cesitas por la onda de choque y producen la típica deformación de estructuras, fácil de reconocer. En cambio el abundante feldespato fue un buen indicador del efecto de las ondas de choque.

Las ondas de choque producidas se propagan en semicírculos en torno al lugar del impacto. La presión máxima de un millón de atmósferas se origina en el lugar del impacto. El meteoro abre una fosa de más de diez veces su propio volumen en la corteza del cuerpo celeste y se convierte en vapor. Las ondas de presión pierden en intensidad a medida que se propagan al interior de la luna. En el segundo ámbito de presión de las rocas se forma una colada de fusión; en ámbitos más profundos la estructura rocosa se machaca solamente de tal modo que se transforma en una masa amorfa.

Se descubrieron en las rocas lunares dos clases de bolitas de vidrio de composición diferente, bolitas oscuras de vidrio de 0,3 a 2 milímetros de diámetro, de composición basáltica y bolitas de reflejos verdosos de plagioclasa y olivino. Proceden de la zona de fusión del impacto meteórico y estaban incrustadas en una masa fundamental de fragmentos muy finos en forma de laminillas micropétreas de 30 milésimas de milímetro de espesor.

Estas laminillas micropétreas acusan estructuras que sólo pueden haber tenido origen bajo un accionamiento mecánico muy intenso. Rocas semejantes descubrieron también los científicos en el meteorito de Tubingen en el Nördinger Ries. Bolitas de vidrio y fragmentos minerales son a su juicio una prueba de que los cráteres han sido originados por impacto de meteoritos.

NUEVO MINERAL LUNAR

En una roca lunar del Apolo XI se ha descubierto un mineral con el nombre de «tranquilita», derivado del nombre de «Mar de la Tranquilidad», de donde fue traído, en la luna.

En los análisis presentados en Houston por científicos de todo el mundo, sobre análisis y composición de la roca y del polvo lunar, no se encuentra tanto titanio como hacía suponer en un principio el análisis del material traido en el viaje del Apolo XI.

Las investigaciones han confirmado que el polvo que se encuentra en la superficie de la luna tuvo una profundidad mayor de un metro, como máximo en los últimos 500 millones de años.

En el Instituto Max Planck de Heidelberg, han calculado en 3,5 mil millones de años la «edad media» de las rocas lunares. Por el contrario, la «edad superior» del material lunar debe ser, según él, de 4,7 mil millones de años. Según eso, se puede suponer que a partir de ese tiempo la luna era un cuerpo celeste individualizado.

APROVECHAMIENTO DE LOS DESPERDICIOS DEL YESO

Se ha desarrollado en Holanda un proceso que permite aprovechar más económicamente los desperdicios de yeso, convirtiéndolos en fertilizantes y productos de cemento. Consiste en la preparación de sulfato amónico y carbonato de calcio a partir del yeso. El amoníaco gaseoso y el dióxido de carbono son introducidos directamente en un cieno circulante de yeso. La reacción ocurre en cámaras mezcladoras especiales, donde el régimen de disolución de los gases es acelerado y se realiza una reacción rápida con el yeso.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

USO DEL MINERAL DE HIERRO EN PELLAS

Los fabricantes de acero que usan hornos de arco eléctrico últimamente se han encontrado con que la chatarra, importante material para la carga de sus hornos, se está volviendo más escasa, con el correspondiente aumento en el precio; por ello recuren a pellas de mineral de hierro metalizado. Este producto se fabrica en cantidades comerciales suficientes para competir con la chatarra, aventajándola en ciertos aspectos.

El material en pellas y el horno eléctrico podrían ser la combinación que necesita para crear una modesta acería.

Tres compañías han invertido ya grandes sumas en plantas de pellas para demostrar su confianza en el método. La Kaiser Steel Corp., de Oakland, California, E. U. A., dispone de una planta de pellas en Australia, situada en las minas de la Hammersley Iron Pty. Ltd. La planta de Hammersley en Port Damier, tiene una capacidad anual de dos

millones de toneladas. Entre los clientes para sus pellas ya cuenta con acerías en el Japón, Bélgica, Francia, Alemania Occidental e Italia. La Falconbridge Nickel Mines Ltd. de Toronto, Canadá, tiene una planta de 300.000 toneladas anuales de capacidad en Ontario.

La Midland-Ross Corp. de Portland, Oregón, E. U. A., anunció hace poco el comienzo de las operaciones de su planta para alimentar los hornos eléctricos adyacentes de Oregón Steel Mills, una Div. de Gilmore Steel Corp. La planta de pellas y la acería fueron erigidas a un costo total de 35 millones de dólares. Se propone construir tres plantas adicionales para fabricación de pellas en el primer semestre de este año. Una de ellas estará ubicada en Hamburgo, Alemania, y es un empresa conjunta con Korf Industrie und Handel GmbH & Co. Estas tres plantas, y la que está en marcha en Portland, representan una inversión de 40 millones de dólares.

Los fabricantes de acero saben que las pellas de mineral, una vez reducidas por el proceso de metalización en material de carga que contiene 60 a 95 por 100 de hierro puro, pueden aumentar la capacidad de producción de un horno eléctrico en 35 por 100 o más. Esta es una capacidad que excede a la de la chatarra.

Las pellas no requieren tratamiento para eliminar elementos perjudiciales para el horno, como el azufre, cromo, manganeso y cobre, y tienen poco efecto sobre los forros de hornos y los electrodos.

Además de otras ventajas como tiempo de producción, pérdida en escorias y duración de los materiales refractarios más empleados.

Algunos fabricantes de acero en Estados Unidos creen que el uso de pellas será el estímulo para la expansión de acerías pequeñas. Estos buscarán zonas donde las tarifas de electricidad son favorables y donde el suministro de chatarra a bajo precio es limitado.

NUEVA TECNICA DE CATEADURA DE METALES

Científicos soviéticos han descubierto una nueva técnica para la prospección de metales. Utiliza el contenido en helio del aire como medio para determinar la situación aproximada en el mayor contenido de helio en la atmósfera en aquellas zonas de la corteza terrestre, situadas sobre grandes fallas, debido a la mayor permeabilidad a este gas de sus rocas. Por otra parte, es sabido que los yacimientos de metales tales como el oro, cinc, plomo o molibdeno suelen encontrarse en las zonas de fallas.

Las prospecciones basadas en la medida del contenido de helio se han comenzado a practicar ya en Kasajtán y en los Urales.

REUNIONES CIENTIFICAS

I COLOQUIO DE ESTRATIGRAFIA Y PALEOGEOGRAFIA DEL JURASICO DE ESPAÑA

En la actualidad existen numerosos trabajos sobre el Jurásico de España, tanto desde el punto de vista de investigación pura, como aplicada. Desde este segundo punto de vista, el Jurásico ha adquirido una especial importancia en las investigaciones petrolíferas, sobre todo en cuanto a su conocimiento estratigráfico y paleogeográfico se refiere. También debe destacarse su interés en las investigaciones hidrogeológicas, mucho más acentuado en la zona sudoriental de España.

En la última Reunión del Instituto Nacional de Geología, celebrada el pasado mes de octubre en Pamplona, se insistió en la necesidad de revisar la nomenclatura cronoestratigráfica actualmente en uso, especialmente en lo que se refiere a su aplicación a la Geología de España. El proyecto actualmente en curso por parte del Instituto Geológico y Minero de España del levantamiento del Mapa Geológico Nacional a escala 1:200.000 y 1:50.000, da un mayor interés y oportunidad a este proyectado coloquio.

Ni que decir tiene que también, con vistas al próximo Congreso Geológico Nacional, es de sumo interés revisar el estado actual de conocimientos e ir preparando una serie de temas monográficos de acuerdo con unas directrices determinadas, fomentando, en la medida que sea posible, la colaboración entre distintos grupos de investigadores de Estratigrafía, tanto lito, como bioestratígrafos. Además se considera imprescindible ir preparando la participación española en el coloquio mixto Jurásico-Cretácico, que ha sido anunciado por la Comisión de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas para 1973.

Uno de los principales problemas que se pretende abordar en el Coloquio es el del establecimiento de una escala cronoestratigráfica unificada para el Jurásico Español y la definición de los dudosos límites superiores e inferiores de este sistema.

La organización del Coloquio corre a cargo de los Departamentos de Estratigrafía y Geología Histórica de las Universidades de Madrid y Barcelona, del Instituto Geológico y Minero de España, del Instituto de Geología Económica del C. S. I. C. y de la Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A. (CIEPSA), a través de su Laboratorio de Estratigrafía.

El Coloquio tendrá una duración de seis días. Se prevé la celebración de las sesiones de trabajo durante los tres primeros días, en las que se expondrán y discutirán las comunicaciones científicas presentadas por los participantes, para llegar, en la Asamblea General y sesión de clausura, a una síntesis general de los principales temas tratados. Como en cualquier reunión de índole geológica, se considera indispensable que las sesiones de trabajo y discusiones vayan acompañadas de un estudio, sobre el terreno, de los problemas planteados. Con este fin se proyectan tres excursiones por las regiones de Navarra (Aralar y Leiza-Lecumberri), Alava (Sierra de Cantabria), Burgos (Montes Obarenes) y Zona Norte de la Ibérica (Cameros), en las que se estudiarán algunas series estratigráficas del Jurásico de estas áreas.

Las sesiones de trabajo se organizarán alrededor de aquellos temas que parecen de mayor interés dentro de la problemática general de la Estratigrafía del Jurásico. Por dicha razón, parece conveniente que las comunicaciones presen-

tadas en cada sesión tengan una cierta unidad, lo que permitirá una más adecuada discusión de las mismas. En principio, se prevén los siguientes temas de sesiones:

1.º Jurásico del S. de España.
2.º Jurásico de la Ibérica y de la Cadena Costero-Catalana.
3.º Jurásico Cantábrico.
4.º Jurásico Asturiano.
5.º Jurásico del Pirineo.
6.º Límite Triásico-Jurásico.
7.º Límite Jurásico-Cretácico.
8.º Revisión de nomenclatura cronoestratigráfica.

El Coloquio se celebrará en Vitoria, ciudad donde reside el Laboratorio de Estratigrafía de CIEPSA. En principio se han elegido como fechas para su celebración los días 5 al 10 de octubre.

Toda la correspondencia deberá ir dirigida el Secretario de la Comisión, don José Ramírez del Pozo, Apartado 120, Vitoria (España).

XXIX CONGRESO LUSO-ESPAÑOL PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

Entre los días 31 de marzo y 4 de abril, se ha celebrado en Lisboa el XXIX Congreso Luso-Español para el Progreso de las Ciencias.

Los Coloquios se desarrollaron sobre los siguientes temas Geología Económica, Herencia social peninsular ante el de arrollo industrial, Intersexo humano, Ultraestructura cel lar, Química estructural y sus aplicaciones, Conservación restauración de obras de arte, Utilización de calculador electrónicas, Problemas actuales de la documentación cie tífica, Bases para la planificación agrícola, y la Conserv ción de la naturaleza.

Dentro del Coloquio de Geología Económica, se hicier cuatro secciones: Geología económica y cartografía geol gica, Geología de los yacimientos metálicos, Geología los yacimientos no metálicos y Geología aplicada a la con trucción.

Fueron numerosas las comunicaciones presentadas tan por geólogos españoles como portugueses, y varios los tr bajos sobre temas libres de geología.

A la mayoría de las comunicaciones siguió un coloqu con intervención de especialistas de los dos países.

En las diferentes sesiones dos representantes españoles otros dos portugueses, expusieron en términos generales estadb actual en sus respectivos países de la cartografía ge lógica, con indicación de escalas a que se trabaja y las expl taciones actuales de yacimientos metálicos y no metálicos.

Una excursión geológica a Santarem, para ver problem de geología aplicada a la construcción completó este Col quio de Geología Económica.

Estadística y Economía

LA COYUNTURA DEL SECTOR SIDERURGICO EN EL MES DE MARZO

La demanda de productos siderúrgicos continúa a nivel elevado, aunque registra cierta moderación en su progresión con respecto a meses anteriores.

Por lo que se refiere a la producción, en marzo se ha registrado un aumento del 4 por 100 con relación a febrero, y en el primer trimestre de 1970 ha superado en un 31 por 100 a la de igual período de 1969.

El consumo aparente de acero durante los tres primeros meses del año, se estima del orden de 2.450.000 toneladas, con unas importaciones netas de 711.839 toneladas, expresadas en acero equivalente.

Los stocks en fábrica siguen siendo bajos, aunque se observa cierta evolución en algunos productos hacia niveles de mayor normalidad.

De acuerdo con el ritmo de consumo de acero del primer trimestre, y en función de las variaciones estacionales normales a lo largo del año, cabría prever un consumo anual para 1970, del orden de 9,3 millones de toneladas, con un aumento del 10,4 por 100 sobre el de 1969.

Demanda

La cartera de pedidos de la siderurgia en su conjunto continuado en el mes de marzo a un nivel alto, aunque algunos casos se observa una cierta moderación en su pr gresión ininterrumpida a lo largo de los últimos meses.

La evolución observada en el mes es algo dispar, seg los grupos de productos, dentro del elevado nivel gener registrándose una mayor presión de la demanda en el su sector de lingote de hierro, una estabilidad en aceros fin y una ligera flexión en algunos productos laminados.

Stocks

El nivel general de los stocks en fábrica sigue siendo baj como corresponde a la situación de la demanda descrita. obstante, como variaciones, aunque de escasa significació cabe destacar cierta tendencia en algunos productos la nados a aumentar sus stocks hacia niveles de mayor no malidad.

Sin embargo, parece ser que los stocks en poder de usu

rios finales y almacenistas habían alcanzado, durante el primer trimestre del año, niveles superiores a los normales.

Tendencia de la producción a corto plazo.

Dentro de la tónica general de una previsión de aumento de la producción, impulsada por una demanda superior a las posibilidades de abastecimiento interior, se registra una mayor moderación en cuanto a la intensidad de dicho aumento, así como a su carácter general. Las mayores expectativas siguen correspondiendo al subsector de aceros finos. En el subsector de lingote de hierro se observan ciertas dificultades para el aumento de la producción a corto plazo. En cuanto a la fase de laminación, las expectativas son ligeramente más débiles que en el mes anterior.

Los depósitos de uranio revisten especial interés, porque ya se proyecta utilizar energía atómica en usos industriales: se estudia instalar una planta desaladora de agua en Sonora, y se construye una planta eléctrica en Chihuahua.

La extracción de mineral de hierro experimentará impulso en 1970, ya que el complejo Las Truchas aprovechará los yacimientos de Michoacán. Las posibilidades son magníficas: la demanda de acero va en aumento y existen reservas que aseguran la oferta por muchos años.

En general, las perspectivas son halagüeñas. En 1969 surgen varias empresas, con fuertes inversiones, que se espera empiecen a producir en 1970.

Explotación petrolera

Sobresalió en 1969 el convenio efectuado entre Petróleos Mexicanos (P. E. M. E. X.) y las empresas Pauley, Pan American Petroleum Co., American Independent Oil Co. y Mexofina, de E. U. A., para rescindir los contratos de explotación que se mantenían con ellas; se les indemnizó con 225 millones de pesos. Así se rescatan 2.456 kilómetros cuadrados. P. E. M. E. X. podrá aprovechar las reservas descubiertas por los contratistas, 12 millones de barriles, y recibe instalaciones y equipos valuados en 50 millones de pesos.

Entre enero-septiembre el petróleo crudo procesado llegó a 17,7 millones de metros cúbicos, ascenso de 5.4 por 100 sobre el mismo período de 1968. A ese ritmo tal vez alcance 26.454 millones de metros cúbicos en el año, 3,4 por 100 más que en 1968. Resulta bajo, pues en el bienio anterior fue de más del 9,3 por 100. Otros renglones importantes muestran también ascenso: gasolina refinada, 5,1 por 100 y gases, 5,8.

Los nuevos yacimientos en la plataforma continental elevan las reservas probadas a 5.486 millones de barriles. Pueden satisfacer la demanda durante veinticinco años. Existen, además, posibilidades de encontrar depósitos en la región desértica de Chihuahua.

Los ingresos estimados de P. E. M. E. X. montan 12.712 millones de pesos en 1969; 12.148 corresponden a ventas interiores y exportaciones. El presupuesto autorizado alcanzó 16.818 millones, con ingresos propios de 12.712 millones.

Petroquímica

P. E. M. E. X. gastó 49,9 millones de pesos para poner en servicio tres nuevas plantas, en Salamanca, Ciudad Madero y San Martín Texmelucan. Empezaron a producir alcohol isopropílico, azufre y metanol. Al finalizar el año se terminará en Pajaritos una planta de óxido de etileno, en la cual se invirtieron 72,9 millones de pesos.

La rama adelanta a ritmo acelerado. Existen 168 plantas con capital global de 5.500 millones de pesos, aumento de 23 por 100 sobre 1968. El sector público maneja 59, por intermedio de P. E. M. E. X. y Guanos y Fertilizantes; los empresarios privados, 129.

Se construyen 40 plantas: 33 del sector privado y 7 de P. E. M. E. X., que en 1969 destinó 310 millones de pesos a petroquímica. Es notable la planta de polietileno, en Poza Rica, con propósito de terminarla en 1971.

LA PRODUCCION SIDERURGICA EN EL MES DE MARZO. EN EL PRIMER TRIMESTRE DEL AÑO SE HA REGISTRADO UN FUERTE CRECIMIENTO

Con una producción de 1.686.000 toneladas de acero, 956.000 de arrabio y 1.739.000 toneladas de acero equivalente de laminados en caliente, las empresas integradas en la Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas, UNESID, servicio del Sindicato del Metal, han superado en el primer trimestre de 1970 a las producciones respectivas del mismo período del año anterior, en un 31, un 40 y un 45 por 100.

Dichas tasas de aumento ponen de relieve los esfuerzos que viene realizando el sector siderúrgico para lograr de un modo creciente el aprovisionamiento del mercado interior español. No obstante, estos porcentajes tan elevados de aumento están influenciados por la base de comparación de 1969, ya que en el mes de febrero de dicho año, la producción se vio afectada desfavorablemente por irregularidades laborales.

En el mes de marzo, la producción de acero se ha establecido en 578.540 toneladas, con un aumento del 26 por 100 respecto a las 459.606 toneladas obtenidas en marzo del pesado año. Por empresas, son de destacar el crecimiento del 68 por 100 en Altos Hornos de Vizcaya, S. A., y del 19 por 100 en Ensidesa.

A la indicada fabricación de acero han contribuido en un 36 por 100 las empresas no integrales, en un 29 por 100 Ensidesa, en un 25 por 100 Altos Hornos de Vizcaya, S. A. y en un 10 por 100 Uninsa.

A 335.950 toneladas ha ascendido la producción de arrabio en el pasado mes de marzo, cifra que supone un aumento del 24 por 100 con relación a las 271.130 toneladas del mismo mes de 1969. Esta misma comparación, a escala empresarial, arroja un incremento del 45 por 100 en Altos Hornos de Vizcaya, S. A., y del 25 por 100 en Uninsa.

Ensidesa ha aportado, a la mencionada producción de

arrabio, un 42 por 100; Altos Hornos de Vizcaya, S. A., zo de 1969. Se destacan por la tasa individual conseguida:

En cuanto a la obtención de laminados en caliente, la cifra neta de los mismos, que en marzo ha totalizado 430.677 toneladas, representa en acero equivalente 566.415 toneladas, estableciéndose en un 3 por 100 el aumento respecto a marzo de 1969. Se destacan por la tasa individual conseguida Ensidesa, con un 17 por 100; las empresas no integrales, con un 10 por 100, y Uninsa con un 7 por 100.

Casi la mitad de los laminados en caliente ha sido fabricada por el grupo de empresas no integrales —49 por 100— participando Altos Hornos de Vizcaya, S. A., con un 24 por 100; Ensidesa, con un 16 por 100, y Uninsa, con un 11 por 100.

En el siguiente cuadro se expresan las producciones alcanzadas en marzo y en el primer trimestre de 1970, así como las respectivas variaciones porcentuales con relación a los mismos períodos del año 1969:

	1970 Toneladas		Variación respecto a 1669 Porcentajes	
	Marzo	Primer trim.	Marzo	Primer trim.
Arrabio				
Altos Hosnos de Vizcaya	132.289	390.368	+ 45	+ 71
Ensidesa	142.089	387.080	+ 11	+ 27
Uninsa	49.647	142.540	+ 25	+ 27
Otras	11.925	36.270	— 6	— 9
Total	335.950	956.258	+ 24	+ 40
Acero				
Altos Hornos de Vizcaya	144.659	424.283	+ 68	+ 202
Ensidesa	166.553	476.922	+ 19	+ 25
Uninsa	57.128	165.340	+ 14	+ 13
Otras	210.200	619.968	+ 15	+ 14
Total	578.540	1.685.513	+ 26	+ 31
Laminados en caliente (1)				
Altos Hornos de Vizcaya	133.551	473.299	— 15	+ 35
Ensidesa	91.452	254.236	+ 17	— 2
Uninsa	65.792	186.833	+ 7	+ 14
Otras	275.620	824.555	+ 10	+ 12
Total	566.415	1.738.923	+ 3	+ 15

CONTINUA AUMENTANDO LA PRODUCCION SIDERURGICA EN EL MES DE ABRIL. LA PRODUCCION DE ACERO HA REBASADO LAS 600.000 T.

En el pasado mes de abril, la producción de las empresas integradas en la Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas, UNESID, servicio del Sindicato del Metal, se cifra en 347.533 t. de arrabio, 607.464 t. de acero y 612.249 t. de laminados en caliente, en acero equivalente. Dichas cifras representan unos aumentos respectivos, sobre los tonelajes producidos en abril de 1969, del 22, 19 y 11 por 100.

Los hornos altos que mantiene en régimen de marcha la industria siderúrgica, han permitido llegar, con la producción indicada en el mes de abril, a una cifra total de 1.301.846 toneladas en los cuatro primeros meses del año, que supera en un 34 por 100 a la del período correspondiente del año anterior.

El mayor incremento en la producción de arrabio ha correspondido durante el mes pasado a Uninsa, con un 33 por 100, seguido por Altos Hornos de Vizcaya, S. A. y Ensidesa. La cifra acumulada del cuatrimestre arroja un mayor crecimiento en Altos Hornos de Vizcaya, S. A., siguiéndole en orden decreciente Uninsa y Ensidesa.

Las 607.464 t. de acero obtenidas en el pasado mes cons-

(1) En acero equivalente.

tituyen un récord absoluto en la producción siderúrgica española. En los cuatro primeros meses se han totalizado 2.287.463 t. de acero, con un aumento del 28 por 100 respecto a la cifra registrada en el primer cuatrimestre de 1969.

También en esta fase de la producción, Altos Hornos registra los mayores porcentajes de aumento con relación al año anterior, aunque su nivel productivo no ha estado a la altura de los meses anteriores, tanto en arrabio como en acero, a causa de la parada programada de un horno alto.

En laminados en caliente, las mencionadas 612.249 t., en acero equivalente, corresponden a una producción neta de 466.090 t. La cifra del período enero-abril, con 2.328.287 toneladas, rebasa en un 12 por 100 a la correspondiente del año anterior.

Por último, merece ponerse de relieve que la producción registrada en abril es, en todos los casos, superior a la del mes anterior. Se ha rebasado en más de 11.500 t. la obtención de arrabio, en casi 29.000 t. la producción de acero y en más de 45.000 t. la fabricación de laminados en caliente.

El cuadro siguiente refleja las producciones conseguidas en abril y en los cuatro primeros meses del corriente año, así como las variaciones registradas respecto a los períodos correspondientes del año 1969:

	1970 Toneladas		Variación respecto a 1969 Porcentajes	
	Abril	Enero-Abril	Abril	Enero-Abril
Arrabio				
Altos Hornos de Vizcaya	120.269	510.630	+ 27	+ 58
Ensidesa	165.094	550.264	+ 20	+ 24
Uninsa	50.462	192.974	+ 33	+ 28
Otros	11.708	47.978	— 13	— 9
Total	347.533	1.301.846	+ 22	+ 34
Acero				
Altos Hornos de Vizcaya	128.766	553.103	+ 33	+ 80
Ensidesa	196.717	672.618	+ 18	+ 23
Uninsa	56.912	216.705	+ 18	+ 11
Otros	225.069	845.037	+ 14	+ 14
Total	607.464	2.287.463	+ 19	+ 28
Laminados en caliente (1)				
Altos Hornos de Vizcaya	190.260	662.863	+ 22	+ 31
Ensidesa	76.410	330.517	— 13	— 5
Uninsa	66.778	245.587	+ 18	+ 15
Otros	278.801	1.080.320	+ 10	+ 9
Total	612.249	2.328.287	+ 11	+ 12

(1) En acero equivalente

COTIZACIONES

MATERIAS	15-12-66	30-4-69	19-6-69	18-12-69	18-3-70
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	14,50	14,—	15,—	16,30	16,30
Londres (£ por Tm.).....	104-105	116 1/4-116 1/2	120-120 1/4	130 1/4-130 3/8	122,75-123,25
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	24,50	27,—	27,—	28,—	28,—
Londres (£ por Tm.)..... ...	192,—	247-6-8	246-6-8	256-12-4	252,61
MERCURIO					
Nueva York ($ el frasco de 34,5 kilogramo).....	495-510	500-520	505-512	495-505	495-455
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.).	185-210	223,—	223,—	223,—	212,—
VOLFRAMIO					
Londres (chelines por Tm.).....	310-325	365-387/6	420-437/6	600-640	670-730
PETROLEO					
Nueva York ($ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3,10	3,20	3,20	3,20	3,20
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra) ..	154,—	158,75	158,—	180,50	176-177
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	36,38	44-50	46,50	52,56	56,—
Londres (£ por Tm.).....	426-426 1/2	589-590	633-634		739-740
PLOMO					
Nueva York (dólares por libra)....	11,30	14,—	14,80	16,50	16,50
Londres (£ por Tm.).....	81-81 1/4	114 7/8-115	120 5/8-120 3/4	138 1/8-138 1/4	138,50-138,75

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
42	2685	18-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Oviedo, caducando los permisos de investigación que se citan.
44	2786	20-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Badajoz, caducando los permisos de investigación que se citan.
44	2686	20-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Barcelona, otorgando los permisos de investigación que se citan.
44	2688	20-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de León, otorgando las concesiones de explotación que se citan
44	2688	18-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Pontevedra, caducando el permiso de investigación que se cita.
44	2688	20-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Santander, caducando los permisos de investigación que se citan.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
46	2928	23-II-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, por la que se amplía en 30 días hábiles el plazo para concurrir al concurso de adjudicación de los bloques en que quedó dividida la reserva de Huelva.
49	3117	26-II-70	Ind.	Resol de la D. P. de Ciudad Real, otorgando los permisos de investigación que se citan.
49	3119	26-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de La Coruña, caducando los permisos de investigación que se citan.
51	3291	28-II-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Oviedo, caducando el permiso de investigación que se cita.
52	3331	2-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Segovia, caducando el permiso de investigación que se cita.
53	3380	3-III-70	Ind.	Resol de la D. P. de León, otorgando la concesión de explotación que se cita.
53	3380	3-III-70	Ind.	Resol. de la D. P de Oviedo, otorgando las concesiones de explotación que se citan.
57	3768	7-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Guadalajara, cancelando los permisos dei nvestigación que se citan
57	3769	7-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de León, otorgando el permiso de investigación que se cita.
59	3918	10-III-70	Ind.	Resol de la D. P. de Avila, caducando el permiso de investigación que se cita.
59	3918	10-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Murcia, otorgando los permisos de investigación que se citan.
62	4124	13-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Huelva, otorgando el permiso de investigación que se cita.
62	4124	13-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Lugo, otorgando los permisos de investigación que se citan.
62	4124	13-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Málaga, por la que se anula la publicación del otorgamiento del permiso de investigación que se cita.
74	4871	27-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Almería, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
76	4927	30-III-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Granada, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
78	5080	1-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Barcelona, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
78	5080	1-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Cáceres, anulando la cancelación del permiso que se cita.
78	5081	1-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Jaén, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
78	5081	1-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Madrid, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
78	5081	1-IV-70	Ind.	Resol de la D. P. de Teruel, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
79	5122	2-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Alava, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
79	5124	2-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Barcelona, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
79	5125	2-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Málaga, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
79	5125	2-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Valencia, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
80	5201	3-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Granada, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
80	5201	3-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Jaén, caducando los permisos de investigación minera que se citan.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
80	5202	3-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Murcia, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Oviedo, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Salamanca, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Santa Cruz de Tenerife, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Sevilla, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Sevilla, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
81	5313	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Teruel, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
81	5314	4-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. Zamora, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
84	5555	8-IV-70	Ind.	Resolución de la D. P. de Soria, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
86	5683	10-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Almería, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
86	5683	10-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Almería, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
87	5772	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, por la que se hace público que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Lugo.
87	5772	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, por la que se anula de publicación de la cancelación del permiso de investigación minera que se cita.
87	5772	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Albacete, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
87	5773	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Córdoba, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
87	5773	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Guipúzcoa, otorgando el permiso de investigación que se cita.
87	5773	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Murcia, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
87	5773	11-IV-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Zaragoza, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
HIDROCARBUROS				
47	3003	24-II-70	Ind.	Decreto 477/1970, de 5 de febrero, aprobando el contrato entre «Compañía Petrolífera Ibérica, S. A.», y Signal Ibérica Company», por el que la primera Sociedad cede a «Signal» su participación en el permiso de investigación de hidrocarburos «Las Nieves».
59	3917	10-III-70	Ind.	Decreto 630/1970, de 26 de febrero, aprobando el contrato entre la «Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A.» ; «Sociedad de Exploración de Petróleos Españoles, S. A.», y «Refinería de Petróleos de Escombreras, S. A.», cediendo las dos primeras Sociedades a la última un treinta y tres y un tercio por ciento en el permiso de investigación de hidrocarburos «Olot y su Demasía», y el Convenio de colaboración entre las tres Empresas.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
69	4553	21-III-70	Ind.	Resolución de la D. G. de Energía y Combustibles, ampliando hasta el 31 de mayo de 1970 el plazo para la presentación de pliegos, con motivo de concurso para la adjudicación de 27 permisos de investigación de hidrocarburos en Zona III (Sahara).
83	5455	7-IV-70	Ind.	Decreto 905/1970, de 18 de marzo, por el que se adjudican cuatro permisos de investigación de hidrocarburos a la Compañía «American Petrofina Exploration, Co.» (APEXCO) en la Zona I (Península).
RESERVAS				
41	2627	17-II-70	Ind.	Orden de 3 de febrero de 1970, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en tres áreas denominadas «Zona vigésima-Santa Elena», de las Calatrava», de la provincia de Ciudad Real, y «Zona vigésima segunda provincias de Ciudad Real y Jaén ; «Zona vegésima primera-Calzada de Pozuelo de Calatrava», de la misma provincia de Ciudad Real.
41	2627	17-II-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, anunciando concurso para la selección entre Empresas privadas interesadas en formar parte de un consorcio con la Empresa Nacional designada por el I. N. I. para la investigación de la Zona 3 de la reserva definitiva de lignitos en Albalate (Teruel), como quedó modificada en la Orden de 22 de noviembre de 1969.
48	3058	25-II-70	Ind.	Orden de 9 de febrero de 1970, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias minerales excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas: «Valencia 746-1», de la provincia de Valencia.
50	3202	27-II-70	Ind.	Orden de 12 de febrero de 1970, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos de minerales radiactivos «Ampliación a Zona Quinta», de las provincias de Lérida y Tarragona.
50	3202	27-II-70	Ind.	Orden de 12 de febrero, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos de minerales radiactivos (Zona Sexta». de las provincias de Huesca, Zaragoza y Lérida.
51	3288	28-II-70	Ind.	Orden de 9 de febrero de 1970, por la que se divide en bloques y determina la modalidad de las investigaciones a realizar en la zona reservada para minerales de mercurio, denominada «Asturias-León».
79	5122	2-IV-70	Ind.	Orden de 23 de marzo de 1970, autorizando la prórroga de la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la «Zona Azuaga-Fuenteovejuna», comprendida en las provincias de Badajoz y Córdoba.
80	5200	3-IV-70	Ind.	Orden de 12 de febrero de 1970, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado, de yacimientos de minerales radiactivos «Zona Quinta», de las provincias de Lérida, Barcelona y Tarragona.
81	5311	4-IV-70	Ind.	Orden de 17 de marzo de 1970, autorizando el levantamiento de reserva provisional a favor del Estado de rocas bituminosas en todo el territorio nacional y de la reserva definitiva de rocas bituminosas e hidrocarburos en determinada zona de la provincia de Soria.
86	5682	10-IV-70	Ind.	Orden de 31 de marzo de 1970, autorizando el programa general de investigación de la zona reservada provisionalmente a favor del Estado para toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos y las rocas bituminosas, denominada «Salamanca Treinta», sita en los términos municipales de Carpio de Azaba. Saelices el Chico y Gallegos de Argañán, de la provincia de Salamanca.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
VARIOS				
42	2677	18-II-70	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, publicando la autorización concedida a la Comunidad de Aguas «La Yedra», para ejecutar labores de alumbramiento de Aguas Subterráneas en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de El Passo (isla de La Palma, Santa Cruz de Tenerife).
42	2725	19-II-70	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, publicando la autorización concedida a la Comunidad de Aguas «La Matanza», para continuar labores de alumbramiento en monte de propios del Ayuntamiento de La Matanza de Acentejo (Tenerife).
44	2779	20-II-70	O. P.	Resol. del a D. G. de Obras Hidráulicas, concediendo a don José Casellas Palomera autorización para aprovechar aguas subálveas del río Llobregat, en término de Olbán (Barcelona) con destino a usos domésticos e industriales.
46	2925	23-II-70	O. P.	Resolución de la D. G. de Obras Hidráulicas, publicando la autorización concedida a la Comunidad de Aguas «Unión de María García» para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en la margen derecha del barranco de María García, en montes de propios del Ayuntamiento de La Victoria de Acentejo (Santa Cruz de Tenerife).
67	4453	19-III-70	Gob.	Orden de 24 de febrero de 1970, declarando de utilidad pública los manantiales denominados «Los Veratos», «Zarquillos», «Jauce», «Galería de la Cabaña de la Cal», pozo de la «Galería de la Labranza, emergentes en los términos municipales de Talavera de la Reina y Pepino (Toledo).
90	5925	15-IV-70	Ind.	Orden de 4 de abril de 1970, delimitando un perímetro general de protección para aguas subterráneas en el campo de Tarragona.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

J. Ramírez del Pozo y M. J. Aguilar Tomás: *Ciclotemas en el Aptense superior y Albense inferior de Nograro (Alava)*, Acta Geológica Hispánica, año IV, núm. 5, septiembre-octubre de 1969, págs. 113-118.

Describen los autores en Nograro (Alava), una sedimentación cíclica formada por ciclotemas más o menos complejos y diferentemente desarrollados a lo largo de la serie sedimentaria, en relación con la distribución de los principales microfósiles que definen el medio en que se ha depositado la serie, las características petrográficas de los términos de los ciclotemas, y apuntan hipótesis de formación de estas facies molásicas de acuerdo con el marco paleogeográfico.—L.

M. Gutiérrez Claverol e I. Vargas Alonso: *Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Cretácico de la zona central de la región asturiana*, Acta Geológica Hispánica, año IV, núm. 5. págs. 131 a 134, septiembre-octubre de 1969.

Describen de muro a techo tres unidades litoestratigráficas en la zona media de la serie cretácica asturiana. Estas son: margas nodulosas grises, calcáreo-detrítica y detrítica micácea.

Estas unidades resultan litológicamente características y fácilmente identificables en el campo. En consecuencia, se proponen como buenos niveles guía en una extensión que abarca desde el W. de Oviedo hasta el meridiano de Cecedа.—L.

F Aldaya: *Los mantos alpujárrides al Sur de Sierra Nevada (Zona bética, provincia de Granada)*, Acta Geológica Hispánica, año IV, núm. 5, págs. 126 a 130, septiembre- octubre de 1969.

Expone el autor las últimas investigaciones en el dominio alpujárride del S. de Sierra Nevada. La cartografía detallada le ha permitido diferenciar cuatro mantos alpujárrides en este sector, superpuestos al manto de Lújar y al complejo de la Sierra Nevada. Da un resumen de sus características estratigráficas y petrológicas, así como un primer ensayo sobre la sucesión de etapas de metamorfismo.—L.

M. Crusafont Pairó y José María Pons: *Nuevos datos sobre el Aquitaniense del N. de la Provincia de Huesca*, Acta Geológica Hispánica, año IV, núm. 5, págs. 124 a 125, septiembre-octubre de 1969.

Los autores dan a conocer nuevos yacimientos de vertebrados aquitanienses, que se extienden desde la ya conocida localidad de Santa Cilia, hacia el W., por el N. de la provincia de Huesca. Por ello, la formación que se halla al S. de los afloramientos del Eoceno en el flanco meridional de las cordilleras prepirenaicas, en esta zona, pertenecen al Mioceno inferior.—L.

A C. López Garrido y M. Orozco: *Estudio estratigráfico del Sector Centro-Oriental de Sierra Arana (Cordilleras Béticas)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 1, páginas 4 a 7, enero-febrero de 1970.

Dan a conocer la serie estratigráfica de Sierra Arana, establecida con el máximo detalle y basada en el estudio de la macro y microfauna. La serie tipo comienza en la base del Lías y termina en el Nunmulítico. Esto en cuanto a terrenos que han tomado parte activa en la orogenia. Como terrenos claramente postorogénicos existen: Neógeno y depósitos cuaternarios.—L.

C. J. Dabrio y J. A. Vera: *Características sedimentarias del Jurásico subbético en la región Algarinejo-Rute*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 1, págs. 8 a 11, enero-febrero de 1970.

Las series jurásicas de esta región muestran fuertes diferencias de facies y potencias como consecuencia de una subsidencia diferencial, que se pone de manifiesto en el geosinclinal subbético a partir del Domerense.

Las series meridionales corresponden al Subbético s. str., mientras que las septentrionales son series de tránsito entre éste y el Subbético frontal o externo.—L.

Antonio Obrador: *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la isla de Menorca.* Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 1, págs. 19 a 23, enero-febrero de 1970.

Estudia desde el punto de vista estratigráfico y sedimentológico el Mioceno menorquín, y llega a la conclusión de que sus materiales corresponden a un medio sedimentario de nearshore.—L.

L. Solé Sugrañes y P. Santanach Prat: *Nota sobre la escala de corrimiento de Montsec de Tost, en el prepirineo español (provincia de Lérida)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 1, págs. 24 a 28, enero-febrero de 1970.

Estudian las reacciones tectónicas entre diversas unidades del Prepirineo español (provincia de Lérida), junto a la zona axial pirenaica. El estudio tectónico evidencia el carácter alóctono de la Unidad Montsec de Tost (terminación oriental de la denominada Zona de los Nogueras), y la existencia de dos fases tectónicas perfectamente diferenciadas.—L.

CRISTALOGRAFIA

Robert Rath: *Theoretische Grundlagen der allgemeinen Kristalldiagnose im durchfallenden Licht (Fundamentos teóricos de la diagnosis cristalográfica general en la luz refractada)*, Springer - Verlag Berlin - Heidelberg - Nueva York, VII, 133 págs. en 4.º, 109 grabados, encuadernado: 48 marcos, título núm. 1.618, 1969.

El prólogo de la obra recuerda las palabras de Sommerfeld, de la que «óptica cristalina era un objeto preferido de la física del pasado siglo» y comenta las frases cruzadas entre los diversos investigadores, hasta llegar a distribuirse en dos escuelas: una práctica, mantenida principalmente por Burri (1950), y otra, más acentuada, que desarrolla el autor, pero basándose en series de secciones delgadas que luego son objeto de examen.

La obra comprende 10 capítulos: en el primero se estudian los fenómenos de la dispersión de la luz unidimensional. En el segundo se analizan los fenómenos de la luz tridimensionales. En el tercero se estudia la medición microscópica de la refracción. En el cuarto se estudia la composición de las ondas planas. En el quinto se estudia la intensidad, estableciendo dos subcapítulos: en uno se estudia la intensidad de las diferencias de fases; en otro subcapítulo se estudia la relación de la intensidad con la diferencia de fase y de la posición en el espacio. En el capítulo sexto se describen los distintos métodos para realizar la investigación microscópica de la doble refracción (compensador de Berek, compensador de Ehringhaus, compensador elíptico; la actividad óptica, sobre todo del cuarzo).

En el capítulo séptimo se estudia la doble refracción. En el capítulo octavo se estudia la intensidad en la luz convergente y se analizan las figuras resultantes. En el capítulo noveno se determina el carácter microscópico de la doble refracción. En el capítulo décimo se investiga la influencia de

la absorción, dividido en varios subcapítulos, en donde se tratan distintos temas (superficie, índice de absorción, polarización de la materia, ondas planas amortiguadas, solución de las ecuaciones de Maxwell por ondas planas, absorción y espesor.

Son interesantes las figuras producidas en los experimentos realizados por el autor.—J. G. DE LL.

J. ZEMANN: *Chimie Cristaline*, Traducción por E. F. BERTAUT Mongraphies Dunod, 162 págs. y 2 tablas, Paris, 1970.

La cristaloquímica, con el actual criterio, puede considerarse como una ciencia del año 20. Su objeto es el establecimiento de las relaciones entre la composición química y la ordenación de los átomos en el cristal. De una manera amplia, también se puede dar entrada a los efectos que ejercen el orden atómico y el enlace sobre las propiedades físicas del cristal.

Para poder dominar la cristaloquímica, es necesario conocer los conceptos elementales de la cristalografía como: las simetrías, los grupos espaciales, la red, la unidad asimétrica, y en general, cuanto es necesario para penetrar en las estructuras cristalinas, lo cual es el objeto del capítulo primero.

A las dimensiones de los constituyentes estruturales está destinado el capítulo 2.º. El 3.º se refiere a la aplicación de la electrostática a la cristaloquímica. A los enlaces cristalinos se refieren los capítulos 4.º y 5.º, según sean covalentes o metálicos.

El estudio de las soluciones sólidas, poliformismo, isomorfismo y transiciones entre los tipos de enlace, son temas del capítulo 6.º

Dedica el capítulo 7.º a casos particulares de la química cristalina, como son: silicatos, hidróxidos, hidratos, sulfuros.

El capítulo 8.º y último tiene por tema el cristal real y su importancia cristaloquímica, donde considera: lagunas térmicas; difusión y reacción al estado sólido; estructuras mosaicas, dislocaciones y defectos de empilado.

Completan esta obra de interés para quienes trabajan en cuanto se refiere a la «materia cristalina», un índice de fórmulas y otro bibliográfico.—L. DE A.

GEOMORFOLOGIA

A. E. SCHEIDEGGER: *Theoretical Geomorphology*, Second Revised Edition, Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, New York, 1970.

A. E. SCHEIDEGGER: *Geomorfología teórica*, segunda edición revisada, 207 figuras, XII-455 págs., en tela, 86 marcos. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, Nueva York, 1970.

En una obra anterior, titulada «Principles of Geodynamics», el autor estudia los aspectos teóricos de los fenómenos endogenéticos y ahora se propone complementarla con la discusión de las teorías sobre los fenómenos exogenéticos. Tras una breve descripción de los hechos fisiográficos, se exponen los problemas básicos de carácter físico, que han de ser necesarios para la comprensión del resto de la obra. Los temas más importantes son: la mecánica de la formación de las vertientes; la erosión fluvial, el desarrollo del paisaje; las teorías sobre los efectos subacuáticos, la nivación, las aciones eólicas.

Escrita la primera edición hace ocho años, esta segunda edición contiene una extensión mucho mayor.

El carácter matemático de toda ella, le da un interés especial en el modo de tratar los hechos geomorfológicos.

El uso del leguaje y métodos matemáticos en los problemas planteados limita su estudio a los lectores que posean un sólido dominio en las Ciencias matemáticas y físicas, que les permita luego emplear los conocimientos adquiridos en la Geología aplicada.

La obra se divide en nueve partes: la primera podría corresponder a la Geomorfología general, accesible a los que no posean tales conocimientos físicos y matemáticos. En la segunda parte se trata de la hidrodinámica de los fluídos, de la hidrodinámica del agua corriente, de los glaciares, y de la dinámica eólica. En la tercera parte se estudian los fenómenos de la mecánica de las vertientes y de la denudación. En la parte cuarta se describen los problemas de la mecánica de los ríos. La parte quinta ocupa una gran extensión al plantearse los problemas propios de las grandes cuencas, y, en general, del paisaje. En la parte sexta se estudia la hidrosfera (oleaje, corrientes de turbiedad, mareas, corrientes oceánicas, factores que intervienen en el modelado subacuático, morfología submarina. La parte séptima está dedicada a la morfología de las regiones donde se forman los mantos de nieve y los glaciares. La parte octava estudia los fenómenos producidos por el viento. Por último, la parte novena se dedica a distintos aspectos que no encajan en los capítulos anteriores, como son: las formas del relieve en los países cársticos, los géiseres, el relieve de cierta formas especiales resultantes de la meteorización. Una nutrida literatura acompaña al texto, anotada al pie de muchas páginas de esta tan importante obra.—J. G. DE LL.

MINERALOGIA

ALEXANDRE PARFENOFF, CHARLES POMEROL y JOSETE TOURENQ: *Les Minéraux en grains. Méthodes d'étude et détermination*, Masson et Cie. Editeurs, 578 págs. Varias tablas y láminas. Paris, 1970.

En las rocas sedimentarias se acumulan los productos de erosión de las rocas, caracterizados por su estabilidad química y densidad elevada, testigos de las rocas de procedencia y de los fenómenos de erosión y transporte.

Cada vez tienen interés mayor estos granos minerales, y los sedimentólogos perfeccionan las técnicas de estudio y clasificación. Para quienes están interesados en esta rama de la mineralogía, está destinada la obra comentada.

En la primera parte se expresan algunos principios que rigen la sedimentación de los minerales pesados: filiación, sedimentación inversa, superposición de fases, disociación de fases. Los autores destacan el interés y las aplicaciones del estudio de los minerales pesados en diversos dominios de las ciencias de la Tierra: sedimentología, oceanografía, estratigrafía, tectónica, paleogeografía, petrografía, metalogenia, edafología.

La segunda parte trata de las técnicas de muestreo, separación y determinación de los minerales en granos, por métodos químicos, físicos u ópticos, tanto con el empleo de aparatos costosos o delicados como de aparatos sencillos de fácil manejo.

La tercera parte es una monografía detallada de 216 minerales presentados por orden alfabético. Para cada uno de ellos se indica sucesivamente: el aspecto, caracteres cristalográficos, físicos, ópticos, químicos, la alteración, las confusiones posibles, las condiciones de yacimiento, la utilización y los principales elementos de diagnóstico.

La determinación de los minerales está facilitada por numerosos croquis, una ilustración fotográfica original (9 láminas en colores representando 62 minerales) y por tablas sinópticas de varias entradas, entre las cuales figuran: las suceptibilidades magnéticas, las constantes dieléctricas, los índices de refracción, las densidades, las fluorescencias, las rayas de intensidad más fuerte, obtenidas por los diagramas de Pobro con rayos X. Se adjuntan nueve tablas fuera del texto, correspondientes a la determinación de minerales opacos y de minerales transparentes.

Completan la obra tres índices alfabéticos: de materias, franco-ruso de minerales y de nombres de autores.—L. DE A.

PETROLOGIA

L. G. CORRETGÉ CASTAÑÓN: *Las diferenciaciones aplíticas cupuliformes en la tonalita de Zarza la Mayor-Ceclavín (Cáceres) y su interpretación petrogenética*, Acta Geológica Hispánica, año IV, núm. 5, págs. 119 a 123, septiembre-octubre de 1969.

Se ocupa el autor del fenómeno de diferenciación observado en el plutón de Zarza la Mayor-Ceclavín (provincia de Cáceres). Desde el punto de vista petrográfico, las variedades de rocas graníticas encontradas, van desde los tipos aplíticos a las cuarzodioritas (tonalitas). Saca la conclusión de que los granitos con carácter aplítico se han formado, probablemente, por acumulación local en el techo del plutón de componentes volátiles y fases condensadas muy ricas en H_2O.

El autor llega a las siguientes conclusiones: 1.ª La tonalita de Zarza la Mayor presenta una estructura zonal producida por dos tipos de rocas: la propia tonalita y los granitos aplíticos. 2.ª Estos últimos tienen disposición cupuliforme, y no aparecen en los bordes de la tonalita, por lo que hay que admitir, teniendo en cuenta que no existe tectonización importante en los contactos, que se trata de un diferenciación de techo o cúpula. 3.ª Opinan que las fas vapor y condensadas muy ricas en H_2O, claramente sep radas de las fases ortomagmáticas, han sido las principal responsables de esta diferenciación.—L.

M. MONTOTO SAN MIGUEL: *Petrología de las formacion filonianas de Hostalrinch (Gerona)*, Acta Geológica Hi pánica, año V, núm. 1, págs. 29 a 32, enero-febrero de 197

Estudia las formaciones filonianas (pórfidos, aplitas y pe matitas) existentes en la región granítica de Hostalrich (G rona), las cuales presentan fenómenos mineralógicos y e tructurales, en opinión del autor, de índole metamórfic metasomática.

Por consiguiente, las considera resultado de procesos cataclasis, microgranulaciones y recristalizaciones condici nadas por la acción tectónica sobre la masa granítica.—

PALEONTOLOGIA

CARLOS MARTÍNEZ DÍAZ: *Tres nuevas especies de foramin feros en el Andaluciense*, Acta Geológica Hispánica, año número 1, págs. 1 a 3, enero-febrero de 1970.

Al efectuar el estudio micropaleontológico de una seri de muestras, enviadas por C. Montenat para la datación un yacimiento de peces situado sobre el flanco S. de l Sierra de Columbares, a unos 10 km. al SE. de Murcia, e contró el autor dos especies de Globorotalia y una Glob gerina nuevas en apariencia, que ha denominado *Globigerin Columbae*, *Globorotalia perconigi* y *Globorotalia lupeae*.—

L. VÍA BOADA: *Estudio paleontológico y bioestratigráfic de Montesumella Amenosi; interesante Braquiuro (Atel cyclidae) del Eoceno catalán.* Acta Geológica Hispánic Año V, núm. 1, págs. 12 a 18, enero-febrero de 1970.

Describe los ejemplares de braquiuro *Montezumella am nosi* Vía, única especie de la familia Atelecyclidae reconoci en el Eoceno español, todos ellos procedentes del Biarri zense de Cataluña. La confrontación de todos los datos p leontológicos, geográficos y estratigráficos referente a dich familia, sugiere el origen eocénico y euroafricano de la mi ma a través de la subfamilia Atelecyclinae, en cuya línea in cial destaca, junto con M. Fraasi, la especie española. distribución por yacimientos de los materiales estudiad permite completar el estudio paleontológico con unas co sideraciones sobre bioestratigrafía y cronoestratigrafía d Eoceno catalán.—L.

Sección informativa de revistas

Publicaciones francesas

REVUE DE L'INDUSTRIE MINERALE. Publ. por la Société de l'Industrie Minèrale, Saint Etienne (Loire).

Vol. **50**, núm. **5**, mayo **1968**.

D. Robert: *Estrío electrostático en lecho fluidizado de minerales acondicionados con tensio-activadores catiónicos.*

M. Carta, M. Ghiani y P. Massacci: *Regulación de la flotación de CaF_2 y $CaCO_3$ con mezclas de silicato sódico y sales metálicas.*

H. Mercier: *Extracción de la alúmina de las bauxitas.*

P. Sugier, G. Chapot y G. Blachon: *Aplicación de la lixiviación estática a la extracción del uranio en los minerales.*

Y. Pares: *La solubilización del oro por vía bacteriológica.*

M. Mouret: *Utilización de las bacterias ferro-oxidantes para la extracción del uranio de minerales pobres.*

M. Rey y V. Formanek: *Progresos en la concentración de minerales ultrafinos por gravedad. La conferencia del estaño y las minas de Cornualles.*

H. Audoli: *Las minas de Salsigne. Monografía del lavadero de Largentière.*

Vol. **50**, núm. **6**, junio **1968**.

J, Geoffroy: *La fabricación del coque en los Estados Unidos.*

Mecanización de la perforación en roca en el grupo de Oignies.

El rozado bidireccional en las hulleras de la Cuenca de Lorena, Capa F.

Yacimiento de la Houve.

Rozado bidireccional y entibación móvil en el yacimiento 2i del grupo de Henin-Liétard.

Vol. **50**, núm. **7**, julio **1968**.

La reciente instalación de ventiladores principales automatizados de la mina La Houve de Houillères du Bassin de Lorraine».

Introducción de máquinas de excavación «Alpine» en las labores preparatorias en carbón.

M. Sanyans: *Enganche y desenganche automáticos.*

Vol. **50**, núm. **8**, agosto **1968**.

J. M. Roussel: *Estudio teórico y experimental del módulo dinámico de las masas rocosas.*

F. F. Michelin: *Los errores cometidos con pesada continua sobre cinta.*

Vol. **50**, núm. **9**, septiembre **1968**.

M. Boucraut y R. Rochas: *Mécanisme de l'agglomération sur grille. Courbe optimale de fonctionnement et automatisation d'un atelier d'agglomeration.*

E. Perrín: *Aux ateliers d'entretien des Houillères du Bassin de Lorraine un ouvrier qualifié sur sept est un ancien mineur ou un ancien manoeuvre reconverti après formation méthodique.*

P. Audibert: *Sélection et dilution dans les mines métalliques.*

T. Suzuki, K. Imagani y A. Kanno: *Développement et utilisation des grisoumètres alarmes à thermistances.*

J. Wronski: *Détecteur a grisou «Barbara WM-I» incorporé à une lampe chapeau.*

F. Smith: *Mise au point et utilisation d'un grisoumètre avertisseur déclencheur pour machine de mine.*

I. E. Birenberg y otros: *Systèmes, appareils et dispositifs automatiques de surveillance des teneurs en grisou.*

J. Cervik: *Recherche sur le dégagement et le contrôle du méthane contenu dans la couche de charbon.*

G. D. Lidin y A. E. Petrosyan: *Méthode de contrôle du dégagement grisouteux dans les charbonages de l'U.R.S.S.*

D. J. Knuttell y W. Maas: *Abattage en taille avec une teneur dans le retour d'air pouvant atteindre 2 %.*

Vol. **50**, núm. **10**, octubre **1968**.

L. Vielledent: *Programmes et méthodes d'enseignement de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.*

D. Robert: *Géologie linéamentaire et richesses minérales.*

R. Aurignac y otros: *Etude du roulage général d'une exploitation minière par simulation sur ordinateur.*

Vol. **50**, núm. **11**, noviembre **1968**.

R. Pré: *L'ingénieur de coopération.*

A. Benedetto: *L'ingénieur de recherche dans le cadre de la coopération.*

E. Barriquand: *L'ingénieur de gestion des affaires à l'étranger.*

A. Aubignat: *Hydrogéologie des sources minérales d'Auvergne.*

C. Chambron: *Influence de la position et de la méthode d'exploitation sur la tenue des voies.*

R. Adam: *Le soutènement marchant Marrel-Hydro-Somemi à flèche.*

H. Phillyps: *Rugosité aérodynamique et propagation de la flamme dans les explosions de méthane réalisées sur mòdèles.*

BULLETIN DU B. R. G. M. GEOLOGIE DE LA FRANCE. Publicado por el B. R. G. M., Paris.

Section I, núm. **1**, **1968**.

J. C. Yvard: *Le Miocene continental de la Champeigne tourangelle et de ses abords.*

Mme. M. Grangeon, R. Fays y otros: *Géologie profonde de la région de Decize (Nièvre). Essai de synthèse d'après les sondages récents.*

Section I, núm. **2**, **1968**.

C. Montenat: *Contribution à l'étude des formations tertiaires continentales des Baronnies.*

N. Morre-Biot y J. Thiebaut: *Pétrographie des laves carbonifères rencontrées dans quelques sondages de la région de Figeac.*

F. Ottman, Y. Alix, J.-C. y O. Limasset: *Sur le «lit ancien» de la Loire dans son cours indérieur.*

B. Mamet: *Sur quelques microfaciès carbonifères du Morvan et du Forez.*

P. Moreau: *Sur l'origine des associations de minéraux lourds dans le Cénomanien de la Charente.*

M. Durand y G. Jurain: *Observations lithostratigraphiques sur la région de Plombières.*

J. Bodelle y otros: *Données préliminaires sur la microstratigraphie des marnes éocènes dans les Alpes-Maritimes (Franco-Italiennes) et les Basses-Alpes.*

BULLETIN DU B. R. G. M. GÉOLOGIE APLIQUÉE.

Section II, núm. **2**, **1968**.

L. Burnol: *Le béryllium.*

R. Caby. *Gîtes métallifères syntectoniques et métamorphiques dans la zone houillère axiale des Alpes françaises (Briançonnais, Maurienne).*

BULLETIN DU B. R. G. M. GÉOLOGIE GÉNÉRALE.

Section IV, núm. **1**, **1968**.

C. Weber: *Le levé aéromagnétique du Morvan et du Nivernais.*

J. M. Peterlongo: *Les ophiolites et le métamorphisme à glaucophane dans le massif de l'Inzecca et la région de Vezzani (Corse).*

J. Gaudant: *Contribution à une revisión des Anaethalion de Cérin (Ain).*

J. Dejou: *Etude pétrographique de quelques granites et roches paléovolcaniques de la région occidentale des Vosges localisée autour de Saint-Bresson (Haute-Saône).*

Sección II, núm. **1**, **1968**.

P. Aicard, A. Autran y otros: *Sur l'âge tertiaire, syntectonique et synmétamorphique du gisement plombozincifère de Valuria (commune de Tende, Alpes Maritimes).*

C. Cabrol y H. Dabrowski: *Géologie et métallogenie de la Chaîne des Hurtières (Belledonne).*

J. Bouladon y P. Picot: *Sur les minéralisations en cuivre des ophiolites de Corse, des Alpes françaises et de Ligurie.*

J. Meloux: *Les minéralisations fluorées du Massif de Rocheray (Savoie).*

H. Azaïs, J. Bouladon y otros: *Le problème du nickel dans les serpentines de Corse.*

G. Sabourdy: *Essai d'interprétation des indices de cuivre connues dans le bassin permien de Brive.*

Section IV, núm. **2**, **1968**.

L. Dangeard et P. Giresse: *Enseignements géologiques des photographies sous-marines.*

Importance de l'étude qualitative des grains de pollen de gymnospermes dans le Trias supérieur et le Lias inférieur du Sahara algéro-tunisien.

L. Berthois y J. Pacheco: *Essais sur les vitesses de dépôts des sédiments.*

ANNALES. Publ. por la Faculté des Sciences de l'Université de Clermont-Ferrand.

Núm. **33**, fasc. **15**, **1967**.

P. Tempier: *Etude pétrographique et structurale de la série cristallophyllienne de la Moyenne Dordogne (Massif Central Français).*

Núm. **36**, **1967**.

Y. Blanc, M. Lasserre, J. J. Perichaud y Y. Vialette: *Datation au plomb commun de quelques filons des districts de Pontgibaud et Brioude-Massiac (Massif Central français).*

M. Vachette: *Etude géochronologique de la Montagne Noire, dans le Massif Central français.*

M. Tourette: *Etude géochronologique par la méthode au strontium de la série cristallophyllienne de la Moyenne Dordogne et de quelques migmatites de type Aubusson dans le massif Central français.*

M. Lasserre: *Données géochronologiques nouvelles aequises au 1er janvier 1967 par la méthode au strontium appliquée aux formations cristallines et cristallophylliennes du Cameroun.*

Núm. **38**, **1968**.

J. C. Berthelay: *Géochimie II. Dosage d'élèments majeurs (Al, K, Na, Ca, Mg, Fe) dans les roches par spectrophotométrie d'absorption atomique.*

PUBLICATIONS DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE. Publ. por el Institut Français du Pétrole.

B. Hallopeau y J. Vignes: *Manuel practique de programmation Fortran.*

REVUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE. Publ. por el Instituto Francés de Petróleo, París.

Vol. XXIII, núm. **6**, junio **1968**.

V. Apostolescu: *Reconstitution des conditions de sédimentation et des milieux de dépôt par des données sédimentologiques et paléobionomiques conjuguées. Exemple de l'Eocène-Oligocène de Forcalquier-Manosque (Basses-Alpes).*

Vol. XXIII, núm. 7/8, julio-agosto, **1968**.

R. Desbrandes: *Emploi d'une technique de préparation et d'examen de structures métallographiques sur matériel en service par la méthode des répliques.*

Vol. XXIII, núm. **9**, septiembre **1968**.

J. Cholet y otros: *Recherches préliminaires sur la structure géologique de la marge continentale du golfe de Gascogne: commentaires sur quelques profils de sismique réflexion «Flexotir».*

L. Berthois y otros: *Remarques sur la morphologie de la marge continentale entre l'Irlande et le cap Finisterre.*

Vol. XXIII, núm. **10**, octubre **1968**.

Ph. Taugordeau: *Les Scolécodontes du Siluro-Dévonien*

et du Carbonifère de sondages sahariens. Stratigraphie-Systématique.

Vol. XXIII, núm. **11**, noviembre **1968**.

Vol. XXIII, núm. **12**, diciembre **1968**.

SCIENCES DE LA TERRE. Publ. por la Fondation Scientifique de la Géologie et de ses Applications, Nancy.

Tomo IX, núm. **4**, **1966**.

I. U. G. S.: *Tableau comparatif des échelles géochronologiques rècemment publiées pour les temps phanérozoïques. Notice explicative.*

Avias (J.) y Bernard (A.): *Sur l'origine des gites de nickel et de cobalt de la région de Zinkwand-Wöttern (Autriche).*

M. C. Leleu: *Le karst et ses incidences métalogéniques.*

H. G. Carrat: *Contribution à l'étude pétrographique et chimique du Massif de Luzy (Morvan Méridional).*

Tomo XII, núms. **1-2**, **1967**.

P. Donze y otros: *Etude du Lotharingien de la Région Type. Sondage de Laneuveville-Devant-Nancy (Meurthe-et-Moselle).*

CHRONIQUE DES MINES ET DE LA RECHERCHE MINIÈRE. Publ por Centre d'Etudes Geologiques et Minières, Paris.

Núm. **374**, año **36**, junio **1968**.

J. A. Sarcia: *Repartititon spatio-temporelle des gisements de substances usuelles et nobles dans les aires précambriennes d'Afrique, d'Amérique du Nord et d'Australie.*

Núm. **375**. julio-agosto **1968**.

Núm. **376**, septiembre **1968**.

● J. P. Jacquin: *Repartition geographique et litoestratigraphique des minéralisations de la Sierra de Gador (Almería, Espagne).*

Núm. **377**, octubre **1968**.

Núm. **378**. noviembre-diciembre **1968**.

PROSPECTION ET PROTECTION DU SOUS-SOL. Publ. por el B. R. G. M., Orleans-la-Source.

Núm. **5**.

MEMORIAS. Publ. por el B. R. G. M., Orleans-la-Source, Francia.

Núm. **65**, **1969**.

M. Gigout: *Recherches sur le Quaternaire du Bas-Dauphiné et du Rhône moyen.*

Núm. **71**, **1969**.

J. Guigues y P. Devismes: *Le prospection minière a la batée dans le massif armoricain.*

NATURE ET RESOURCES. Publ. por la U. N. E. S. C. O., Paris.

Vol. IV, núm. **3**, septiembre **1968**.

H. Th. Verstappen: *Etudes de Géomorphologie à l'Institut central de recherches sur les zones arides (Inde).*

A. A. Konopliantzev y V. C. Kovalevsky: *Etude du régime et du bilan des eaux souterraines en U. R. S. S.*

Vol. IV, núm. **4**, diciembre **1968**.

R. A. G. Savigear: *Géomorphologie appliquées et études intégrées: formation sur le terrain en Italie.*

ANNALES DE PALEONTOLOGIE (Invertébrés). Publ. por Masson et Cie.

Tome LIV, fasc. **1**, **1968**.

Invertébrés.

B. Walter: *Révision de quelques types de bryzoaires jurassiques de la collection d'Orbigny.*

J. Sornay: *Inocérames sénoniens du Sud-Ouest de Madagascar.*

J. Pillet: *Les* calymene *dévoniens d'Europe et d'Afrique du Nord.*

N. Novojilov y V. Kapel'Ka: *Nouveaux conchostracés de Sibérie.*

Vertébrés.

L. Ginsburg y M. Telles Antunes: Amphicyon giganteus *Carnassier géant du Miócène.*

D. Sigogneau: *Le genre* Dremotherium *(Cervoidea): anatomie du crâne, denture et moulage endocrânien.*

E. Ennouchi: *Le deuxiéme crâne de l'Homme d'Irhoud.*

L'EAU PURE. Publ. por la Association Nationale pour la Protection des Eaux. Paris.

Núm. **6**, abril **1969**.

L'EAU. Publ. por la Association Française pour l'Etude des Eaux. Paris.

Núm. 9, septiembre 1968.

G. Lienhardt: *Présentation de la carte de la nature chimique des eaux souterraines de la région Rhône-Alpes.*

TERRES & EAUX. Publ. por Ed. Dunod, Paris.

Núm. **55**, **2.º** trimestre **1968**.

F. Blondeau: *Centrifugation et incineration par fours a lits iluidisés des boues residuaries urbaines.*

R. da Lage: *Le charbon et l'eau.*

R. Dijon: *Aperçu hydrogeologique et ressources en eau de la vallée du Souss (Sud Marocain).*

Núm. **56**, año **21**, **1968**.

D. Hertzog: *Automatisation des analyses chimiques du Laboratoire de controle de pollution.*

B. Huriet: *Stabilisation des boues excedentaires provenant du traitement par voie biologique des eaux residuaries de fabriques de pate de paille a la Soude.*

R. Kempf: *Les incidences economiques pour les industriels de la lutte contre la pollution des eaux.*

H. Levy-Lambert: *Le gestion des ressources en eau et les agences de bassin.*

Y. Martin: *Lutte contre la pollution et politique de l'eau a l'echelle d'un bassin.*

J. F. Thery: *La legislation de l'eau.*

G. Vaillant: *Traitements des effluents industriels, epuration, recuperation ou regeneration.*

H. Wolf: *Epuration des caux residuaires huileuses avec l'agent de separation B20.*

Núm. **57**, **1968**.

EAUX ET INDUSTRIES. Publ. por la Association française pour l'Etude des Eaux, Paris.

Núm. **168**, junio-julio **1968**.

Núm. **169**, agosto-septiembre **1968**.

Núm. **170**. octubre **1968**.

Núm. **171**. noviembre **1968**.

Núm. **174**, febrero **1969**.

Núm. **175**, marzo **1969**.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE PALEONTOLOGIE.. Publ. por la Facùltè des Sciences d'Orsay, Université de Paris,

Enero **1969**.

ANNALES DE PALEONTOLOGIE. Publ. por Masson et Cie, Editeurs, Paris.

Tomo LIV, fasc. **2**, **1968**.

Vertébrés.

A. de Ricqlès: *Recherches paléohistologiques sur les os longs des Tétrapodes* I. *Origine du tissu osseux plexiforme des Dinosauriens Sauropodes.*

S. Wenz: *Contribution à l'étude du genre* Metrorhynchus: *erâne et moulage endocranien de Metorhynchus superciliosus.*

J. Hürzeler: *Questions et réflexions sur l'histoire des Anthropomorphes.*

Tomo LIV, fasc. **2**, **1968**.

Invertébrés.

A. Rollet: *Etude de* Galliennithyris gallienei gallienei *(d'Orbigny) et des formes voisines (Brachiopodes).*

F. A. Middleniss: *Brachiopodes du Crétacé inférieur des Corbières orientales (Aude).*

J. L. Henry: Guichenia *nov. gen., nouveau Phacopina (Trilobite) de l'Ordovicien de Bretagne.*

S. Secretan: Mecochiria foresti, *nouveau Crustacé Décapode du Jurassique supérieur de Solenhofen.*

EXTRAIT. Publ. por la Société Géologique de France, Paris.

Tomo X, **1968**.

D. Mongin y A. F. Lapparent: *Etude paléontologique de lamellibranches limniques récoltés dans le Crétacé inférieur du Niger (Afrique).*

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. Publ. por la Société Géologique de France, Paris.

Tomo IX, 7e série, núm. 4, septiembre **1968**.

J. P. Masse: *L'Urgonien de Sault (Vaucluse).*

J. Philip: *Les zones de Rudistes du Cénomanien Provençal.*

G. Truc y G. Demargcq: *Eocene supérieur et Oligocène de Péréal (La Débruge-Sante-Radegonde, près Apt, Vaucluse).*

S. Humbert: *Sur la présence de l'Echinide régulier Phymotaxis vidali (Cotteau, 1892) dans l'Aquitanien des environs de Marseille.*

M. Castel: *Charophyites de l'Oligocène supérier de Marseille*

M. Arnaud y F. Catzigras: *Précisions sur le gisement vindobonien du chemis de la Coulade à Rognes (Bouches-du-Rhône).*

R. Barbillat: *Diagnose d'une nouvelle espèce de Chlamys du Tortonien du Bassin de Visan.*

R. Anglada, J. P. Follaci y J. P. Méneround: *Sur la présence du Miocène marin en bordure sud de l'arc de Nice dans la région de Roquebrune-Cap-Martin (Alpes-Maritimes).*

F. Touraine: *Les rapports de l'Oligocène avec les structures N-S du Nord Varois.*

G. Demarcq y G. Truc: *Etude stratigraphique et structurale du bassin tertiaire de Malaucène.*

C. Rousset: *Preuves de la transgresion vindobonienne sur la crête de la montagne de Sainte-Victorie (Bouches-du-Rhône).*

P. Dufare y otros: *Coupes de deux sondages forés dans la région de Gardanne (Bouches-du-Rhône).*

E. Bonifay: *La tectonique récente du bassin de Marseille dans le cadre de l'évolution postmiocène du littoral méditerranéen français.*

J. Blanc y otros: *Géologie littorale et sous-marine dans la région de Marseille. Relations avec las structures de la Basse-Provence.*

J. P. H. Garon y otros: *Structures de la région centrale de Roque-Forcade (massif de la Sainte-Baume, Var).*

J. P. Caron: *Les étirements et les cisaillements tangentiels dans le flanc normal de la structure de la Sainte-Baume.*

C. Cornet: *La massif de Saint-Clément: consequences de sa mise en place sur le Trias du Capeau et de Garéoult ainsi que sur les massifs environnants.*

J. Marabito: *Evolution tectonique des régions du Bas-Verdon.*

E. Colomb y otros: *Sur la tectonique post-miocène entre Lambesc et Péiissance (Bouches-du-Rhône).*

R. Anglada y E. Colomb: *Précisions tectoniques sur le flanc sud de l'anticlinal du Grand-Lubéron (Vaucluse).*

J. Aubouin y J. Chorowicz: *Le chevauchement sud-provençal; de l'Etoile à la Sainte-Baume.*

G. Guieu: *Un exemple de tectonique tangentielle, l'évolution du cadre montagneux de Marseille.*

J. J. Blanc y C. Gouvernet: *L'isthme durancien en Basse-Provence occidentale.*

C. Rousset: *Sur la nature et le genèse des minerais de fer du Haut-Var; leurs relations avec la paléogéographie locale. Rapports et différences aves les formations bauxitiques et les «terra-rossa».*

G. Neau: *Note preliminaire sur les argilites du Haut-Var.*

M. Boucarut: *Mode de mise en place des laves acides de l'Esterel (Var).*

R. Serment y J. M. Triat: *Etude tectonique du granite de Plan de la Tour (Var).*

J. P. H. Caron: *Etude stratigraphique du Muschelkalk supérieur calcaire et dolomitique de Basse Provence occidentale entre Bandol et Hyères (Var).*

TRAVAUX DE L'INSTITUT DE GÉOLOGIE. Publ. por la Facultad de Ciencias de Poitiers.
Tomo VIII, **1967.**

M. Brunet: *Contribution à la connaissance de genres Dinictis et Hoplophoneus (Carnivora-Filidae).*

M. Dhoste: *A propos d'une enclave à noyau pédidotique du granodiorite des Cerqueux de Maulévrier (Deux-Sèvres).*

L. Rasplus: *Sur l'Eocene continental de la Brenne (Indre)*

A. D. Berre: *Quelques idées nouvelles à propos de la pierre réfractaire de Plochères.*

A. Devriès: *Etudes sur les Echinides fossiles du Turquie.*

RAPORT CEA-R. *Publ. por el Commissariat a l'Energie Atomique*, Francia.
Núm. **3.570, 1968.**

Ch. Megemont, C. Grau: *Contribution a l'étude de quelques nuisances chimiques au centre d'études nucleaires de Fontenay-aux-Roses.*
Núm. **3.594, 1968.**

L. Michaud: *Explosions nucleaires souterraines; étude des rayons de cavité.*
Núm. **3.610, 1968.**

A. Mourret y R. Rinaldi: *Etude de l'amelioraion du pouvoir radioprotecteur de l'imidazole.*

BIBLIOGAFIE CEA-BIB. Publ. por el Commissariat a l'Energie Atomique, Francia.
Num. **129, 1968.**

M. Berton: *Applications pacifiques des explosions nucleaires. Troisième partie: Mines, Chimie, Extraction de gaz et de pétroles.*

MEMOIRES. Publ. por el Servicio del Mapa Geológico de Alsacia y Lorena. Université de Strasbourg.
Núm. **24, 1965.**

Claude Sittler: *La Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques.*

PHOTO INTERPRÉTATION. Publ. por Editions Technip, Paris.
Núm. **67-6**, noviembre y diciembre **1967.**

CHRONIQUE DE L'U. G. G. I. Publ. por IUGG Publications Office, Paris.
Núm. **72**, junio **1968.**

NOUVEAUX OSTRACODES DE L'EOCENE NORD-AQUITAIN. Por Mme. O. Ducasse. Publ. por E. Drouillard, Burdeos, Francia.

ACTES DE LA SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE BORDEAUX. Publ. por la Société Linnéenne, Burdeos, Francia.
Tomo **104**, serie B, núm. **10, 1967.**

M. Labracherie y J. Prund'homme: *Observation paléoécologiques sur les bryzoaires des formations classiques du Blayais.*

ANNALES DES MINES. Publ. por Compagnie Française d'Editions, Paris.
Junio **1968.**

P. Willm: *Quelques réflexions sur la prospection en mer.*

M. Charles: *Le tantale ën génie chimique avec référence aux autres métaux réfractaires.*

Houot: *Traitement des minerais de plomb-zinc.*

Julio-agosto **1968.**

L'industrie miniére française en 1967.

Septiembre **1968.**

G. Castany: *Hydrogéologie et ressources en eau.*

P. Laffitte: *Limites actuelles de l'informatique géologique.*

D. Zorilesco: *La représentation mathématique des phénomènes géologiques.*

Panorama de l'industrie miniére du continent africain en 1967.

Octubre **1968.**

M. Capron: *Construction sur ordinateur de plannings d'exploitation minière.*

M. Kaplan: *La géochimie des isotopes.*

MM. Benker: *Le bore et ses composés.*

L'accident du 3 mai 1968 au quartier de Bouchage.

Noviembre **1968.**

M. R. Houot: *Le traitement des minerais de molybdène.*

M. Ph. de Bouchony: *Regards sur le soufre.*

Diciembre **1968.**

M. F. Callot: *Répartition départementale et régionale des consommations d'énergie en France 1966.*

ANNALES SCIENTIFIQUES. Publ. por l'Université de Besançon.
3e. Série, Géologie, fasc. **4.**

J. Bourquin: *Les Reineckéidés.*

BULLETIN DU SERVICE DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE.
Publ. por Ed. Dunod, Paris.
Núm. **280**, tomo LXI, **1968.**

J. Plan: *La «fenêtre» de Barcelonnette.*

EXTRAIT. Publ. por la Société Géologique du Nord, Lille
Tomo LXXXVII, abril **1968.**

● J. M. Charlet: *Etude préliminaire du massif granitique de la Maladeta (Pyrénées centrales espagnoles).*

BULLETIN. Publ. por el Centro de Investigaciones de Pau.
Vol. **2**, núm. **1, 1968.**

F. Boyer, S. Krylatov, J. Le Fevre & D. Stippel: *Le Dévonien supérieur et la limite Dévono-Carbonifère en Montagne Noire (France). Lithostratigraphie-biostratigraphie (Conodontes).*

R. Deleffre: *Un niveau a* Thyrsoporella cf. cancellata *Guembel dans le Lutétien supérieur d'Aquitaine.*

Cl. Poumot: Amphorachitina, Ollachitina, Velatachitina; *trois nouveaux genres de Chitinozoaires de l'Erg oriental (Algerie-Tunisie).*

G. Kaplan: *Contribution a l'étude du metamorphisme des sédiments paléozoïques du bassin d'Aquitaine.*

J. L. Rumeau & J. R. Vanney: *Eléments-traces de vases marines de plateau continental atlantique au Sud-Ouest du massif armoricain (Grande Vasière).*

Ph. Artru: *Répartition du bore et de quelques éléments-traces dans des bassins semi-euxiniques du miogéosynclinal alpin (Terres Noires jurassiques, France Sud-Est).*

Ph. Artru & J. Gauthier: *Evolution géochimique et diagénétique d'úne série miogéosinclinale (Lias inferieur à Berriasien) d'après l'étude du sondage de Valvignères (France Sud-Est).*

J. Connan & A. Giraud: *Caractérisation de la matiére organique de quelques sédiments marins recents.*

BULLETIN. Publ. por el Instituto de Geología de la Cuenca de Aquitania, Talence.
Núm. **4, 1968.**

Cl. Latouche: *Etude des minéraux argileux de quelques sols nord-aquitains.*

A. Klingebiel, Cl. Latouche y J. P. Tastet: *Caractéristique de la structure des minéraux micacés. Aplication aux phénomènes géologiques.*

A. M. Vergnau-Saubade: *Quelques espéces nouvelles de Mollusques de l'Oligocène aquitain.*

J. Alvineire, P. Ch. Leveque, J. Severac, y M. Vigneaux: *Résultats des analyses de Tritium effectués a l'Institut de Geologie du Bassin d'Aquitaine en 1966.*

BULLETIN, Publ. por el Service de la Carte Geologique d'Alsace et de Lorraine, Estrasburgo.
Tomo **20**, fasc. **4, 1967.**

G. Chennauxy G. D. Segonzac: *Etude pétrographique de la pyrophyllite du Silurien et du Dévonien au Sahara. Repartition et origine.*

P. Artru: *Le contrôle structural de la sédimentation argileuse dans les Terres Noires jurassiques, d'Embrun à la vallée du Rhône (France).*

J. Imreh et I. Bedelan: *Etude géochimique des calcaires tortoniens de la bordure occidentale du Bassin Transylvain (Roumanie).*

Y. Tardy: *Etude géochimique des eaux d'une nappe d'árène en pays cristallin (Korhogo, Côte-d'Ivoire).*

M. Defossez, J. Ph. Mangin, M. Pinta y R. Van den Driessche: *Répartititon de quelques élèments trace dans les eaux de surface en zone intertropicale (Côte-d'Ivoire).*

M. Lamouroux, H. Paquet, M. Pinta et G. Millot: *Notes preliminaires sur les minéraux argileux des altérations et des sols méditerranéens du Liban.*

H. Paquet: *Les montmorillonites des vertisols. Altération alcaline en milieu tropical.*

R. Rausches y J. Doubinger: *Associations de Chitinozoaires de Normandie et comparaisons avec les faunes déjà décrites.*

COMPTE-RENDU. Publ. por la Société Géologique de France, Paris.
Sommaire des Séances, Année **1967.**

DOCUMENTS. Publ. por les Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon.
Núm. **19, 1967.**

S. Elmi (En tres fascículos): *Le Lias Supérieur et le Jurassique Moyen de l'Ardèche.*

Publicaciones holandesas

GÉOLOGIE EN MIJNBOUW. Publ. por la Royal Geological and Mining Society of the Netherlands, Leiden.
Vol. **47**, núm. **3**, mayo-junio **1968.**

J. R. L. Allen: *On the character and classification of bed forms.*

● R. van der Voo: *Geology and palaeomagnetism of an anticlinal structure in Lower Triassic sediments near Atienza (Guadalajara, Spain).*

H. N. A. Priem, N. A. I. M. Boelrijk y otros: *Isotopic age determinations on Surinam rocks, 4 ages of basement rocks in north-western Surinam and of the Roraima tuff at Tafelberg.*

W. S. Sijperda, G. de Vries: *Mineral analysis by means of thin-layer chromatography using liquid ion-exchangers.*

P. D. Jungerius, P. A. Riecebos y R. T. Slotboom: *The age of Eifel maars as shown by the presence of Laacher See ash of Allerød age.*

K. Brunnacker: *Das Quartär profil von Kärlich/Neuwieder Becken.*

Vol. 47, núm. 4, julio-agosto 1968.

J. J. H. C. Houbolt: *Recent sediments in the southern bight of the North Sea.*

S. van der Heide: *A survey of the geohydrological and hydrological investigations in the Netherlands.*

J. J. Hermes: *Plantonic Foraminifera from the Seroe Mainsji Formation of Curacao.*

R. P. Suggate: *Post-glacial sea-level rise in the Christchurch metropolitan area, New Zealand.*

Vol. 47, núm. 5, septiembre -octubre 1968.

J. E. Van Hinte: *On the stage.*

P. A. Riezebos: *Phase contrast applied in the microscopic study of mineral particles in saprolites.*

G. Rocci y Th. Juteau: *Spilite-keratophire et ophiolites; influence de la traversée d'un socle sialique sur le magmatisme initial.*

P. Buurman y L. van der Plas: *The ocurrence of halloysite and gibbsite in peneplain deposits of the Belgian Condroz.*

● E. Jäger y H. J. Zwart: *Rb-Sr- age determinations of some gneisses and granites of the Aston-Hospitalet massif (Pyrenées).*

Vol. 47, núm. 6, noviembre-diciembre 1968.

H. J. Roorda y otros: *Instrumental analysis.*

Vol. 48, núm. 1. enero-febrero 1969.

J. L. R. Allen: *The paths of grains through wave-like bed forms.*

K. Naha and P. Mikherji: *Analysis of large scale superposed folding in a migmatite terrain.*

● J. J. Hermes: *Late Albian foraminifera from the Subbetic of Southern Spain.*

MEDEDELINGEN VAN DE RIJKS GEOLOGISCHE DIENST. Publ. por el Servicio Geológico de los Países Bajos, Herrlen.

Núm. 6, serie C, III, 1, 1968.

R. H. Wagner: *Upper Westphalian and Stephanian species of Alethopteris from Europe, Asie Minor and North America.*

Publicaciones húngaras

SEPARATA. Publ. por la Academia de Ciencias de Hungría, Budapest.

Tomo 12, 1968.

A. Földvari y K. Hajdu-Molnar: *Studies on the «Schlier» formation. I. Granulometrical types of the «Schlier» formation in North Hungary.*

Tomo 12, 1968.

A. Földvari y Gy. Szöör: *II. Granulometrical types of the austrian «Schlier».*

Tomo 12, 1968.

A. Földvari y K. Hajdu-Molnar: *III. The paleogeography of the «Schlier» in North Hungary.*

Tomo 12, 1968.

A. Földvari y K. Szabó-Somogyvari: *IV. Foraminiferal biofacies zones of the «Schlier» in North Hungary.*

Publicaciones inglesas

MINERALOGICAL MAGAZINE. Publ. por The Mineralogical Society, Londres.

Vol. 36, junio 1968.

L. J. Lawrence, P. Bayliss y P. Tonkin: *An ocurrence of todorokite in the deuteric stage of a basalt.*

D. Taylor: *The termal expansion of the sodalite group of minerals.*

J. W. Baldock: *Calzirtite and the mineralogy of residual soils from the Bukusu carbonatite complex, southeastern Uganda.*

R. A. Howie y A. R. Woolley: *The role of titanium and the effect of TiO_2 on the cell-size, refractive index, and specific gravity in the andradite-melanite-schorlomite series.*

W. E. Addson y A. D. White: *The oxidation of Bolivian crocidolite.*

I. Parsons: *Homogeneity in alkali feldspars.*

C. Leelanandam: *Zoned plagioclase from the charnockites of Kondopalli, Krihna district, Andhra Pradesh, India*

P. H. Ribbe y A. A. Colville: *Orientation of the boundaries of out-of-step domains in anorthite.*

A. Whitaker: *The decomposition of struvite.*

H. C. Golding: *Compact clorite associated with lizardite from New South Wales, Australia.*

D. L. Hamilton y C. M. B. Henderson: *The preparation of silicate compositions by a gelling method.*

S. G. J. Strens: *Stability of Al_2SiO_5 solid solutions.*

S. J. B. Reed: *Perryite in the Kota-Kota and South Oman meteorites.*

M. H. Hay y A. J. Easton: *Copper in various phases of several olivine hypersthene and olivine-bronzite chondrites.*

G. J. H. McCall: *The Avoca octahedrite.*

Clifford Frondel: *Quartz twins on (3032).*

R. G. J. Strens: *Reconnaisance of the prehnite stability field.*

D. Velde: *A new ocurrence of priderite.*

J. F. Lovering y J. R. Widdowson: *Electron-microprobe analysis of anandite.*

D. R. D. Kempe: *Kaersutite from the minverite of Cornwall.*

P. B. Moore: *The crystal structure of joesmithite: a preliminary note.*

W. Chesworth: *A comparison of Grenville and Lewisian granites.*

R. S. W. Braithwaite: *Serpierite from Ecton, Staffordshire.*

J. D. Birle y R. Tettenhorsr: *Refined muscovite structure*

M. Haines: *Two staining test for brucite in marble.*

R. J. Willard: *A rotatable microscope slide ring holder for petrografic analysis.*

T. V. Østergaard: *A continuous density separator for mineral separation.*

W. R. Morgan: *Computer programmes for the calculation of Niggli values, C. I. P. W. norms, and variation diagram data.*

Vol. 36, diciembre 1968.

G. Belluomini, M. Formaseri y M. Nicoletti: *Onoratoite, a new antimony oxychloride, from Cetine di Cotorniano, Kosia (Siena, 1037 Italy).*

G. Springer: *Electronprobe analyses of stannite and related tin minerals.*

G. A. Chinner y T. R. Sweatman: *A former association of enstatite and kyanite.*

I. Parsons: *An experimental study of ordering in sodium-rich alkali feldspars.*

G. M. Power: *Chemical variation in tourmalines from South-West England.*

C. Speakman: *The stability of tobermorite in the system CaO-SiO_2-H_2O at elevated temperatures and pressures.*

M. J. Oppenheim: *On the electrolysis of molten basalt.*

S. J. Louisnathan y J. V. Smith: *Cell dimensions of olivine.*

R. L. Oliver y P. K. Schultz: *Colour in charnockites.*

H. J. Axon: *The metallographic structure of the iron meteorites Arltunga, Kopjes Vlei, Murnpeowie, Braunau, and Rancho de la Pila.*

International Mineralogical Association: *Commission in the New Minerals and New Mineral Names.*

M. N. Hey: *Twenty-fifth list of new minerals names.*

W. Campbell Smith, M. H. Hey y D. R. D. Kempe: *Riebeckite from near Sultan Hamud, Machakos district, Kenya.*

D. R. C. Kempe: *A magnesioriebeckite-gorceixite schist from southest Tanzania.*

Ch. O. Pollard Jr.: *Dielectric properties of hydroxyapatite.*

A. G. Cockbain y G. V. Smith: *Dielectric properties of hydroxyapatite.*

A. G. Cockbain: *Lead apatite solid-solution series.*

D. R. Dasgupta y P. C. Poddar: *A note on the occurrence of geocronite and boulangerite in the Rajpura belt, Udaipur district, Rajasthan. India.*

J. F. Cervan, P. D. Robinson y J. H. Fang: *Fortran IV programme for molecular norm calculation.*

MEMOIRS. Publ. por el Geological Survey of Great Britain, Londres.

Hoja núm. 110, 1968.

W. B. Evans y otros: *Geology of the country around Macclesfield, Congleton, Crewe and Middlewich.*

Número especial, 1968.

A. A. Archer: *Geology of the South Wales Coalfield: Geology of the Gwendraeth Valley and adjoining areas.*

Núm. 23, 1968.

M. T. Eastwood, S. E. Hollingworth y otros: *Geology of the country around Cockermouth and Caldbeck.*

Núm. 170, 1968.

E. G. Poole, B. J. Willians, B. A. Hains: *Geology of the country around Market Harborough.*

Núm. 301, 1968.

R. G. Thurrell, B. C. Worssam y E. A. Edmons: *Geology of the country around Haslemere.*

Núm. 324, 1968.

E. A. Edmons, J. E. Wright y otros: *Geology of the country around Okehampton.*

Núm. 353, 1968.

F. D. Anderson: *Woodstock, Millville and Coldstream map-areas, Carleton and York countines, New Brunswick.*

MEMOIRS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT BRITAIN. Publicado por el Institute of Geological Sciences, Londres, 1968.

D. C. Greig, J. E. Wrigth y G. H. Mitchell: *Geology of the country around Church Stretton, Craven Arms. Wenlock Edge and Brown Clee.*

BRITISH STEEL. Publ. por The British Steel Corporation, Londres.

Noviembre 1968.

ENDEAVOUR. Publ. por Imperial Chemical Industries Limited, Londres.

Vol. XXVIII, núm. 102, septiembre 1968.

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey of Great Britain, Londres.

Núm. 28, 1968.

D. A. C. Mills y otros: *The Geological Survey borehole at Woodland, Co. Durham (1962).*

RñK. Harrison: *Petrology of the Little and Great Whin sills in the Woodland borehole, Co. Durham.*

R. Neves: *The palynology of the Woodland borehole, Co. Durham.*

Núm. 29, 1969.

E. G. Poole: *The stratigraphy of the Geological Survey Apley Barn borehole, Witney, Oxfordshire.*

E. G. Poole: *The Putcheons Farm (1965) borehole, Redditch, Worcestershire.*

D. C. Knill: *The Permian igneous rocks of Devon.*

H. C. Ivimey-Cook y R. E. Elliot: *Boreholes in the Lias and Keuper of South Nottinghamshire.*

Núm. 30, 1969.

G. W. Green y otros: *The Great Oolite of the Bath area.*

D. G. Jones y otros: *The discovery of the Gastrioceras Subcretanum marine band at Risca, Monmouthshire.*

E. M. Durrance y R. J. O. Hamblin: *The Cretaceous structure of Great Haldon, Devon.*
E. J. Cobbing: *Schistosity and folding in a banded gabbro from Tyrone.*
A. L. Harris y N. G. Berridge: *The geology of the Nant hydro-electric tunnels.*

SEPARATA. Publ. por el Department of Geology, University of Birmingham.
● F. Moseley: *Conical folding and fracture patterns in the Pre-Betic of Southeast Spain.*

MINING MAGAZINE. Publ. por Mining Journal Lted., Londres.
Noviembre **1968.**
Monteponi e Montevecchio: *Optimum blasting.*
D. King y P. W. Goscombe: *Queensland coal.*
A. E. O'Meara: *Wagon loading. Nchango copper.*
Enero **1969.**
Clarabelle.
Long hole blasting.
Stockpiling ore.
M. Guney: *Turkish iron ore.*
G. T. Bulloch: *Rock bolts.*
Febrero **1969.**
B. J. Greenland y J. D. Knowles: *Rock breakage. India's minerals.*
Marzo **1969.**
J. C. White: *Gaspe copper.*
D. R. Derry: *Exploration.*
R. O. Burt: *Hydroyclones.*
R. G. Burn: *Pis Pis District.*
Underground roadways.
Abril **1969.**
Mount Lyell.
Soab South.
A. Eliasson: *Front end loaders.*
Mount Isa.
Blyvoors new plant.

STATISTICAL SUMMARY OF THE MINERAL INDUSTRY. Publ. por el Institute of Geological Sciences, Mineral Resources Division, Londres.
World production, exports and imports, **1961-1966.**

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTION OF MINING AND METALLURGY. Publ. por lo the Institution of Mining and Metallurgy, Londres.
Vol. **76, 1967.**
Section A Mining industry.
Section B. Applied earth science.
Section C. Mineral processing and extractive metallurgy.

REPORT. Publ. por el Institute of Geological Sciences, Londres.
Núm. **69/1, 1969.**
Geochemistry of sedimentary rocks. 1. Petrography and chemistry of arenaceous rocks.
Núm. **69/2, 1969.**
Preliminary report on a seismic reflection survey in the southern Irish Sea, July 1968

INFORME ANUAL. Publ. por el Consejo Internacional del Estaño, Londres.
Año **1965-66.**

PROCEEDING. Section B. (Biology). Publ. por la Royal Society of Edinburgh, Inglaterra.
Vol. **70,** part **3, 1969.**

THE MERCIAN GEOLOGIST. Publ. por la East Midlands Geological Society, Nottingham.
M. Rioult: *Alcide d'Orbigny and the stages of the Jurassic.*
H. E. Sadler: *Conditions of deposition of two brachiopod beds in the Carboniferous limestone at Bolt Edge, near Sparrowpit, Derbyshire.*
K. Aldred: *Occurrences of galena and other minerals in the area west of Mansfield, Nottinghamshire.*
W. A. Cummins: *Keuper marl detritus in the bed load of the Bradgate Brook, Charnwood Forest, Leicestershire.*
T. D. Ford y R. J. King: *The origin of the silica sand pockets in the Derbyshire limestone.*
P. C. D. Cazalet: *Correlation of Cheshire plain and Derbyshire dome glacial deposits.*
Vol. **70,** núm. **4,** agosto **1968.**
R. E. Elliot: *Presidential Address: Facies, sedimentation successions and cyclothems in productive coal measures in the East Midlands, Great Britain.*
A. J. Rundle: *Some notes on collecting and preserving fossils.*
R. H. Johnson: *Four temporary exposures of solifluction deposits on Pennine hillslopes in North-East Cheshire.*
W. A. Cummins y A. J. Rundle: *Sedimentary and faunal facies associated with the draining of Cropston Reservoir.*
R. J. Firman y J. A. D. Dickson: *The solution of gypsum and limestone by upward flowing water.*
A. J. Rondle: *Further notes on the molluscs from the Holocene peat at Tuxford, Nottinghamshire.*

PROCEEDINGS. Publ. por la Yorkshire Geological Society, Hull.
Vol. **36,** part I, núm. **4, 1967.**
F. Moseley y S. M. Ahmed. *Carboniferous joints in the*

north of England and their relation to earlier and later structures.

TRANSACTIONS/SELECTION A. Publ. por la Institution of Mining & Metallurgy, Londres.
Bol. núm. **740,** vol. **77,** julio **1968.**
J. C. Hood y H. R. Korpershoek: *Proving reserves and mine planning of the «pebble» deposits at Cassinga iron ore mines, Angola.*
S. Tyrer: *Application of the gyrotheodolite at Luanshya Mines, Ltd., Zambia.*

TRANSACTIONS/SECTION C. Publ. por la Institution of Mining & Metallurgy, Londres.
Bol. **739,** vol. **77,** junio **1968.**
S. Venkatachalam y R. Mallikarjunan: *Direct electrorefining of cuprous sulphide and copper matte.*
J. H. E. Jeffes y R. Sridhar: *Thermodynamics of PbO-PbF_2 melts.*
D. Watson y R. M. Manser: *Some factor affecting the limiting conditions in cationic flotation of silicates.*
M. Digre y K. L. Sandvik: *Adsorption of amine on quartz througt bubble interaction.*
O. Mellgren y S. Ramachandra Rao: *Heat adsorption and surface reactions of potassium diethyldithiocarbamate on galena.*
J. L. Bryson y P. M. J. Gray: *Recovery of copper in the Imperial Smelting Furnace.*
K. J. Scott: *Theory of thickening: factors affecting settling rate of solids in floculated pulps.*

TRANSACTIONS. Publ. por la Royal Society of Edinburgh, Edinburgo.
Vol. **68,** núm. **4, 1968.**
L. Størmer and C. D.Waterston: *Cyrtoctenus gen. nov., a large palaeozoic arthropod with pectinate appendages.*
Vol. **68,** núm. **5, 1968.**
T. W. Bloxam: *The petrology of Byne Hill, Ayrshire.*
Vol. **68,** núm. **6, 1969.**
R. S. Miles: *Features of placoderm diversification and the evolution of the arthrodire feeding mechanism.*
Vol. **68,** núm. **7, 1969.**
A. G. Long: *Eurystoma trigona sp. nov., a pteridosperm ovule borne on a frond of Alcicornopteris Kidston.*

THE MINING ENGINEER. Publ. por la Institution of Mining Engineers, Londres.
Núm. **95,** agosto **1968.**
P. D. Binns y A. Wright: *Support problems in mechanized mining with particular reference to new developments to meet changing circumstances.*
J. L. MacSporran: *Safety and efficiency at Monktonhall Colliery.*
A. Roberts: *Soil mechanics, rock mechanics and mining.*
K. Wardells y P. Eynon: *Structural concept of strata control and mine design.*
Núm. **97,** octubre **1968.**
W. B. Bell y A. G. Neill: *The efficient use of lighting in mines.*
A. Chaplin y H. J. Dennis: *The use of compressed air stonedust distributors.*
J. H. Stone: *The «Stone» mining system.*
K. Wardell y P. Eynon: *Discussion on structural concept of strata control and mine desing.*
Núm. **98,** noviembre **1968.**
C. Round: *Dirtless mining.*
D. C. Gardner: *Mechanized roadway ripping at Stafford colliery.*
Núm. **99,** diciembre **1968.**
D. G. Wilde y A. F. Roberts: *Fire-retardent coatings for mine timber: the effect of coating thickness.*
S. C. Brealey y T. Atkinson: *Opencast mining.*
D. J. Hodges: *Errors in model 6 geodimenter measurements and a method for increased accuracy.*
Núm. **100,** enero **1969.**
R. Dunmore: *Gas flow through underground strata.*
J. T. Davies y C. Jones: *The prevention of waste gas flushings in the blackshale seam at Markham colliery (North Derbyshire)*
E. M. Airey: *Diffusion of firedamp in mine airways.*
E. J. Browning: *Preliminary ventilation studies to reduce the explosive hazard around a shearer power loader.*
S. J. Leach y A. Slack: *Recirculation of mine ventilation systems.*
A. R. Baker y J. G. Firth: *The estimation of firedamp; applications and limitations of the pellistor.*
L. R. Cooper: *Equivment for continuously monitoring methane on the face; the 4-head methane monitor type 225.*
Núm. **101,** febrero **1969.**
R. J. Orchard: *The control of ground movements in undersea working.*
K. K. Bhattacharyya, D. J. Hodges y F. B. Hinsley: *The influence of humidity on the initial stages of the spontaneous heating of coal.*
D. N. Simpson: *Environmental engineering in today's coal mining.*
Núm. **103,** abril **1969.**
D. J. Hodges y J. B. Greenwood: *Trials with the Wild DI10 infra-red distance measurer in surface and underground surveys.*
E. Charlton y G. R. Rowell: *High production faces in the South Durham area.*
F. B. Hinsley: *Some aspects of the development of mining engineering.*

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO 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. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

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 será reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna), 170 mm. (doble columna), 230 mm. (página) y 380 mm. (doble página). Las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original.

Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen en ellas las correcciones de carácter gramatical, así como los errores de imprenta, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

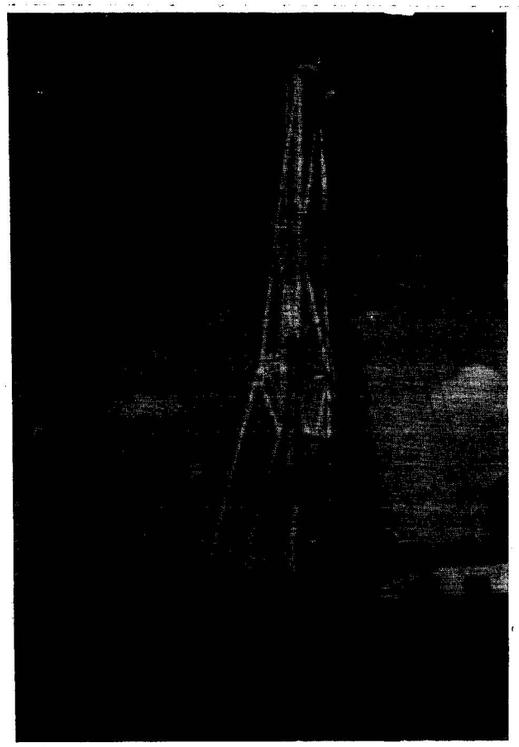
Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

La Redacción efectuará la corrección de unas segundas pruebas, que servirán para comprobar que se han cumplido las correcciones efectuadas por el autor en las primeras.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificacionees sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

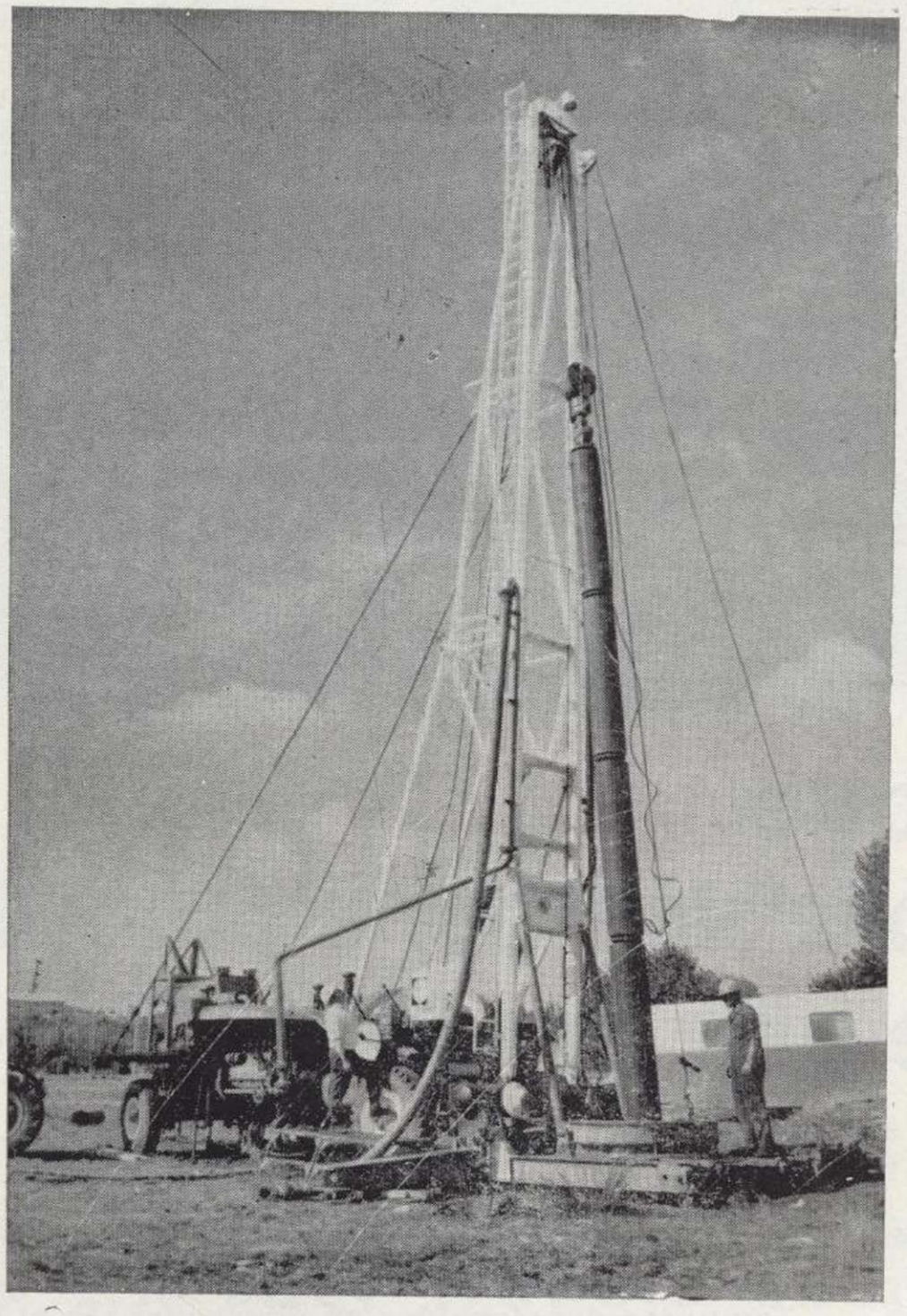
Doctor Fleming, 3-5.° piso

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

MADRID-16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR con equipos de perforación «Wire-Line System».
Testigueo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm.
Sacamuestras especiales a percusión.
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

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

MADRID-16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

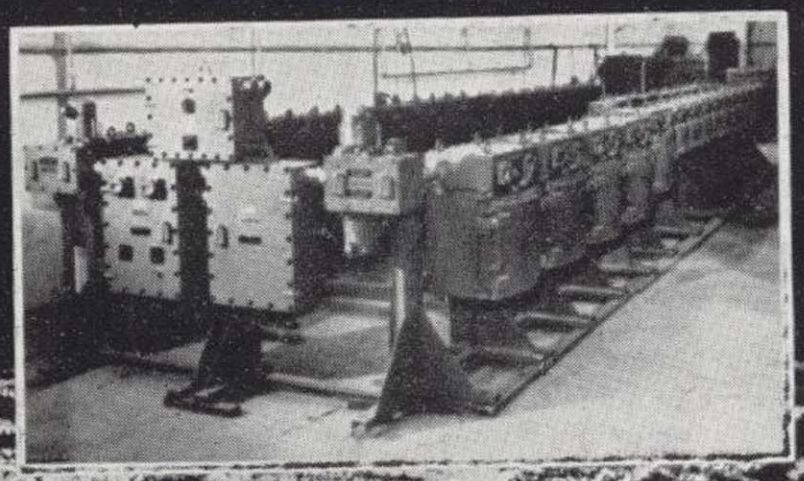
Sondas LONGYEAR con equipos de perforación «Wire-Line System».

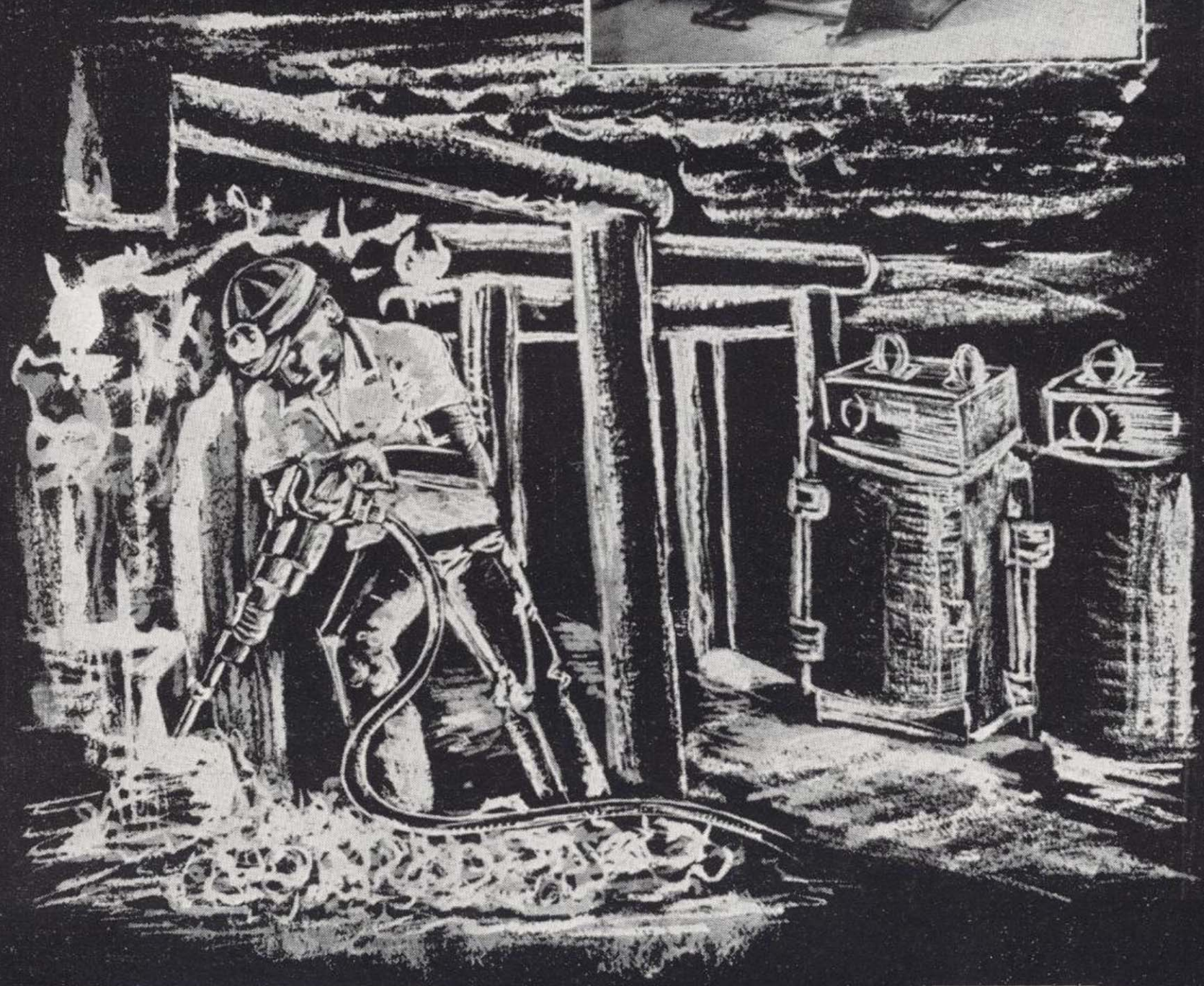
Testigueo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm.

Sacamuestras especiales a percusión.

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

APARAMENTA ANTIDEFLAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS





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

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

Para arrancar más de 5 millones de m³.

DE GRANITO DURO HIZO FALTA EL EQUIPO GARDNER-DENVER

Este trabajo excepcional ocupó 10 equipos de perforación Gardner-Denver durante año y medio, perforando barrenos de 75 a 125 mm. Fue necesario mover más de 80 mts. de la antigua presa para hacer sitio a la nueva gran presa Coulee en el Estado de Washington. Se arrancaron más de 220.000 m³ por mes.

El hecho de que el trabajo fuese asignado a los equipos de perforación Gardner-Denver habla por sí mismo. ¿Qué mejor evidencia que la eficiencia y disponibilidad probada en miles de trabajos en todo el mundo?

Cuando hay un problema de perforación nunca hay error al elegir los equipos de Gardner-Denver.

Consulte a un especialista de perforación Gardner-Denver o escríbanos solicitando información sobre los equipos de aire comprimido y perforación.

GARDNER-DENVER

Con experiencia desde 1859

GARDNER-DENVER Since 1859

Distribuidor exclusivo para España:

TECNIX, S.A.®

Guzmán el Bueno, 121
Edificio Germania, 7.° B
MADRID-3
Teléf. 234 74 00

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

Espectrometría de absorción atómica.

Espectrografía mediante placas fotograficas.

Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.

Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.

Análisis Químicos.

Microsonda Electrónica.

Metalogenia.

Petrología.

Preparación Mecánica de Minerales.

Mineralogía.

Macro y Micropalentología.

Geotecnía.

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23 TELÉF. 254 22 00 MADRID-3

¿QUE ES

CRAELIUS

TERRATEST...

HAY MAS...

de lo que el ojo ve

CRAELIUS

TERRATEST S.A.E.

ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOFISICOS. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

PERFORACION Y SONDEOS DE EXPLORACION. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

ESTUDIOS Y CONTROL DE PERFORACION DE SONDEO. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

SERVICIO DE ALUMBRAMIENTO Y CAPTACION DE AGUA. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciónes de bombas.

PERFORACION DE PRODUCCION. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

SERVICIOS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. - Estudios sísmicos, perforacion de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, corte y aserrado de materiales de construcción, etc.

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

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

CIMENTACIONES ESPECIALES S. A.

PROCEDIMIENTOS **RODIO**

- HIDROGEOLOGIA
- SONDEOS MINEROS
- SONDEOS GEOTECNICOS

OFICINA CENTRAL: MADRID 16 AV. GENERALISIMO, 20-Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO
Telex 22.604 RODIOe

INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO

Ríos Rosas, 23 Teléfono 253 46 05

MADRID-3

8 DE CADA 10 CROMATOGRAFOS

8 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS infrarrojos ó ultravioleta visible

9 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS de absorción atómica

8 DE CADA 10 REGISTRADORES para laboratorio

VENDIDOS EL PASADO AÑO FUERON

PERKIN-ELMER

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

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

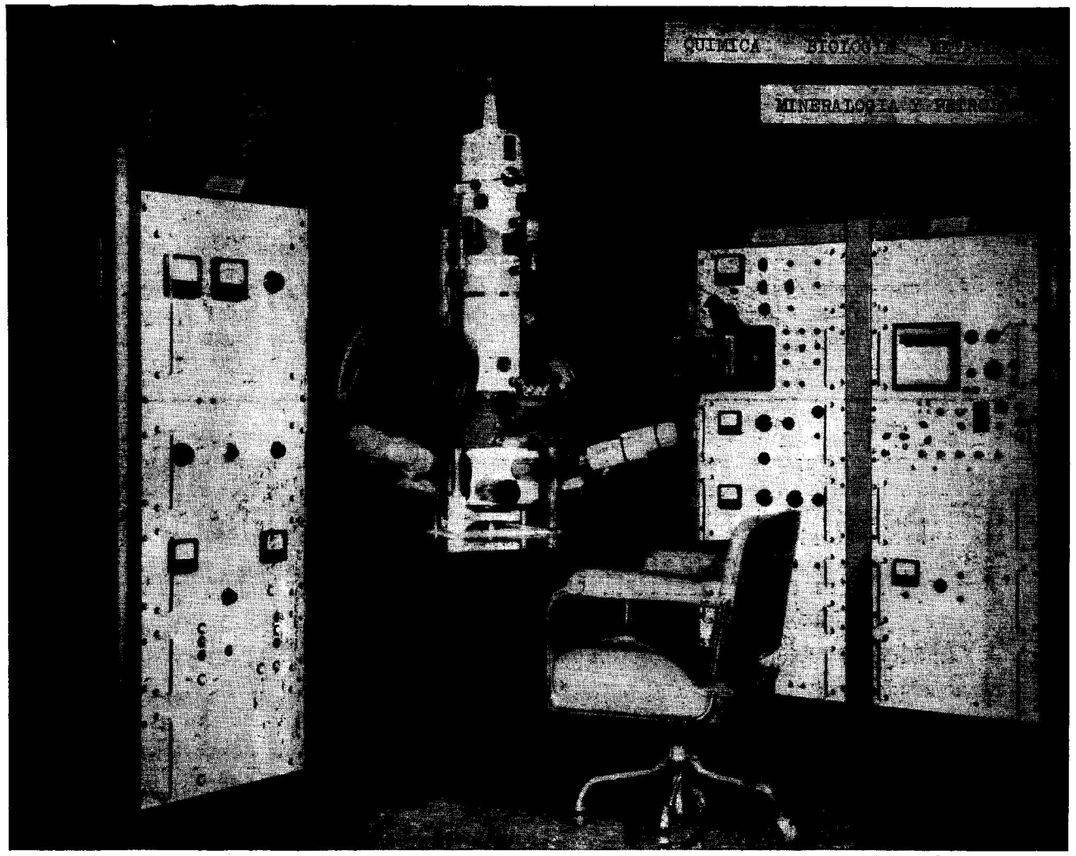
- Asistencia técnica
- Servicio y mantenimiento eficaces
- Autodespacho de mercancías
- Centro de entrenamiento en Madrid con gastos de desplazamiento sufragados por nuestra Organización
- Suministro y consulta de bibliografía técnica
- Formación de instrumentistas de su propia empresa
- Contrato de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

PERKIN-ELMER HISPANIA

MADRID Av. Generalisimo, 71 - A Tel.: 2 70 24 07
BARCELONA Sicilia, 105 - 2.º Tel.: 2 26 33 37
LISBOA Av. Liberdade, 220 Tel.: 56 21 81

GARSAN

LABORATORIO
DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

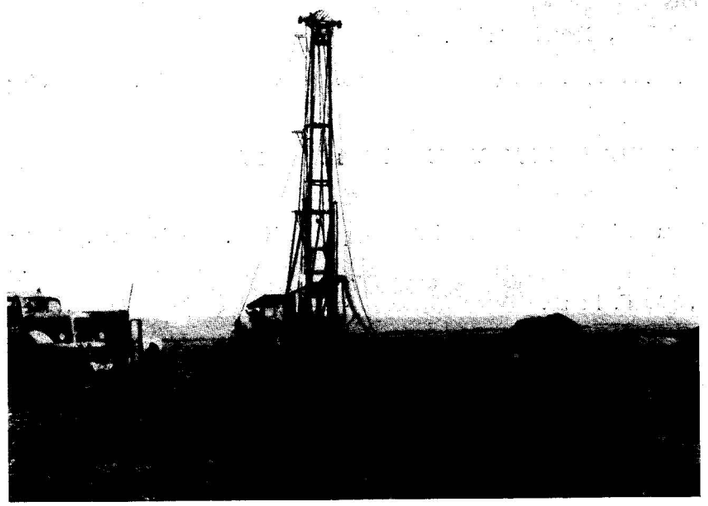
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23 Teléf. 254 22 00 Madrid-3

¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

C. G. S. HACE EL RESTO



C. G. S.

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

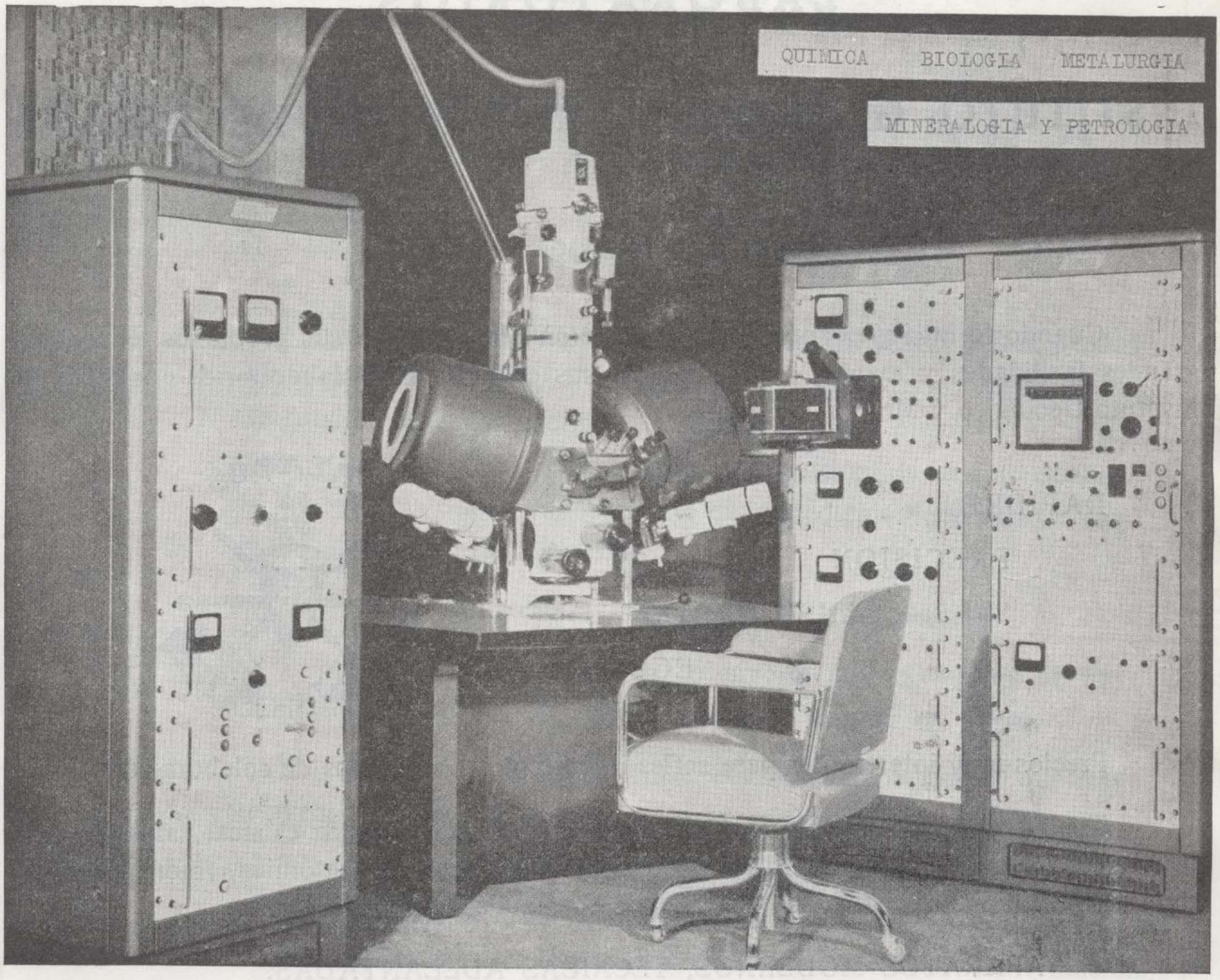
CONSULTENOS SIN COMPROMISO,
NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66
Teléfono 22 36 04
VITORIA

PADRE XIFRE, 5
Teléfono 415 60 66
MADRID

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

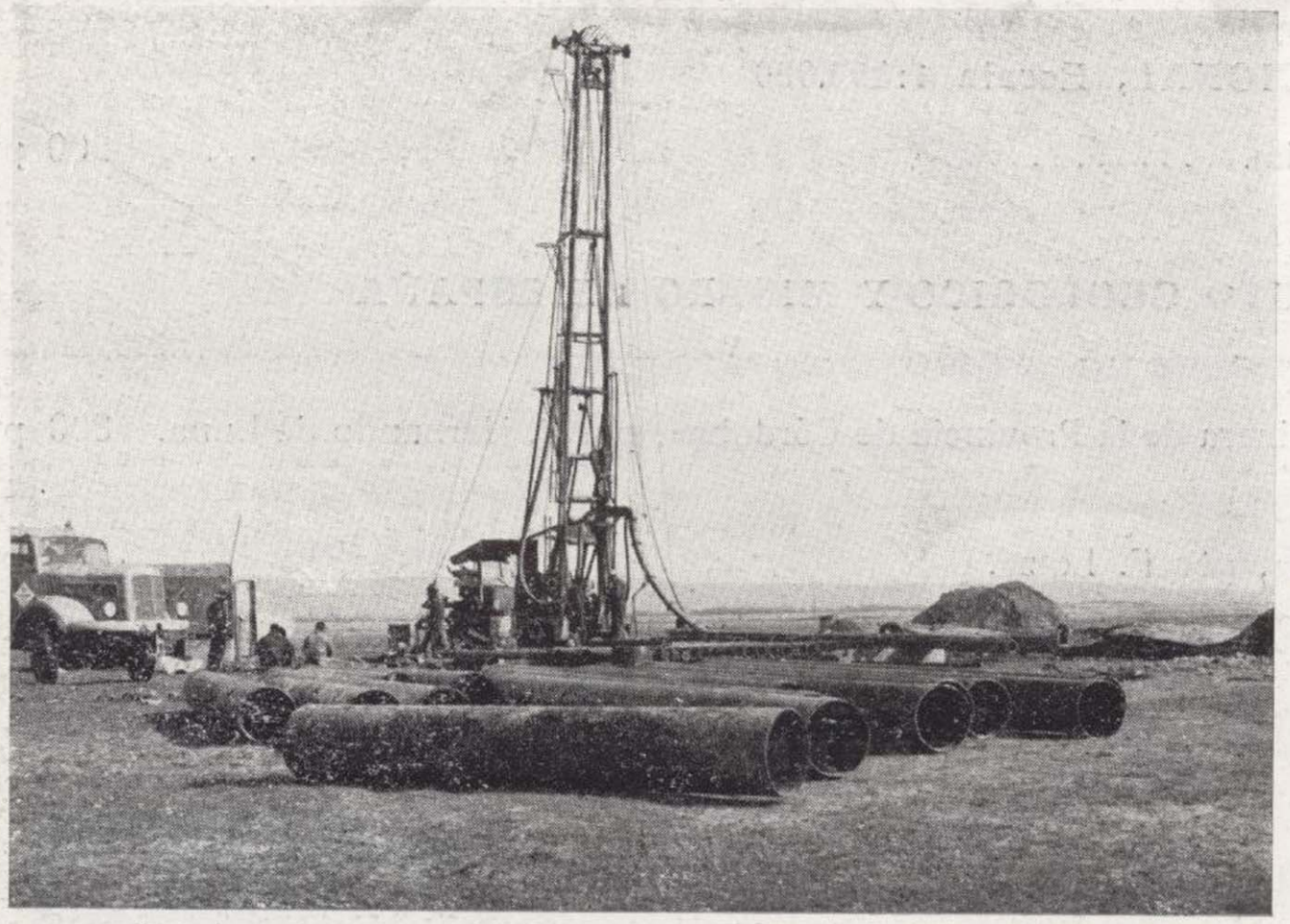
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23 Teléf. 254 22 00 Madrid-3

¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

C. G. S. HACE EL RESTO



Cía GENERAL DE SONDEOS
C. G. S.
MADRID - VITORIA

C. G. S.

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

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,
NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66
Teléfono 22 36 04
VITORIA

PADRE XIFRE, 5
Teléfono 415 60 66
MADRID

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS POR EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:50.000

Memoria correspondiente a la Hoja N.º 772, San Miguel.
Memoria correspondiente a la Hoja N.º 773, San Juan Bautista.
Memoria correspondiente a la Hoja N.º 798, Ibiza.
Memoria correspondiente a la Hoja N.º 799, Santa Eulalia del Río.

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:400.000

Hoja N.º 1-2 (Norte de Galicia)..... 200 ptas.

MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Tomo 74.
«Bibliografía Geológico-Minera de la Provincia de Córdoba», por R. Hernando de Luna. 300 ptas.
Tomo 75.
«El Cámbrico de España», por F. Lotze..... 300 ptas.

EN PRENSA

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:50.000

Hoja y Memoria N.º 501, Fuente de S. Esteban.
Hoja y Memoria N.º 502, Matilla de los Caños del Río.
Hoja y Memoria N.º 503, Las Veguillas.
Hoja y Memoria N.º 31, Ribadesella.
Hoja y Memoria N.º 54, Rioseco.
Hoja y Memoria N.º 79, La Puebla de Lillo.

MAPA GEOLOGICO PROVINCIAL, Escala 1:200.000

Cáceres.
Madrid (con Memoria).

MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Tomo 76.—Guía Geológico-Minera de la Provincia de Madrid (con mapa provincial, Escala 1:200.000)
Tomo 77.—Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa (con mapa provincial, Escala 1:50.000)
Tomo 78.—Estudio Geológico de la Provincia de Alava (con mapa provincial, Escala 1:50.000)
Tomo 79.—Sobre la geología de la Provincia piritífera de SO de la Península Ibérica.

CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S.A.

AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

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

DIRECCION COMERCIAL: **ALBERTO ALCOCER, 5, 3.º-C**
Telg. «CHRISTENSA» **MADRID-16 Tel. 250 34 04**

Empresa Nacional Adaro De Investigaciones Mineras Sociedad Anónima

Proyectos de investigación de
GEOLOGIA MINERA
HIDROGEOLOGIA
INGENIERIA
de desarrollo minero

ENADIMSA

Servicios especializados en		
	GEOFISICA	SONDEOS
	GEOLOGIA	METALOGENIA
	FOTOGEOLOGIA	GEOQUIMICA
	ESTRATIGRAFIA	GEOESTADISTICA
	PETROLOGIA	MINERALOGIA
		HIDROGEOLOGIA

domicilio social: serrano núm. 116. madrid 6. teléfono 2617902
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12. getafe (madrid)
teléfonos: 2171700-01-02