

21 ABR. 1961

AÑO 1961

I TRIMESTRE

NUM. 61

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



NOTAS Y COMUNICACIONES

I/16.2.1

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA



NÚMERO 61

PRIMER TRIMESTRE

MADRID

1961

EMILIO TRIGUEROS MOLINA y AGUSTIN NAVARRO ALVARGONZALEZ

ESTUDIO GEOLOGICO DE LOS TERMINOS DE ALEDO Y TOTANA (PARTE NORTE), (PROV. MURCIA)

RESUMEN

En el presente trabajo se ofrece una cartografía de detalle de las series triásicas y metamórficas de Sierra Espuña. La serie basal está compuesta por unas fillitas metamórficas. Sigue después un complejo calizo-dolomítico tipo «de las Alpujarras» y, finalmente, una doble repetición de un manto permotriásico tipo «Cogollos-Vega».

También se han estudiado las series mesozoicas y paleógenas, que yacen sobre este complejo y, por último, el Mioceno reciente sinorogénico y postorogénico.

ABSTRACT

This work offers a detailed cartography of triassic and metamorphic series of Sierra Espuña. The basic series is composed of metamorphic fillites. There is, besides, a powerful complex of dolomitic-limestone, «Alpujarras» type, and finally a double repetition of a permotriassic sheet Cogollos-Vega type.

We have also studied the mesozoic and paleogen series which are over this complex and lastly the recent miozenic synorogenic and postorogenic.

GEOGRAFÍA FÍSICA

El término municipal de Totana está situado en la provincia de Murcia en su parte meridional, casi en el centro de la misma; goza de clima templado y saludable, con cielo alegre y despejado. Los vientos reinantes, son: el Este en verano y el Oeste en invierno, siendo también frecuentemente en esta estación el Norte.

La villa de Totana, cabeza de un extenso partido judicial, está situada al pie meridional de la Sierra Espuña. Hace un siglo apenas contaba con 1.500 habitantes, pero gracias a su prosperidad, fruto de sus cultivos, ha experimentado un rápido aumento, y en la actualidad se acerca a los 20.000 habitantes.

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.

NOTA DE LA REDACCION.—Con el fin de mejorar la calidad del papel y en general la presentación de esta Revista, se acordó ampliar el tamaño de la caja de la composición y suprimir en lo posible los encartes.

Depósito Legal M. 1.882.-1958

C. BERMEJO, IMPRESOR.—J. GARCIA MORATO, 122.—TELEF. 233-06-19.—MADRID

a) *Orografía.*

La parte Norte del término de Totana comprende la Sierra de Espuña, imponente macizo que alcanza los 1.579 metros de altura. La vertiente Sur de esta sierra descende en escalera hasta cerca de la ciudad.

Al Oeste, comprende el término parte de la Sierra Tercia o de Chíchar, con el vértice Manilla de 991 sobre el nivel del mar.

Estas dos sierras se enlazan a través de otras sierras menores, como las de Sierrecica, Rincón de Yéchar, el Algorrobo, Morrón Redondo, Los Jaboneros, etc.

Al Sureste de ellas se extiende un amplio valle, por donde discurre el río Guadalentín, toda cuya extensión se conoce genéricamente como Campo de Lorca.

Entre las estribaciones de las sierras y la ciudad hay unos reducidos campos, en los que se produce la mayor parte de la riqueza del término. Son regadíos «de agua buena», en los que se amontonan ubérrimos naranjales.

b) *Hidrografía*

El único río propiamente dicho que circula por el término es el Guadalentín, aunque por estar sus aguas sumamente aprovechadas para riego, su cauce permanece, a la altura de Totana, prácticamente seco.

Las aguas para el abastecimiento de la ciudad se obtienen de uno de los ramales de la conducción de aguas del Taibilla.

Existen también algunas ramblas, en su mayor parte de cauce seco, salvo algunas épocas o días del año, siendo las más importantes las del Lebol y la de Los Molinos.

La mayor parte de aguas «buenas» para riegos de frutales, se obtienen de pozos artificiales en los bordes de las estribaciones de la Sierra Espuña. Son los más importantes el de Bernal, el de La Parada de Arena, el de Yéchar, etc.

Algunas pequeñas fuentes naturales de la Sierra son inverosímilmente canalizadas a lo largo de muchos kilómetros de escarpado relieve, para aprovechar un caudal mínimo. Tal es, por ejemplo, la corriente de Campí.

c) *Climatología.*

El clima de la zona es templado y suave en invierno, y seco y caluroso en verano.

La proximidad de la Sierra de Espuña dulcifica, sin embargo, la temperatura en verano, y da origen a que esta zona sea ligeramente más húmeda que el país situado al Sureste.

La ladera de la Sierra Espuña, con abundantes y bien cuidados bosques de pinos, proporciona bellos parajes para lugar de veraneo.

La ausencia, casi absoluta de heladas, permite el cultivo de agrios y frutales.

Damos a continuación las precipitaciones totales en milímetros, caídas en algunos años. Estos datos se han obtenido promediando las observaciones de las tres estaciones pluviométricas, a saber: Totana, Totana (H. L.) y Totana (Morti).

Años	Precipitación
1949	453,4
1956	168,7
1958	184,1

Puede tomarse como término medio 200 mm, anuales en las zonas bajas. En cuanto a las partes altas, estribaciones de la sierra y sierra misma, hay que incrementar esta cantidad, por lo menos hasta 300 ó 400 mm.

d) *Agronomía.*

Los cultivos están condicionados a las disponibilidades de aguas para riegos. Allí donde hay, se encuentran magníficas huertas y plantaciones de naranjas y frutales. También hay plantaciones de uva de mesa, en parrales.

Los cultivos de secano, generalmente cereales, viña y almendros, son pobres.

En la parte baja se desarrollan importantes cultivos de pimiento, alfalfa, etcétera, regados con aguas salobres.

En las zonas montañosas se han realizado con gran éxito y acierto repoblaciones forestales de pinos, por toda la Sierra Espuña, las cuales son hoy día espléndidos pinares.

Allá donde hay monte bajo sin repoblar, se recoge esparto.

e) *Población y vías de comunicación.*

El término está cruzado por su parte baja por la carretera general de Murcia a Granada.

Otras carreteras son la comarcal de Mula a Mazarrón, la de Totana a Bullas, que bordea la Sierra de Espuña y pasa junto al Santuario de Santa Eulalia, pintoresco y bello lugar, meta de romerías, que tienen lugar en el mes de enero.

La carretera forestal de la Huerta de Espuña cruza la Sierra de Espuña, y ofrece hermosas perspectivas del importante macizo.

El camino vecinal de la Anchurica permite acercarse a la Sierra de Chíchar, y el camino de los Allozos la bordea por su parte Norte.

La población del término se concentra en la misma Totana y en la huerta del Noroeste. En las cercanías de las sierras existen dispersos caseríos, como el de Las Alquerías, El Algorrobo, Los Jaboneros, Carivete, etc.

ESTRATIGRAFÍA

Metamórfico de base

La base de la serie estratigráfica de la mitad septentrional del término de Totana está constituida en su mayor parte por pizarras y filitas, en las que predominan los colores grises y azulados, a veces violáceos.

Las pizarras son de características muy variables, según el contenido en sílice de la misma. Cuando aumenta el contenido en arcilla, son blandas y deleznales. Al triturarlas con la mano, se obtiene lo que gráficamente describe Falloot como «polvo de aluminio».

Se encuentran también lechos delgados de cuarcitas gris-oscuras y así como calizas cristalinas.

A continuación damos los resultados del estudio de unas muestras efectuado en el Laboratorio de Petrografía del Instituto Geológico.

Muestra núm. 1.

En el afloramiento de la Rambla de Los Molinos.

Clasificación: Fillita (pizarra satinada).

Textura: Esquistosa.

Composición nodal:

C. principales: Carbonatos, óxido de hierro, toda clase de micas.

C. accesorios: Cuarzo, circón, turmalina y apatito.

Observaciones: Roca de grano muy fino, extraordinariamente blanda (se logra con facilidad cortar capas con cuchillo), porosa, ligera, compuesta en su mayor parte de material micáceo, óxido de hierro y pequeños granillos de carbonatos, distribuidos normalmente en la matriz pizarrosa.

Las micas le dan macroscópicamente un aspecto sedoso, satinado. Los óxidos de hierro a su vez, le tiñen de color pardo.

La disposición de las diminutas secciones de carbonatos y su abundante cantidad, nos indican una aportación posterior a la formación de la roca.

Muestra núm. 2

En el mismo afloramiento.

Clasificación: Roca parametamórfica, derivada de material sedimentario. Cuarcita sericitica.

Textura: Granoblásticos, con cierta tendencia a la textura esquistosa, causada por la distribución de las laminillas de sericita en torno a los granos de cuarzo con orientación paralela.

Composición nodal:

C. principales: Cuarzo y sericita.

C. accesorios: Circón, apatito, titanita, leucóxeno, magnetita, turmalina y muscovita.

Observaciones: La mayor parte de la muestra está ocupada por secciones de cuarzo de extinción ondulante, con los bordes festoneados, parcialmente recristalizados, rodeado de capitas más o menos orientadas de sericita y alguna que otra lámina y magnetita, son de origen detrítico.

La determinación de la edad de estos depósitos, que hemos englobado en la denominación de zona metamórfica, es bastante difícil, dentro de un estudio tan local como el que realizamos.

Su naturaleza hace pensar que se trata de sedimentos posteriores al basamento cristalino, pero como se encuentran fuertemente metamorfizados, impide precisar su edad.

Según algunos autores, que los han estudiado en zonas más al SO. es posible que sean estos depósitos anteriores a la orogenia variscica, por la que parecen haber sido plegados.

Triásico

Serie de las Alpujarras.

Sobre la serie anterior, encontramos de abajo arriba:

T₁) Zona pizarrosa, de colores violáceos y rojizos, compuesta por areniscas, arcillas y pizarras, con algunos afloramientos de yeso en capitas delgadas, muy transtornadas.

Los autores holandeses, que han estudiado con intensidad los problemas de las cordilleras béticas, refieren este tramo, y precisamente por los yesos al Werfeniense, en contra de la opinión de los anteriores autores que seguían considerándolo como de edad paleozoica.

Nosotros hemos seguido el criterio de los autores holandeses, por creer

que es el que mejor se ajusta a las características de la zona.

En el paraje de Los Jaboneros, hemos recogido unas muestras, cuyo estudio petrográfico detallamos a continuación:

Muestra núm. 1.

Junto a la casa de Los Jaboneros.

Clasificación: Fillita.

Textura: Pizarrosa (esquistosa).

Composición nodal:

C. principales: Cuarzo, clorita, muscovita y sericita.

C. accesorios: Oxidos de hierro, turmalina, titanita, circón, apatito, rutilo y biotita.

Observaciones: La roca muestra pequeños lenticulos (longitud 0,5 milímetros) de clorita verdosa acompañada de muscovita y cuarzo orientados paralelamente. La matriz que incluye estos lenticulos es de grano fino y está compuesta de diminutas secciones de cuarzo, clorita y sericita, teñidos por óxidos de hierro (éstos forman también pequeños granitos, distribuidos parcialmente en la preparación).

Con menos frecuencia, se logran identificar pequeñas secciones de titanita derivada del leusoxeno y laminillas de biotita.

El circón, turmalina verdosa, rutilo y apatito son de origen detrítico. A este origen atribuímos igualmente las secciones «lenticulos» de cuarzo.

La roca es parametamórfica, derivada de materiales sedimentarios, en este caso arcilloso. Es evidente que la roca pertenezca a las más bajas etapas del metamorfismo regional, cuando posiblemente, las principales actividades de éste eran las acciones dinámicas. Esto lo demuestra, además de la composición sericito-clorítica de la matriz (minerales típicos de dinamometamorfismo), la conservación de cuarzo como mineral detrítico, formando pequeños lenticulos orientados conforme con la disposición paralela general, porque con la más mínima elevación de temperatura, este cuarzo estaría recristalizado.

Su foliación se debe, principalmente a la disposición en capas paralelamente orientadas de sus componentes (sobre todo, lo que se refiere a la sericita). La foliación seguramente es coincidente con la primitiva.

Muestra núm. 2.

En el mismo afloramiento anterior.

En la preparación de esta muestra se ve el contacto de dos rocas distintas: una macroscópicamente parda con tinte violáceo-rojizo, sedimentaria detrítica y otra de origen hidrotermal.

La arenisca es de grano muy fino y está formada, casi exclusivamente por fragmentos detríticos de cuazo, notablemente rodados, cementados por una matriz compuesta de óxidos de hierro, sericita y clorita. Como minerales accesorios se observan: circón, turmalina, feldespatos (muy raramente y chert (sílex).

En el contacto, la arenisca está atravesada por varias microfallas paralelas, a partir de las cuales, comienzan a formarse cristales de cuarzo con disposición dimensional perpendicular a la dirección de las microfallas.

El contacto es claro, pero no completamente neto. Se observa un pequeño tránsito entre los distintos componentes y corrosión de la arenisca.

El cuarzo forma grandes cristales xenomórficos extraordinariamente cataclásticos (extinción ondulante, por distorsiones internas, causadas por grandes presiones dinámicas).

Igualmente se puede decir de la calcita que le suele acompañar. Esta aparece maclada polisintéticamente, con extinción ondulante, igual que el cuarzo.

Las acciones dinámicas sufridas por los componentes hidrotermales (cuarzo y calcita), debieron actuar en el momento de su formación (inyección), ya que la arenisca, al suponer fuesen posteriores estas actividades a la cristalización del cuarzo y la calcita, aparecería también afectada por ellas. En realidad, no lo están más que en el propio contacto.

De la muestra clara ha sido hecha otra preparación transparente, para completar los datos petrográficos.

La composición mineralógica de ésta es análoga. Sus principales y únicos componentes son cuarzo y calcita, los dos muy cataclásticos (extinción ondulante y destrucción del maclado polisintético).

En esta misma zona de Los Jaboneros, junto a un camino forestal próximo a la Casa, hemos visto también un afloramiento de yesos.

Esta formación no presenta una potencia constante en toda la zona, llegando a veces a faltar, poniéndose en contacto el tramo dolomítico a que vamos a referirnos a continuación con la zona metamórfica.

T₂) Sobre la serie anterior, reposa el primer paquete de dolomías.

Según los autores que han estudiado la zona de Las Alpujarras, este paquete dolomítico comprende allí todo el Triásico.

En la zona de Totana, cuando está más completo, tiene una potencia de unos 100 metros, pero las más de las veces aparece flotando en pequeños retazos sobre T₁.

El estudio petrográfico de la roca, nos ha dado a conocer que se trata de una dolomía recristalizada y parcialmente silicificada, con textura criptocristalina.

Esta roca, siendo dolomía, no tiene, sin embargo, semejanza alguna con los otros dos paquetes de dolomías T₂, que vamos a considerar como pertenecientes al manto Cogollos-Vega.

Aquí no se han reconocido ni esqueletos de microorganismos ni material detrítico. Está formada de secciones diminutas de dolomita (de 0.03 milímetros de diámetro y aún mayor).

Gran parte del carbonato está recristalizado, siendo el tamaño medio de la dolomía recristalizada de 0,3 milímetros de diámetro.

Además de la dolomita, en la preparación se observa en abundancia calcedonia sustituyendo a la primera. Forma agregados de configuraciones redondeadas de tamaño bastante considerables. Ocupa un 5-10 por 100 de la superficie total.

Serie de Cogollos-Vega.

Deslizada sobre la serie anterior, que hemos considerado perteneciente al Manto de Las Alpujarras, aparecen de abajo a arriba:

a) T'_1 . Lo constituyen un potente conjunto de arcillas vinosas, pizarreñas, muy fracturadas, areniscas rojo-oscuro, durísimas, calizas sabulosas rojas y coronando el paquete unas arenisca de tonos más claros.

El conjunto es bastante arcilloso y rojizo.

En la base, se observa a veces una verdadera brecha de fricción, con elementos paleozoicos, dolomías y areniscas rojo-vinosas.

La tendencia de los geólogos que estudian la región y en especial las zonas situadas más al Sur, es atribuir este tramo al Permotrias.

En la zona de Totana, este Permotrias ocupa una buena extensión, y aunque por estar laminado tectónicamente, no es posible determinar su espesor total, éste no debe ser inferior a los 200 metros.

b) T'_2 . Sigue a continuación un paquete dolomítico, de mucha menor potencia que el que hemos considerado como perteneciente al Manto de Las Alpujarras.

Exteriormente son de un color más claro que los de la base, y su estudio micrográfico, nos ha demostrado que son esencialmente distintos.

Se trata aquí de una dolomía organógena, de textura pelitomórfica.

Está formada la roca por esqueletos de microorganismos cementados por un fango dolomito-arcilloso finísimo.

No se ha reconocido material detrítico alguno

Parte del carbonato ha recristalizado. Tanto el cemento como los fósiles en él incluidos son oscuros, excepto en áreas recristalizadas, ocupadas por una dolomita transparente, con tamaño de grueso muy superior al del primitivo carbonato. En áreas recristalizadas, el carbonato del organismo puede formar una o varias secciones de dolomita, donde no se observan trazas de la estructura orgánica anterior, o puede conservar el molde externo y haber perdido su estructura interna, ahora sustituida por un agregado de dolomita.

La superficie ocupada por los fósiles con respecto al cemento es bas-

tante considerable (aproximadamente un 40 por 100) y su conservación es bastante mala.

La roca no aparece deformada.

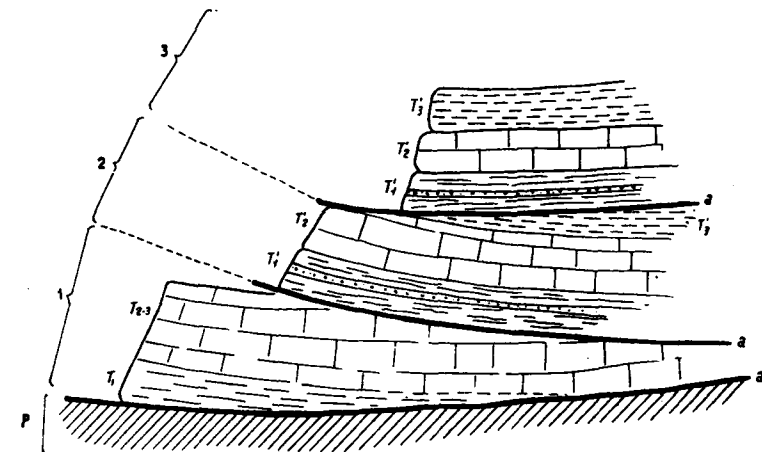
c) T'_1 . Vuelve a repetirse la serie roja, formando parte de otra escama tectónica.

Sus características litográficas son análogas a las del apartado a).

Su potencia, debido sin duda a laminación tectónica es mucho menor.

d) T'_2 . Sobre la serie roja, otra vez el paquete dolomítico, análogo al del apartado b), como hemos podido comprobar por el estudio micrográfico de la roca.

e) T'_3 . Sobre estas dolomías se encuentra un nivel formado por margas amarillentas, verdosas o grisáceas, rara vez rojizas, que alternan con calizas margosas en ocasiones sabulosas.



Esquema estructural de la serie triásica

a = Superficies de deslizamiento.

P = Metamórfico de base.

1 = Serie alpujarrada... { T_{2-3} = Triás medio y superior.
 T_1 = Filitas werfenienses.

2 = 3 = Serie de Cogollos-Vega... { T'_3 = Triás superior.
 T'_2 = Triás medio (dolomías).
 T'_1 = Permotrias.

En este nivel suelen presentarse intercalaciones irregulares de yesos blancos o amarillentos. Pueden verse estas margas y yesos por la carretera forestal del collado Bermejo a Alhama.

Fallot afirma haber visto algún retazo de estos yesos sobre el tramo T'_2 del apartado b), lo que confirma aún más la hipótesis de que se trata de una repetición de la serie.

Este nivel margo-yesoso, es poco potente y corresponde ya al Trías superior.

A falta de argumentos paleontológicos para la clasificación adecuada de estas series triásicas, sólo la litología y la interpretación de la tectónica de la zona, pueden resultar útiles.

En esta relación estratigráfica hemos descrito los paquetes diferentes, según su posición relativa. Más adelante, y al hablar de la tectónica, justificaremos su posición estratigráfica.

Liásico

Lias inferior.

En la base de la serie jurásica, hemos encontrado, un nivel de yesos, y margas yesosas, de aspecto completamente distinto de los anteriores. Aparecen aquí los yesos fina y uniformemente estratificados, y por el perfecto fajeado de sus capas, es posible reconocerlos aún en los menores afloramientos.

En estudios realizados por nosotros en zonas tan próximas como la Sierra de Ricote, ya justificamos su posición estratigráfica en la base del Rético. También se han visto en idéntica posición, en zonas tan distantes como las cordilleras Cantábrica y Pirenaica.

Un magnífico afloramiento de estos yesos pueden verse, unos 500 metros al NO. del caserío del Purgatorio. Otras veces, debido a que el contacto del paquete calizo-dolomítico-liásico con las margas triásicas es de tipo mecánico, no se observan estos yesos, aunque quizá puede también ser debido a que los yesos se presentan en lentejones.

En el plano los hemos representado con la notación L₁.

Sobre los yesos, en los sitios que son visibles o sobre el Trías, aparece un potente nivel de dolomías grises, que insensiblemente pasan a calizas dolomíticas y calizas, bien estratificadas en bancos gruesos, en los que no hemos hallado fósiles, salvo pequeñas secciones de *Pentacrinus* sp.

Es muy interesante el examen de la zona culminante de España, situada en la parte central del macizo, y en la que destacan el vértice Espuña con 1.579 metros, y el Morrón con 1.441 metros, éste ya fuera del término municipal de Totana.

La gran cresta que se extiende desde el Oeste del vértice Espuña, hasta el valle situado al Este del Morrón, está formada por una sucesión de niveles liásicos.

En la base de esta formación, yacen sobre el tramo T₃, del Trías superior, las dolomías y calizas dolomíticas coronadas por calizas blanquecinas y grises, que forman la parte elevada del Espuña y del Morrón.

Culmina la serie liásica con un tramo margoso, alternando con bancos calizos de poca potencia, con abundantes vetas de calcita.

Hemos encontrado fósiles pertenecientes al Sinemuriense y Toarciense, después de un examen muy cuidadoso, ya que éstos no son muy abundantes.

El conjunto de sedimentos liásicos tienen una potencia superior a los 400 metros.

Jurásico

De una manera insensible, se pasa de la serie liásica al Dogger, formado por alternancias de margas y calizas, escasamente fosilíferas, coronadas por calizas oolíticas blancas o amarillentas.

Estas calizas oolíticas son coronadas por nuevas calizas grises en superficie y blancas en fractura, azoicas, las cuales a su vez soportan nuevos bancos oolíticos.

No hemos visto posibilidad de encontrar, en esta serie calizo-oolítica, la separación entre Dogger y Malm.

Sobre los niveles oolíticos descansan calizas tableadas, de tonos ligeramente dorados, cuya facies es muy semejante a la del Malm en otros puntos de Levante. Contienen muy escasos fósiles, pero en ellos se aprecia que estos niveles pertenecen ya al Malm medio y superior.

Como no existe discontinuidad apreciable en la sedimentación, debe admitirse que el tránsito de Dogger a Malm, se realizará probablemente en la serie oolítica.

En líneas generales, el Jurásico del macizo de Espuña adopta la disposición tectónica de un anticlinal volcado hacia el Norte, en la zona meridional afloran los niveles inferiores y en la septentrional se encuentran las capas más altas.

Contienen las capas jurásicas escasísimos restos fósiles, y únicamente hemos hallado un fragmento muy conservado de

Hibolites sp.

Sin embargo, no se observa discontinuidad alguna en la estratificación, y bajo las capas más altas jurásicas (por la posición invertida del pliegue), yacen a veces, concordantes sedimentos del Neocomiense.

El Jurásico superior debe, en consecuencia, encontrarse completo en esta zona.

Cretáceo

Las capas más bajas del Cretáceo de la Sierra de Espuña están constituidas por un espesor de unos 10 metros de calizas arenosas, que pasan localmente a areniscas sin fósiles.

Encima se encuentra un nivel de 20 metros de arcillas verdes, fosfatíferas, que han sido objeto de labores de investigación en relación con la posible explotación de los fosfatos que contienen.

En este nivel de fosfatos hemos encontrado las siguientes especies fósiles:

Hibolites canaliculatus, Bleiav.
Hibolites jaculum, Phillips.
Hibolites subfusiformis, Raspail.
Mesohibolites minaret, Raspail.
Perisphinctes, sp.
Grossouvreria?
Ammonites sp.
Belemnites sp.

todos ellos del Neocomiense.

Yacen sobre el nivel de fosfatos, de nuevo, calizas arenosas, y margo arenosas, en las cuales Gorostizaga ha encontrado:

Inoceramus Crispi.
Hippurites radianos.
Hoplites aff. angulicostatum.

que definen el Barremense.

Sigue un espesor de unos 60 metros de calizas margosas y margas arenosas o arcillosas, de tonos amarillentos, que incluyen en la base un nivel glauconítico.

En esta formación describe el profesor Fallot una forma de ammonites indeterminables y de equinidos, entre los cuales cita:

Conulos cf. Castaneus, Brong.
Discoïdes conicus, Desor.
Pygaulus, sp.
Pseudocidaris, sp.

Nosotros hemos hallado en estas capas:

Scalaria supiniana, d'Orb.

Todas estas especies corresponden al Gault.

La sedimentación neocomiense-barremense-aptense-gault debe ser, en consecuencia, prácticamente continua.

E o c e n o

Se presenta el Eoceno con gran diversidad de facies, que obedecen más a variaciones laterales, en función de la escasa profundidad y diversidad de sedimentación, que a etapas sucesivas de éste.

Todos los depósitos eocenos de la zona, pertenecen en su totalidad al Luteciense, y su identificación no suele ofrecer dudas, dada su extraordinaria riqueza fosilífera. Únicamente puede caber duda en la edad, quizás ligeramente posterior, de los sedimentos que en la Sierra de Espuña presentan carácter lacustre y contienen lignitos.

En el flanco Norte del pliegue jurásico volcado, aparecen cobijadas debajo del Eocretáceo los primeros niveles lutecienses.

Se trata de conglomerados y calizas que incluyen pequeños cantos rodados, con clara facies transgresiva. La violencia tectónica de la zona, impide apreciar claramente el contacto.

Sobre estas capas basales yacen calizas francas, cuajadas de secciones de nummulites. Una rotura longitudinal pone en contacto estas capas con el nivel margo-arenoso, que consideramos superior.

Hemos recogido gran cantidad de fósiles, todos ellos de edad luteciense, en casi toda la superficie que ocupa el Eoceno. Entre ellos se han clasificado:

Nummulites coplanatus.
Nummulites laevigatus
Nummulites perforatus.
Assilina exponens.
Alveolina elongata.
Aveolina gigantea.
Discocyclina archiaci.
Trochocyatus.
Trochosmilia.

Existe al Norte de la Sierra de Espuña, y a ambos lados de la carretera de Pliego, una facies diferente del Luteciense.

Se trata de un potente espesor (superior a los 400 metros), de arcillas ocreas y rojizas, que alternan con delgados bancos más arenosos, los cuales por su mayor resistencia a la erosión, dibujan una serie de costillas en el relieve.

La formación buza uniformemente al Norte, y aumenta el buzamiento conforme nos dirigimos de Sur a Norte.

En un principio podría haberse confundido esta formación con el Aquí-

taniense lacustre próximo, pero hemos hallado en ella abundantes fósiles lutecienses.

Hacia el Sur, esta formación cabe a la serie caliza luteciense. Aunque en el contacto existe una rotura, la serie margosa parece superior a la caliza.

Por último, hemos de considerar la formación lignitífera que se encuentra al N. y NE. de Prado Mayor, en el corazón de la Sierra de Espuña.

Se trata de areniscas y margas arenosas con intercalaciones de bancos de arcillas y conglomerados poco compactos, todo ello en facies lacustre, y conteniendo unos niveles de lignitos.

Esta formación ha sido considerada anteriormente como oligocena, pero el profesor Fallot, la sitúa en el Luteciense.

No han sido descritos fósiles en estas capas, y nosotros no hemos hallado ninguno, pero consideramos argumentos suficientes en pro de su clasificación en el Eoceno, la pequeña disconformidad entre estas capas y la serie marina luteciense infrayacente.

Posiblemente corresponderán a un período lacustre posterior a la sedimentación en la zona, y constituyendo, en consecuencia, los más recientes depósitos del Eoceno.

No es posible, sin embargo, afirmar que no haya podido, al menos en parte, ser simultánea esta sedimentación lacustre con la de algunos de los depósitos lutecienses marinos de la región.

Mioceno

Los depósitos miocenos, son muy extensos y variados en la zona que estamos estudiando.

En estudios realizados por nosotros en zonas más al Norte, hemos podido comprobar la presencia de sedimentos oligocenos y aún del Mioceno inferior anteriores al paroxismo orogénico.

En la zona de Totana, al Sur de la Sierra de Espuña, los sedimentos miocenos corresponden a la serie superior Vindoboniense.

En esta zona, la sedimentación miocena comienza con una facies detrítica, de conglomerados de canto calizo, cementados por un cemento calizo-arcilloso rojizo. En este conglomerado, predominan los cantos triásicos con algunos elementos paleozoicos.

En la base de estos conglomerados, se ven retazos de una arenisca basta.

Sobre los conglomerados, empieza un tramo de areniscas que acaba en una molasa de unos 50 metros de potencia. Estas molasas, que constituyen la parte superior de la Sierra de Chíchar o de la Tercia, se explotan, a

veces, en pequeñas canteras para construcción. En estas canteras hemos encontrados muy buenos ejemplares de:

Flabellipecten incrassatus, Partsch.

Amussium cristatum, Bronn.

Chlamus opercularis, Bronn. *mut. baudensis*, Fout.

Clypeaster, sp.

Heterostegina, sp.

Encima de estos depósitos se encuentra un espesor variable, que a veces llega a los 150 metros, de margas arcillosas, blancas y grises en facies de «tap».

Aproximadamente al mismo nivel estratigráfico de estas margas, se encuentran otros con gran cantidad de yesos blancos, que quizá por encontrarse muy replegados, sobrepasan a veces los 200 metros de potencia.

Esta alineación de margas y yesos, cierra el paso de las aguas de la parte septentrional de Totana al valle del Guadalentín, y determina que las existentes en el valle sean de regular calidad, impropia desde luego para el riego de naranjos.

Remata la serie miocena, un pequeño nivel de molasas, que destacan grandemente en el paisaje y sobre el que se asienta el Castillo de Aledo.

Plioceno

Ocupa una buena extensión en la zona, una formación generalmente detrítica, en general de un color rojizo.

Está formada por alternancia de arcillas margosas, rojizas y bancos de conglomerados, poco consistentes, intercalados.

Entre los conglomerados se encuentran elementos paleozoicos, triásicos y jurásicos, y a veces cantos rodados de caliza dura, blanquecina, con nummulites, procedentes, con toda probabilidad, de la erosión de las formaciones lutecienses de la Sierra de Espuña.

Tienen estos depósitos un espesor considerable, a veces superior a los 100 metros.

Cuaternario

Tienen notable importancia los depósitos aluviales detríticos.

Las lluvias en esta región, tienen generalmente carácter torrencial, por lo que la erosión suele ser muy grande.

Las gravas y arenas arrastradas por los cursos irregulares que se for-

man. son depositadas a lo largo de las ramblas, en donde, a veces, llegan a ocupar extensiones muy grandes.

En algunas de estas ramblas se observan huellas de terrazas antiguas; un estudio detenido de las mismas podría aportar datos muy interesantes, en relación con las variaciones sufridas por el clima de la zona.

Próximo a Totana, se encuentra una extensa zona, ocupada por magníficas huertas. Aquí la potencia de estos depósitos cuaternarios es de unos 30 metros.

T E C T Ó N I C A

La tectónica del término municipal de Totana es muy compleja. Dos grandes unidades se destacan en el relieve: la Sierra de Espuña y la Tercia o de Chichar.

Las dos son en líneas generales anticlinales más o menos desmantelados.

La Sierra de Espuña ha sido varias veces estudiada por autores extranjeros y por españoles. Los últimos y más completos exámenes, se debieron a Fallot y a Dupuy de Lôme. No obstante, la última explicación de la Sierra de Espuña no está dicha todavía. La dudosa estratigrafía y la complejidad de su estructura dificultan en grado sumo su interpretación.

Por nuestra parte, hemos podido corroborar algunos de los puntos de vista de aquellos autores y hemos discrepado en otros.

La Sierra de Chichar o Tercia es más sencilla, y de ella hablaremos en primer lugar.

a) Sierra Chichar.

Está constituida por un anticlinal de eje E.-NE. y del cual sólo queda hoy día el flanco Norte. En conjunto está constituida la estructura por depósitos del Mioceno medio y superior que aquí tiene gran potencia. En el núcleo aflora la formación metamórfica de filitas que Fallot llama «polvo de aluminio» y sobre cuya insegura edad tantas hipótesis se han hecho.

Aparece sobre ella un potente nivel de conglomerados que representa la base de la serie miocena.

Las capas tienen buzamientos monótonos e iguales y se aprecia una débil discordancia angular progresiva desde la base de la formación hasta las margas y arcillas vindobonienses que la culminan. Las capas buzan de 10 a 20° al Norte, a lo largo de todo el flanco de la estructura, iniciando un cierre periclinal en el extremo oriental.

Sobre los conglomerados descansa una serie de pequeña potencia de molasas que forma en dip-slope el flanco Norte de la Sierra. Las corridas se

sumergen con apenas 10° de buzamiento sobre el potente paquete de margas y arcillas que forman la llanura del Norte, cada vez más horizontales.

b) Sierra Espuña.

En esta sierra se encuentran cuatro series sedimentarias discordantes.

La primera de ellas es el substrato metamórfico. Forma la segunda el complejo triásico de arcillas, areniscas y dolomías. El tercero está constituido por una serie mesozoica que abarca desde el Suprakeuper o Rético hasta el Neocomiense con glauconia y fosfatos; este paquete forma las mayores alturas de la sierra. El cuarto conjunto se compone de una serie eocena transgresiva sobre los anteriores.

La serie mesozoica y terciaria constituye un eje anticlinal volcado al Norte, del cual sólo vemos el flanco Norte. Los contactos entre las tres primeras unidades parecen tener origen tectónico. El de las dos últimas, se debe a un movimiento transgresivo.

La serie de base, en su mayor parte de filitas con alguna intercalación en bancos delgados de cuarcitas forma un substrato tectónicamente independiente de las series superiores. Forma repliegues muy agudos que no se corresponden con la serie triásica.

La triple repetición de dolomías de la serie triásica plantea a su vez otras cuestiones. Es evidente la casi identidad de los dos paquetes superiores de dolomías (T'_2), reposando sobre el Permotriás (T'_1). El paquete inferior (T_{2-3}) es más dolomítico, potente y está más tectonizado que los dos superiores. Este primer paquete reposa sobre unas filitas y esquistos cristalinos que no tienen aparente relación ni caracteres semejantes al Permotriás.

Sería largo y fuera de lugar en el presente estudio detallar los cortes que nos mueven a diferir de la hipótesis de Fallot, recogida por Dupuy de Lôme, de la triple escama repetida. En su lugar, y según la base de nuestra cartografía, y utilizando también algunos datos del estudio de Fallot (fig. 135 entre otros), nos parece más acertada la siguiente hipótesis:

«Sobre el metamórfico, cuya edad y disposición tectónica no tenemos criterio, se superpone un primer manto de corrimiento, perteneciente a la unidad alpujarrida y compuesta por el T_1 y T_{2-3} . Sobre este manto descansa una repetición doble de otro manto tipo Cogollos-Vega T'_1 , T'_2 y T'_3 .

»Finalmente, este conjunto se encuentra cabalgado por la serie mesozoica «serie de Espuña» de tipo sensiblemente penibético».

Todo este complejo triásico descansa en tendida disposición, localmente alabeada y muy fragmentada y rota en sus bordes Sur. No hay grandes estructuras dominantes y sólo sinclinales y anticlinales reducidos, que han sido cuidadosamente reconocidos a lo largo del presente trabajo.

Destacan la ventana tectónica anticlinal de La Santa, y el sinclinal de Los Algarrobos.

La serie superior T'_2 presenta una disposición monoclinial en Las Alque-

rías. Las capas buzan 30 a 50° al Norte, encajados en la serie margoso yesosa del Triásico superior y el Permotrias inferior

Esbozada esta síntesis tectónica, y dada nuestra opinión sobre su contorno estructural, pasaremos a una breve reseña de la historia geológica del lugar.

Debe existir en primer lugar un substrato variscico, y una sedimentación triásica en facies germano andaluza no visible en la zona.

El Lías inferior se deposita en facies profunda, con una serie calizo-dolomítica.

La sedimentación en el Lías superior y Dogger, presenta caracteres batiales, pero antes del Dogger superior aparecen las calizas oolíticas con facies neríticas, cuyas facies continúa hasta el Jurásico superior.

La sedimentación en el Eocretáceo es muy irregular. En la zona Norte del Sub-bético tenemos noticias de una sedimentación profunda y continua, que comenzando en el Neocomiense, alcanza la totalidad del Eocretáceo.

Se encuentran huellas de una morfología acentuada en el país que soportó la transgresión luteciense. Es lo más probable que esta morfología se debiese a fenómenos intensos de erosión.

Para Blumenthal, los grandes deslizamientos tuvieron como origen empujes orogénicos inmediatamente postríasicos. Esta hipótesis no ha sido confirmada, y, en realidad, no parece que los empujes inmediatamente posteriores al Trias hayan alcanzado en la región intensidad apreciable.

Mayor importancia han tenido los empujes de la fase larámica, que se reflejan en las discordancias entre Cretáceo y Eoceno.

Los empujes orogénicos de verdadera significación han tenido lugar desde el Oligoceno hasta el final del Vindoboniense. La mayor intensidad de plegamiento es variable según las zonas, pero en general puede situarse entre el Aquitaniense y el Burdigalense o Helveciense.

Tampoco se reconoce con exactitud la edad en que se han producido los grandes deslizamientos.

El deslizamiento de la llamada Hoja de Cogollos-Vega, pudo producirse al final del Oligoceno, posiblemente durante el Aquitaniense.

La transgresión burdigalense encuentra ya un acentuado relieve orogénico, y sus depósitos no ocupan más que las partes bajas. En nuestro estudio no hemos encontrado depósitos burdigalenses.

Sigue después la transgresión Vindoboniense, que en Totana parece seguir los deslizamientos finales de la serie cimera de Sierra de Espuña. Por último, encontramos movimientos posvindobonienses, como los que han formado la Sierra Chichar, pero son de orden sensiblemente inferior a los anteriores.

La potente serie conglomerática basal del Vindoboniense sitúa este tramo como claramente posterior a los principales movimientos orogénicos

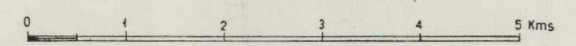
ESTUDIO GEOLOGICO DE LOS TERMINOS DE ALEDO Y TOTANA (PARTE NORTE) PROVINCIA DE MURCIA



EXPLICACION

CUATERNARIO	a	Diluvial y Aluvial
PLIOCENO	Pl	Arcillas y conglomerados sueltos
MIOCENO	M ₃ ^m	Molasas superiores
	M ₃ ^v	Margas con yesos
	M ₃ ^g	Margas grises azuladas
	M ₂	Molasas
	M ₁	Conglomerados duros arcillosos
EOCENO	N ₃	Areniscas
	N ₂	Facies lacustre con lignitos
	N ₁	Arcillas rojas
CRETACEO	G ₁₋₄	Conglomerados arcillas y areniscas
	G ₁₋₄	Calizas
JURASICO	J ₂	Calizas tableadas
	J ₁	Margas fosfatíferas. Arenas
LIASICO	L ₂	Calizas y calizas oolíticas
	L ₁	Calizas y margas
TRIASICO	T ₃	Calizas y calizas dolomíticas
	T ₂	Facies yesosa
	T ₁	Margas y yesos
	T ₀	Dolomias y calizas
		Pizarras y areniscas
		Dolomias
		Filitas y areniscas

CONTACTO NORMAL
ANORMAL
FALLA
CABALGAMIENTO
DIRECCION Y BUZAMIENTO



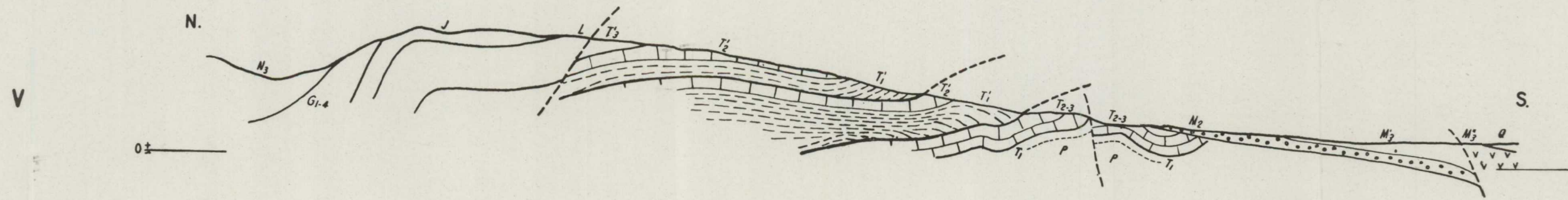
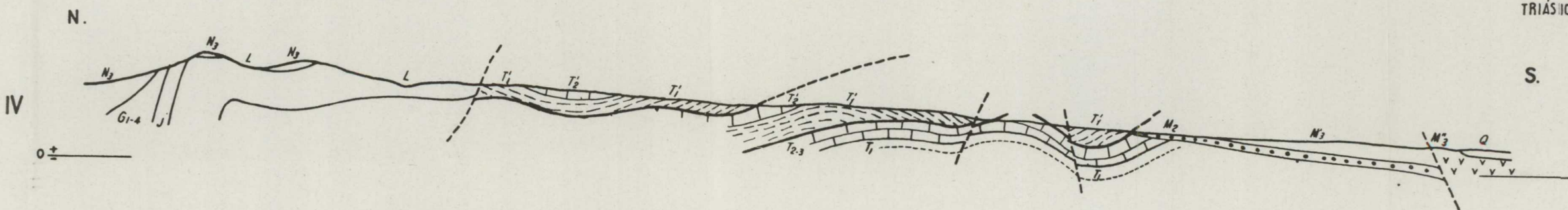
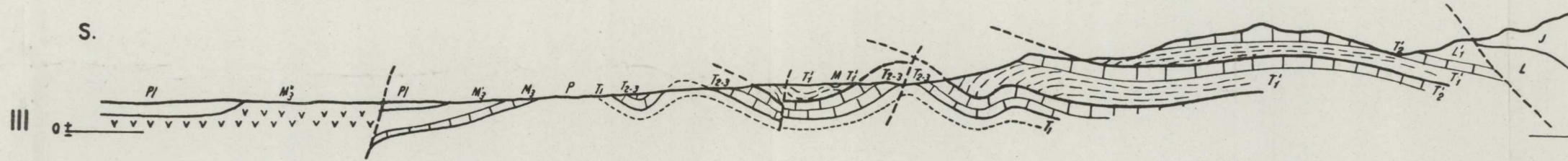
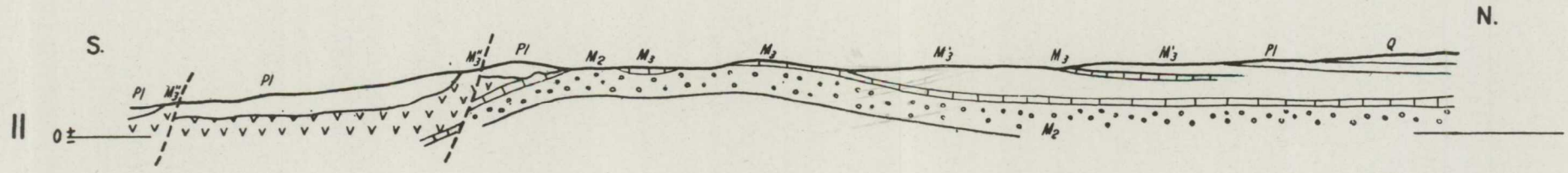
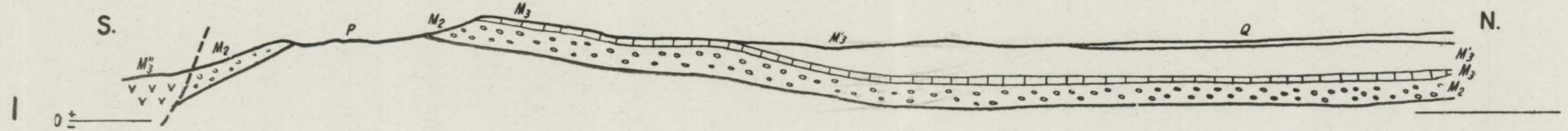
ESCALA 1:50.000

Errata: P indica metamórfico de base



EXPLICACION

CUATERNARIO	-----	Q	Diluvial y Aluvial
PLIOCENO	-----	PI	Arcillas y conglomerados sueltos
MIOCENO	-----	M ₃ ^{'''}	Molasas superiores
		M ₃ ^{''}	Margas con yesos
		M ₃ [']	Margas grises azuladas
		M ₃	Molasas
		M ₂	Conglomerados duros arcillosos
EOCENO	-----	N ₃	Luteciense
CRETÁCEO	-----	G ₁₋₄	Eocretáceo Calizas tableadas Margas fosfatíferas. Arenas
JURÁSICO	-----	J	Dogger y Malm
TRIÁSICO	-----	L	LIÁSICO
		T ₃	Margas y yesos
		T ₂	Manto de Cogollos-Vega Dolomias y calizas
		T ₁	Pizarras y areniscas
		T ₂₋₃	Manto de las Alpujarras Dolomias
S.	-----	T ₁	Fillitas y areniscas



ESCALAS 1:50000

Errate: P indica metamórfico de base

E. NOLTE Y ARAMBURU (1)

NOTAS PARA EL ESTUDIO DE LA CAVERNA DE PEÑA ROCHE

«En memoria del malogrado compañero de exploraciones, J. de la Hidalga, trágicamente desaparecido, el 31-7-60, en la Playa de la Arena (Vizcaya).»

RESUMEN

La *Caverna de Peña Roche*, situada cerca del pueblo de El Regato, en el monte Peñas Blancas, y a quince kilómetros de la industriosa ciudad de Bilbao, se halla en la actualidad hidrológicamente muerta.

Su entrada excavada, hace cinco años, demostró tener un yacimiento prehistórico, así como en el interior de la cavidad se descubrieron restos óseos de oso y otros animales.

Es de típica morfología juvenil, habiéndose abierto sus galerías entre soluciones de continuidad, más altas que anchas, naturalmente. Posee varias galerías inferiores, que dan más tarde a la galería principal. En varios lugares de dicha cavidad, se han hallado adheridos a las paredes varias capas estalagmíticas en sentido horizontal al suelo o «costras de exudación», que demuestran haber existido interépocas de rejuvenecimiento y senilidad.

Al final de la galería principal se abre una *Gran Sala*, cubierta totalmente de fenómenos glyptoclásticos, cubiertos algunos de ellos por columnas estalactíticas, actualmente fracturadas, debido a fenómenos de soliflucción.

Dicha *Gran Sala* fue el cono de las aguas que llegaban de la entrada actual, habiendo existido un gran nivel, como puede observarse, por los testigos que han quedado en las paredes. Son corrientes los cantos rodados en terrazas de tipo alóctomo, así como algunas estalactitas y estalagmitas de caudal y climáticas, respectivamente.

SUMMARY

The *Cave of Peña Roche*, situated near the village of El Regato, on mount Peñas Blancas, and at 15 km. from the industrial city of Bilbao, is at the present moment hydrology dead.

Its entrance, excavated five years ago, showed that it has a prehistoric layer, and in its interior have been discovered the fossilized remains of bears and others animals.

It is of typically young morphology, its galleries, high rather than wide, naturally, having been opened between bedding plains. It has several lower galleries that open farther on, to the principal gallery. In several places of said cave various stalagmite layers or

(1) Del Grupo Espeleológico Vizcaino, «G. E. V.» de la Excm. Diputación de Vizcaya.

«costras de exudación» embedded in the walls and horizontal to the ground have been found; which prove that there have been alternative epochs or periods of rejuvenation and senility.

At the end of the principal gallery there is *Great Hall* totally covered with glyptoclastic phenomena, some of them covered by stalactite columns now fractured owing to the phenomena of solifluction.

So'd *Great Hall* was the cone of the waters that came from the present entrance, a very high level having existed as is seen by what has remained on the walls. The round stones half covered by earth of alioctonic type are common, as well as some flow stalactites and climatic stalagmites.

INTRODUCCIÓN

La exploración y estudio de esta cueva data ya de hace varios años. La Sección de Espeleología del Club Deportivo de Bilbao, cuyos miembros posteriormente, incrementaron el «Grupo Espeleológico Vizcaíno», de la Excelentísima Diputación de Vizcaya, entre los cuales se halla el firmante, iniciaron la exploración de este interesante antro, en mayo y septiembre de 1955 y 1957, respectivamente. Eran los inicios en la espeleología vizcaína, dado que anteriormente, si descartamos a aficionados esporádicos pero no menos brillantes, como nuestro actual presidente don Antonio Ferrer, pocos fueron los que tocaron con más o menos acierto el estudio de las cavidades vizcaínas.

El año de 1958, de grata recordación, se celebró el Primer Congreso Vasco-Navarro de Espeleología, en Aránzazu (Guipúzcoa), al cual tuvimos a bien acudir y presentar una pequeña monografía, y exenta, bien es verdad, de todo cientifismo, sobre esta cavidad. Fue allí, donde verdaderamente, y en contra de lo que algunos esperaban, se fraguó la verdadera espeleología vizcaína, y donde sin duda alguna debemos actualmente todo a nuestro primer Organismo, que nos ayuda y vela en esta rama tan sugestiva, y a la vez interesante de las Ciencias Naturales.

Es un deber recordar nombres de aquellos que nos acompañaron a estas exploraciones, así como compañeros de grupo, que en estos dos últimos años han visitado reiteradamente esta cavidad.

Las primeras noticias que tenemos fundadas, de los que se adentraron en esta espelunca, más con ánimo de curiosidad y exploración, que de rigor científico, fueron por el vecino de El Regato, señor Artabe, y por el guarda forestal de Baracaldo, don Constantino Santurtún (q. e. p. d.), el año 1952. Igualmente debemos recordar a los vecinos del barrio de Tellitu señores Aránguiz y don Benigno Zaballa, gran conocedor este último, de todos los alrededores, y de quien extraoficialmente sabemos fundadamente, conoce una treintena de ferrerías inéditas, que mucho sería de desear las publicase, para no perderse en la oscuridad de lo ignoto (1). A los señores Juan Anto-

(1) Hallándose en prensa este trabajo ha salido a luz un artículo sobre las ferrerías de referencia. (Vid. Bibliografía, núm. 19.)

nio López Calleja y José Luis Martínez, así como Alberto Sojo, integrantes primitivos del Club Deportivo, y a los actuales compañeros del «Grupo Espeleológico Vizcaíno», señores Eugenio Sojo, Javier de la Hidalga (q. e. p. d.), Celso Negueruela, Gaizka Ugarte, Juan José Arrate y otros que, directa o indirectamente, han colaborado en este trabajo; a todos ellos nuestras más expresivas gracias.

SITUACIÓN

En la parte occidental de la villa de Bilbao, a tan sólo quince kilómetros, se levanta el peñasal de Sasisburu, un monte más del Arroletza, alcanzando los 435 metros de altitud sobre el nivel del mar. De escabrosas laderas, está rodeado por los montes del Arroletza, Apuko y Eretza, y por la zona minera del pico La Cruz, Ganerán y otros más, que sería largo enumerarlos.

A sus pies yacen los pueblecitos de El Regato y Tellitu, estando atravesado el primero por el pantano del mismo nombre, verdadero cono, donde los riachuelos van a parar en su loca carrera (vid. plano de situación y panorámica).

La peña de Sasisburu, que corre en dirección NW.-SE, se halla horadada en su parte superior por profundas galerías, motivo en tiempos pasados de extracción de mineral de hierro.

La vegetación es muy abundante en sus laderas, prodigándose el *Ruscus*, el *Evonymus Europaeus*, el espino, etc., pero principalmente el madroño y laurel, así como las zarzas, que forman una maraña casi imposible de atravesar, siendo estos tres últimos ejemplares los principales vigilantes de la entrada de la cavidad. Cerca de la peña de Sasisburu, y en la falda septentrional, se halla el barrio de Tellitu, y más a la izquierda el de Surutza, así como en las proximidades del collado de Sageta, hay un barrio llamado Zamundi, que se halla literalmente lleno de excavaciones mineras.

El itinerario para el ascenso a esta cueva es sencillo. A partir de Retuerto, al pie del monte Argalarío, se bifurca la carretera: a la derecha para Santander y la de la izquierda nos conduce a El Regato. De este punto a la caverna se tarda aproximadamente 30 minutos, donde por un camino carretil, se llega a la harriada de Tellitu. Un sendero que se inicia aquí entre angosturas y vericuetos y con un fuerte repecho nos conduce sin pérdida a la entrada de la cueva. Sus coordenadas, tomadas sobre el Mapa del Inst. Geogr. Catastral, son: N-43° 15' 14" E-0° 40' 20" (1) (2) (16).

ERMITAS

Son varias las que ha erigido en esta comarca la religiosidad de sus habitantes. Sólo citaremos las que se hallan dentro de los límites del territorio.

La de Santa Agueda, enclavada encima del pueblo del mismo nombre, donde se suele celebrar una romería todos los años, el 5 de febrero.

También encima del mencionado pueblo de Samundi se halla la ermita de Santa Quiteria, frecuentemente visitada por personas que han hecho algún voto.

CUEVAS

La constitución geológica de la peña Sesisburu y alrededores favorecen la formación de cuevas y simas, y en efecto, aunque no muchas, se hallan las siguientes.

A unos veinticinco metros escasos, encima mismo de la *Caverna de Peña Roche*, se abre la *Cueva de los Mosquitos* (16), con una entrada de 1,50 metros por 1,30 m. que, estrechándose paulatinamente, muere a los 18 m. Sigue la dirección de una marcada diaclasa, siendo su morfología juvenil, con casi ausencia de formas reconstructivas. Sin duda, murió en plena juventud, por cuyo motivo las formas dominantes son las primitivas de erosión, a pesar de lo cual aparecen también en reducida escala otros tipos de morfología.

Como quiera que en el año 1955 hallamos en la *Caverna de Peña Roche*, vestigios de haber sido habitación del hombre prehistórico, como luego diremos en el apartado Arqueología, pensábamos que en esta *cavidad de los Mosquitos*, podría haber sido igualmente habitada. El 2 y 3 de mayo de 1960, el firmante, junto con el vecino de El Regato don Benigno Zaballa, iniciaron una leve calicata, confirmándose el aserto, al aparecer restos de carbón, huesos y sílex tallados (14).

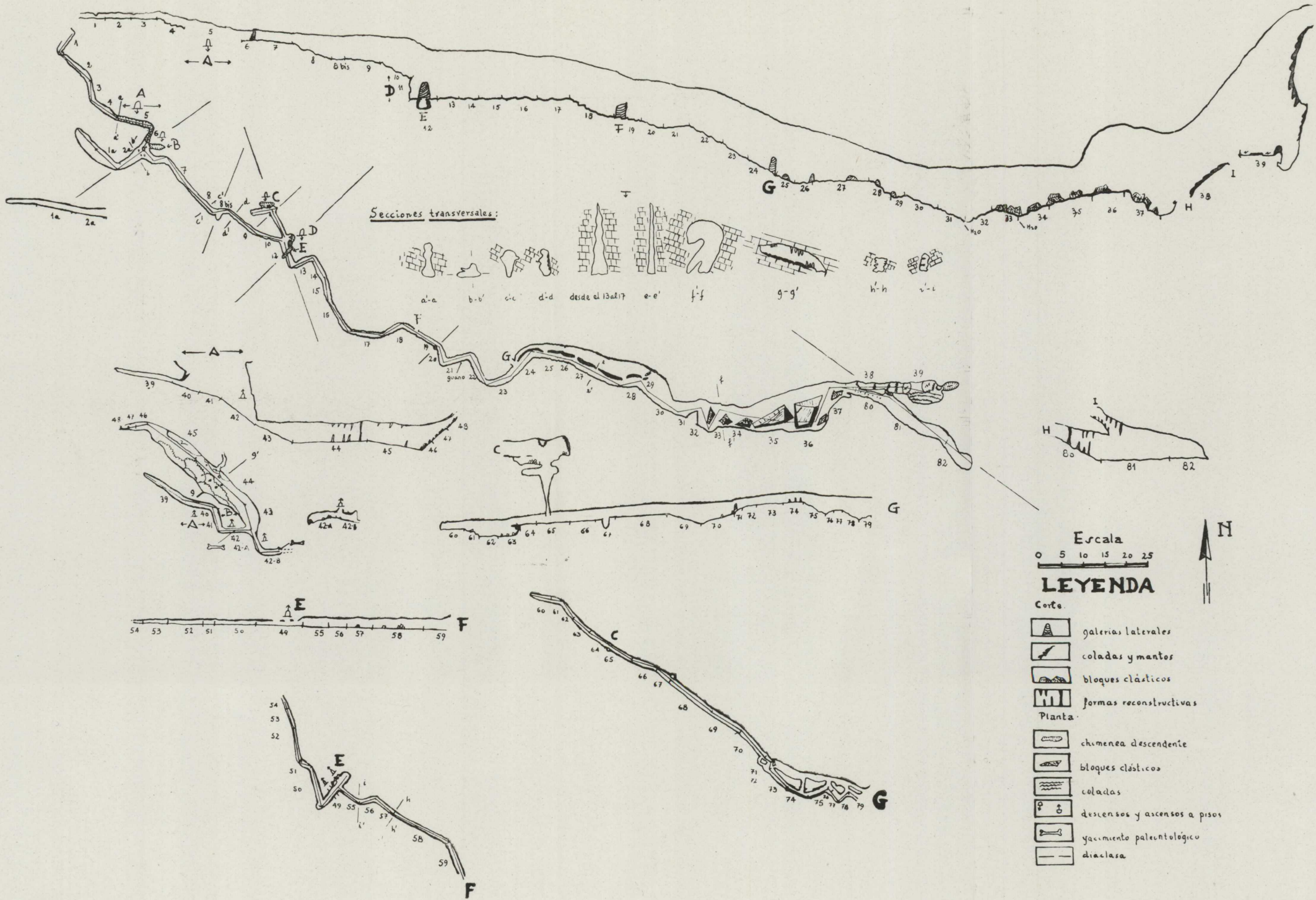
Otra cavidad, visitada el 28 de abril de 1958 por este «G. E. V.» se halla situada encima de la *Caverna de Peña Roche*, denominándose *Sima de Peñas Blancas* (16). Su localización es un tanto difícil por hallarse entre madroños, aunque actualmente se está llevando a cabo una tala intensiva. Se trata de una sima de poca profundidad, unos 15 m., siendo su boca elipsoidal de unos 5 por 4 m. Situada en el Ayuntamiento de Baracaldo sus coordenadas aproximadas son: N-43° 15' 15" E-0° 40' 5" tomadas sobre el 1:50.000 del Inst. Geog. Catast.

Conocemos otras dos denominadas *Cuevas de Apuko I* y *Apuko II*, ambas en jurisdicción de Baracaldo. Están situadas en las cercanías de la cumbre de Peñas Blancas.

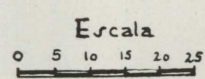
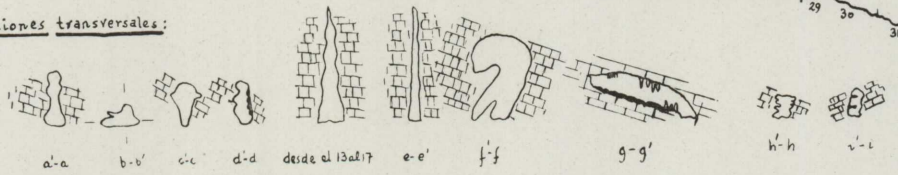
La primera de ellas presenta su suelo completamente revuelto y sin estratificación clara, dado que han sido efectuadas excavaciones en busca de mineral, aprovechando la gruta natural. La segunda se halla cerca de unas vías férreas para transporte por medio de vagonetas del mineral. Ambas carecen de interés (16).

Igualmente en la cumbre de Peñas Blancas se abre otra sima de escasa importancia, denominada *Sima de Pilaricos*. La noticia de estas tres últimas cavidades se debe al vecino de Tellitu don Benigno Zaballa (16).

Por último, existe otra cueva denominada *Cueva de los Tabaqueros*, igual-



Secciones transversales:



LEYENDA

- Corte
- galerías laterales
 - coladas y mantos
 - bloques clásticos
 - formas reconstructivas
- Planta
- chimenea descendente
 - bloques clásticos
 - coladas
 - descensos y ascensos a pisos
 - yacimiento paleontológico
 - diaclasa



mente en jurisdicción de Baracaldo, de la cual poseemos la siguiente cita: «También se dice que pudo haber habitantes en tiempos prehistóricos y recuerdo haber oído a mis antepasados que en las cuevas de Tellitu hubo habitantes, pero más bien, de haberlos, pertenecían a época próxima a la nuestra, siendo refugiados que huían de la justicia como cuando ocurrió en las guerras civiles que se instalaron en la conocida con el nombre de *Cueva de los Tabaqueros*, soldados carlistas, que preparaban la cartuchería para sus correrías a Bilbao...» (16) (18).

FORMAS DE ABSORCIÓN

Una ligera exploración por la superficie nos bastó para poder observar que el monte de Peñas Blancas, en su parte media y cimera, está constituido por un importante lapiaz. Existen algunas dolinas circundadas por el lapiaz, que presenta hendiduras totalmente erosionadas por la acción química. A través de estos fenómenos de absorción las aguas freáticas descienden, resultando un aporte interesante del río que en un tiempo se adentraba por la boca actual. Ambas corrientes se reunían en la *Gran Sala* final en forma de lago, hoy totalmente seco, pero con vestigios marcados de haber sido en épocas pretéritas un gran depósito de las aguas epigeas.

Al E. de la *Caverna de Peña Roche* existe un pequeño manantial, que condicionado por el buzamiento de los estratos aflora en el barranco. Una hábil captación proporciona agua abundante al barrio de Tellitu. Posiblemente en épocas activas, una de las salidas del agua de la *Caverna de Peña Roche*, fuera esta surgencia.

GEOLOGÍA

La geología de esta zona y alrededores ha sido estudiada por José María Ríos (17). No es extraño, sin embargo, que el estudio espeleológico esté totalmente ausente en su trabajo. De este modo expondremos brevemente la opinión de dicho autor respecto a dicha zona, en que se ubica la caverna de referencia.

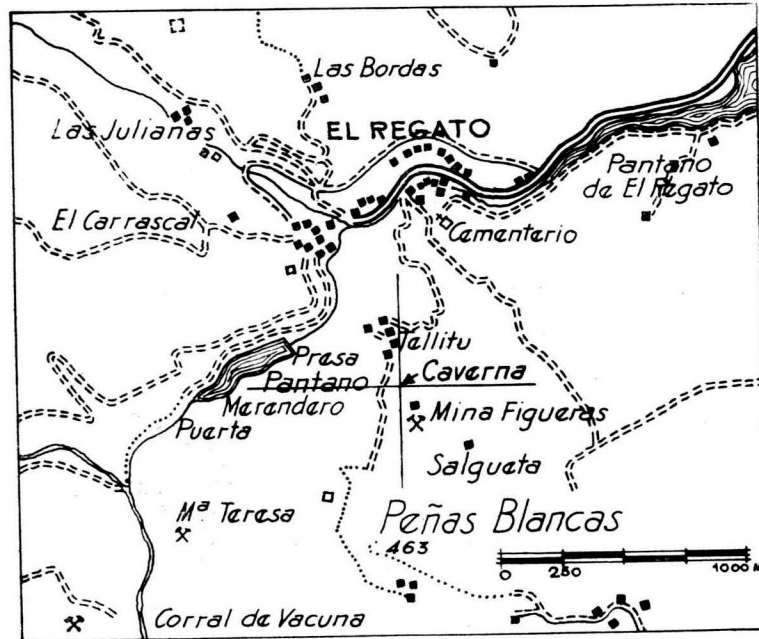
No obstante, y antes de que se nos olvide, debemos manifestar que para algunos lingüistas, la *Caverna de Peña Roche* debía llamarse antiguamente *Arriotze*, vocablo vasco más en concordancia con la toponimia, pero que por corrupción en el transcurso del tiempo llegó a llamarse tal como ahora lo decimos.

El monte de Peñas Blancas, situado en un claro sinclinal, se halla constituido por calizas de facies aptense y morfología arrecifal. En su parte alta existe primeramente un flysch negro tabular, alternando con hiladas de

margas oscuras pizarreñas y areniscas pardas, grises y amarillas. En cambio, hacia el NW., desde Peñas Blancas, la parte más alta está constituida por margas grises, pizarreñas, hojosas.

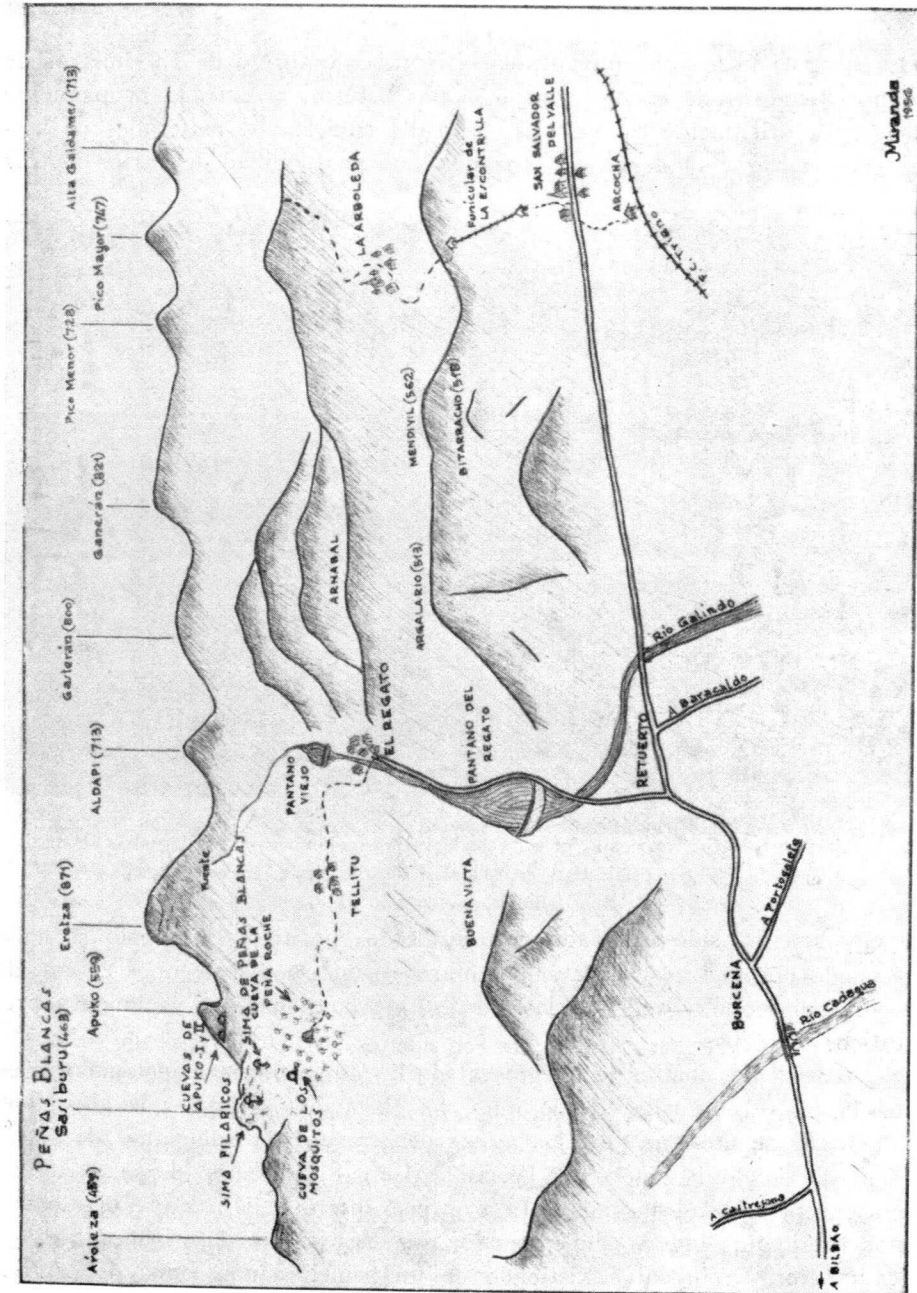
En su zona intermedia, se halla constituida por bancos de areniscas impuras y duras, siguiéndole inferiormente un flysch negro de margas apizarradas limpias y negras y areniscas grises o amarillas. Estas calizas dan por disolución meteórica, a un verdadero lapiaz, centro de absorción de las aguas.

Según Ríos, el carácter arrecifal está subrayado no sólo por la morfo-



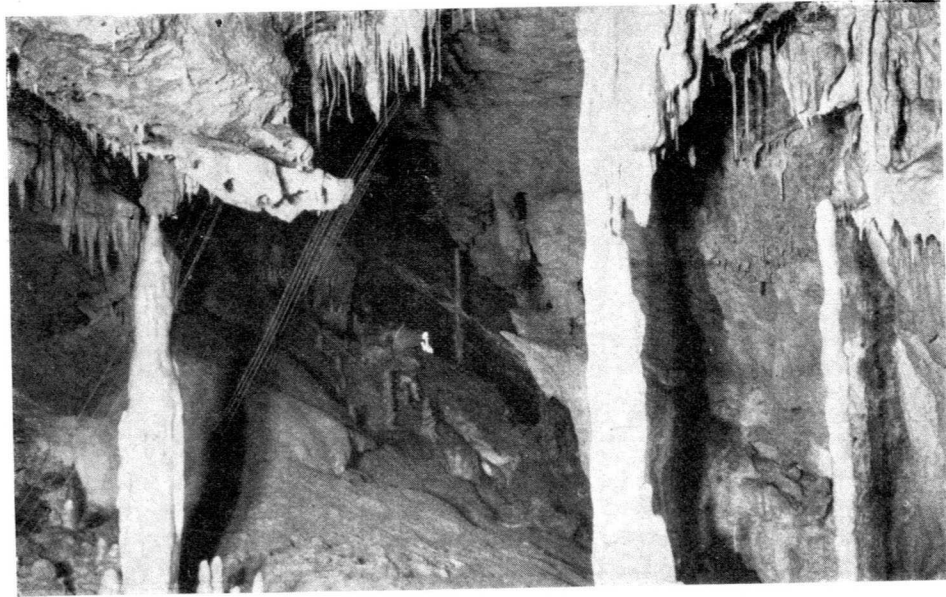
logía, sino también por su carácter zoógeno. Contienen siempre *Rudistos* (del género *Toucasia* o afines), a veces en gran abundancia. Contienen además, acompañando a los *Rudistos*, abundantes *Coralarios*.

Dada esta índole arrecifal está descontada su irregularidad y discontinuidad y por tanto, la variabilidad de sus espesores. Han sido apreciados espesores de 150 a 175 metros en el monte Eretza (cercañas de Peñas Blancas). Las calizas de Peñas Blancas se ven atravesadas por rocas hipogénicas filonianas ferruginosas. Se tratan de corridas de cuarzo, constituyendo crestones que se marcan, a veces agudamente, sobre el terreno, como en Sasisburgu, cerca de Peñas Blancas. Precisamente en este monte existe una de las más aparatosas corridas visibles en más de 500 m. de longitud. En su parte alta, existen como es lógico, antiguas explotaciones mineras que arman en el flysch gris amarillento. Existen varias grietas con arrumbamiento al N. 55°, siempre como los estratos.



ESPELEOGRAFÍA Y ESPELEOMORFOLOGÍA

La caverna posee una ante-entrada en forma de abrigo de 1,65 metros de alto por 3 metros de ancho, y de 0,55 por 0,49 m. la entrada propiamente dicha, cuya orientación es NE. 45°. Se halla cubierta de materiales de acarreo cuaternario y modernos, alcanzando una profundidad de varios metros



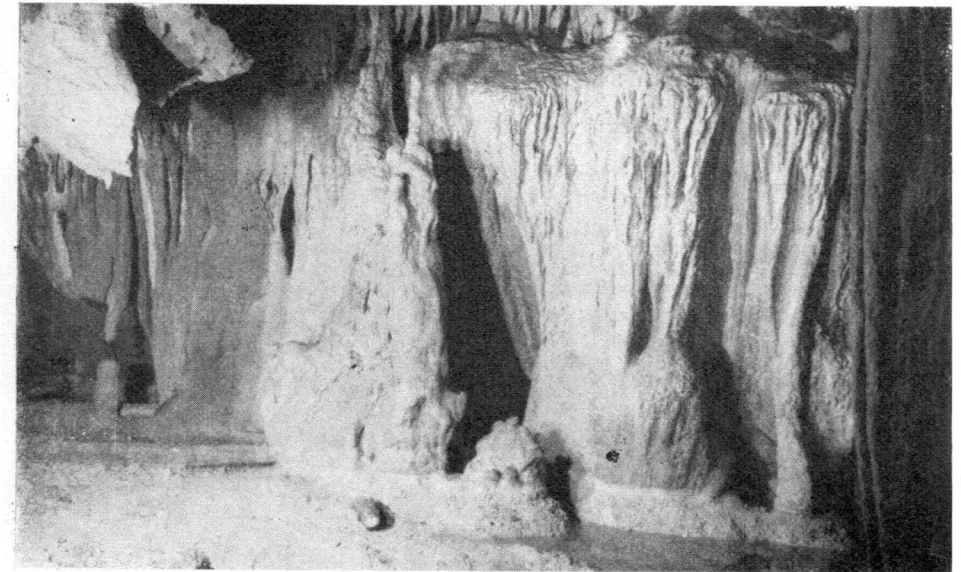
Fot. 1.—Sala reconstructiva, con formas estalactíticas columnares, estalagmitas climáticas y estalactitas de caudal. (Fot. E. Nolte.)

que en parte ha sido excavado con resultados positivos. El suelo se halla constituido por una gran capa sedimentaria reconstructiva de unos 20 cm. de espesor, cubriendo y sellando las tierras que contienen un yacimiento prehistórico.

Se penetra por una estrecha gatera, de las dimensiones mencionadas, que a los 17 m. se ensancha (tramo núm. 4), elevándose a la vez la altura del techo donde se observa, que las aguas penetraron por soluciones de continuidad, siguiendo la diaclasa NW.-SE. Al final del tramo 4, se abre una grieta en profundidad que nos lleva a un piso inferior. El poco recorrido que hemos traído nos indica, sin embargo, que la cavidad que visitamos es de típica morfología juvenil, existiendo en un principio una etapa de erosión turbillonar, que condicionada por los joints de estratificación forma una sección, algo más alta que ancha. Esta etapa debió ser muy fugaz, puesto que

bien pronto se inaugura una segunda etapa a consecuencia de que el nivel de base emigra, iniciándose las galerías típicas de este tramo de tipo gravitacional.

A partir del tramo 4 y en profundidad se inicia la excavación de otro thalweg hipógeo, constituido por la galería de los tramos 39 al 43. El tramo 39 sólo es progresable unos cuantos metros en dirección NW., ya que se halla completamente fosilizada por arcillas y sedimentos alóctonos. Los tramos 43 al 48 se halla constituido por una hermosa sala, cuya principal morfología es la reconstructiva. En épocas de grandes filtraciones se forma una pequeña



Fot. 2.—Laguna desecada, mostrando el nivel de las aguas en su parte inferior. Las paredes recubiertas de mantos litogénicos. (Fot. E. Nolte.)

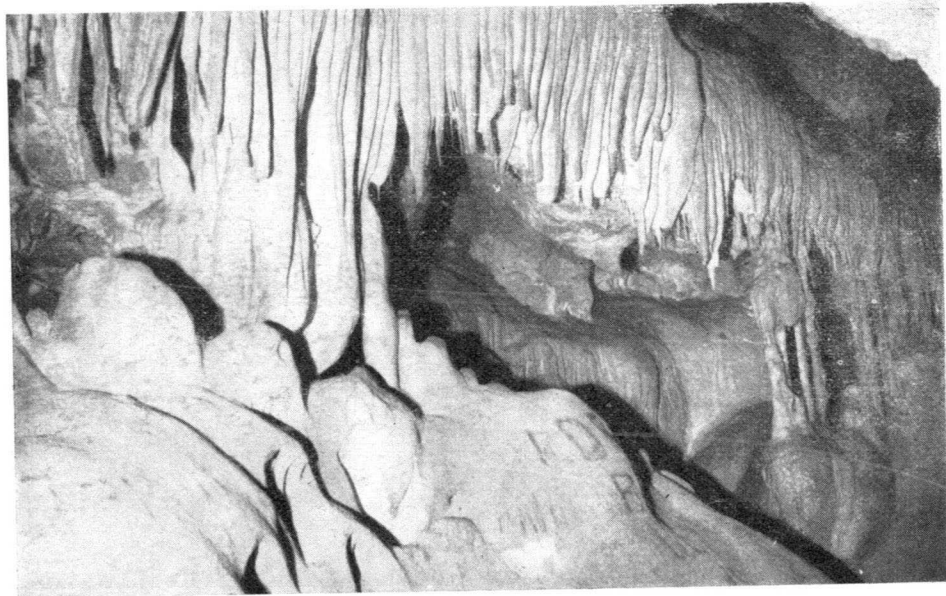
laguna, secándose completamente en verano. El agua saturada de carbonato precipita y forma costras estalagmíticas de bella factura (fot. 2). Esta sala de 30 m. de longitud y 10 de ancho ostenta en su pared SW. grandes coladas litogénicas (fot. 3), que en parte han perdido su belleza, por las inscripciones impropias, de aquellos que demostrando más incultura que sensatez perpetúan sus nombres. Todo el suelo de esta sala se halla cubierto por las coladas, que sin duda alguna enmascaran grandes bloques clásticos. Sobre esta corteza existen varias formas de estalactitas columnares, así como estalagmitas y estalactitas de caudal (12) (fot. 1). Es sin duda alguna una de las salas más bonitas de toda la caverna.

De la confluencia de esta sala y la galería antes mencionada, sale otra nueva, continuación de la primera, que a los pocos metros nos impide la

progresión, una gran colada estalagmítica, quedando sólo abierto un pequeño orificio.

Continuando por la galería superior o principal, y tras atravesar dificultosamente varios pasos, se llega a la *Sala de las Columnas* (tramo 6), donde se puede admirar tres grandes columnas estalactíticas, siendo una de ellas, un bello ejemplar típico de palmera. La roca madre, carente de toda reconstrucción, muestra un verdadero biotipo de gasterópodos y afines.

De esta sala, parten tres galerías: una en dirección SW., que se prolonga veintidós metros, habiéndose abierto por la conjunción ortogonal de



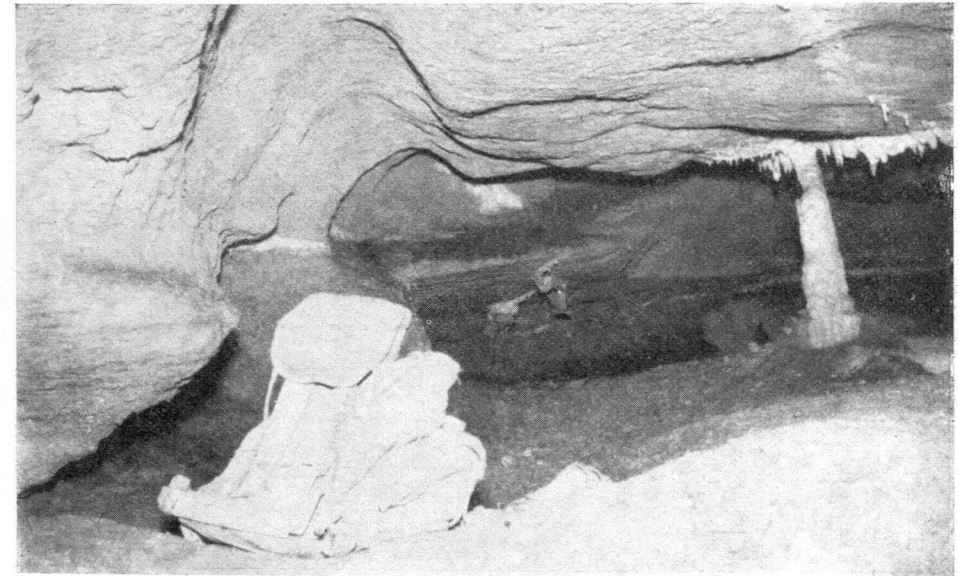
Fot. 3.—Grandes coladas estalagmíticas, enmascaran probablemente bloques clásticos depositados en el suelo. (Fot. E. Nolte).

plano de estratificación y diaclasa (fot. 4). Los signos erosivos son marcadísimos, estando el suelo completamente cubierto de sedimentos arcillosos. Alguna que otra estalactita, rompe la aridez de esta vista. La segunda galería en dirección E., que en forma de sima da a la galería inferior de la sala del lago, y una tercera, continuación del trayecto que traíamos, que lleva la dirección SE. Al iniciar esta galería, existe un mogote rocoso (fot. 5), erosionado fuertemente, pudiéndose observar en las paredes, formas de conjugación de marmitas, que siguen a lo largo de la galería, presentando primeramente poca altura, y luego algo más, lo que demuestra la gran evolución del thalweg muerto, que fue profundizando en su cauce.

Siguiendo por la galería principal, que inicia un leve descenso, observamos una morfología de galerías gravitacionales (5), así como una diaclasa

casi ortogonal a la galería, en el tramo 8, de pequeñas dimensiones. La sección del tramo 9 (vid. plano), es con formas de marmitas, ostentando en la pared derecha una gran colada, que llega hasta los linderos del thalweg. Unos pocos metros más adelante (tramo 10), nos encontramos con una diaclasa en dirección N.NW.-S.SE. y una sima de unos ocho metros. Los techos en este lugar están compuestos por masas colgantes, erosionadas fuertemente por procesos de lenarización inversa.

Al pie de la sima (inicie tramo 10), y en la pared de la izquierda (fot. 6), observamos muestras de erosión inversa en tres estratos. La labor corro-



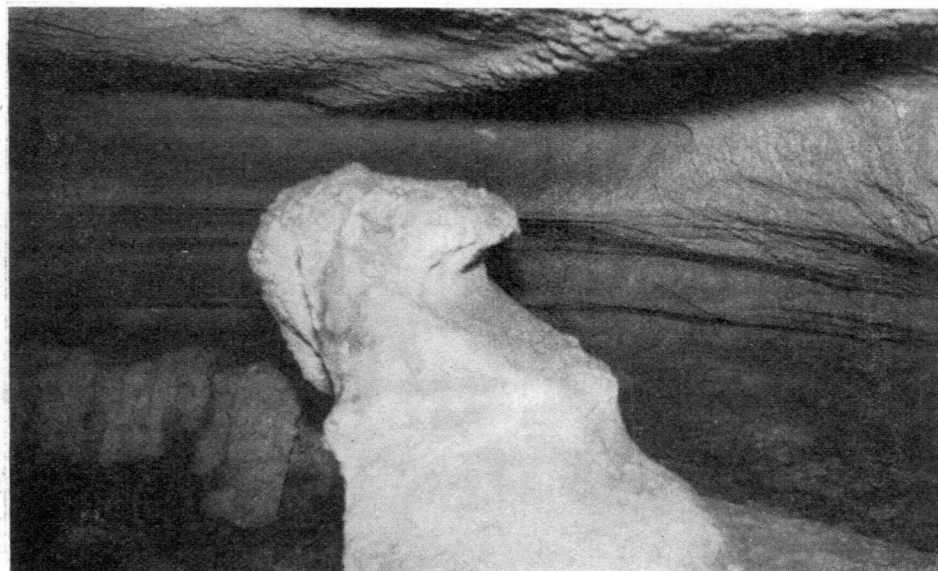
Fot. 4.—Erosión ortogonal de diaclasa y plano de estratificación. (Fot. E. Nolte).

siva del agua cargada de ácido carbónico en la base inferior de los joints de estratificación, es palpable, formándose en principio pequeños alveolos, que en la actualidad se hallan suspensos como mudos testigos de lo que fue en épocas desarrolladas. En algunos de estos estratos lenarizados inversamente, se puede observar una colmatación de sedimentos alóctonos, constituidos por areniscas y demás cantos rodados (8), (9), (3).

Al pie de la sima, y tomando la bifurcación que corre en dirección NNW. observaremos un hecho curioso: a un metro de altura ha quedado colgado un suelo primitivo formando una falsa bóveda, y dos metros por encima (fot. 7), otra igualmente de tipo reconstructivo. Las conclusiones son sencillas. Dicha cavidad ha poseído varias interépocas o períodos xerotérmicos, en los cuales la circulación hidrohipógea, inicia un período de aluvionamiento, representado actualmente por las terrazas de conglomerado

que en varias partes de la cavidad se prodigan. Una vez que la circulación cesa, se deposita encima una corteza estalagmítica, verdadera costra de exudación (vid. misma fot.), testigo de una fase seca de la cavidad. Una nueva época de aportes hídricos erosionan parte de la costra estalagmítica y el substrato formado por aluviones, de los cuales aún quedan adheridos a las paredes algunos restos, bien sueltos o en forma de pequeñas terrazas, indicándonos todo ello varias fases de rejuvenecimiento y senilidad.

El final de esta galería, se halla totalmente fosilizada por un manto litogénico, abriéndose a un lado una diaclasa ortogonal y una sima (la que

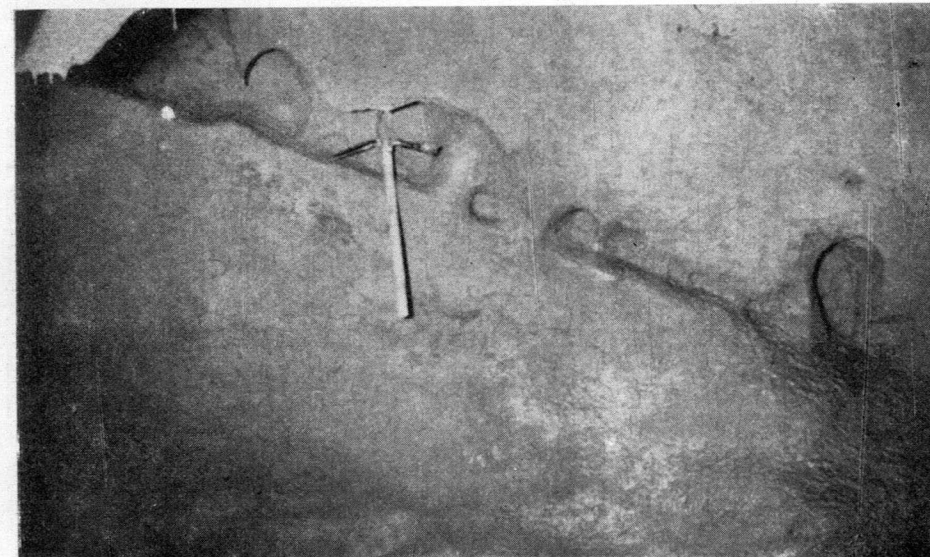


Fot. 5.—Signos visibles de erosión en paredes y desgaste de la roca madre, del centro de la fotografía. (Fot. E. Nolte).

designamos en el plano con la letra C). Su descenso es bastante penoso, y tras salvar los ocho metros de desnivel, se da a una galería casi horizontal, que más tarde saldrá a la galería principal en el tramo 24. Sigue la morfología juvenil imperando, hallándose cubierto los suelos en gran parte por sedimentos arcillosos. Algunas pequeñas estalactitas van jalonando esta galería hasta bifurcarse en el tramo 71, donde grandes porciones de roca madre, unidos al techo separan y multiparten la galería en varias pequeñas. Si volvemos al pie de la sima del tramo 10, e iniciamos la galería principal, nos encontraremos en el recorrido del tramo 12, una diaclasa casi ortogonal, responsable de la galería que en el piso inferior se desarrolla, y que como la anterior, saldrá posteriormente a la galería principal en el tramo 18-19. El descenso a esta pequeña sima de dos metros de profundidad es sencillo.

Es de características análogas a la (C-G), e igualmente muerta en plena formación. Hacia los tramos 52-53 y 54, se estrecha paulatinamente, hasta cerrarse por completo a causa de los sedimentos arcillosos. En el tramo 55 se observa igualmente varias capas reconstructivas, suspendidas y adheridas parcialmente a la pared, testigo de las diferentes épocas de rejuvenecimiento y muerte. Varias marmitas conjugadas se perfilan en el tramo 57 en número de tres a cuatro.

Volviendo al pie del tramo 10, y sobrepasada la sima (E), empiezan a elevarse los techos, con alturas de 10 a 15 metros y anchura de base de 1,50



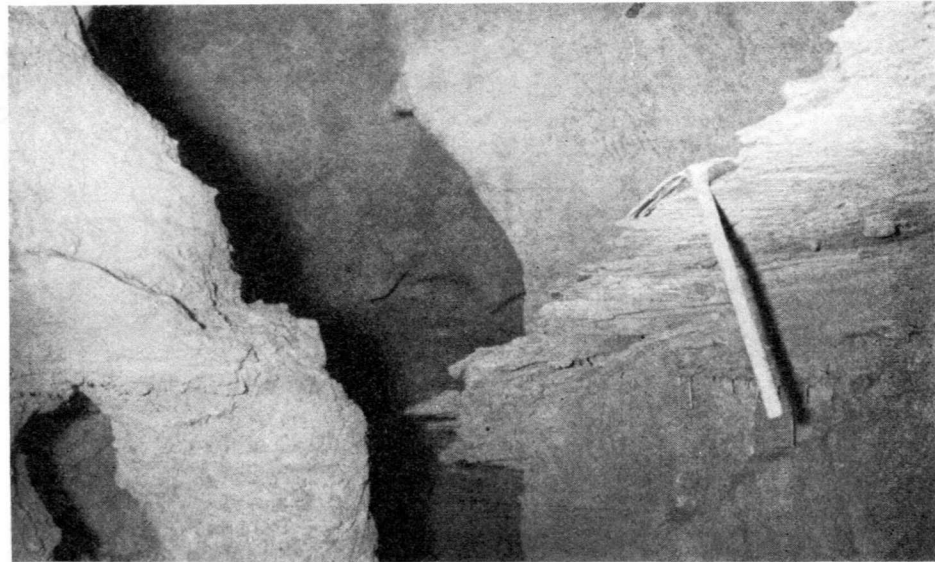
Fot. 6.—Lenarización inversa, en la base de un estrato. (Fot. E. Nolte).

a dos metros. Son típicas galerías gravitacionales, con marcados signos erosivos en ambas paredes, como puede verse en el plano. Los vestigios litotóxicos y clásticos apenas si se observan, aunque los primeros son más patentes.

Continuando, hallamos en el tramo 19, una pequeña diaclasa local, perpendicular al sentido principal de la galería. Muy cerca y en la pared derecha, pueden observarse varios estratos atacados por el lenar inverso en su base, y colmatados por cantos rodados. Es en este lugar donde existen cinco capas o costras de exudación superpuestas, adheridas a la pared, y cuyo sentido es el de la pendiente, que nos habla de los periodos de gran actividad y nula, del río hipogeo.

En el tramo 20-21, se halló en el suelo gran cantidad de guano o murciaguina, de varios centímetros de espesor. En el tramo 23, se observa

un gran paquete de estratos, con formas incipientes de lenarización inversa, rellenando sus alveolos cantos rodados. A partir del tramo 24 existe otra galería paralela a la principal con varias ventanas o salidas, uniéndose luego, y formando otra vez una sola galería principal en el tramo 29. La presencia de murciaguina es patente otra vez en el tramo 28. La sección del tramo 27 y siguientes, como puede verse, de techos altos y paredes estrechas, no difiere en absoluto de otras secciones ya descritas. En el tramo 31, existe una pequeña depresión o embudo con suelo arcilloso, que da lugar a la formación de un pequeño embalse en épocas de grandes fil-



Fot. 7.—Galería gravitacional. En la pared derecha se observan los restos del suelo primitivo en forma de costra de exudación. Al iniciarse un nuevo ciclo hipohídrico, es erosionado el substrato, quedando colgado del suelo. (Fot. E. Nolte).

traciones. Es en este lugar, donde poco a poco se intensifican los procesos clásticos que hasta ahora no habían sido vistos.

En la cabecera del tramo 30, existen a mano izquierda algunos bloques de dos metros de altura, cubiertos totalmente por sedimentación arcillosa de unos 20 cm. de espesor. Enfrente mismo en la mano derecha, existe una terraza de cantos rodados, en realidad nagelfluh, de tipo planiforme y aún ovoide, de no mucha regularidad de tamaño, arrastrados sin duda sin clasificación volumétrica. De una parte, la presencia de estas arcillas sedimentarias —hoy actualmente cuarteadas por la desecación—, indican una complicación del thalweg, que permitió se instalara un régimen lacustre. Por otra parte, la presencia de conglomerado pone de manifiesto el desarrollo alcanzado por la cueva antes del aluvionamiento.

A continuación exponemos los resultados de los análisis efectuados, con las arcillas sedimentarias, con los cantos rodados y con caliza madre, todos ellos recogidos en el tramo 30 (2).

Muestra de caliza	Muestra de arcilla	Muestra cantos rodados
Insoluble..... = 4,62	SiO ₂ = 53,42	SiO ₂ = 81,10
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ = 1,16	Fe ₂ O ₃ = 8,14	Fe ₂ O ₃ = 5,03
CaO..... = 52,10	Al ₂ O ₃ = 21,96	Al ₂ O ₃ = 8,64
MgO..... = 0,55	CaO..... = 4,13	CaO..... = 1,50
	MgO..... = 0,83	MgO..... = 0,03
Pérdida calcina..... = 41,47	Pérdida calcina... = 8,29	Pérdida calcina... = 2,65

El gran porcentaje relativo de hierro en la muestra de arcilla, nos habla efectivamente de las explotaciones mineras que existen en superficie y de los filones ferruginosos que atraviesa el monte de Peñas Blancas, que disueltas por las aguas de absorción, se depositan posteriormente en el interior de la cueva. El gran porcentaje de sílice, de los cantos rodados, nos hace definirlos como alóctonos, dado que la corteza que envuelve a la cavidad es de caliza pura.

Si seguimos con la progresión, puede verse, tramo 33-34, una sección fuertemente erosionada como indica el plano, jalonado el suelo por pequeños gours, así como al final del tramo 33, un pequeño embudo, que igualmente en épocas lluviosas se colmata de agua. A continuación se sale entre verdaderos bloques a la *Gran Sala*, tramo 35, cuya verdadera morfología es la clástica.

Un estudio detenido de los bloques, nos hacen encuadrarlos, según Montoriol, en el tipo glyptoclástico, dada la disposición anárquica de los mismos, con signos de decalcificación y sin muestras de erosión, amén que la bóveda presenta marcados signos erosivos, dándose por tanto la conjunción de la erosión, más decalcificación y gravedad (10) (11).

En la pared N. de esta *Gran Sala*, y sobre todo en el techo, existe con gran profusión finas estalactitas de caudal, supeditadas a que las causas de caudal presentan algunos valores negativos, y las causas climáticas fuertes valores positivos (12) (15). También hemos podido ver formaciones coralíferas pendiendo de estas finísimas estalactitas. Igualmente, aunque en número pequeño, existen varias columnas estalactíticas, que unen los techos con los bloques glyptoclásticos, pero con la singularidad de que se hallan fracturadas y separadas unos cinco centímetros. Estas líneas de fractura demuestran la inestabilidad de los bloques subyacentes, formando fe-

(2) Análisis efectuado sobre muestra seca, por cortesía debida a los Laboratorios de Control de la Unión Química.

nómenos de soliflucción (7). La *Gran Sala* ha sido indudablemente en épocas no lejanas un gran cono o lago de las corrientes que circulaban por esta caverna. A unos nueve metros por encima del suelo actual, puede verse una franja de nivel de agua que corre a lo largo de dicha Sala, nivel bastante estable, dado el color blancuzco peculiar, que ha dejado como testigo en la pared.

Del fondo de la *Gran Sala* se asciende por una gran colada litoquímica en el tramo 38, la cual aloja en un rellano a un gour con agua de 5 por 1,5 metros. En este lugar existe bastante filtración, y los degoteos son varios y regulares. Existe también un pozo o sima con agua en su fondo, que al parecer da acceso por su parte alta a una galería superior. La anteriormente citada colada, es la mayor muestra de reconstrucción de toda la parte explorada de la caverna, llegando a alcanzar una altura de más de 25 m. por 10 m. de ancho. En la pared contraria a la colada, apreciamos de nuevo el relleno de cantos rodados de acarreo, con muestras de posterior erosión. Hacia la mitad de la colada (tramo 38), se abre un estrecho pozo de ocho metros de profundidad, que da al tramo 81, a la cual se puede también llegar, y en mejores condiciones a partir del tramo 37. Esta galería última de las exploradas en este antro, presenta en sus paredes sedimentos arcillosos, lo que demuestra haber sido inundada en varias ocasiones, principalmente en los tramos 81 y 82, donde finaliza a consecuencia de una fosilización debida a los aportes sedimentarios.

El tramo 80 está formado por una especie de pequeña sala, notable por sus formaciones reconstructivas, existiendo bastantes columnas estalactíticas, así como toda gama de estalactitas y estalagmitas. El suelo es una gran colada, que sin duda alguna enmascara posibles bloques clásticos.

ESPELEOGÉNESIS

La génesis de esta cavidad, en sus comienzos, ha sido como en la mayoría de las cavidades por aportes hídricos. Excavóse primitivamente un conducto a presión hidrostática, favorecido por las soluciones de continuidad, que como es lógico se desarrollaron más en altura que anchura. Posteriormente, las aguas circularon libres formando las galerías de tipo gravitacional, con muestras de marmitas conjugadas. Una corriente entraba por la actual boca de acceso, y se precipitaba a lo largo de la galería principal, hacia la *Gran Sala*. La dirección en el sentido de la pendiente de las cortezas y costras de exudación, posiblemente demuestran una sedimentación en tal sentido, e incluso muchos ejemplares de cantos rodados alóctonos se hallan acostados en dicha forma. Las galerías inferiores igualmente se comportaron como formas de conducción, al descender en algunos casos el nivel de base. Unida a la corriente que llegaba de la actual en-

trada, creemos que a la *Gran Sala*, llegaba de los tramos altos (38-39), corrientes suaves, y no propiamente río, dado que parece ser se trata de una dolina.

El suelo de la *Gran Sala*, se comportaba como un gran sumidero, por donde se filtraba el agua, aprovechándose de las microfisuras y demás accidentes tectónicos, si bien debemos de tener en cuenta que en muchas ocasiones de grandes crecidas, retrocedían las aguas algunos metros de su procedencia inicial. Un posterior desplazamiento del nivel de base, unido a desplomes de la bóveda, constituyeron a la *Gran Sala*, en zona lacustre, proveniente de las filtraciones, debidas a la pluviosidad y nivación de la región, favorecidas por el extenso lapiaz epígeo. En las zonas altas, aparecen las primeras formas reconstructivas, que así como las coladas, embellecen varios puntos de la cueva.

ESPELEOMETEOROLOGÍA

Resultado de las observaciones higrométricas y de temperatura obtenidas el día 11 de septiembre de 1960, son las que a continuación señalamos:

Tramo	Hora	Termómetro	Higrómetro	Aire	Observaciones	
Boca de entrada	13,40	27° C (sombra)	91 0/0	Calma en todo el tiempo	Lugar de estalactitas. Final del tramo. Pie de la sima	
4	14	17° C	94 0/0			
6	14,15	14° C	96 0/0			
10	14,25	13° C	96 0/0			
11	14,40	13° C	97 0/0			
19	14,50	13° C	99 0/0			
24	15,05	13° C	95,5 0/0			
30	15,20	13° C	95 0/0			
36	15,40	13° C	96,5 0/0			
41	16,40	14° C	95 0/0			
44	16,55	13° C	96 0/0			Lago de filtración.

PALEONTOLOGÍA

En nuestras primeras exploraciones del año 1955, hallamos en el tramo 42, y mezclado con gran cantidad de arcilla, algunos restos óseos, que parecían de importancia. Recogidos, pudimos observar se trataba de casi toda la mandíbula con sus correspondientes dientes, fémures y tibias, y parte del armazón torácico de un úrsido, probablemente el *Speleus*. La forma del hallazgo nos llevó a la conclusión de que había ido a parar a tal sitio por arrastre, y que no había muerto *in situ*. Igualmente, en una cata efectuada

en el tramo 42-B, nos proporcionó algunos huesos indeterminados. Todos estos restos, fueron posteriormente enviados al Museo Arqueológico y Etnográfico de Bilbao.

ARQUEOLOGÍA

La caverna de *Peña Roche*, ha seguido un proceso de habitación, al igual que otras muchas del solar de Vizcaya. Data la fecha del descubrimiento como yacimiento prehistórico, en mayo de 1955, cuando los actuales componentes de este *Grupo Espeleológico Vizcaíno*, aún pertenecían al animoso Grupo de Espeleología del Club Deportivo (13).

Precisamente, a raíz de los descubrimientos óseos, nos pusimos al habla con D. Antonio Aguirre Andrés, a la sazón Comisario de Excavaciones para Vizcaya, y con el señor Merino, quienes nos animaron a proseguir nuestras exploraciones, y a efectuar una cata de un metro de profundidad en la boca de entrada.

A los pocos centímetros, aparecieron gran cantidad de pistones, para fustil, de tipo bastante antiguo, ya que datan de las guerras de los Carlistas, juntamente con algunos huesos. A los 80 cm., dimos con los primeros vestigios de habitación del hombre al hallar el inicio de una capa formado por lamelibranchios, patellas, mytilus, etc., huesos, algo de carbón y alguna lasca de sílex. En vista de que el material que había salido nos era suficiente como para catalogarle de prehistórico, comunicamos todo ello al Museo Arqueológico, así como hicimos entrega de todos los restos hallados.

Posteriormente, y a raíz del descubrimiento, se publicó un artículo (13), y fue motivo de cita en un libro editado posteriormente (6). Luego, el 23 de abril de 1960, un periódico local (4) dio la noticia de haberse hallado un nuevo yacimiento prehistórico en la *Caverna de Peña Roche*, nada más fuera de la realidad, pues como hemos dicho, fue ya hace cinco años descubierta como yacimiento.

*Grupo Espeleológico Vizcaíno
de la Excm. Diputación de Vizcaya*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MONTAÑISMO: *Anuario de la F. E. M.*, pág. 196, año 1950, Madrid.
- (2) — — *Anuario de la F. E. M.*, pág. 158, año 1959, Madrid.
- (3) GÓMEZ DE LLARENA, JOAQUÍN: *El lenar inverso en la formación de las cavernas*, «Speleon», t. IV, núm. 1, págs. 3-10, año 1953, Oviedo.
- (4) GRANDE, MARIO: *El Correo Español-El Pueblo Vasco*. Diario de la mañana. Día 23 de abril de 1960, Bilbao.

- (5) KYRLE, G.: *Grundriss der theoretischen Speläologie*, Wien, 1923.
- (6) LÓPEZ LLAMOSAS, MANUEL: *Baratz-Alde*. Escuelas Gráficas de la Sta. Casa de Misericordia, pág. 92, año 1959, Bilbao.
- (7) LLOPIS LLADÓ, NOEL: *Sobre algunos fenómenos de solflucción y subsidencia en las cavernas*. «Speleon», t. II, núm. 4, págs. 217-224, año 1951, Oviedo.
- (8) MARTINI, JACQUES: *Note sur l'érosion inversée*. «Stalactite», t. IV, núm. 5, págs. 125-132, año 1960.
- (9) MAUCCI, WALTER: *L'ipotesi dell'erosione inversa come contributo allo studio della speleogenesi*. «Boll. Soc. Adriatica di Sc. Nat.», vol. XLVI, págs. 160, 26 figs., año 1951-52, Trieste.
- (10) MONTORIOL PONS, J.: *Los procesos clásticos hipógeos*. «Rass. Sp. Italiana», anno III, fasc. 4.º, págs. 119-129, 6 figs., 10 fots., año 1954, Como.
- (11) — — *Resultado de nuevas observaciones sobre los procesos clásticos hipógeos*. «Rass. Sp. Italiana», fasc. VI, año 1954, Como.
- (12) — — y THOMAS CASAJUANA, J. M.ª: *Sobre la abundancia relativa en las formaciones hipógeas de estalactitas y estalagmitas, con algunas consideraciones sobre la morfología de los mismos*. «Urania», núm. 235, págs. 1-8, 3 figs., año 1953, Tarragona.
- (13) MUÑOYERRO, JOSÉ LUIS: *La Gaceta del Norte*. Diario de la mañana. Día 13 de enero de 1956, Bilbao.
- (14) — — *La Gaceta del Norte*. Diario de la mañana. Día 5 de mayo de 1960, Bilbao.
- (15) NOLTE Y ARAMBURU, E.: *Caverna de Lezate*. NOTAS Y COMUNICACIONES, núm. 57, páginas 107-116, 2 gráf., 4 fots., año 1960, Madrid.
- (16) — — *Recopilación de las cavernas y simas de la Provincia de Vizcaya* (en prensa en «Speleon»).
- (17) RÍOS, JOSÉ MARÍA: *Estudio geológico de la zona de criaderos de hierro de Vizcaya y Santander*. Temas profesionales. Dirección Gral. de Minas y Combustibles, número 9, año 1948.
- (18) SOJO, ILDEFONSO: *Apuntes para la Historia de Baracaldo*, pág. 1, año 1934, Bilbao (inédito).
- (19) MARTÍN DE RETANA, J. M.: *El Correo Español-El Pueblo Vasco*. Diario de la mañana. Día 15 de noviembre de 1960, Bilbao.

JEAN DIDON

LE LIAS MARNO-CALCAIRE DES ENVIRONS DE GAUCIN
(ESPAGNE MERIDIONALE)

INTERPRETATION TECTONIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE

RESUMEN

Cerca del Arroyo de Limas (Gaucin, provincia de Málaga) y en el Cerro de la Laguna (Benadalid) está representado el Lias inferior por una serie margocaliza con sílex, en la cual el Sinemuriense está identificado por los niveles seudonodulares rojos con *Arietitidae*. Cerca de Casares, unas facies particulares del Malm o del Cretáceo inferior están asociadas al Lias, y anuncian las facies gravosas y las margas del Cretáceo inferior de la zona del «Fisch». Se trata de fragmentos tectónicos que han pertenecido, así como el Lias del Arroyo de Limas, al substratum de una unidad aloctona, la Unidad de Camarote. Después de una sedimentación caliza, reducida durante el Jurásico, la cuenca del «Fisch gaditano» se individualizó en el Cretáceo inferior.

SOMMAIRE

Près de l'Arroyo de Limas (Gaucin, province de Malaga) et au Cerro de la Laguna (Benadalid), le Lias inférieur est représenté par une série marnocalcaire à silice, dans laquelle le Sinémurien est connu par des niveaux pseudonodulaires rouges à *Arietitidae*. Près de Casares, des faciès particuliers du Malm ou du Crétacé inférieur sont associés à ce Lias et annoncent les faciès graveleux et les marges du Crétacé inférieur de la zone du «Fisch». Il s'agirait de copeaux tectoniques ayant appartenu, ainsi que le Lias de l'Arroyo de Limas, au substratum d'une unité allochtone, l'Unité de Camarote. Après une sédimentation calcaire et réduite durant le Jurassique, le bassin du «Fisch gaditan» se serait individualisé au Crétacé inférieur.

I. INTRODUCTION

Confondu avec les calcaires schisteux rouges du Crétacé supérieur par J. Gavala (1924), le Lias de l'Arroyo de Limas fut daté par M. Blumenthal (1933) grâce à une riche faune d'*Arietitidae*. Malgré certaines différences de faciès avec la série de la Sierrecilla de Algatocin, cet auteur incorpora le Lias de l'Arroyo de Limas et du Cerro de la Laguna, en le distinguant sur sa carte, à son «Pénibétique interne» (fig. 1).

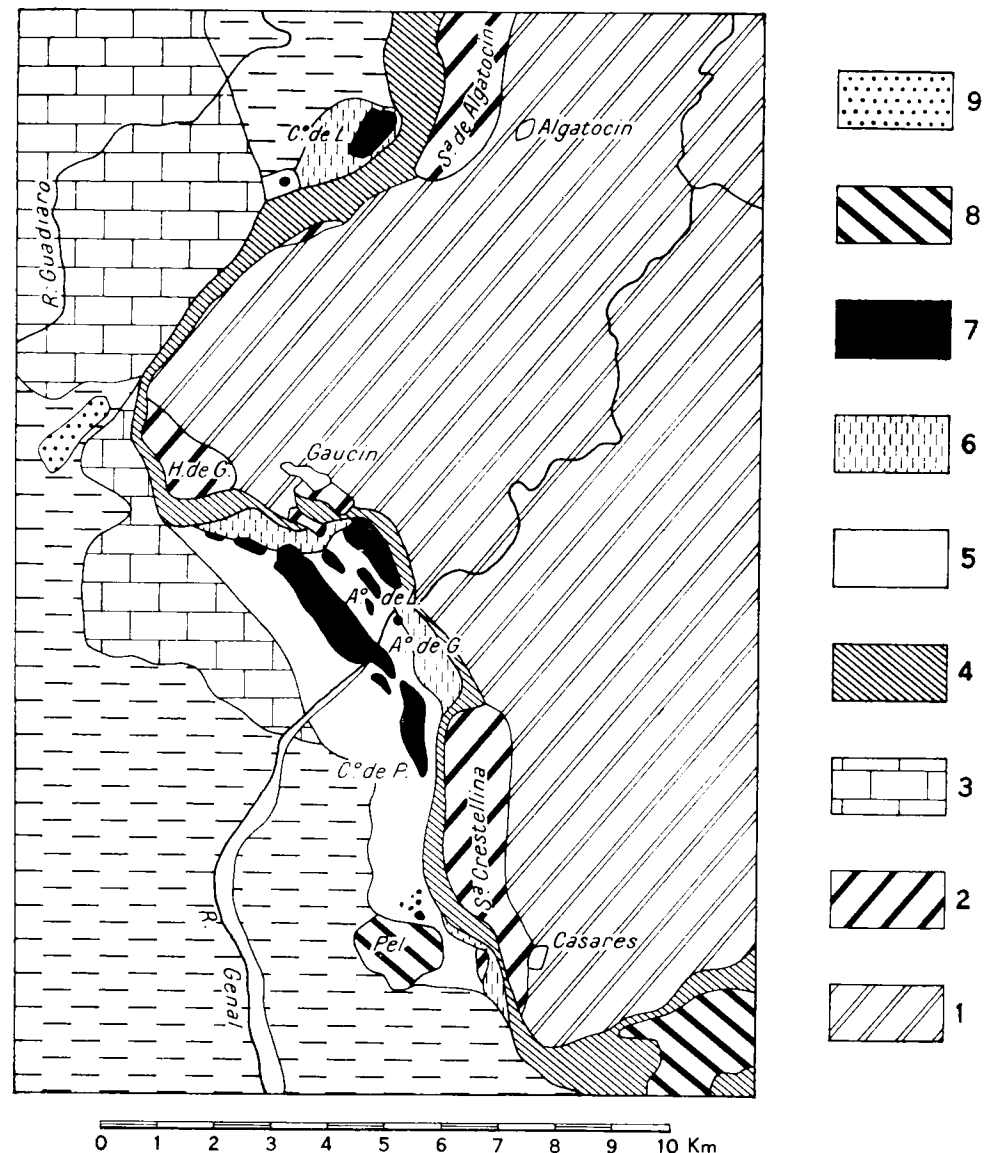


Fig. 1.—Carte géologique schématique. 1. Unité de Malaga. 2. Pénibétique interne. 3. Pénibétique externe. 4. Flysch oligocène associé au Pénibétique externe et au Paléozoïque. 5. Crétacé inférieur de l'unité de Camarote. 6. Marnes nummulitiques associées à l'unité de Camarote. 7. Affleurements jurassiques étudiés dans cette note. 8. Unité d'Argüelles. 9. Numidien (unité de l'Aljibe). C.º de L.: Cerro de la Laguna. H. de G.: Hacho de Gaucín. A.º de L.: Arroyo de Limas. A.º de G.: Arroyo de la Gitana. C.º de P.: Cortijo del Pollo. Pel.: Pelizcoso. En bas et à gauche, le tireté horizontal indique l'Unité d'Algésiras.

II. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX AFFLEUREMENTS LIASIQUES

Au Sud de Gaucín, plusieurs barres calcaro-marneuses parallèles déterminent la ligne de crête séparant l'Arroyo Arraqueque de l'Arroyo de Limas, et celle de Tajarillo.

Seul le massif le plus oriental nous a donné une coupe satisfaisante (de bas en haut, et d'Est en Ouest):

1. marno-calcaires (visibles sur environ 15 m.) n'ayant livré *Harpoceras* sp. et *Lioceratoides* gr. *serotinum* Bettoni (Déterminations du Chanoine G. Dubar). Ce serait le Domérien supérieur ou le Toarcien inférieur.

2. Calcaires marneux à silex (30 m.).

3. Calcaires en plaquettes (15 m.).

4. Calcaires pseudonoduleux rouges à *Arietitidae*. Parmi les Ammonites récoltées, le Chanoine G. Dubar nous a aimablement déterminé:

a) Bas Arroyo de Limas (gisement signalé par M. Blumenthal, 1933):

Arnioceras mendax var. *rariPLICATA* Fucini.

Arnioceras cf. *bodleyi* (Buckman).

Arnioceras anomaliferum Fucini.

Arnioceras (Eparnioceras) semicostatoides Spath.

Arnioceras italicum Fucini.

Arnioceras gr. *arnouldi* (Dumortier).

Juraphyllites quadrii (Mgh.).

Juraphyllites diopsis (Gemmellaro).

Cette faune caractérise le Sinémurien inférieur et la base du Lotharingien.

b) A 250 m. au Sud-Est du gisement précédent:

Schlotheimia rumpens (Oppel).

Arnioceras gr. *spirale* Fucini.

Arnioceras mendax var. *rariPLICATA* Fucini.

La première de ces formes appartient à la zone à *Asteroceras obtusum* de la base du Lotharingien (selon W. J. Arkell).

Près du bas Arroyo de Limas, nous avons observé en outre des calcaires à Brachiopodes, malheureusement non en place.

Grâce aux deux repères stratigraphiques 1 et 4, nous sommes assuré que actuellement la série observable est renversée.

Les autres massifs présentent une tectonique de détail très complexe. Ils sont formés de calcaires marneux ou de calcaires lités à silex, gris bleu ou jaunâtres, parfois rougeâtres. M. Blumenthal attribue, à tort, au Sé-

nonien de son «Pénibétique externe», certains faciès un peu marneux et rouges de ce Jurassique.

Partout, au Sud de Gaucin, le Lias émerge au milieu des marnes infra-crétacées de l'Unité de Camarote (Didon, 1960) (1), le faciès gréseux de cette unité n'apparaissant qu'à l'Ouest de Tarajillo.

Entre le Rio Genal et le Cortijo del Pollo, plusieurs masses isolées liasiques s'observent le long de l'Arroyo de la Gitana. Non loin du Genal, les calcaires lités à silex sont surmontés par plusieurs mètres de radiolarites rougeâtres. Les contacts, toujours mécaniques (disharmonies), ne permettent pas de les situer par rapport à la série liasique. Non loin du Cortijo del Pollo, j'ai découvert quelques Ammonites d'affinités liasiques, dont l'une suggère un *Acanthopleuroceras* du Domérien, et qui ont été récoltées dans des calcaires lités gris clair, ainsi qu'un rostre de Bélemnite indéterminable dans des calcaires argileux rouges.

Comme à Gaucin, les marnes du Crétacé inférieur de l'Unité de Camarote emballent toutes les masses liasiques.

Le Cerro de la Laguna, à l'Ouest de la Sierrecilla de Algotocin, présente des calcaires lités à silex du même type. Un mauvais *Arietitidae* confirme l'âge liasique des calcaires que leur seul faciès suffit à rattacher à la série de l'Arroyo de Limas. A environ 2 km, plus à l'Ouest, près de la Casa de los Apellaidos, un petit affleurement de calcaires liasiques apparaît au milieu de marnes du Crétacé inférieur attribuables à l'Unité de Camarote. Par contre au Cerro de la Laguna, sauf quelques grès verts du Crétacé inférieur flanquant son versant ouest, des marnes éocènes, renfermant des calcaires bréchiques à Nummulites et Orthophragmines, environnent de toutes parts le Lias.

(1) Dans un travail précédent (Didon, 1960) nous avons esquissé les grandes lignes tectoniques de la zone du «Flysch gaditan» au Nord et au Nord-Est d'Algésiras. Nous avons à cette occasion défini les grandes unités qui nous ont paru devoir être distinguées.

Sur un flysch marno-gréseux d'âge oligocène supérieur (Flysch d'Estepona), étroitement lié au Bétique de Malaga (Blumenthal, 1933) se superposent plusieurs unités allochtones: l'Unité d'Algésiras, comportant des terrains du Crétacé supérieur, de l'Eocène et surtout un flysch marno-gréseux micacé oligocène; l'Unité de Camarote, caractérisée par des faciès marno-détritiques et gréseux du Crétacé inférieur; l'Unité d'Argüelles, petite unité locale dont la série essentiellement marneuse et calcaire comprend le Sénonien et tout le Nummulitique; l'Unité de l'Aljibe englobant la grande masse des Grès de l'Aljibe.

De récentes observations nous conduisent à modifier et compléter ce schéma. Nous réserverons maintenant le nom d'Unité de Camarote à une unité inférieure à celle d'Algésiras et formée de faciès marno-détritiques, et accessoirement gréseux, du Crétacé inférieur. Ces faciès sont généralement accompagnés de faciès, également marno-détritiques, du Crétacé supérieur ou de l'Eocène.

Une autre unité, supérieure à celle d'Algésiras, est alors à distinguer. Des faciès essentiellement gréseux du Crétacé inférieur la caractérisent; mais ils présentent de nombreux traits communs avec ceux de l'Unité de Camarote.

III. RAPPORTS ET DIFFÉRENCES ENTRE LE LIAS DE L'ARROYO DE LIMAS ET LE «PÉNIBÉTIQUE INTERNE»

M. Blumenthal (1933) rapporte à son «Pénibétique interne» les séries calcaro-dolomitiques jurassiques de la Sierra Crestellina, du Hacho et du Castillo de Gaucin, et de la Sierrecilla de Algotocin (2).

La Sierra Crestellina, au Nord de Casares, montre une puissante série calcaro-dolomitique. On peut observer localement des calcaires à silex ou des calcschistes rouges riches en petits Mollusques pélagiques visibles dans les plaques minces (cf. Y. Peyre, 1959) (chemin de Jimena à Casares, à 800 m. au Sud de Casares), tandis que tout le Nord du massif, épargné par la dolomitisation secondaire, est formé de calcaires pseudo-oolithiques du Dogger ou du Malm (?). Dans tout cela, rien n'évoque le Lias de l'Arroyo de Limas.

Dans le Hacho de Gaucin, la série, grossièrement synclinale (Blumenthal, 1933), semble renversée. On y observe des calcaires bleus fétides, des calcaires en plaquettes associés à des dolomies litées évoquant le Rhétien, des calcaires à silex, et surtout des dolomies massives grises.

Au Castillo de Gaucin, au-dessus de dolomies litées jaunâtres du Rhétien et de calcaires dolomitiques liasiques, se développe une série de calcaires sableux et de calcaires esquilleux blancs, non encore datés. L'ensemble rappelle le Mésozoïque des environs de Malaga (Azéma, 1960).

Seule la Sierrecilla de Algotocin peut fournir d'éventuels éléments de comparaison. Dans la partie sud du chaînon, la coupe observée est analogue à celle de M. Blumenthal (1933). La série constitue deux écaillés superposées séparées par un peu de Flysch gréseux et reposant au Nord du Puerto de la Horca sur une série calcaro-dolomitique différente, bien développée dans le Peñon de Benadalid. Les niveaux les plus élevés de la première série (Sierrecilla de Algotocin), calcaires massifs passant latéralement à des calcaires pseudonoduleux gris ou rouges avec ou sans silex, seraient pour St. Dürr (renseignement oral) sinémuriens. Ils ne sont pas effectivement sans évoquer les couches de l'Arroyo de Limas et renfermeraient comme celles-ci quelques *Arietidae*. Malheureusement la comparaison globale des deux séries ne peut être utilement faite, la série de la Sierrecilla de Algotocin étant sinémurienne et plus ancienne, celle de l'Arroyo de Limas paraissant être sinémurienne et plus récente; elle ne permet pas de conclure valablement à

(2) Le «Pénibétique interne» de M. Blumenthal, à l'Ouest de Ronda, fait l'objet de recherches en cours de la part d'un géologue de Bonn, M. St. Dürr. Sous ce vocable, plusieurs unités distinctes ont été très certainement groupées. Nous devons à St. Dürr de nombreuses précisions verbales sur ces massifs que nous avons parcourus rapidement.

l'hétéropisme des faciès du Lias de l'Arroyo de Limas et de celui de la Sierrecilla de Algotocin; elle ne démontre pas non plus leur identité.

IV. RELATIONS AVEC L'UNITÉ DE CAMAROTE: LES CHICOTS DE LOS CHIPRES

Toutes les masses liasiques que nous avons observées émergent au milieu des marnes du Crétacé inférieur de l'Unité de Camarote, excepté celle du Cerro de la Laguna. Cependant l'Eocène qui environne cette dernière ne

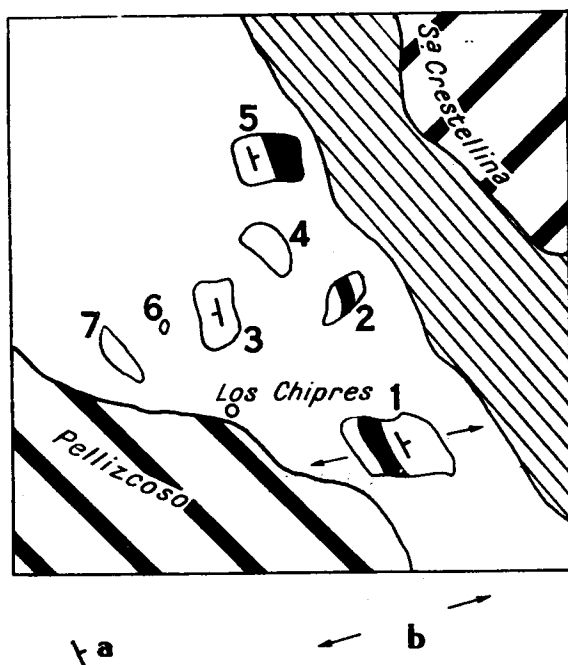


Fig. 2.—Schéma cartographique situant les esquilles du Cortijo de los Chipres (Casares). a) pendages; b) trace de la coupe 3. Les figurés ont la même signification que dans la fig. 1. Les esquilles calcaires, entourées d'un trait, sont en blanc. En noir, les radiolarites.

peut être distingué de celui qui accompagne fréquemment ailleurs cette unité. La position de ces masses à la base de l'unité suggère qu'il s'agit de lambeaux de poussée fichés dans les marnes. Cette disposition est celle de quelques esquilles de dimensions décamétriques situées près du Cortijo de Los Chipres, au N. E. de Pellizcoso, près de Casares.

Quatre d'entre elles (2 à 5 de la figure 2) montrent des calcaires massifs, esquilleux, crèmes, passant à des calcaires graveleux à silex. Le faciès de ceux-ci est, en moins détritique, celui des bancs contenus dans les marnes du Crétacé inférieur de l'Unité de Camarote. Les plaques minces révèlent

une grande abondance de Trocholines globuleuses évoquant un âge jurassique supérieur (Malm) ou Crétacé inférieur.

Dans le lambeau 5, sous les mêmes calcaires, se placent environ 4 à 5 m. de radiolarites brunâtres ou vertes, identiques à celles observées dans le bas Arroyo de la Gitana (voir ci-dessus).

Le lambeau 2, fort complexe, montre les mêmes radiolarites au-dessus de calcaires à Trocholines, puis des calcaires bleu clair à silex rappelant ceux de l'Arroyo de Limas.

Dans l'important mamelon 1 (cote 345) s'observe la succession suivante, de haut en bas et d'Est en Ouest (fig. 3):

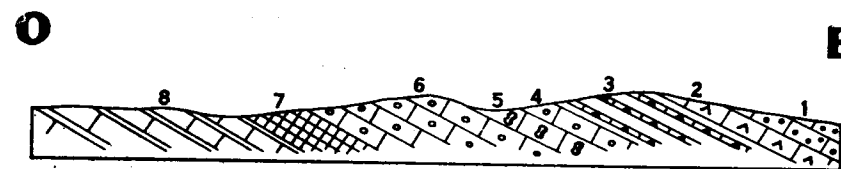


Fig. 3.—Coupe du mamelon de la cote 345.

1. Calcaire finement oolithique (3 à 5 m.).
2. Calcaire dolomitique d'aspect gréseux (2 m.).
3. Calcaire dolomitique en petits bancs.
4. Calcaire graveleux à Trocholines (2 à 3 m.).
5. Calcaires bréchiques à *Calpionella* gr. *alpina* Lorenz, *C. elliptica* Cadisch, *C. cf. intermedia* Durand Delga, *Stenosemellopsis* cf. *hispanica* Colom, *Tintinnopsella* *carpathica* (Murg. et Fil.), *Stomiosphaera* *minutissima* (Colom), *Globochaete* *alpina* Lombard (Déterm. de M. Durand Delga). Berriasien (3 m.).
6. Calcaires graveleux à Trocholines passant à des calcaires massifs à rognons de silex (3 à 5 m.).
7. Radiolarites rougeâtres (3 à 5 m.).
8. Calcaires bleu clair lités à silex en rognons (faciès liasique).

Les niveaux 4 à 8 complètent les observations faites dans les chicots plus septentrionaux, bien que la position des radiolarites n'y soit pas en fait très claire. Les brèches 5 sont semblables à celles contenues dans les marnes du Crétacé inférieur de l'Unité de Camarote, avec la même microfaune de Calpionelles. Liées aux calcaires à Trocholines, elles démontrent que ceux-ci appartiennent à la série de Camarote. Par contre la partie supérieure, dolomitique, est bien étrange, et la présence d'un contact mécanique n'est pas exclue.

Un petit affleurement de calcaires liasiques (7 de la figure 3), isolé, est encore à noter en contre-bas du mamelon 1.

Toutes les esquilles étudiées sont enchâssées dans les marnes et calcaires

graveleux à *Aptychus* de l'Unité de Camarote. Les calcaires graveleux à Trocholines annoncent les faciès graveleux de cette unité. Le faciès du niveau 5 du mamelon 1 suggère l'appartenance effective de ces calcaires à cette unité. Or nous avons pu observer l'étroite liaison qui existe entre les calcaires liasiques, les radiolarites et les calcaires graveleux à Trocholines. Il apparaît que le Lias (niveau 8 du mamelon 1 et la petite masse isolée 7) fait partie intégrante de l'Unité de Camarote, tant du point de vue stratigraphique que du point de vue tectonique.

Il en est très certainement de même du Lias de l'Arroyo de Limas, également enchâssé dans les marnes du Crétacé inférieur et auquel sont liées les radiolarites de l'Arroyo de la Gitana.

V. INTERPRÉTATION PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Les faciès marno-détritiques du Crétacé inférieur de l'Unité de Camarote (1) sont étroitement apparentés aux faciès des autres unités «ultra-bétiques» du «Flysch gaditan». Ces unités sont issues d'un sillon situé au Sud-Est des zones bétiques et dans lequel, durant le Crétacé et le Nummulitique, la sédimentation fut principalement marno-détritique ou gréseuse (flysch). L'Unité de Camarote est la moins élevée de toutes; sa patrie, la moins éloignée, doit être située sur le bord Nord-Ouest du «sillon ultra-bétique». Nous savons maintenant grâce aux masses calcaires de l'Arroyo de Limas, de Tajarillo et du Cerro de la Laguna, quel y fut le type de sédimentation durant le Jurassique (Lias) et le Crétacé inférieur.

Durant le Jurassique, cette zone est le siège d'une sédimentation calcaire de haute mer calme. Les marno-calcaires de l'Arroyo de Limas ne nous renseignent pas sur le type de sédimentation réalisée au Dogger et au Malm. Au Berriasien, elle est toujours calcaire (Los Chipres), mais elle devient troublée; les faciès graveleux ou même détritiques traduisent l'existence de courants tandis que les accidents siliceux (radiolarites) sont peut-être l'indice d'un approfondissement de la mer: le sillon s'individualise au Berriasien. Bientôt les faciès marno-détritiques apparaissent et donnent lieu aux accumulations puissantes du Crétacé inférieur, du Sénonien, et, du moins dans les régions plus internes du sillon, du Nummulitique.

L'apparition d'une sédimentation marno-détritique au Berriasien dans une partie importante du «sillon ultra-bétique du flysch» est un fait important dans l'histoire géologique de la Méditerranée occidentale. Mais l'état actuel de nos connaissances sur les unités les plus élevées du flysch dans lesquelles des terrains anté-berriasiens sont inconnus, ne nous permet pas d'étendre ce résultat à l'ensemble du sillon ultra-bétique.

Recibido el 18-XI-1960.

BIBLIOGRAPHIE

- AZÉMA, J. (1960): *Sur la structure du Secondaire et du Nummulitique des environs de Malaga*. «Bull. Soc. géol. France», séance du 28 mars 1960 (à paraître).
- BLUMENTHAL, M. (1931): *Géologie des chaînes pénibétiques et subbétiques entre Antequera et Loja et des zones limitrophes*. «Bull. Soc. géol. France», 5.^e série, t. I, p. 23.
- — (1931-33): *Das Westende des Betikums Nördlich des «Campo de Gibraltar»*. «Géol. Ch. bét. et subb.», vol. IV, n.^o 2, part. II, p. 48 et 43.
- DIDON, J. (1960): *Le Flysch gaditan au Nord et au Nord-Est d'Algésiras (prov. de Cadix)*. «Bull. Soc. géol. France», séance du 28 mars 1960 (à paraître).
- — — DURAND DELGA, M. (1939): *Existence d'un Flysch marno-gréseux du Tithonique-Néocomien au Nord de Gibraltar (Espagne méridionale)*. «C. R. Ac. Sc.», t. 248, p. 2779-2781.
- GAVALA Y LABORDE, J. (1924): *Mapa geológico de la provincia de Cádiz*. «Inst. geol. y min. Esp.».

L. U. DE SITTER
Geol. Inst. Univ. de Leiden. (Holanda)

ESTABLECIMIENTO DE LAS EPOCAS DE LOS MOVIMIENTOS TECTONICOS DURANTE EL PALEOZOICO EN EL CINTURON MERIDIONAL DEL OROGENO CANTABRO-ASTUR (1)

R E S U M E N

El levantamiento cartográfico de la zona leonesa de los Montes Cántabros, ha puesto de manifiesto la actuación de una serie sucesiva de movimientos de alzamiento y plegamiento, que se iniciaron durante el Devoniano superior, y que han continuado durante el Carbonífero. Al comienzo predomina una orientación E.-O., con la fase de Curavacas (Sudética), así como al final, en la fase saálica (pre-triásica); las fases astúricas muestran un arrumbamiento variable. El plegamiento y acabalgamiento más intenso tuvo lugar en la fase de Curavacas.

S U M M A R Y

The mapping of the southern Leonide zone the Cantabric Mts revealed a succession of uplifts and folding movements, starting in the Upper Devonian and continuing through the Carboniferous. An E.-W., trend prevails at the start in the Curavacas (Sudetic) phase, and at the end in the Sáalic (pre Triassic) phase, the Asturian phases showing a variable strike. The strongest folding and thrusting occurred in the Curavacas phase.

Se han reconocido varias fases de plegamiento hercínico en el Paleozoico del cinturón meridional del orogeno cántabro-astur, cinturón al que me gustaría denominar «zona de León» o «Leónides», por adaptación del tipo de terminología introducido por los geólogos alpinos para sus divisiones longitudinales de los Alpes. Las subdivisiones parecen estar justificadas porque la estructura e historia geológica de los Leónides son diferentes de las del cinturón central, tanto desde el punto de vista de su desarrollo como cuenca, como también si se considera desde el punto de vista de estilo tectónico (De Sitter, 1958). En los Leónides se han encontrado tres discordancias muy pronunciadas. La más joven está representada por el hecho de que el Triásico reposa discordante sobre todas las rocas paleozoicas más antiguas. Como

(1) Traducción directa del original inédito en inglés, por J. M. Ríos.

no se ha determinado nunca el Permiano, no sabemos si esta última fase hercínica es ante o post-pérmica. El Triásico constituye una gruesa cobertura en la margen oriental de los Leónides, pero se acuña hacia el Oeste y no se halla al Oeste de Cervera de Pisuerga. A partir de allí el Wealdense descansa discordante sobre el Paleozoico. Al Este de Cervera, los lechos basales del Triásico se disponen en posición vertical contra el Paleozoico, pero esta faja vertical es muy estrecha, y, en seguida, poco más al Sur, el Triásico y el Cretáceo yacen tendidos. El acuñaamiento del Triásico coincide con la intersección del cinturón de pliegues celtibéricos, de arrumbamiento al NO., con las estructuras paleozoicas (De Sitter, 1958).

Las otras dos discordancias de importancia tienen lugar dentro de la serie carbonífera, y se caracterizan ambas por un conglomerado, grueso y basto, de cantos bien redondeados que yace, mediante discordancia angular bien acusada, sobre lechos de formaciones más antiguas. La edad de ambos conglomerados se ha datado mediante la flora contenida en algunos lechos de carbón.

El más alto es el conglomerado de *Peña Cilda*, descrito por Wagner, 1952, cuya edad resultó ser Estefanense superior (Estefanense B), yacente sobre el Devoniano y sobre una formación hullera de edad Westfaliense superior y Estefanense A, ligeramente desplomada. El más bajo está representado por el conglomerado de *Curavacas*, del Westfaliense B, que descansa también mediante señalada discordancia sobre estratos devonianos y del Carbonífero inferior de intenso plegamiento. En el primero de los casos, la discordancia tiene una definición extremadamente acusada, existente entre los Estefanenses A y B, datados ambos mediante floras, pero su extensión en el mapa es reducida. En el segundo caso, la discordancia se manifiesta en una región extensa, pero su definición no es tan nítida. El Carbonífero inferior está datado, sobre todo, mediante goniatites de la base de la Caliza Carbonífera, y su datación varía desde el Viseano superior al Namureense, mientras que la caliza suprayacente, maciza o estratificada, suministró fusulínidos de edad namureense (van Ginkel, 1960). La facies Culm del Carbonífero inferior, consistente en areniscas, pizarras y conglomerados, que cubre a la caliza y que la sustituye también lateralmente, no ha suministrado, por ahora, fauna alguna de confianza.

Hasta este punto, la prueba de existencia de fases de plegamiento es clara: fase de Curavacas, post Namureense-pre Westfaliense B; fase de Peña Cilda, post Estefanense A-pre Estefanense B; una tercera fase posterior al Estefanense superior-pre Triásico. Pero la prosecución de nuestras tareas cartográficas no consiguió sino que la imagen fuera mucho menos clara.

La zona de los Leónides fue cartografiada viniendo del Este hacia el Oeste; en la parte oriental encontramos la cuenca del Pisuerga (Nederlof y De Sitter, 1957; Nederlof, 1960), de la cual forma parte la cuenca de Barruelo (Wagner, 1952). Próximos por el Oeste, encontramos los valles del Rues

ga y del Carrión (Kanis, 1956) y todavía más al Oeste yacen los valles del Cea y del Esla (De Sitter, 1959).

El valle del Pisuerga es, en sí mismo, una cuenca post Curavacas, con Carbonífero superior marino que alcanza desde el Westfaliense C hasta dentro del Estefanense A, y cuya parte alta tiene carácter más continental. En su límite meridional, yace discordante sobre la facies Culm del Carbonífero inferior, sin traza alguna del conglomerado de Curavacas. La discordancia pudo ser establecida solamente mediante una cartografía muy cuidadosa en una región de afloramientos más bien malos, y el plano mismo de discordancia no aparece claramente de manifiesto en punto alguno.

La cuenca westfaliense del Pisuerga se caracteriza por pliegues de arrumbamiento NNO. pronunciado, mientras que la región de Culm al Sur de aquella muestra plegamiento ONO. El plegamiento ONO. puede ser seguido en dirección a Occidente hasta la región de Ruesga, donde se ponen de manifiesto pliegues acostados de Carbonífero inferior con Devoniano aflorante en su charnela. Los plegamientos más jóvenes, de rumbo NNO., se extinguen antes de alcanzar al Sur la superficie de discordancia de su base. El plegamiento NNO. de esta región es más joven que el ONO. del Carbonífero inferior. Este último es debido a la fase Curavacas de plegamiento.

A veces se encuentra otro movimiento por debajo del nivel de discordancia de Curavacas. En la región de Mudá-San Cebrián hay una arenisca con lechos de conglomerado, o un conglomerado basto, que cubre en discordancia las rocas pizarreñas con arrecifes calizos, que fueron descritos por Wagner como viseanas. Por ejemplo, al sur de la villa de Mudá, encontramos conglomerados bastos adaptados a los arrecifes coralinos. Un estrecho núcleo anticlinal, incluso con afloramientos de Devoniano, pero cubierto en ambos flancos por conglomerados, se extiende a partir de la villa en dirección al ONO. Este horizonte de discordancia de la base de la facies Culm puede ser seguido litológicamente bajo forma de arenisca, con conglomerados ocasionales que truncan la pizarra con arrecifes calizos, hasta que queda recortado por el Triás próximo al valle de Castellería. Es difícil establecer su edad, pero según Wagner, 1955, debe colocarse entre el Westfaliense A (¿quizás Namureense?) y el Viseano superior. Una situación análoga puede observarse al Norte, en el cañón que se encuentra antes de llegar a Piedras Luengas, donde un conglomerado basto trunca claramente las calizas del grupo de Piedras Luengas. Este horizonte conglomerático ha sido datado como Westfaliense A, mediante una flora más bien pobre, pero la caliza de Piedras Luengas por debajo aparece también clasificada como Westfaliense en el cuadro stratigráfico de Van Ginkel. Cualquiera que sea su edad exacta, podemos colocarlo en la base de la facies Culm, en esta región.

Si descendemos más en la escala stratigráfica, no podemos menos de pensar si es que habrá habido una discontinuidad en la sedimentación entre

el Devoniano y el Carbonífero. Ha sido mantenido durante largo tiempo que ha habido, en la región mediterránea occidental, desde la Montagne Noire hasta Cantabria, un hiato entre el Devoniano y el Carbonífero, que representaría el Tournais. Tanto Durand-Delga, 1958, como Ziegler, 1959, han probado que no es éste necesariamente el caso con los Pirineos y la Montagne Noire; hay cortes completos en que no falta el Tournais. Sin embargo, hay a menudo una interrupción presente, bien en el Devoniano superior, bien en el Carbonífero inferior. La presencia de conglomerados devonianos o de meteorización cárstica, en las calizas del macizo de Arize y conglomerados en el Carbonífero inferior de los Pirineos, indican por lo menos la actuación de emergencias locales. En la zona central de los Pirineos, justo al Norte del gran plutón post-westfaliense de la Maladeta, hay areniscas y pizarras negras westfalienses, que descansan directamente sobre una serie de calizas basales del Devoniano (Kleinsmiede, 1960). En los Leónides de los Montes Cántabros, este problema no ha sido todavía objeto de investigación en detalle, pero en general, y cuando está puesta de manifiesto una serie devono-carbonífera no trastornada en absoluto, encontramos la mayor parte de las veces que el horizonte grioto-margas rojas del Carbonífero reposa directamente sobre uno de los paquetes de areniscas cuarcíticas del Devoniano superior, las cuarcitas de Nocedo o de Ermitage, pero ambas cuarcitas y margas rojas son muy pobres en contenido fósil. Sin embargo, se encuentran cortes donde la facies Culm sigue en forma inmediata sobre el Devoniano, pero en estos casos no se está nunca seguro de que el contacto no sea por falla.

Sin embargo, ha sido observado un largo hiato en el Devoniano de la región cantábrica, entre los ríos Porma y Bernesga. En la margen meridional de los Leónides, las series parecen estar completas, pero, si avanzamos hacia el Norte, el hiato incrementa gradualmente. La base de las series por encima del hiato está constituida siempre por la cuarcita famenense del Ermitage, cubierta por la serie basal normal del Carbonífero con sus margas rojas y griotos de su base. La discordancia por debajo de esta cuarcita de Ermitage incrementa en grado tal que, a lo largo de una zona longitudinal, que llega desde el río Esla en Las Salas, hasta el río Torio al Norte de Carmenes, el Famenense descansa directamente sobre la cuarcita ordovicense de Barrios, y falta todo el resto del Devoniano. (El Siluriano está apenas representado en los Leónides por una delgada banda de pizarras negras no reconocibles en el campo). No fue una verdadera fase de plegamiento lo que ocasionó este hiato, sino una inclinación del bloque de los Leónides.

No se han encontrado discordancias en toda la serie paleozoica por debajo del Devoniano. En la región del Esla y del Bernesga, el corte visible descende hasta el Cámbrico inferior.

Resumimos estos hechos:

Fase de Curavacas...	}	Fase principal: pre-Westf. B — post Westf. A.
		Subfase: ± pre Westf. A (o Namurensis) — post Viseano.
		Discordancia: en el Devoniano por debajo del Famenense y/o, en el Carbonífero inferior.

El hecho de que se presenten conglomerados, los cuales se componen casi exclusivamente de cantos o bolos de cuarcita que a menudo son grandes, ya en la facies Culm, y que después constituyen la masa principal del conglomerado de Curavacas, ilustra muy convenientemente la estrecha relación existente entre las subfases y la fase principal.

Un hecho notable lo constituye el que nunca se haya hecho mención de la fase de Curavacas en parte alguna de la cuenca astur, al Norte de los Leónides. Esta fase parece absolutamente constreñida a la zona meridional, y sus conglomerados a la zona marginal, entre los Leónides y la Cuenca asturiana.

La historia de la sedimentación con posterioridad a la fase de Curavacas, es muy compleja. Por el Este, falta por completo el conglomerado basal de Curavacas y la formación discordante, al parecer el Westfaliense C, se inicia con areniscas y margas, dentro de las cuales un determinado horizonte de marga pizarrea negra constituye un horizonte-guía. La capa de hulla de San Cebrián es de edad Westfaliense D inferior, y por encima de ella se ha desarrollado una serie de calizas, de la Sierra de Coriza, de bella estratificación en lechos. Su contenido en fusulínidos es de gran ayuda para su datación, y caracteriza el desarrollo marino de estas series del Westfaliense superior. También se presentan en las regiones occidentales, por ejemplo en la caliza de Panda, aguas arriba de Portilla, y series calizas al Norte de Prioro.

En la región del valle alto del Carrión, se desarrolla el conglomerado basal bajo forma de conglomerado marino, muy compacto, de cuarcita; más al Oeste queda diferenciado en dos lechos de conglomerados (zona de Portilla y Cardaños), y todavía más al Oeste, el conglomerado acaba por extinguirse totalmente y desaparecer. En esta región de los sinclinales de Curavacas y Lechada, la sedimentación es extremadamente irregular, con cuñas calizas dentro de una serie compuesta por margas areniscas-conglomerados. En estas series no sería posible apreciar la existencia de pequeñas discordancias. Una característica peculiar de los conglomerados basales de la región de Cardaños es la presencia de conglomerado de caliza en una zona meridional.

El hecho de que apenas estén presentes los conglomerados de Curavacas al Sur de una línea arrumbante al NON., que pasa sobre Barniedo en

el río Yuso, justo al Norte de Triollo, sobre el Carrión, y de Arbejal en el Pisuerga, tiene, desde luego, una razón estructural. Al Sur de esa línea falta la totalidad de la serie marina del Westfaliense superior, excepto en el sinclinal de Tejerina, y es sólo a lo largo de esta línea donde se presentan conglomerados calizos en los conglomerados basales. Al parecer ha emergido la banda meridional, y la acumulación del conglomerado de Curavacas resulta como una característica costera.

En la cuenca del Pisuerga, el desarrollo posterior puede ser seguido de manera más bien exacta. El primer indicio de sedimentación irregular lo encontramos en la bellísima diastema con erosión cárstica, situada en la parte media de la serie caliza de Sierra Coriza, en Cabra Mocha, que ha descrito Nederlof, 1960. En lo alto de esta serie de calizas, se ha desarrollado una señalada discordancia angular entre el Estefanense A y el Westfaliense D, visible en el cerro de San Cristóbal (Wagner y Breimer, 1958). Si avanzamos hacia el Este, a partir de este afloramiento, disminuye el ángulo de discordancia, pero todavía hay un conglomerado aislado en su base, que nos la señala como una superficie de sedimentación irregular, antes de que desaparezca toda traza de interrupción en el empinado flanco oriental de la cuenca. El Triás de la cobertura mesozoica, taja discordantemente a la totalidad de las formaciones más antiguas.

En la cuenca del Pisuerga, la facies de la secuencia estefanense pudiera ser denominada parálica, puesto que hay lechos de hulla que alternan con horizontes de caliza marina con fusulinidos. La facies de turbidez del sinclinal de Redondo (Nederlof, 1960), queda restringida a esta subcuenca de Redondo, lo que indica concretamente que la cuenca del Pisuerga contenía umbrales que separaban sub-cuencas.

La secuencia de acontecimientos desarrollados en la cuenca del Pisuerga, se enumera por consiguiente de este modo:

Fases Astúricas	}	Fase saálica — post Estefanense — pre Triás.
		Fase de Peña Cilda — post Estefanense A — pre Estefanense B.
		Fase de San Cristóbal — post Westfaliense D — pre Estefanense A.
		Diastema de Cabra Mocha, dentro del Westfaliense D.

En la cuenca hullera de Guardo, de edad Estefanense A, que está situada al pie de las montañas, entre los ríos Pisuerga y Carrión, el Estefanense A está por todas partes en contacto directo con el Carbonífero inferior. El contacto consiste a menudo en una falla de contacto, pero probablemente no en todas partes, y podríamos suponer que después de la fase de plegamiento de Curavacas siguió un período carente de deposición durante el Westfaliense. No hay conglomerado en la base de este Estefanense. Más al Oeste, en las cuencas del Carbonífero superior de río Cea, Sabero y

Tejerina, las pruebas estratigráficas, todas ellas basadas en la flora, atañen sólo a la serie discordante. Predominan conglomerados en la base, y son tanto de calizas como de cuarcitas. En el valle de Oveja, una manifestación interesante, muestra un conglomerado de cantos bien redondeados, depositados en un scree calizo, que forma parte de un empinado afloramiento de caliza del Carbonífero inferior. En muchos otros afloramientos está claramente puesto de manifiesto el basamento, agudamente disecado, constituido por el Carbonífero inferior o Devoniano. En el flanco meridional del domo de Riaño hay una transición gradual, muy bien expuesta, desde la caliza en masa del Carbonífero inferior hasta un conglomerado de cuarcita de cantos bien redondeados mediante paso, primero a una brecha caliza y después a un conglomerado calizo con contenido incrementante en cantos de cuarcita.

El mapa geológico muestra que el manto de Carbonífero superior de Guardo-Río Cea-Tejerina-Sabero no aparece interrumpido en parte alguna según fue mostrado recientemente en un mapa trazado por Wagner, 1959^a. Además, todas las determinaciones de edad establecidas allí por Wagner atañen solamente a la flora del Carbonífero superior, y ninguna de entre ellas suministra información alguna acerca del límite inferior de las precedentes fases de plegamiento. Las edades de las rocas suprayacentes, varían entre el Westfaliense D (Wagner, 1959^b), al Estefanense B (Wagner, 1959^a y 1957), y las del basamento se extienden desde el Cambriano hasta el Carbonífero inferior. La sugerencia, por Wagner, de una fase específica de plegamiento dentro o por debajo del Westfaliense D, que denomina «fase de León», no tiene fundamento alguno, puesto que los conglomerados basales del Carbonífero superior descansan, en aquella parte del valle de Oveja, o bien sobre el Carbonífero inferior, o sobre el Devoniano. Como hemos señalado ya, existen buenas razones para suponer que todo el sector meridional de la zona de León había emergido por encima del nivel del mar después de la fase de Curavacas y, a menos que encontremos discordancias dentro de las series del Carbonífero superior, no podremos llegar a determinar la edad exacta de ninguna de las fases astúricas. En otras publicaciones dibuja Wagner, 1958 y 1959^a, en un mapa de reducida escala, las cuencas hulleras intramontañas más jóvenes, y separa la cuenca de Sabero-Oveja como unidad más joven de la cuenca de río Cea (Valderuedo)-Guardo. Aquí este autor está equivocado. En primer lugar no existe zona de separación, y se puede andar, desde Sabero hasta Guardo, permaneciendo dentro de la misma cuenca; y en segundo lugar, una diferencia en la determinación de edades de los sedimentos que rellenan la cuenca no prueba que las cuencas sean diferentes. Incluso si se hubiera demostrado que la edad de los lechos basales de la formación discordante difiere de un corte al otro, lo que no es el caso, ello no prueba que haya cuencas distintas, sino solamente que un relleno comenzó en una parte más tarde que en otra.

Existe un corte en esta región oriental, en que el Estefanense descansa en discordancia sobre Westfaliense marino, y donde probablemente es posible establecer la edad; ese corte ubica en el sinclinal de Tejerina, en que una serie caliza marina, de edad probablemente westfaliense, yace en discordancia sobre una supuesta facies Culm (fase de Curavacas), y queda cubierta a su vez, en forma discordante, por los conglomerados de Tejerina de edad estefanense. Las calizas contienen fusulinidos y braquiópodos, y los lechos hulleros estefanenses una buena flora. Cuando se haya establecido una buena correlación entre las floras continentales y las faunas marinas, en toda la secuencia del Carbonífero superior, entonces se podrá establecer, en forma más exacta, las épocas de los acontecimientos tectónicos.

En el estado actual de conocimientos de las discordancias en la tectónica astúrica no sabemos si hay una fase principal con subfases, o bien si una determinada fase predomina en una cierta área y otra en algún otro sitio. Más bien parece que sea más probable la segunda posibilidad, y que, si se pudiera datar realmente cada discordancia, se llegaría más bien a series continuas, desde la fase de Curavacas hasta el Estefanense superior.

Mientras tanto, estamos en posesión de una cantidad considerable de indicaciones tectónicas, que señalan que las fases astúricas tuvieron efecto en las regiones del Esla, como también en la del Pisuerga, todo ello basado en la observación de los cruces de arrumbamientos de pliegues (De Sitter, 1960).

El datado de las fases consiguientes descansa en dos grupos importantes de pruebas. El primero reside en el movimiento N.-S. del manto del Esla, que debe constituir uno de los primeros movimientos, y que, con toda certidumbre, es post-Carbonífero inferior, perteneciente, por consiguiente, a la fase de Curavacas (De Sitter, 1959). El segundo, representado por el plegamiento del Estefanense de Sabero y Tejerina, y afectado también de arrumbamiento E.-O., es ciertamente pre-Cretáceo y posterior a otros arrumbamientos renegantes de pliegues. Es probable, por consiguiente, que todos los arrumbamientos de pliegues cruzados, la mayor parte de los cuales afectan la orientación NNE. o N.-S., sean astúricos.

Se piensa que la secuencia estructural general, consista: primero, en un plegamiento de Curavacas E.-O.; segundo, un plegamiento astúrico cruzado; finalmente, un plegamiento saálico E.-O. Es muy posible, sin embargo, que esta imagen esté super-simplificada, y que los plegamientos cruzados tuvieran lugar antes o contemporáneamente con respecto al plegamiento E.-O., o que quedase restringido a algunas regiones solamente.

La prueba de un plegamiento superpuesto deriva, en primer lugar, del replegamiento del manto del Esla, consistente originalmente en cabalgamiento tendido con Cambriano en su base, que descansa sobre Devoniano superior, y que tiene Carbonífero inferior en su culminación. Muestra un primer sobreplegamiento, cuya dirección de rumbo es NNE., que tiene como consecuencia que la superficie de cabalgamiento adopte una posición ver-

tical, paralela a los pliegues y falla cabalgante de la misma dirección en el autóctono. Un segundo sobreplegamiento también plegó la superficie cabalgante a posiciones verticales, pero ahora en disposiciones paralelas a los pliegues E.-O. del Estefanense (De Sitter, 1960).

Otra prueba interesante del sobreplegamiento ha sido cartografiada más al Norte, donde hay un sinclinal arrumbante al NNO., que ha sido vuelto a plegar en el perianticinal del anticlinal de Vallines (De Sitter, 1960).

Hay, finalmente, un pequeño anticlinal N.-S., próximo a Portilla de la Reina, que forma parte del mismo perianticinal de Vallines.

En añadidura a estos pliegues cruzantes, tenemos que el principal apizarramiento, de arrumbamiento E.-O., del Westfaliense en el sinclinal de Curavacas ha sido acuñado sobre un apizarramiento más antiguo.

Como consecuencia de que muchos de estos fenómenos se desarrollan en rocas más modernas que el conglomerado de Curavacas, no puede haber duda de que ha habido un replegamiento saálico de las estructuras astúricas. Es evidente que tales argumentos tectónicos no pueden suministrar un dato muy exacto de las fases de plegamiento, pero, sin embargo, nos dan a menudo argumentos válidos para la atribución de determinados movimientos a fases de plegamientos específicas.

El manto del Esla debe haber sido llevado sobre el autóctono cuando la totalidad de la región estaba casi exenta de plegamiento, puesto que su plano de cabalgamiento permanece invariable en más o menos la misma posición estratigráfica a lo largo de doce kilómetros de frente.

Más al Oeste, en la región entre los ríos Esla y Bernesga, la reciente cartografía ha revelado la presencia de una serie completa de mantos de arrastre superimpuestos, que ofrecen el mismo carácter que el manto del Esla. Cada manto, y hay por lo menos cinco, se compone de una serie completa, que abarca desde el Cambriano hasta el Carbonífero inferior, y es allí donde se ha observado la discordancia, incrementante, por debajo del Famenense. Sus planos de cabalgamiento han sido replegados en una alineación que corre de E.-O., de la misma manera que el manto del Esla, lo que confirma las pruebas de existencia de dos fases de plegamiento arrumbantes E.-O., que son la de Curavacas y la Saálica. Las fases astúricas intermedias no aparecen con expresión clara en esta región. El plano de cabalgamiento del Esla, al tomar parte en todos los complicados plegamientos posteriores de esta región, da fe de que estos pliegues son posteriores al acabalgamiento, conclusión corroborada por el truncamiento del Estefanense plegado de la cuenca de Sabero.

De este modo, el plegamiento de Curavacas hizo avanzar arrastres tendidos sobre una región apenas plegada, en dirección Sur-Norte. Esto tuvo lugar en una zona al Sur del lago de Camporredondo y Sur de Riaño. Al Este y Norte de esta región, la misma fase de plegamiento dio origen a los pliegues acostados de la región de Ruesga, que se prosiguen al Norte del Lago

de Camporredondo, y del anticlinal devoniano del río Carrión alto. Esta subdivisión de la región leonesa oriental, en dos zonas de estructura diferente, región septentrional de apretado plegamiento y región meridional de acabalgamiento tendido, se mantiene durante la fase post-tectónica. Sedimentación intensa del Westfaliense en la región septentrional, emergencia en la meridional. El plegamiento asturiano, con sus direcciones desviantes de plegamiento, no parece haber perdonado ninguna de las dos zonas, pero su arrumbamiento N.-NE. está localizado al Oeste y el N.-NO. en el Este. La fase pretriásica ha dejado casi intacta la parte oriental, y ha afectado a ambas zonas longitudinales en el Oeste.

En la zona leonesa occidental, desde el río Esla hasta el Bernesga, no puede ser mantenida ya tal subdivisión estructural en dos zonas longitudinales.

Será muy interesante conocer cómo se desarrollarán estos fenómenos más al Oeste.

Si resumimos nuestros resultados, podemos establecer la siguiente recapitulación en forma tabular.

Fase Saálica.	Post - Estefanense - Pre-Triásica; se desarrolla sobre toda la región en zonas de plegamiento medio-intenso.	Arrumbamiento persistente E.-O. en cuencas estefanenses y planos de arrastre plegados.
Fase Astúrica.	Fase de Peña Cilda entre Estefanense A y B. Fase de San Cristóbal entre Estefanense y Westfaliense.	Pliegues cruzados de arrumbamiento NNO. y NNE. de desarrollo local.
Fase de Curavacas.	Fase principal entre el Westfaliense A y B. Subfase por debajo del Westfaliense A y post-Viseano.	Intensos pliegues de arrumbamiento E.-O., pliegues acostados, mantos de tendido arrastre.
Fase Bretónica.	Por debajo del Fame-nense.	Alzamiento e inclinación de la zona Leónida.

BIBLIOGRAFÍA

- DURAND DELGA, M. & H. LARDEUX: *Les lydiennes à Tentaculites de Cascatel, massif de Mouthoumet*, «C. R. somm. Soc. Géol. France», 18 20, 1958.
- GINKEL, A. C. VAN: *The Casavegas section and its fusulinid fauna*, «Leidse Geol. Med.», 24/2, 705-720, 1960.
- KANIS, J.: *Geology of the eastern zone of the Sierra del Brezo (Palencia-Spain)*, «Leidse Geol. Med.», 21, 377-445, 1956.

- KLEINSMIEDE, W. F. J.: *Geology of the Valle de Arán, 1960*. «Leidse Geol. Med.», 25, 123-245.
- NEDERLOF, M. H. & L. U. DE SITTER: *La cuenca carbonífera del Río Pisuerga (Palencia)*, «Bol. Inst. Geol. Min. España», 68, 1937.
- SITTER, L. U. DE: *Historia estructural del ángulo SE. del núcleo paleozoico de las montañas astures*, NOTAS Y COMUNICACIONES, 49, 1958.
- — *The Rio Esla nappes in the zone of Leon of the Asturian Cantabrian Mountain chain*, NOTAS Y COMUNICACIONES, 56, 1959.
- — *Crossfolding in non-metamorphic rocks of the Cantabrian Mountains and in the Pyrenees*, «Geol. & Mijnb.», 39, 189-194, 1960.
- WAGNER, R. H.: *Aportación al conocimiento de la geología de la zona de Barruelo (Palencia)*, «Est. Geol.», núm. 16, 301-344, 1952.
- — *Rasgos estratigráficos del Paleozoico superior de Barruelo*, «Est. Geol.», núm. 26, 145-202, 1955.
- — *Nota sobre la estratigrafía del terreno hullero de Sabero (León)*, «Est. Geol.», 14, número 35-36, 219-239, 1957.
- — *Some Stephanian Pecoapterids from NW. Spain*, «Med. Geol. Stichting Heelen, N. S.», núm. 12, 5-23, 1958.
- — *Flora fósil y estratigrafía del Carbonífero de España NW. y Portugal N.*, «Est. Geol.», 15, 393-420, 1959a.
- — *Sur la présence d'une nouvelle phase tectonique «léonienne» d'âge Westphalien D dans le NO. de l'Espagne*, «C. R. Ac. Sc.», 249, 2804-2806, 1959b.
- WAGNER, R. H. & A. BREIMER: *Una flora del Estefaniense inferior en el Monte de San Cristóbal (Palencia-Spain)*, «Est. Geol.», 14, núm. 37, 5-30, 1958.
- ZIEGLER, W.: *Conodonten aus Devon und Karbon Südwesteuropas und Bemerkungen zur bretonischen Faltung*, «N. Jb. Geol. Pal.», 289-309, 1959.

ANTONIO DUE ROJO, S. I.
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

LA GEOLOGIA EN EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL Y EN LA COOPERACION GEOFISICA INTERNACIONAL

RESUMEN

Los resultados de numerosas investigaciones y exploraciones realizadas durante el Año Geofísico Internacional y su actual continuación en la Cooperación Geofísica Internacional, en que han tomado parte 66 países, fueron frecuentemente reseñadas en estas páginas; aquí se completan muchas de ellas a medida que se están publicando. Se trata principalmente de interesantes hechos geofísicos y geológicos hasta ahora poco conocidos, así en el continente antártico como en el fondo de los mares, y de curiosas modalidades de estructura que se van descubriendo en el manto y corteza terrestres.

SUMMARY

Results from scientific investigations or explorations during the International Geophysical Year and its present continuation as an International Geophysical Cooperation between almost all the 66 countries interested in them, and whose brief announcement was frequently reported in the Press and in this very publication, are here complemented as its notices are issued continuously: interesting geological facts hitherto unknown about the antarctic continent, the ocean bottom and some curious patterns in the structure of the mantle and crust of the earth.

El Año Geofísico Internacional ha sido calificado justamente como la única y más significativa actividad pacífica de la Humanidad desde el Renacimiento. La acción conjunta y armónica de 66 países ha sondeado abismos que antes se llamaban insondables: las profundidades oceánicas y las altísimas capas atmosféricas; la exploración por tierra ha empleado todos los medios, desde el antiguo machete para abrirse paso por las selvas, hasta los *snocats* o trineos perfeccionados para recorrer las enormes llanuras heladas de la Antártida. Se han establecido unas 4.000 estaciones principales de observación, y allí donde ésta era personalmente inaccesible, se han enviado registradores electrónicos automáticos, así en la penetración submarina como en la atmosférica o interplanetaria. Se han gastado muchos millones de dólares y se ha desplegado una actividad científica nunca hasta ahora igualada, no

sólo en la obtención de datos, sino posteriormente en ordenarlos e interpretarlos, tarea esta última que comenzó en el mismo año inicial del Año Geofísico Internacional (1957), y continúa aún sin cesar.

Los resultados de estos trabajos revelan a veces rasgos insospechados en la estructura del planeta que habitamos, hechos extraños y nuevos en regiones que hasta ahora nos eran familiares y se tenían por conocidas (unfamiliar facts about old familiar places), y de ellos se ha venido haciendo eco la Prensa diaria, ante lo sensacional de algunos descubrimientos: la Antártida no es uno, sino dos continentes separados por un canal relleno por los hielos; las islas Hawai, rodeadas de una profunda fosa marina, se están hundiendo lentamente en el mar; la forma real de Groenlandia es la de una especie de caldera con los bordes elevados y una depresión central; el polo Norte sobresale unos catorce metros sobre el geoide terrestre (la ya famosa figura piriforme del globo, últimamente discutida y sometida a revisión...); yacimientos importantes de manganeso en el fondo del mar, en nódulos que alcanzan el tamaño de balones de fútbol; deducción bastante fundada del estado físico y acciones internas en el manto sobre el que se asienta la corteza terrestre, y donde se infiere que nuestro planeta no es tan sólido ni estable como se pensaba, ni la tierra tan firme como se creía, puesto que esas capas relativamente someras hierven peligrosamente y la superficie externa se deforma de un modo inquietante...

Pero hay un aspecto de semejantes informes que interesa aquí poner de relieve, y precisamente bajo el punto de vista geológico: es verdad que tales noticias científicas son interesantes para todos los públicos, y en esta misma reseña recogemos algunas de última hora; pero cuando se trata sólo de resultados ulteriores, fruto de análisis y medidas en el laboratorio o de cálculos e interpretación de datos, eso ya *no es noticia* para la Prensa por falta de novedad sensacional; y sin embargo, su interés científico es indudable: más aún, sin este complemento no habría verdadera utilidad teórica ni práctica. Por ello, se hace necesario volver, como lo haremos aquí, sobre algunos de estos hechos a fin de ponderar su real alcance y su relación con teorías antes admitidas, y que acaso será preciso reformar a la luz de las nuevas observaciones, para que respondan más fielmente a los fenómenos que tratan de explicar.

En vista del éxito de la colaboración internacional durante el Año Geofísico Internacional, que superó los pronósticos más optimistas, se vio con evidencia la utilidad y casi necesidad de una continuación de tan fructíferos esfuerzos en los once diferentes campos de la geofísica hasta entonces explorados; de aquí que se crease un nuevo lazo de unión entre los miembros más activos durante los primeros dieciocho meses, y a esta nueva convención se ha dado el nombre de Cooperación Geofísica Internacional, a lo que parece sin limitación de tiempo, aunque evidentemente la labor intensiva del principio se realizará a un ritmo más moderado.

LA CRESTA OCEÁNICA MUNDIAL

Además de los rasgos fisiográficos del globo terrestre, fáciles de conocer, cuales son los continentes y el fondo de los mares, hay un tercero menos familiar, aunque ya puede decirse que igualmente sistemático, cual es la cresta o cordillera submarina, cuya longitud hasta ahora medida es de 64.400 kilómetros, y su área, aproximadamente, igual a la de toda la tierra firme; lo que significa que su anchura media es de 2.300 kilómetros. Su descubrimiento es reciente en cuanto a su carácter mundial, y su carta geográfica está todavía incompleta; pero en sus partes conocidas presenta un aspecto curioso, y que ha dado ocasión a nuevas teorías geológicas: en la mayor parte de su longitud está hendida por un profundo cañón o ranura, que coincide sobre el mapa con numerosos focos sísmicos, y esta última relación, recientemente comprobada, suscita problemas y cuestiones acerca de la historia, y en cierto modo el origen de la Tierra.

Desde 1873 se conocía un trozo de ella, que es el más explorado hasta nuestros días: la cresta central del Atlántico. En estos años inmediatos, sucesivos sondeos acústicos, más eficaces y rápidos que los antiguos, han ido revelando estructuras semejantes en el Pacífico y el Índico, aunque se les consideraba como accidentes aislados y geológicamente independientes; hasta que la sismología moderna permitió superponer un mapa de epicentros bastante completo al obtenido por medio de los sondeos en numerosas expediciones oceanográficas: y entonces apareció claramente el hecho de que la mayoría de los terremotos mundiales tienen su foco dentro de una banda de unos 160 km. de anchura, que recorre el centro de esa larga cordillera submarina, cuya anchura oscila entre los 1.600 y los 2.500 km. El suelo de este prolongado valle, que surca la cadena montañosa, se halla en el Atlántico a una profundidad de 2.700 a 4.600 metros, mientras que las crestas a ambos lados de él se encuentran a sólo 1.100-1.400; por comparación, el majestuoso Gran Cañón del Colorado tiene una profundidad media de 1.220 metros y una anchura de 7-30 kilómetros a lo largo de su curso de 80-100 kilómetros: este otro cañón es de más de 1.800 metros de hondo, y por espacio de muchos centenares de kilómetros su anchura oscila entre los 13 y los 50 kilómetros. Y es de notar que con tal exactitud se sitúan los epicentros a lo largo de esa franja, que los localizados al margen de ella, muy escasos por cierto, salen fuera por una diferencia comprendida dentro de los usuales errores en la determinación geográfica de los focos sísmicos; todos estos son generalmente de escasa profundidad, alrededor de los treinta kilómetros, sin que jamás se hayan registrado allí profundidades superiores a los setenta, en vigoroso contraste con otras zonas sísmicas asociadas a accidentes geológicos completamente diversos, donde la profundi-

dad focal se mide frecuentemente por centenares de kilómetros, con máximos hasta de 700. La cresta atlántica ofrece, pues, una estructura peculiar; en pocas palabras, puede decirse que aquí la corteza terrestre es delgada y débil; en el Atlántico Norte se da la circunstancia, favorable a esta investigación, de ser muy abundantes y muy bien equipadas las estaciones sismológicas que rodean su vasta cuenca; pero aun para regiones menos próximas a estos núcleos densos de observación, su registro ha logrado poner de manifiesto prolongaciones dilatadas de estas franjas de focos a través y por medio de los océanos Atlántico, Pacífico Sur y Artico, con ramificaciones que alcanzan al Pacífico occidental y se adentran en los continentes; la legítima inducción, a partir de lo que pasa en el centro del Atlántico, movió ya en 1956 a M. Ewing y a B. C. Heezen a predecir que esta clase de estructura se hallaría a todo lo largo de la línea oceánica de focos sísmicos por toda la superficie del globo; así lo han confirmado en estos últimos cuatro años las expediciones oceanográficas por diferentes regiones marítimas: las del Vema por el Indico, donde el desnivel entre el fondo abisal y la cordillera es de 1.100 metros, y por todo el cinturón sísmico que pasa por el SW. de Nueva Zelanda; y las de la Institución Scripps, a lo largo de otro que se extiende desde las cercanías de la isla de la Pascua hasta el Sur de Chile. Teniendo en cuenta que un cinturón semejante a estos atraviesa el Artico, parecía obvio relacionarlo con la cordillera de Lomonosov, que resultaría así una prolongación de la cresta atlántica; pero como aquí estamos ya acostumbrados a una extremada exactitud en las coincidencias de la franja sísmica con las topográficas, la distancia de más de 300 km. que separa ambas formaciones árticas se ha juzgado intolerable, y tanto más cuanto que la línea sísmica, paralela a la cresta, viene a bisectar la cuenca formada por ella y la pendiente del borde continental eurasiático; afortunadamente, los sondeos subpolares del «Nautilus» y el «Scate» resolvieron casi del todo la cuestión, pues revelaron estructuras efectivamente accidentadas del fondo, coincidentes con la línea de epicentros e incluso con igual disposición del valle longitudinal, al menos en algunas partes de su recorrido, ya que no fue seguido de un modo tan continuo como en otros cruceros de superficie, especialmente dirigidos a tales exploraciones.

No solamente los sondeos, sino también las muestras sacadas del fondo en cilindros de varios metros de longitud, así de las montañas como de los valles citados, ponen en evidencia que esta formación geológica difiere en su aspecto y origen de las continentales: ni la erosión fluvial tiene paralelo en los cañones del centro de los océanos, ni la acción volcánica los explica suficientemente; los grandes plegamientos europeos y americanos del Jura y de los Apalaches se hicieron en sedimentos de 8 a 16 km. de espesor: los que forman la cresta atlántica sólo son de unos 800 m. de potencia; y por sí esto no bastara para probar con evidencia la disparidad, aquellas formaciones continentales carecen del surco longitudinal característico de

éstas: los geólogos solían atribuir las primeras a una compresión de la corteza terrestre y a una reducción del perímetro del globo, al que suponían en un período de enfriamiento; por eso, quedaban perplejos ante la estructura singular de la arrugada meseta del Africa oriental, cuyos valles semejan enormes grietas, debidas a una tensión verificada perpendicularmente al eje de esos valles, hasta provocar la ruptura; también aquí la capa sedimentaria es delgada: basta comparar los perfiles de los respectivos cortes europeos y americanos por una parte, y los submarinos y africano-oriental por otra; los de este último grupo aparecen cortados por el mismo patrón y formados por el mismo proceso. La explicación es muy sencilla: lo que ocurre en Africa no es sino una prolongación de la cordillera submarina de Carlsberg en el océano Indico, que penetra por la estrecha trinchera del golfo de Aden; lo mismo sucede y más espectacularmente al Norte de la cresta atlántica, que atraviese Islandia, dejando como profunda huella de su paso la fosa central islandica, en cuyo valle se concentra toda la reciente actividad volcánica y casi todos los focos sísmicos de aquella región: las fotografías aéreas son vivamente expresivas y confirman con evidencia lo dicho acerca de la tensión lateral a que debe la grieta su origen: estudios sobre el terreno prueban que el proceso continúa en la actualidad y que la fosa se sigue abriendo a razón de 3,5 metros por milenio por cada km. de anchura.

Probablemente hay otros casos parecidos en el resto de la corteza terrestre: a partir del golfo de Aden, una ramificación de la cresta de Carlsberg sube por el estrecho canal del mar Rojo hasta enlazar con la fosa de Palestina en el mar Muerto y cuenca del Jordán; en el Pacífico SW. hay otra conexión de la cordillera submarina con una rama que se desvía hacia la gran falla alpina de Nueva Zelanda, y hacia el Pacífico Norte penetra en el continente americano para seguir la falla de San Andrés en California, vuelve al mar junto al cabo Mendocino, y de nuevo se adentra en tierra a través de la porción de la Alaska inferior que avanza paralela a la frontera del Canadá, denominada Alaska Panhandle (mango de sartén), donde aparece nuevamente en la superficie la consabida ranura longitudinal; porque conviene notar que la falla de San Andrés no participa propiamente de este carácter típico, pues se debe a un deslizamiento longitudinal de sus labios más bien que a una tensión hacia afuera.

Las ya antiguas y luego abandonadas teorías sobre la deriva de los continentes, han sido últimamente resucitadas cuando empezaron a comprobarse los efectos del paleomagnetismo, de los que se deducía una aparente migración del polo magnético septentrional en direcciones diversas respecto de unos u otros continentes; y como es inadmisibles que haya habido simultáneamente cinco o seis polos Nortes magnéticos, el fenómeno tiene forzosamente que atribuirse a un movimiento real de las masas continentales: los argumentos paleomagnéticos prueban según esto que Norteamérica y Euro-

pa se han separado unos 3.000 km. durante los últimos trescientos millones de años; y de un modo semejante se arguyen desplazamientos para la India, Australia, Africa del Sur y el Japón. Sin embargo, esta explicación entraña graves dificultades: la deriva de masas graníticas sobre el pavimento oceánico de basalto hubiera debido dejar huellas de su paso, que no han sido halladas; y además las deformaciones consiguientes en el suelo basáltico, originarían posteriores formaciones corticales manifestadas por actividad sísmica; y ésta se halla circunscrita, exceptuando ciertas islas, a las cordilleras centrales oceánicas.

Ante estas y otras objeciones, Heezen ha presentado su teoría de la expansión terrestre, ya expuesta en una reseña anterior (NOT. COM. 59, página 303), contraria en cierto modo a la antigua de la compresión por enfriamiento; es evidente que si el globo se dilata y las masas continentales permanecen iguales en tamaño, habrán de formarse necesariamente trozos adicionales de corteza en los océanos; tal expansión alteraría, sin duda, las posiciones relativas de los continentes, al modo que cuando se hincha un globo se separan más los puntos de su superficie exterior, y ello explicaría bien los resultados de las observaciones paleomagnéticas; asimismo se comprende que las alteraciones ocurrieran en las partes más débiles, es decir, en el centro de los océanos, donde la corteza es más delgada, y en la unión de los océanos con los continentes. En cuanto al modo cómo se verificó el proceso, podría concebirse el globo terrestre en sus orígenes con un tamaño menor del presente y completamente cubierto de granito continental continuo y macizo, siendo la expansión (debida al calor creciente en el manto o a disminución de la constante de gravedad, según teorías diferentes), la causa de su fraccionamiento y distribución ulterior a lo Wegener; y al aumentar de tamaño las cuencas de los mares, nuevos materiales rocosos procedentes del manto irían rellenando las grietas y reconstruyendo la corteza resquebrajada, por cuyo proceso se explica bien el hecho de que el centro de esa región sea la porción más delgada y joven de la corteza, así como también el consiguiente exceso de temperatura irradiada hacia afuera en esos puntos débiles. La teoría opuesta, fundada en las probables corrientes de convección en el seno del manto, no explica los hechos paleomagnéticos, aunque sí la orogénesis y las cordilleras oceánicas; por lo demás, el problema es todavía muy complejo y quedan sin solución no pocas dificultades recientemente comprobadas, cual es la desconcertante desigualdad de las raíces de las montañas: escasa profundidad en las de gran altura y notablemente hondas en las de menor elevación. El estudio de estos accidentes geológicos submarinos, a pesar de sus rápidos y alentadores progresos, puede decirse que se halla todavía en su infancia; ha dado ocasión a intensificar fructuosamente la exploración de las grandes profundidades marinas y a volver sobre las teorías antiguas, perfeccionándolas y depurándolas de sus defectos, y prometen resultados futuros de gran interés científico (1) (4) (5) (7).

UNA GRAN EMPRESA DE EXPLORACIÓN

Se ha llamado al océano Indico «el océano desconocido», y se le considera como otra de las últimas y menos exploradas fronteras del globo desde el punto de vista oceanográfico y geológico; desde 1873 hasta la fecha unas dos docenas de navíos han realizado allí investigaciones de esta clase y las técnicas modernas sólo se han aplicado a muy limitadas porciones de su vasta extensión: en cifras, tiene una superficie de 72,5 millones de km² (el 14 por 100 de la superficie terrestre), y en ella se han practicado 300 veces menos observaciones batimétricas que en el Atlántico Norte; casi en la mitad de su extensión no se han hecho todavía análisis del contenido químico de sus aguas, y en el resto solamente de una a cuatro observaciones por cada milla cuadrada (2,589 km²); y sin embargo, su interés científico es extraordinario: a juzgar por los trabajos hechos hasta ahora y que dan sólo un cuadro preliminar de sus caracteres geofísicos, algunos de ellos únicos en los mares de la Tierra, quedan muchas lagunas desconocidas y falta una síntesis global y un estudio sistemático de sus numerosos problemas geológicos y de otras ciencias naturales de aplicación práctica; porque este gigantesco laboratorio, preparado para útiles observaciones y experiencias, comprende desde las regiones polares hasta las tropicales y constituye un sistema oceánico completo, dotado de una especie de independencia, con problemas propios, y separado del influjo de los demás. No es de extrañar, pues, que se hagan planes de envergadura para conocer sus misterios.

Desde fines de 1960 hasta todo el año 1964 durará esta campaña, en la que tomarán parte unos 20 navíos con 350 técnicos, bajo los auspicios de 12 naciones, entre ellas las principales potencias navales, auxiliados por los Comités nacionales de otros países asociados o que se les unirán probablemente en el futuro; la actividad máxima estará centrada en los años 1962 y 1963, e irá precedida de un crucero preliminar de conjunto. Debido a las grandes diferencias estacionales, allí tan marcadas por el régimen de los monzones, una misma ruta habrá de ser recorrida dos veces en distintas épocas; calculando en *navíos-años*, harán falta unos diez, con un recorrido total de más de siete viajes de circunnavegación terrestre (290.000 km.). Los barcos de cada país se comprometen a dedicar la mitad de su tiempo a investigaciones de carácter general, conforme a lo convenido en el plan internacional, y el resto a otros estudios particulares si lo desean. No hay que olvidar, por otra parte, que los probables descubrimientos sucesivos aconsejarán alteraciones o ampliaciones de los planes primitivamente previstos; se establece asimismo uniformidad en los métodos y en los instrumentos de medida estandarizados.

Varios problemas fundamentales oceanográfico-geológicos, así como los

relacionados con la meteorología y la biología marina, podrán ser estudiados aquí con particulares ventajas, precisamente a causa de la pronunciada variación estacional, de modo que los resultados obtenidos fácilmente en el Indico podrán valer para otros océanos, donde son más difíciles de conseguir; tales son, por ejemplo, las causas y efectos de la circulación general en los mares, cómo influye en la distribución de la velocidad y profundidad de las corrientes la fricción, así interna en la misma masa del agua como la del fondo; qué parte alicuota de la energía requerida para esos movimientos procede de los vientos y cuál se ha de atribuir al gradiente de densidad, tan notable en este caso por comprender aguas de muy diferente temperatura y no recibir aflujos oceánicos ajenos desde los 40° Sur hasta su límite septentrional; los efectos de la copiosa erosión continental en la composición del agua marina, así como el tiempo de residencia en ella de elementos químicos captados por este medio, tales como el cobre y el bario; recolección de muestras para dataciones mediante el C 14, análisis de isótopos del C y O, etc. Bajo el aspecto puramente geológico, el máximo interés se cifra en los sondeos que permitan levantar, como ya se ha hecho en gran parte del Atlántico, el mapa en relieve del fondo; comparándolo con los que más o menos imperfectamente se poseen de los otros océanos, se podrá juzgar acerca de su evolución histórica, y a medida que sea conocido, servirá de norma este documento para ulteriores planes de investigación; ese estudio fisiográfico se completará con muestras del fondo según las técnicas actuales y con sondeos sísmicos, que juntamente con las medidas geotérmicas, magnéticas y gravimétricas, forman el cuadro geológico en todas sus dimensiones, incluyendo en primer lugar la dimensión cronológica; hasta se ha pensado en dedicar especial atención a los nódulos de manganeso, hallados ya en otros mares, como yacimientos potenciales susceptibles de ser explotados económicamente en orden a la obtención de Mn, Ni y Co (9).

Acaso este ambicioso plan de exploración pueda dar luz al oscuro problema, ya mencionado en estas páginas, de las famosas cenizas submarinas (NOT. y COM. 55, pág. 184); en efecto, se acaba de confirmar la gran extensión de un eco sísmico, bajo el fondo del Pacífico tropical oriental, correspondiente a una capa de 1-40 m. de espesor; a veces hay dos, y rara vez tres ecos diferentes, y el primero se ha visto, por los cilindros extraídos, que pertenecen a un estrato de ceniza blanca no decolorada, por estar inmediata al fondo, y no contiene más que cenizas vítreas, que han debido depositarse a un ritmo relativamente rápido; su potencia disminuye en las regiones más elevadas y aumenta en los niveles bajos, pero desaparece al acercarse a las terrazas continentales. Es difícil relacionar esta enorme extensión de la lluvia de cenizas y su reducido espesor, indicios de una copiosa y reciente actividad volcánica, con el vulcanismo andino. Si se logra establecer un hecho semejante en otras regiones, habría que buscar una expli-

cación de dimensiones mundiales y acaso cósmicas; al mismo tiempo, dada la facilidad de apreciar, con estos ecos tan claros, las propiedades acústicas del medio, así antes como después y en el seno mismo del estrato, su uso podrá ser un buen campo de experimentación para verificar las diversas teorías de reflectividad en espesores diferentes y la eficacia de los varios equipos de sondeo acústico (15).

Al conocerse estos resultados en el Observatorio geológico de Lamont, fueron revisados numerosos ecogramas obtenidos en diversas regiones marinas, y se vio que también en el Atlántico Sur y en el Indico ocurría algo semejante, aunque allí la gran profundidad de esa capa excluía las perforaciones para sacar muestras; en el golfo de Méjico sí se han podido identificar como cenizas en algunos casos, y como carbonatos en otros. Se han hallado formaciones parecidas en áreas continentales muy extensas y en sondeos practicados en el Atlántico Norte, Pacífico y Mediterráneo. El carácter marcadamente volcánico de tales cenizas no deja lugar a una teoría meteórica, y únicamente la desmesurada extensión de este singular sedimento impide admitir desde luego la explicación exclusivamente volcánica. Los sitios recientemente explorados sugieren tres focos de origen: las islas Galápagos, el Ecuador oriental y Centroamérica; a la dificultad geográfica se añade la que nace de un análisis mineralógico: se trata de cenizas de condiciones peculiares, únicas; es el mismo problema de las capas de bentonita. Se requeriría o una sola erupción de dimensiones desusadas, o muchas simultáneas durante una hipotética crisis mundial, a menos de acudir como último recurso a una colisión cometaria, por el estilo de la que sugería Urey para explicar el origen de las tectitas (3).

INVESTIGACIONES EN LA ANTÁRTIDA

Uno de los Comités nacionales de coordinación, dentro de la Cooperación Geofísica Internacional, es el de los Estados Unidos (SCAR = Special Committee for Antarctic Research), establecido ya en febrero de 1958 y que hoy cuenta con seis instalaciones permanentes en el «continente blanco»; son las de Byrd, Amudsen-Scott (en el polo) y MacMurdo, regidas exclusivamente por los Estados Unidos, y Hallet, en cooperación con Nueva Zelanda, como lo estuvo durante el AGI; y las de Ellsworth y Wilkes, que desde el final de éste cuenta respectivamente con la colaboración de Argentina y Australia. La marcha de los trabajos científicos en todas ellas es casi igual que antes y con un personal igualmente numeroso; pero se insiste ahora más en el terreno de la geología y biología, reduciendo un poco las actividades durante el invierno austral, en que apenas se hacen sino observaciones meteorológicas, en especial las de la alta atmósfera; los especialistas en

geología, biología y glaciología llegan ahora a sus bases por avión en octubre o noviembre, y terminan su estancia en enero o febrero.

Como elemento de uso práctico para los geólogos, se ha hecho una activa campaña aérea fotogramétrica en el verano 1959-1960, con la ayuda de los exploradores de superficie, que establecían controles para los pilotos a su paso por el campo de hielo, particularmente en las rocas que afloran sobre él. La USCGS continúa la preparación de cartas geográficas de diversas partes del continente, así como de millones de fotos que sirvan de referencia para los informes sobre trabajos científicos, y la Sociedad Geográfica Americana prosigue también la elaboración de la carta general de la Antártida a escala 1:3.000.000, valiéndose de datos obtenidos por muchos países en sus respectivos sectores.

Una de las tareas fáciles de realizar durante esas largas y penosas travesías con vehículos apropiados a tan difícil terreno, ha sido siempre la recogida de muestras minerales en los escasos sitios donde las cumbres montañosas superan el alto nivel de la capa de hielo, o más sencillamente en paraje descubiertos próximos a la costa, destinadas a ser luego analizadas en el laboratorio. Por ejemplo, en el terreno precámbrico de las islas de Windmill, en la Tierra de Wilkes, en un suelo formado por rocas metamórficas e ígneas, restos de una secuencia plegada de carácter sedimentario volcánico, se obtuvo por el método de A 40/K 40 la edad de los gneis y dioritas de cuarzo, que resultó ser de 950 y 1.120 millones de años respectivamente.

En el curso de una de las travesías por la Antártida occidental se ha descubierto un importante canal bajo el hielo que une los mares de Ross y de Bellingshausen; observaciones simultáneas y combinadas de carácter geológico, magnético y sísmico, indicaron con suficiente certeza que este canal representa una división fundamental entre provincias geológicas diversas. Las medidas gravimétricas muestran además que la Antártida occidental se encuentra casi en equilibrio isostático y que la índole del terreno es continental, con la base cortical a un nivel relativamente alto.

Los estudios glaciológicos hechos desde 1957 incluyen numerosas expediciones a partir de la costa hasta muy dentro del continente, estaciones fijas en los mismos glaciares, profundas perforaciones y observación de las deformaciones del hielo y su movimiento, especialmente en el mar helado de Ross. Desde el principio del AGI van recorridos unos 16.500 km. en diferentes rutas de exploración. Dos mapas superponibles, fruto de todas ellas, aun las realizadas por exploradores de otros países, permiten apreciar intuitivamente las cotas de la superficie nevada exterior y el espesor correspondiente del hielo, de donde se deduce la verdadera topografía del continente y su verdadera relación con el nivel del mar, oculta por la espesa capa de nieve helada. La meridiana divisoria entre los hemisferios E. y W. dejan casi a un lado la porción menor occidental de la Antártida con la península de Palmer y los dos mares laterales de Ross y Ellsworth: ese complejo

relativamente poco extenso tiene en su centro una cota máxima de 2.000 m., a partir del cual el terreno desciende pronunciadamente por todos lados hasta el nivel del mar; en la parte oriental, mucho mayor y de forma sensiblemente semicircular, hay dos cotas máximas del orden de los 4.000 m. colocadas simétricamente, y las líneas de nivel que las rodean están mucho más juntas a partir del máximo oriental que del occidental, de suerte que la pendiente más suave de todas es la correspondiente a la altiplanicie del W.; pero predomina en todo el conjunto una notable uniformidad, radicalmente distinta de las estructuras que vemos en los mapas del resto del globo. La distribución de los espesores del hielo no coincide con ella sino en líneas muy generales, y hay notables divergencias, nacidas entre otras causas de la desigualdad *real* de los desniveles superficiales rocosos, por oposición a la *aparente* nivelación producida durante los últimos milenios por la nieve hoy helada. Hay cuatro máximos de 3.000 m. de diferente extensión, tres de ellos en la meseta central y uno junto a la estación de Byrd; también aquí el gradiente es mayor y menos acusado en el resto.

Tanto a la geología y glaciología, como a las predicciones meteorológicas a larguísimo plazo, interesa conocer el ritmo pasado, actual y futuro de la precipitación atmosférica en la Antártida. Las últimas cifras publicadas ofrecen una gradación de cantidades medias anuales de lo que podíamos llamar régimen actual, en equivalente de agua, y acusan precipitaciones notablemente más copiosas en los bordes del continente, y mucho más reducidas en las mesetas centrales: 24 cm. en Little America, 18 en Ellsworth, 16 en Byrd, 13 al Sur de Wilkes, 7 en el polo y 2-4 en plena meseta, al comienzo del glaciar de Skelton. Al final de su largo trayecto tiene ésta una descarga anual de 791 millones de m³ de hielo. Las perforaciones, que en Byrd han llegado a los 300 m. y en Little America a 250, seguidas del análisis en el laboratorio, proporcionarán importantes datos para la historia geológica de esta región occidental, donde el mayor dinamismo ciclónico, opuesto al anticiclón permanente de las altas mesetas, da ocasión a alteraciones de ritmo más rápido; asimismo las medias térmicas en cada nivel de esas perforaciones, contribuirán, cuando termine su estudio, a la reconstrucción del clima antártico durante los últimos siglos, del mismo modo que el *grano* del hielo en diferentes estaciones del año, con diámetros que oscilan entre uno y ochenta micrones; por otra parte, el análisis químico de las partículas englobadas en esta precipitación o *lluvia fósil* permitirá deducir útiles datos sobre la extensión del vulcanismo universal hasta regiones tan remotas. Otras observaciones usuales en glaciología relativas al desplazamiento, se continúan en la actualidad y aun se comprueba el lentísimo de otras masas de hielo sobre que están edificadas las estaciones de Byrd y del mismo polo, para lo cual se vienen haciendo exactísimas observaciones astronómicas. Desde los comienzos del AGI se comprobaron varios periodos glaciales en McMurdo, y posteriormente, en el Valle Seco de Taylor, se han identifi-

cado por los sucesivos depósitos cuatro avances bien marcados, y entre el primero y el segundo una fase interglacial (2).

La retirada de los hielos que dejó libre toda la isla de Clark, en la costa occidental, donde se halla la estación de Wilkes, ocurrió según Hollin, jefe de los glaciólogos, hace unos doce mil años; aliviada de este peso, la isla se alzó unos 30 m., y este movimiento bradisísmico parece seguir en la actualidad, a juzgar por la playa levantada que hay en las cercanías de la estación (13). Casi siguiendo el meridiano y a mitad de camino entre el polo y la estación de Byrd, se estableció durante el verano 1958-1959 una estación volante de geólogos encargada del estudio de la cordillera de Horlick, continuación de la que se extiende desde el extremo NE. de la Tierra Victoria hasta el S. y SE. del mar de Ross. Las alturas principales de Horlick son tres, de 3.900, 3.050 y 2.500 m. de altitud respectivamente, con 1.500, 1.200 y 900 de diferencia sobre el campo de hielo que las rodea; la porción central estudiada por los expedicionarios tiene unos 30 km. de longitud por 12 de anchura; su formación se debe a una elevación e inclinación de enormes bloques corticales a lo largo de grandes fallas; de aquí las empinadas laderas de 1.500 a 3.000 m. que marcan sus límites septentrionales: fallas que pertenecen y siguen la línea de las cordilleras de la Reina Maud, de la Real Sociedad y de las montañas que bordean por el W. la Tierra Victoria, y que parecen relacionadas con la constitución del horst central antártico (6).

Un estudio más completo de la geología glaciológica de la región de McMurdo, comenzado ya en el AGI, reúne los resultados de investigaciones hechas sobre el terreno por Pévé y Rivard (1.º de diciembre de 1957 a 10 de febrero de 1958) con los de cronología de sus formaciones relacionada con las cronologías glaciológicas de Nueva Zelanda y Norteamérica, aunque la ausencia de fósiles similares a los que suele haber en otros depósitos del Pleistoceno y el no disponer de suficientes análisis de C 14 (válidos prácticamente dentro de los 30-35 millares de años), ha obligado a atenerse a los criterios, de suyo variables, de los tiempos requeridos para la erosión y formación de depósitos. Las glaciaciones antárticas abarcan probablemente la mayor parte del Pleistoceno, que se estima como mínimo en 300.000 años y como máximo en un millón o más; se ha dividido en periodos parciales que toman sus nombres de la región donde aquí se han encontrado sus huellas y por tanto recientemente impuestos: así las glaciaciones de Koettlitz y Fryxell resultan contemporáneas de las de Otiran en Nueva Zelanda y del Wisconsin en Estados Unidos; la de Taylor con las Waimaungan e Illinois, y la de McMurdo con las de Ross y Kansas respectivamente. Entre las de Taylor y McMurdo hay aquí un largo período interglacial que coincide con los de Nueva Zelanda y con el de Yarmouth en el Norte (8).

ESTUDIO SÍSMICO DE LA CORTEZA

He aquí algunos resultados de exploraciones oceanográficas con diversos métodos de sondeo realizados por la Institución Scripps en el Pacífico Sur, desde la Oceanía Francesa hasta la costa meridional de América del Sur; y por el Observatorio geológico de Lamont, auxiliado por científicos de otros países, por la costa oriental de Sudamérica desde Buenos Aires hasta el Cabo de Hornos; en el mar de Escocia, desde las islas Falkland hasta las de Sandwich del Sur, junto al Cabo de Buena Esperanza, en el Golfo de Aden, Mar Rojo y Mediterráneo. El programa del AGI comprendía además el complemento sismográfico del estudio de las ondas lentas de los terremotos, la prospección en diversas formas de la corteza terrestre, los microsismos y los problemas geológicos de la Antártida.

En general, lo observado en el Pacífico Sur coincide con los datos que se tenían del norte y centro; este gran océano tiene una forma cóncava bastante regular, a pesar de sus dos cotas extremas: los 9.760 m. de elevación sobre el nivel del mar en las islas Hawai, y la profunda fosa de las islas Marianas de 11.037 m.; cuatro grietas transversales, paralelas entre sí, y casi equidistantes en latitud, las de Mendocino, Murray, Clarion y Clipperton, lo dividen en otras tantas zonas, y los demás accidentes propiamente no son oceánicos, como no lo es el arco Japón-Aleutinas-Alaska, ya que el análisis de sus rocas, terrestres y submarinas, indica su carácter asiático y está todo él marcado por la franja de epicentros hasta enlazar con California; y en su borde SW se halla la gran fosa de Kermadec, de 2.575 kilómetros de longitud y profundidad máxima de 10.630 m. Casi en todas partes de su vasta cuenca, la capa sedimentaria es de pocos centenares de metros, excepto en el área ecuatorial de los carbonatos, donde es doble de lo normal; pero hay más variedad en el espesor cortical propiamente dicho en el Sur, pues aunque la capa principal es uniforme, en muchas estaciones de sondeo se apreció otra intermedia de un kilómetro de potencia entre aquella y el sedimento; la velocidad de propagación sísmica en esta nueva capa es de 4-6 km/s. contra los 6,7 de la principal. En cuatro sitios diferentes se han comprobado hechos insólitos: a) en una bahía profunda de las islas de Tuamotu se halló una estructura completamente oceánica, a pesar de que la plataforma a que pertenece es un lugar poco profundo, donde se presumía que la corteza tendría un espesor mayor; b) al E. de la elevación del fondo correspondiente a la isla de la Pascua, la corteza no tiene más que 4 km., inferior a lo normal en regiones oceánicas, y además la capa superior es de 2 km., igual a la inferior principal; c) bajo la cordillera submarina de Nasca, que une esta isla con el Callao, hay 15 km. de corteza, uno de los mayores espesores obtenidos en los océanos, y d) en

cuatro lugares de la elevación del fondo antes citada, donde se había obtenido un valor cinco veces mayor que lo ordinario en el aflujo térmico desde el interior, la velocidad de transmisión nunca fue superior a los 7,5 km/s., a pesar de que los perfiles fueron excepcionalmente largos; es decir, que aquí parece afectada la velocidad en el manto por condiciones térmicas anormales, debidas quizá a corrientes de convección.

Son de particular interés las medidas de este género practicadas en la fosa Perú-Chile: no lejos de la costa de Antofagasta se obtuvieron varios perfiles sísmicos a corta distancia unos de otros y en dirección paralela al eje de la fosa y a medio camino entre él y el borde de la pendiente continental: allí la base de la capa cortical se encuentra a 23 km. por debajo del nivel del mar y a unos 20 del fondo; en el mismo eje la base está a unos 10,5 y al W. ya aparece el manto a su profundidad normal oceánica de 6; algo parecido ocurre en las proximidades del Callao.

Durante el AGI se han hecho sondeos sísmicos continentales en varios territorios americanos: junto a los Grandes Lagos al Norte, en Arkansas junto al Mississipi, en la altiplanicie de Méjico central, en Toquepala de la de los Andes, y en Chile. Se emplearon poderosas cargas de explosivos, unas veces dedicadas expresamente a este solo fin, y otras aprovechando ocasiones oportunas en canteras o minas, y se consiguieron perfiles de hasta 300 km. de longitud, con el consiguiente registro, tan valioso para estos estudios, de la onda Pn inicial por debajo del límite del manto. Los espesores obtenidos son: junto a los Grandes Lagos, 36 km., sin capas intermedias; en Arkansas, una superior de 2, a la que sigue otra de 10, y a continuación la corteza propiamente dicha con 43; en Méjico la primera es de medio kilómetro; la segunda, de 3,5; la tercera, de 29, y la cuarta, de 11, con alguna duda en la interpretación de las velocidades registradas, que hace oscilar el espesor total entre los 43,2 y los 44,2; en Toquepala, Tacna, a partir del centro de explosión, que es una mina de cobre, se instalaron series de sismógrafos en 10 azimutes: cálculos basados en el registro de la primera onda refractada dan un espesor cortical de 46 kilómetros; pero usando también la onda S refractada, casi a la distancia crítica de su aparición en el sismograma, resultan 65, distribuidos así por orden de profundidad: 4,1, 21,2 y 39,6; lo mismo ocurre en el altiplano de Chile en Chuquicamata, donde los espesores, según se aplique uno u otro criterio, son, respectivamente, 56 y 70, distribuido este último en 6, 28,4 y 35,9; como se ve, las proporciones en ambos casos son bastante parecidas. Comparando ahora estas últimas cifras con las obtenidas cerca de Antofagasta y de Chuquicamata, que casi están sobre el mismo paralelo, se obtiene un interesante perfil global que comienza bajo los Andes chilenos con el manto a unos 65 km., sube en pendiente de unos 45° hasta los 18 de la fosa Perú-Chile, y sigue luego por el Pacífico horizontalmente a 11 (14).

DESCUBRIMIENTOS Y EXPERIENCIAS

Meteorología submarina.—Un nuevo instrumento y una nueva técnica para su uso podrá ofrecer soluciones también nuevas al problema de la previsión ciclónica por vía microsísmica, en la que en un tiempo se cifraron tantas esperanzas; se trata de un tipo de sismógrafo a propósito para ser colocado en el fondo del mar y registrar allí en condiciones especialmente favorables los movimientos de la corteza terrestre. La campaña mundial de estudio de los microsismos para este fin práctico se fundaba, como es sabido, en la hipótesis de que eran transmitidos hasta la corteza a través de las masas de agua bajo la acción de agentes meteorológicos; la comprobación de esta teoría, tan discutida a raíz de la segunda guerra mundial, carecía de datos concluyentes para la argumentación, porque siempre había que apoyarse en registros indirectos de observatorios continentales o, a lo más, situados junto a las costas.

El modelo actual, descrito ante el último Congreso de la UGGI en Helsinki, ha sido fruto de unos diez años de pruebas en el Observatorio de Lamont, y se ensayó por primera vez en 1959 cerca de las Bermudas; el fondo estaba allí lo bastante quieto para permitir darle al sismógrafo un aumento cien veces mayor que el de los empleados en tierra. Con él se espera en primer lugar decidir la antigua controversia de la relación entre el mar y los microsismos; tendrá, en opinión de Ewing, otras aplicaciones no menos interesantes, tales como la detección de pruebas nucleares a larga distancia y con notable eficiencia, y abrirá nuevas posibilidades a las investigaciones oceanográficas. Uno de los fenómenos geológicos que podrá esclarecer, es el hecho comprobado en los últimos años de que, por razones desconocidas, algunas especies de ondas sísmicas originarias de focos submarinos y registradas en estaciones insulares, no llegan a las del continente, aunque su distancia sea del mismo orden de magnitud: si la barrera que les impide la propagación existe realmente entre la tierra y el mar, ello contribuirá a un mejor conocimiento y delimitación de la frontera entre el manto y la corteza en *provincias* diferentes continentales u oceánicas (12).

El mayor cañón submarino.—En junio de 1960, durante un crucero del «Vema», a medio camino entre Buenos Aires y las islas Falkland, se ha descubierto, paralelamente a la costa sudamericana, lo que probablemente es el mayor cañón submarino hasta ahora conocido: su profundidad a partir del fondo oscila entre 800 y 1.600 m., con anchura de 1.600 m. en su parte más profunda, y de 8 a 10 km. entre sus bordes superiores, y por lo menos (porque aún no ha sido recorrido del todo) de varios centenares de

kilómetros de longitud; tanto el «Vema» como otro navio argentino equipado también con aparatos modernos de sondeo, lo han cruzado unas cuarenta veces y explorado hasta 100 km. de su recorrido. En un principio pareció tratarse de una trinchera oceánica que corría paralela a la costa por más de 70 km.; pero a partir de esa distancia, se comprobó que torcía bruscamente hacia alta mar, y además el análisis de sus sedimentos demostró tratarse de un verdadero cañón: guijarros característicos de los cauces fluviales se hallaron a continuación de los sedimentos recientes. Ewing, jefe científico del «Vema», cree que forma parte de un sistema de ríos de la época glacial en lo que es hoy Argentina central: entonces los océanos estaban a un nivel de varios centenares de metros más bajo que el actual, y la costa argentina avanzaba bastante mar adentro; probablemente los sedimentos arrastrados hacia la antigua orilla se acumularon allí y se produjo un desprendimiento por la pendiente costera, engendrando poderosas corrientes de turbidez. Otro acontecimiento notable ocurrió durante el mismo crucero: esta vez cuando se hallaba el «Vema» al SW. de Australia: habiéndose hecho en aquel paraje una serie de sondeos sísmicos con cargas de 23 kg. de explosivo cada una, las detonaciones fueron captadas por los hidrófonos instalados en otra estación montada por el mismo observatorio en las Bermudas, a 19.000 km. de distancia, casi el máximo posible en la superficie terrestre; las vibraciones se habían transmitido por los «canales acústicos» del Índico y Atlántico (hasta entonces la mayor distancia alcanzada por este medio no había pasado de los 5.000 km.), y será difícil superar esta marca en el futuro, porque no existe trayecto alguno más largo, libre de la interrupción originada por las masas continentales (10).

Importante mina soviética.—Un depósito de mineral de hierro de alto grado, equivalente, según los rusos, al que hay en todo el resto del globo, ha sido hallado en el centro de la Rusia europea, a unos 500 km. al SW. de Moscú: pertenece a la región de anomalía magnética de Kursk, conocida desde 1784 por las aberraciones de la brújula. Los esfuerzos realizados hasta ahora para descubrir la causa responsable de ellas, habían conducido tan sólo al descubrimiento de depósitos de cuarcitas ferrosas de grado muy bajo y que exigían un laborioso proceso previo para ser utilizables en los altos hornos. El yacimiento rico se encuentra a un kilómetro de profundidad; un centenar de perforaciones de prueba, después de campañas intensivas de prospección magnética, permiten estimar que se trata de magnetita en cantidad probable de más de 30.000 millones de toneladas (las reservas mundiales de mineral rico vienen a cifrarse en 40.000 millones): a juzgar por los análisis, éste puede compararse con los de Suecia, así en el contenido de hierro (56-59 %) como en la pureza, pues carece de esos elementos extraños que hacen difícil el tratamiento, especialmente el azufre:

ya ha comenzado la explotación, y se confía para 1965 en llegar a un rendimiento de 36 millones de toneladas anuales (11).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BRODIE, J. W.: *Structural significance of sea-floor features around New Zealand*, «Geologische Rundschau», v. 47, núm. 2, págs. 662-667, 1958.
- (2) CRAY, A. P.: *Status of US scientific programs in the Antarctic*, «Trans. Am. Geoph. Union», v. 41, núm. 3, págs. 421-532, sept. 1960.
- (3) EWING, M. et al.: *Significance of the Worzel deep sea ash*, «Proc. Nat. Acad. Sc.», v. 45, núm. 3, págs. 355-361, 1959.
- (4) HEEZEN, B. C.: *The rift in the ocean floor*, «Scientific Amer», v. 203, núm. 4, páginas 98-110, octubre, 1960.
- (5) «Life»: *A new portrait of our planet*, págs. 74, sigg., 21 noviembre 1960.
- (6) LONG, W. E.: *Geologic investigation of the central Horlick Mountains, Antarctica*, «Trans. Am. Geoph. Union», v. 41, núm. 3, págs. 498-503, sept. 1960.
- (7) MENARD, H. W.: *Geology of the Pacific floor*, «Experientia», v. 15, núm. 6, páginas 205-244, 1955.
- (8) PÉWÉ, T. L.: *Glacial history of the McMurdo Sound region*, «Trans. Am. Geoph. Un.», v. 41, núm. 2, págs. 391-397, junio, 1960.
- (9) SPEC. COMM. OCEAN. RES.: *International Indian Ocean Expedition*, «Proc. Am. Geoph. Un.», v. 41, núm. 3, págs. 493-497, sept. 1960.
- (10) «Sc. Amer»: *Biggest canyon*, v. 203, núm. 2, págs. 71-72, agosto 1960.
- (11) — — —: *Soviet ore find*, v. 203, núm. 4, págs. 84-87, octubre 1960.
- (12) — — —: *Ocean-bottom meteorology*, v. 203, núm. 4, pág. 95, octubre 1960.
- (13) TRESSLER, W. L.: *Oceanographic observations at IGY Wilkes Station, Antarctica*, «Trans. Am. Geoph. Union», v. 41, núm. 1, págs. 98-104, marzo, 1960.
- (14) WOOLLARD, G. P.: *Seismic crustal studies during the IGY*, Tr. Am. Geoph. Un., v. 41, núms. 1-2, págs. 107-113, marzo y 351-355, junio 1960.
- (15) WORZEL, J. L.: *Extensive deep sea sub-bottom reflexions identified as white ash*, «Nat. Ac. Sc. Proc.», v. 45, núm. 3, págs. 349-355, 1959.

J. L. AMORÓS (1) y A. SAN MIGUEL (2)

EL MECANISMO PLUTÓNICO COMO FENÓMENO COOPERATIVO: INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA

RESUMEN

La influencia de la difusión en estado sólido como factor geológico se examina en este trabajo. Los factores que determinan la difusión intrínseca y extrínseca se toman como definidores de unos mecanismos geológicos, y se señala la isogeoterma de los 350°C como la profundidad a la cual la difusión intrínseca es importante, y que coincide con la llamada fase neumatolítica. Se examina asimismo la influencia del coeficiente de compresibilidad y del volumen de activación atómico como factores en la distribución de los átomos en zonas geológicas sometidas a la acción de tensiones, como base a una fenomenología geológica.

SUMMARY

The influence of diffusion in solid state is examined as a geological factor. Intrinsic and extrinsic diffusions are considered as geological mechanisms and the 350°C isogeotherm is taken as the depth where intrinsic diffusion becomes important and it is compared with the so called pneumatolic zone. Also the atomic compressibility coefficients and the atomic activation volumes are considered as the determinant factors in the distribution of the atoms in strained geological zones.

INTRODUCCIÓN

Cuando analizamos el desarrollo de las teorías que explican el movimiento interno y comportamiento de las estrellas y de los átomos, vemos que están mucho más desarrolladas y perfeccionadas que las teorías similares que se refieren a la Tierra. Lo que es curioso es que ésto suceda precisamente cuando la Tierra es fácilmente accesible, mientras que no lo son ni los átomos ni las estrellas. Existe, no obstante, una explicación sencilla a este estado de cosas: existen un gran número de átomos y estrellas, que nos permiten observar cada detalle muchas veces. Además, la radiación que emiten nos suministran informaciones preciosas acerca de los procesos ató-

(1) Catedrático de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Madrid.

(2) Catedrático de Petrología de la Universidad de Barcelona.

micos o estelares. Por el contrario, tenemos una sola Tierra, que irradia muy poco, y que es muy estable, al menos frente a la existencia del hombre, dada la lentitud de los procesos geológicos. Por tanto, la información que se obtiene de la Tierra es relativamente esporádica y pobre, y son necesarias miles de pacientes observaciones a lo largo de generaciones para avanzar en el conocimiento de nuestro Planeta.

Quizás una solución de los problemas sería un trabajo más completo, más delicado, de geología de campo. Mapas precisos, descripciones detalladas, darían sin duda mucha luz acerca de los fenómenos que ocurren en la superficie de la Tierra. En especial, la Petrología como ciencia interpretativa, debe profundizar en el detalle de las micro y macro-estructuras, en la relación de éstas con la geología estructural. La clave de grandes procesos petrológicos nos la proporcionan muchas veces pequeñas observaciones al microscopio, y en forma análoga, los elementos traza se han revelado de importancia excepcional en mineralogénesis y petrogénesis. Los mecanismos principales en la Tierra no son, por otra parte, meros fenómenos superficiales, aunque pueda influir la superficie. La Geología es básicamente la investigación de la superficie de la Tierra, y puesto que nos da poca indicación de la naturaleza interna, incluso de la misma corteza terrestre, debemos buscar otras fuentes de conocimiento que nos orienten. De todas maneras, los hechos que se deben interpretar son siempre las observaciones de campo y por eso, desde que el criterio científico fue aplicado a la Tierra y la Geología surgió como ciencia, las teorías se han basado en unas pocas ideas, y estas ideas básicas se han alternado dependiendo fundamentalmente de la moda científica imperante.

En trabajos anteriores (1), hemos llevado a cabo críticas de las teorías magmáticas y hemos mostrado la necesidad de fundar la geología de las rocas profundas sobre bases actualistas transformistas. Numerosos trabajos han aparecido en estos últimos tiempos, en los cuales la teoría transformista ha sido ampliamente aplicada a problemas geológicos (2). Especialmente el gran avance realizado en estos últimos veinte años sobre el conocimiento del estado sólido, ha permitido la aplicación en Petrología del concepto de «cristal dinámico», el cual ha abierto nuevos y fecundos horizontes a la especulación petrogenética. Puesto que las rocas son asociaciones de cristales, la posibilidad de que se produzcan importantes transformaciones mineralógicas y estructurales bajo la acción dinámica de la corteza, es ahora comprendida sin necesidad de pasar por un estado previo de fusión y sin necesidad de acudir a hipotéticas soluciones magmáticas.

Es bien conocido hoy que un proceso cual el de la cataclasis, al que tan poca atención se le ha prestado, favorece con la rotura de los silicatos la movilidad de sus iones, con los consiguientes fenómenos de difusión y la producción de cambios fundamentales en la estructura de los minerales y en la composición mineralógica y estructural de la roca.

Las deformaciones producidas por la tectónica de plegamiento y de fractura, confieren a las rocas estructuras cataclásticas particularmente adaptadas a los fenómenos de recristalización, al aumentar las superficies libres a consecuencia de las roturas, la producción de dislocaciones y perturbaciones en la red cristalina de los minerales esenciales de la corteza terrestre. De este modo, la mecánica tectónica se convierte en agente petrogenético de gran importancia en proceso tan fundamental y trascendente en la evolución de la corteza siálica, cual es el de la formación y evolución de las rocas plutónicas. A pesar de existir numerosas especulaciones y teorías sobre la granitización, se echa en falta una teoría termodinámica que haga posible describir el mecanismo de la granitización con una base fenomenológica sencilla. Ya en otro trabajo anterior, afirmábamos que las reacciones en estado sólido constituían la base adecuada para explicar el mecanismo de las rocas profundas. La dificultad principal que se quiere encontrar es que la difusión en estado sólido según la teoría clásica, sólo explica difusiones de corto alcance, y que por tanto no podrían ser directamente aplicables sus conclusiones a los procesos geológicos, puesto que:

a) Los experimentos se realizan en condiciones de presión baja a temperaturas uniformes en la muestra.

b) No se tienen experimentos sistemáticos donde se demuestre realmente la influencia del gradiente térmico y de presión en la difusión en estado sólido.

c) Todos los fenómenos han sido estudiados en corto espacio de tiempo.

La Geología, por otra parte, sólo puede avanzar en su conocimiento si utiliza los adelantos en otras ramas del saber científico. Quizás la Geología sea la Ciencia natural más especulativa y por esta razón la verosimilitud de las teorías geológicas debe basarse casi por completo en conocimientos ajenos a la Geología misma. La Metalografía, la Física del estado sólido, la Geofísica, la Física de altas presiones etc., constituyen las fuentes adecuadas de los conocimientos, que luego deben ser aplicados a la interpretación de los hechos geológicos.

CONDICIONES GENERALES DE UNA TEORÍA PETROLÓGICA PLUTÓNICA

Es indudable que la Geología en su estado actual de conocimientos y evolución, ha alcanzado una etapa en la cual se aprecia claramente una tendencia a la revisión de teorías y concepciones consagradas por la tradición, y a su sustitución por nuevas ideas acordes con los avances científicos y con el cúmulo de nuevas observaciones y datos sobre la constitución y características de la corteza de que hoy disponemos.

Esto resulta particularmente cierto en cuanto se refiere a uno de los problemas básicos en Geología, cual es el origen de las rocas graníticas, es-

trechamente ligado a otro problema geológico no menos fundamental y apasionante: el origen y desarrollo de las orogénias.

En la formulación de una teoría general plutónica se deben tener en cuenta una serie de ideas y conceptos fundamentales, que no por sabidos dejan de tener trascendental importancia en el planteamiento. Principios tan elementales en Geología, cuales son el actualismo y los estados intermedios, revisten extraordinario interés en la interpretación petrogenética, y no pueden relegarse al olvido en la especulación geológica en general.

En primer lugar, la teoría geológica debe ser actualista en su contextura. Es decir, debe tener en cuenta exclusivamente aquellos mecanismos y procesos que podemos observar hoy en día, o que podemos fácilmente deducir de las condiciones actuales. De esta manera se sienta una hipótesis de largo alcance que, en esencia, afirma que *las condiciones dinámicas que han imperado en la Tierra a lo largo de su historia geológica han sido las mismas cualitativamente, y que sólo cuantitativamente han cambiado en períodos distintos de su historia.*

En segundo lugar, debe propugnar el estudio metódico de las transformaciones que se producen en las rocas y seriar cronológicamente estas transformaciones mineralógico-estructurales, de forma que podamos conocer su evolución en el transcurso de los tiempos geológicos y muy particularmente los procesos geológicos determinantes de estas transformaciones. En este aspecto, la situación petrogenética de las estructuras de las rocas plutónicas por ejemplo, está lejos de ser bien conocida y se mantienen todavía afirmaciones tan poco evidentes como que la estructura granuda revela la cristalización de un magma de profundidad. En el campo indicado de las transformaciones mineralógico-estructurales de las rocas, el estudio de los procesos de cataclasis y milonitización, reviste un extraordinario interés por cuanto nos proporciona ejemplos valiosos del comportamiento de la materia sólida en las zonas más profundas y de tensión de la corteza. Las rocas miloníticas en este aspecto constituyen excepcionales imágenes fosilizadas de la acción tectónica dentro de la zona de actividad sísmica y proporcionan datos interesantísimos sobre la utilización de la energía mecánica liberada en los fenómenos sísmicos (fallas), y que se transforma en calor de fricción de los bloques de la corteza. Por otra parte, el comportamiento plástico de los milonitas y ultramilonitas, nos enlaza insensiblemente con las masas fluidas, dándonos una pista a seguir sobre la posible causa de la formación de magmas. Es indudable que las energías mecánica y térmica desarrolladas en la trituración de los minerales en un proceso de milonitización en profundidad puede ser tal que llegue a fundir la roca, dándonos así un magma local, y que la causa principal desencadenadora del fenómeno volcánico radique precisamente en este punto.

En tercer lugar, debe tener en cuenta la evidencia actual sobre la constitución de la Tierra en general y de la litosfera en particular. Aparte de la

heterogeneidad de materiales que presenta la litosfera, la solidez de ésta y del manto, es el denominador común, que se ha revelado en estos últimos tiempos. Este punto que podría parecer de escasa significación, es de tipo fundamental, pues condiciona que una teoría petrogenética plutónica para ser natural, debe tener en cuenta la realidad física de la litosfera, es decir, su naturaleza sólida. Hoy se acepta, de acuerdo con las investigaciones astrofísicas sobre los meteoritos de una parte, y de otra con los datos adquiridos por la Geofísica, estudiando la propagación de ondas sísmicas a través de la Tierra, que por lo menos, hasta los 700 Km. de profundidad, la Tierra se comporta como un sólido. La presencia de zonas fundidas (los magmas) es real, pero tan limitada en el espacio y en el tiempo, que constituyen tan sólo accidentes locales de la corteza. Por tanto, no puede fundarse una teoría que quiera ser general en un proceso (la cristalización de un magma fundido), que no tiene sentido universal. En consecuencia, sólo deberemos considerar mecanismos que afecten al estado sólido, sin alterar su realidad, y la fusión considerarla como producto de ciertas condiciones excepcionales, aún cuando dentro de un mismo mecanismo unitario. Esta manera de operar viene asimismo justificada por la tendencia a la economía que rige en todos los procesos de la Naturaleza, la cual elige siempre el mecanismo más apto y más general en los procesos considerados en su conjunto.

Finalmente, la teoría debe tener en cuenta la estrecha dependencia existente entre el plutonismo en general y la tectónica de la corteza, es decir, debe ser geológica en su contextura.

Este trabajo no constituye sino una introducción a una teoría general de la corteza terrestre, cuyas consecuencias serán en trabajos futuros estudiadas con detalle y confrontadas con los problemas que la petrogénesis de las rocas plutónicas tiene planteados.

CARACTERES GENERALES DE LA DIFUSIÓN EN CRISTALES IÓNICOS

La difusión en estado sólido juega un papel de extraordinaria importancia en los fenómenos geológicos, y por tanto, es de interés examinarla aquí con cierto detalle. Podemos definir como difusión el proceso por el cual se iguala la concentración de una sustancia en una fase (3), como el proceso que se presenta en los cristales espontáneamente a medida que el cristal reduce el gradiente de concentración (4), o en términos más generales, como el proceso donde los átomos e iones emigran a través de la estructura bajo el ímpetu de una cierta fuerza termodinámica.

Muy poco se ha publicado en relación con la difusión en cristales «iónicos» y la mayor parte de los datos que se poseen se refieren a metales. Las contribuciones más importantes a la teoría de la difusión, especialmente

las interpretaciones termodinámicas, se han originado en realidad del estudio de los metales. Entre los autores más importantes a este respecto, debemos citar a Jost (3), Barrer (5) y Hauffe (6).

En estos últimos tiempos, se ha dado importancia al estudio de la conductividad iónica como consecuencia de la difusión en cristales iónicos. Es interesante observar la gran similitud existente entre las ecuaciones que describen la difusión, flujo térmico y conductividad eléctrica en estos cristales, pues estos procesos son proporcionales al gradiente de concentración, gradiente térmico y potencial eléctrico, respectivamente. Esta semejanza indica la naturaleza termodinámica del proceso y realza el valor de ciertos aspectos de la interpretación termodinámica de la difusión. La correlación existente entre la cinética de la difusión y cinética química, es evidente en el éxito parcial de las teorías de difusión del estado de transición (7) y de Langmuir-Dushman (8).

La dependencia de la difusión con la temperatura en un sistema ideal, puede ser descrito en función de una ecuación del tipo de la fórmula de Arrhenius

$$D = D_0 \exp (-E/kT)$$

donde D es la difusividad a una temperatura absoluta T dada, D_0 la constante de difusión, E la energía de activación y k la constante de Boltzmann.

Los valores que se apartan de la fórmula ideal constituyen la regla general y siempre se trata el problema en términos particulares. No obstante, se pueden hacer generalizaciones que sirvan de base para la teoría geológica.

Siempre que se consideren los procesos de difusión, debe tenerse en cuenta desde el primer momento que son extremadamente complejos para juzgar así la evidencia teórica y experimental del proceso. Por lo menos, es posible distinguir en principio tres tipos distintos de difusión. A temperaturas por encima de la temperatura de Tammann (*), la movilidad reticular predomina, y viene caracterizada por una energía alta de activación. La difusión en los bordes de grano, que pueden considerarse que incluye difusión en cierto tipo de dislocaciones, posee mucha menor energía de activación y persiste a temperaturas mucho más bajas. El tercer tipo de difusión es la superficial, que también posee una energía de activación baja del mismo orden de magnitud o menor que la difusión de bordes de grano, con cuyo proceso generalmente se superpone. Hüttig (9) y otros, han demostrado que este mecanismo persiste incluso a temperaturas de $0.23 T_F$ o

(*) La temperatura de Tamman es aquella en la cual el exponente de los procesos de difusión y conducción de alta temperatura implica movilidad reticular significativa en cualquier intervalo de tiempo normal. A veces se expresa como $0.5-0.52 T$, donde T es la temperatura de fusión expresada en °K. Expresa mejor el rango de temperatura en este punto.

más bajas aún. En general, es extraordinariamente difícil aislar la contribución de cada uno de estos tipos de difusión, excepto a temperaturas muy altas donde predomina la difusión reticular.

La teoría del estado sólido con defectos, ha contribuido mucho al conocimiento del mecanismo de difusión, especialmente en cristales iónicos, y constituye en realidad la base más satisfactoria para establecer una teoría adecuada. Por esta razón, parece conveniente referirse con algún detalle a esta concepción. Por otra parte, una interpretación teórica que ignore un estado sólido defectuoso no cabe esperar que pueda dar lugar a una teoría completa y satisfactoria.

En 1926, Frenkel (10) supuso que los iones podían ocupar oposiciones reticulares intersticiales, dejando posiciones vacantes y emigrar así a través del cristal, saltando a posiciones vecinas y semejantes, hasta que se recombine con las posiciones vacantes dejadas por otros iones en migración. Este es el desorden de tipo Frenkel, que parece presentarse en los haluros de plata, pero que no es excesivamente frecuente.

Schottky (11) ideó un modelo de desorden, que tiene un número equivalente de posiciones vacantes de aniones y cationes. Estos lugares vacantes se originan en superficies tales como la superficie externa de los cristales, superficies internas (mosaico), dislocaciones, etc. Para que exista neutralidad eléctrica en una red fuertemente iónica, hace falta que el número de diferencias en cargas positivas y negativas sea la misma. Se dice equivalente, porque impurezas iónicas de mayor valencia que la red, pueden estabilizar cargas extras, y, por tanto, no ser igual al número de deficiencias positivas y negativas. Gray (12), por otra parte, señala que incluso en los cristales puros ideales, cuyos enlaces no sean preponderantemente iónicos no se necesita igualdad en el número de posiciones de anión o catión vacantes.

En los cristales iónicos, los defectos de tipo Schottky son preponderantes y la difusión se puede describir en realidad como un proceso resultante de la emigración de lugares vacantes.

DIFUSIÓN INTRÍNSECA Y EXTRÍNSECA

En el mecanismo general de la difusión hemos de distinguir entre la difusión que se realiza a través del cristal y movilizándolo los propios elementos constitutivos del mismo (difusión intrínseca), y la que se lleva a cabo aprovechando los bordes, zonas de rotura, etc., del mismo (difusión extrínseca).

a) *Difusión intrínseca*.—Este tipo de difusión depende del número de

lugares vacantes que se generan en la masa del cristal por el calor. La densidad numérica de estos lugares vacantes viene dada por

$$n_s = N \exp(S_s/2k) \exp(-H_s/2kT) \text{ cm}^{-3}.$$

Esta expresión nos recuerda la característica fundamental de los lugares vacantes en el cristal: su naturaleza dinámica. Es decir, que su creación y aniquilamiento es función de la temperatura, y por tanto son de naturaleza dinámica. Como ejemplo que sirva de idea del número de lugares vacantes en equilibrio que existen en un cristal iónico en función de la temperatura, damos a continuación los correspondientes al ClNa, según datos de Etzel y Maurer (13).

CUADRO
Lugares vacantes térmicos en equilibrio
en el ClNa (13)

Temperatura		(min. n_s/cm^3)
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{K}$	
257	50	8.3×10^{12}
327	600	4.1×10^{14}
427	700	6.7×10^{15}
527	800	5.4×10^{16}
627	900	2.4×10^{17}
727	1000	1.0×10^{18}
800	1073	2.2×10^{18}

Estos datos coinciden con la cifra calculada por Kelting y Witt (14) para el ClK «puro» en el punto de fusión. En estas condiciones podemos tomar estas cifras como representativas del orden del fenómeno.

Si sólo consideramos los defectos de Schottky, como los procesos de difusión que se realizan a través de saltos de iones a las posiciones vacantes vecinas, la difusión se puede describir como la emigración de lugares vacantes a través de la red cristalina. Por tanto, el coeficiente de difusión real D es igual al producto del coeficiente de difusión iónico D_i por la fracción de lugares vacantes presentes.

El coeficiente de difusión iónico viene expresado por el número total de iones que emigran a través de una sección de unidad de superficie por unidad de tiempo, suponiendo que todos los iones tienen igual probabilidad de emigrar,

$$D_i = \rho_i a^2 = \nu a^2 \exp(-U/kT),$$

donde ρ_i es la probabilidad (frecuencia), de salto de un ion, expresada por

$$\rho_i \approx \nu \exp(-U/kT)$$

donde ν es la frecuencia de vibración del ion. En el ClNa, por ejemplo, un catión tiene una frecuencia de salto de 10 por segundo a 300° K y de unos $10^{10} \text{ seg.}^{-1}$ a 1.073° K, el punto de fusión (15).

El coeficiente de difusión real D, será entonces:

$$D = \frac{n_s}{N} D_i = \frac{n_s}{N} \nu a^2 \exp(-U/kT)$$

Sustituyendo $\frac{n_s}{N}$ en la ecuación, tenemos

$$D = \nu a^2 \exp(S_s/2k) \exp\{- (U + 1/2 H_s)/kT\}$$

que es semejante a la fórmula de Arrhenius.

La altura de la barrera de potencial U será evidentemente una función del espaciado reticular, y su valor se sabe que decrece con la dilatación térmica del cristal.

b) *Difusión extrínseca.*—La difusión extrínseca o estructuro-sensitiva se observa a temperaturas por debajo de aquella en que predomina la difusión intrínseca. La característica más importante de este tipo de difusión consiste en que viene afectada marcadamente por la naturaleza defectuosa del sólido en la cual se lleva a cabo. De esta manera, la difusión extrínseca viene afectada por factores tales como impurezas, historia mecánica y térmica del cristal, etc. Es independiente de la temperatura, y sí sólo del número de defectos presentes *per accidens* en el cristal.

Es decir:

$$D_{\text{ext}} = n_s'' S$$

donde n_s'' es el número de partículas en condiciones de difundirse por centímetro cúbico y S es la movilidad de las partículas que se difunden. La diferencia fundamental entre ambos tipos de difusión reside en que el número n_s'' es una constante independiente de la temperatura, mientras que n_s es función de la temperatura.

TEMPERATURA DE TAMMANN Y RANGOS DE DIFUSIÓN EN LOS SILICATOS

Como hemos visto en lo que antecede, la temperatura de fusión de una sustancia juega un papel de extraordinaria importancia, pues marca, a través de su subordinada, la temperatura de Tammann, el punto en el que

la difusión intrínseca se hace importante y, por tanto, la difusión de materiales en la masa del cristal tiene preponderancia. Por otra parte, es un hecho conocido que la litosfera está constituida casi exclusivamente por silicatos, y por tanto es el comportamiento físico-químico de los mismos el que confiere carácter decisivo a los mecanismos de la litosfera. No es de extrañar, por tanto, que en nuestra discusión nos refiramos exclusivamente a los silicatos, y que pretendamos sacar consecuencias generales, basándonos en el comportamiento de los mismos.

Los puntos de fusión de los silicatos más importantes que se dan a continuación corresponden a Doelter (16), y sirven como datos de orientación.

Silicatos sólidos:

SiO ₃ Na ₂	1007° C
Si ₂ O ₆ AlNa	1060° C
SiO ₄ AlNa	1195° C
Si ₃ O ₈ AlNa	1180° C

Silicatos potásicos:

Si ₂ O ₆ AlK	1350° C
Si ₃ O ₈ AlK	1180° C

Silicatos cálcicos:

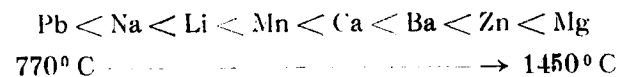
SiO ₃ Ca	1380° C
SiO ₆ Al ₂ Ca	1300° C
Si ₂ O ₈ Al ₂ Ca	1370° C
Si ₃ O ₁₂ Al ₂ Ca ₃	1250° C
Si ₃ O ₁₀ Al ₂ Ca	1200° C

Silicatos magnésicos:

SiO ₃ Mg	1460° C
SiO ₆ Al ₂ Mg	1300° C
Si ₃ O ₁₂ Al ₂ Mg ₃	1280° C

De estos datos se deduce que la temperatura de fusión de los silicatos sólidos es del orden de los 1.100°C; el de los potásicos, 1.200°C; 1.300°C para los cálcicos y con tendencia a temperaturas algo más elevadas en los magnésicos.

Según Doelter, en los metasilicatos se observa un aumento en el punto de fusión por la introducción de diferentes elementos químicos, según la serie



De esta manera, las temperaturas de Tammann para los distintos tipos de silicatos, sería del orden siguiente:

Silicatos sólidos	400°C
Silicatos potásicos	450°C
Silicatos cálcicos	500°C
Silicatos magnésicos	525°C

Por lo tanto, los 350-400 °C marcan en litosfera la isoterma donde la difusión intrínseca empieza a prevalecer sobre la difusión extrínseca. Es decir, que a partir de esta isogeoterma, la difusión en estado sólido y en masa empieza a tener valor desde el punto de vista geológico.

Es curioso señalar aquí que precisamente esta isogeoterma se toma como característica de la zona neumatítica en la teoría magmática, y que los fenómenos neumatolíticos se caracterizan por afectar a la masa cristalina en su totalidad, confirmando, por tanto, la idea de que es precisamente a esa temperatura donde la difusión intrínseca prevalece sobre las demás formas de difusión.

También es interesante señalar la isogeoterma donde comienza la difusión extrínseca. Según hemos indicado antes, la temperatura $0,2 T_f$ señala el comienzo de la difusión extrínseca en los cristales. De acuerdo con ello, vemos que esta temperatura es del orden siguiente para los distintos silicatos:

Silicatos sólidos	15°C
Silicatos potásicos	40°C
Silicatos cálcicos	50°C
Silicatos magnésicos	60°C

lo que nos indica que los procesos que ocurren en la interfase atmósfera-litosfera se deben fundamentalmente a la difusión extrínseca, y así precisamente se observa que la alteración de los minerales expuestos a meteorización procede a lo largo de la superficie del cristal, líneas de fractura, et cétera, es decir, allí donde la difusión extrínseca es predominante. Lo mismo acontece en las isogeotermas comprendidas en el rango hidrotermal.

INFLUENCIA DE LA COMPRESIBILIDAD IÓNICA

En los fenómenos geológicos que se desarrollan en la litosfera hemos de tener en cuenta, además de la composición y temperatura, la presión debida a las rocas suprayacentes y las tensiones que se desarrollan en los procesos tectónicos. La influencia de la presión es bien conocida a través de la textura que induce en la roca. No vamos a tratar por tanto de este

punto. No obstante, queremos considerar unos puntos que pueden servir para esclarecer el comportamiento de los elementos químicos en determinadas zonas de la litosfera, donde las presiones son grandes, es decir, en la zona profunda de la litosfera. Aquí la presión se hace hidrostática y por tanto el equilibrio definido por la composición química y la temperatura en esa región, se desplazará en el sentido de minimizar la acción de la presión. Es evidente que se obtiene este mínimo si los materiales se seleccionan de acuerdo con la ley de Chatelier, es decir, que permanezcan aquellos iones que posean un coeficiente alto de compresibilidad, y que se desalojan los que poseen un coeficiente bajo de compresibilidad.

CUADRO II

Cocientes r^4/z^2 y volumen de activación para los iones más importantes en la litosfera.

	r	z	r^4/z^2	Vol. act. x 10 A ³
Si ⁴⁺	0.42 Å	4	0.02	0.030
Al ³⁺	0.51 »	3	0.07	0.06
Fe ⁺⁺	0.74 »	2	0.75	0.21
Mg ⁺⁺	0.66 »	2	0.5	0.15
Ca ⁺⁺	0.99 »	2	2.4	0.52
Na ⁺	0.97 »	1	8.8	0.49
K ⁺	1.33 »	1	31.3	1.25
O ⁼	1.32 »	2	7.5	1.20

Como primera aproximación, y sólo como criterio para resolver este punto de manera cualitativa, podemos tomar la ecuación del coeficiente de compresibilidad de los cristales iónicos tipo ClNa:

$$k = \frac{9 N \Delta^4}{\alpha z^2 e^2 (n - 1)}$$

donde N es el número de Loschmidt, α la constante de Madelung, z la valencia, e la carga del electrón, Δ es la distancia interiónica en la estructura a presión ordinaria y n es un coeficiente que vale 9 para los haluros alcalinos. Aunque esta fórmula no pueda aplicarse directamente a los silicatos, nos da valiosa información, pues nos dice que la compresibilidad es directamente proporcional a la cuarta potencia del radio iónico e inversamente proporcional al cuadrado de la valencia. Teniendo en cuenta este punto, el cociente $\frac{r^4}{z^2}$ nos expresa cualitativamente la variación del coeficiente de compresibilidad de los distintos iones (cuadro II).

En el Cuadro II se reúnen los valores r^4/z^2 correspondientes a los iones más abundantes en la litosfera; Ca, Na y K, tienen coeficientes de compresibilidad altos, y por tanto pueden permanecer en las zonas profundas, mientras que el Fe y Mg, con coeficientes bajos, deben tener tendencia a ser rechazados de las zonas de altas presiones.

Una segunda orientación cualitativa del sentido en que actúa la presión sobre la difusión lo tenemos en el volumen de activación. De manera similar a la necesidad de una energía de activación para que un átomo se difunda por efecto térmico, es necesario un cierto volumen de activación para que la difusión se realice bajo la acción de la presión. Ha sido demostrado que el volumen de activación para un átomo dado corresponde aproximadamente a $\frac{3}{4} \pi r_3^3$, donde r es el radio del átomo que debe moverse. Por tanto,

es fácil calcular este dato. En el Cuadro II, se incluyen también estos valores, y nuevamente se ve que el Na, Ca y K necesitan volúmenes de activación grandes para moverse, y lógicamente con el aumento de presión, el espacio vacío es cada vez menor. Por el contrario, el Mg⁺⁺ y el Fe⁺⁺, tienen volúmenes de activación pequeños, y tenderán a moverse.

Por otra parte, el Si⁴⁺ y el Al³⁺, prácticamente indeformables y de radio pequeño, aunque tengan pequeños volúmenes de activación quedan atrapados debido a sus valencias altas en la red de oxígenos, elemento altamente deformable, según indica el valor r^4/z^2 .

EFFECTO DE ALTAS PRESIONES EN LA MOVILIDAD DE LOS ÁTOMOS EN LOS CRISTALES

En los esfuerzos llevados a cabo por físicos, químicos y metalúrgicos para dilucidar el mecanismo preciso de la difusión en los cristales, poco se ha hecho en realidad para conocer la movilidad de los átomos a distintas presiones. En este caso, es interesante considerar lo que Nachtrieb (17) describe como «volumen de activación». Este volumen de activación representa el aumento de volumen en un cristal que contiene un mol de centros «activados» en relación con un cristal sin este estado activado. En el caso de una difusión de lugares vacantes, corresponde al volumen de un mol de lugares vacantes en movimiento, ya estén localizados o difusos. En la difusión de átomos intersticiales, es la diferencia entre el volumen de un cristal con un mol de átomos intersticiales y el mismo cristal en estado ideal. La expresión correspondiente al volumen de activación V_{act} es:

$$V_{act} = -RT \left[\left(\frac{\delta / n D}{\delta P} \right) T + \frac{2}{3} \alpha - \alpha \beta \right]$$

donde α y β , son la compresibilidad y la constante de Grüneisen. Los dos últimos términos de la ecuación surgen de la disminución de la distancia del

salto y el aumento de la frecuencia característica con la presión. Esta corrección es pequeña y menor del 1 por 100 sobre el coeficiente de difusión D a presiones hasta 10.000 Kg. cm^{-2} en la mayor parte de los metales. Por tanto, es de suponer que el aumento de presión afecte poco a los coeficientes de difusión de los iones en los silicatos.

Con todo, la magnitud de la variación de los coeficientes de difusión con la presión depende de las fuerzas interatómicas, puesto que los átomos que se difunden se mueven de su posición de equilibrio a la posición activada, y por tanto es función de la afinidad de los iones.

Debe tenerse en cuenta además que la presión hidrostática disminuye el coeficiente de difusión, y que esta disminución puede ser importante

INFLUENCIA DE LAS TENSIONES EN LA DIFUSIÓN

Si el cristal está sujeto a tensiones homogéneas, aparece otro factor de los que controlan el cambio del coeficiente de difusión. Ciertas pruebas experimentales indican que una tensión elástica puede duplicar el coeficiente de autodifusión, y que una deformación plástica lo hace por un orden de magnitud. Esto indica que en cualquier estudio de este tema, debe tenerse muy en cuenta la posible modificación del sistema si se le sujeta a deformaciones y tensiones. Según la teoría de los procesos irreversibles, todo flujo termodinámico es proporcional no sólo al gradiente de concentración, sino también a los gradientes de tensión en el cristal. De esta manera Girifalco y Grimes (18) han demostrado que no sólo se altera el coeficiente de difusión en el sistema generalizado, sino el carácter básico de las ecuaciones de difusión.

Hemos visto en la teoría general de la difusión que ésta depende de dos factores: la frecuencia de saltos del átomo en difusión y de la concentración de lugares vacantes. Las tensiones negativas, es decir, las que corresponden a una compresión de la red, hacen descender la frecuencia de saltos, mientras que las positivas, que corresponden a una expansión de la red, producen un incremento en dicha frecuencia; esta dependencia es exponencial.

Por otra parte, en un sistema en tensión, la energía libre de formación de un lugar vacante puede ser diferente de la requerida en el sistema en reposo, por lo que la concentración de lugares vacantes depende de la tensión. Si las tensiones son constantes en el tiempo, la concentración de lugares vacantes debida a la tensión también lo será. Por el contrario, durante la deformación plástica, los lugares vacantes se producen a una velocidad que depende de la progresión de la deformación producida. En este

caso, la ecuación general correspondiente a la concentración de lugares vacantes es:

$$n^v = \bar{n}_v + N_T \exp(-G_v^*/kT)$$

donde \bar{n}_v es el exceso de lugares vacantes producidos por la deformación plástica y G_v^* la energía libre de Gibbs de formación de los lugares vacantes en condiciones de tensión. La teoría y el experimento muestran que en tipos sencillos de deformación el número de lugares vacantes producidos por deformación plástica es proporcional a dicha deformación.

Debido a que la concentración de lugares vacantes durante la deformación es mayor que el valor correspondiente al equilibrio termodinámico, el exceso de lugares vacantes tenderá a precipitarse fuera de la matriz cristalina. Balluffi (19) ha demostrado que la condensación de lugares vacantes es probablemente un proceso de nucleación heterogénea, en el cual los lugares vacantes se precipitan en las imperfecciones del cristal, tales como bordes de grano, inclusiones extrañas, etc.

El coeficiente de difusión es proporcional a la tensión aplicada, pero en el caso de una deformación progresiva es también función del tiempo, y por lo tanto importante en función de la historia del fenómeno.

Estos dos puntos, tiempo y efecto de la tensión en las deformaciones, indican la enorme importancia que los procesos de difusión en estado sólido pueden tener en los mecanismos geológicos.

EL MECANISMO DE LA FUSIÓN

Cuando la tensión o la deformación plástica sobrepasa unas ciertas condiciones límites, se produce una nucleación de lugares vacantes, y entonces se dice que aparece la fusión. Por lo tanto, la fusión no introduce ningún mecanismo nuevo. La fusión puede llegar a ser importante en ciertos casos donde la adición de calor por elevación de la temperatura o por fricción intensa de los materiales pueda producir una nucleación general de lugares vacantes. Pero en sistemas sujetos a tensiones y deformaciones plásticas, lo más frecuente es la concentración de estos lugares vacantes en las intercapas que separan las capas que se deslizan, produciendo una película que tiene los caracteres de líquido, pero que es de dimensiones atómicas. Difícilmente podemos hablar aquí de una fusión, y sí sólo de la aparición de una interfase altamente desordenada entre masas ordenadas. Está claro que si como hemos visto, la difusión aumenta con el número de lugares vacantes existentes en la red, la difusión en estas interfases será muy importante, y que por lo tanto serán la zona de nucleación de nuevas fases cristalinas estables en las nuevas condiciones termodinámicas.

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos expuesto los problemas básicos de la difusión en estado sólido y sus implicaciones geológicas. Según ello, la difusión de tipo extrínseco es importante en la litosfera hasta la isogeoterma de 350°-400°C, y a partir de esta isoterma la difusión intrínseca, es decir, a través de la masa del cristal, se hace importante. Esto explica la existencia de la zona neumatolítica en las regiones del llamado metamorfismo de contacto y regional.

Las tensiones influyen en la difusión, aumentándola proporcionalmente a la tensión aplicada. Esto explica que sea precisamente en las zonas de metamorfismo dinámico y en las zonas orogénicas y tectónicas, donde pueda esperarse un incremento considerable de la difusión en estado sólido, y que su consecuencia, las reacciones en estado sólido sean de la mayor importancia y extensión.

Finalmente, el coeficiente de compresibilidad de los iones expresado en función de r^4/z^2 y el volumen de activación iónico, claramente separan dos grupos de iones, el Mg^{++} , Fe^{++} y K^+ , Na^+ , Ca^{++} , cuyo comportamiento frente a la difusión en un sistema sometido a presiones, sea intrínsecamente distintos: el Mg y Fe, son móviles y expulsables de la zona de tensiones; el K, Na y Ca, quedan retenidos en la zona dinámica.

Las bases teóricas para una interpretación de la corteza terrestre quedan por tanto establecidas sobre criterios sencillos y únicos, quedando la fusión englobada dentro de un mecanismo general: la difusión y reacción en estado sólido.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) SAN MIGUEL, A. y FERNÁNDEZ POLO, J. A.: «III Reunión Int. React. Sólidos», Madrid (1958), II, 549.
SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. Idem II (1958), 587.
SAN MIGUEL, A.: «Cursillos y Conferencias», Lucas Mallada, fasc. II (1955)
AMORÓS, J. L.: «An. Univ. Hisp.», (1956).
- (2) PERRIN, R. y ROUBAULT, M.: «Bull. Ser. Carte Geol. Algerie. 5^{ème} Ser.» (1939), número 4.
BUGGE, J. A. V.: «Abh. Migtt. Norik. Videns. Akad». Oslo (1945).
HEDWALL, J. A.: «Inst. Sil. Chem. Res. Chalmers University» (1954).
PERRIN, R. y ROUBAULT, M.: «Schw. Min. Petr. Mitt.», 31 (1951).
RAMBERG, H.: *The origin of metamorphic and metasomatic rocks*, «Chicago Press» (1952).
- (3) JOST, W.: *Diffusion in Solids, Liquids and Gases*, «Academic Press», New York (1952).
- (4) BIRCHENALL, C. E.: *Atom Movements*, «Amer. Soc. Metals», Cleveland (1951).

- (5) BARRER, R. M.: *Diffusion in and through Solids*, «Cambridge Univ. Press» (1951).
- (6) HAUFFE, K.: *Reaktionen in und an Festen Stoffen*, Springer Berlin (1955).
- (7) GLASSTONE, G., LAIDLER, K. R. y EYRING, H.: *The Theory of Rate Processes*. «Mc Graw Hills», New York (1941).
- (8) DUSHMAN, S. y LANGMUIR, I.: «Phys. Rev.», 20 (1922), 113.
- (9) HÜTTIG G. F.: *Metal Treatment* (1938).
- (10) FRENKEL, J.: «Z. Physik», 35 (1926), 652.
- (11) SCHOTTKY, W.: «Z. Phys. Chem. B.», 29 (1935), 335.
- (12) GRAY, T. J.: *The Defect Solid State*, «Interscience», New York (1957).
- (13) ETZEL, H. W. y MAURER, R. J.: «J. Chem. Phys.», 18 (1950), 1.003.
- (14) KELTING, H. y WITT, H.: «Z. Physik», 126 (1949), 697.
- (15) GIESS, E. A.: «Dissertation», State University of New York (1958).
- (16) DOELTER, C.: *Handbuch der Mineralchemie*, «Steinkopff», Dresden (1917).
- (17) NACHTRIEB, N. H.: «Tech. Rep.», 58-68, WADC, Dec., 1954.
- (18) GIRIFALCO, L. A. y GRIMES, H. H.: «NACA Tech. Note.», 4.408 (1958).
- (19) BALÚFI, R. W.: «Acta Met.», 2 (1954), 194.

J. TRUYOLS SANTONJA y M. CRUSAFONT PAIRO

CONSIDERACIONES SOBRE LA EDAD DEL YACIMIENTO DE VERTEBRADOS DE TARREGA

RESUMEN

La asociación faunística de Tárrega, descubierta a principio del siglo actual, fue considerada por Vidal y Depéret como del Sannoisiense superior. Los elementos que figuran en la lista de este yacimiento (Mamíferos, Reptiles, Moluscos y Plantas), son insuficientes para atribuir al Sannoisiense la biota de Tárrega, caracterizada por su extraordinaria riqueza en formas autóctonas o endémicas (fase urgélica). La revisión de la flora y el estudio de nuevos reptiles y mamíferos, no caracterizados por Vidal y Depéret, inclinan mejor a considerar como de edad estampiense a este yacimiento. Ello plantea el problema del desplazamiento cronoestratigráfico de parte de los tramos de la cuenca terciaria del Ebro.

ABSTRACT

The fossil biota of Tárrega, discovered in the beginning of the present century, was considered by Vidal and Depéret like the Upper Sannoisian. The forms who make the list of this locality (Mammals, Reptils, Molucs and Plants) are not sufficient for this attribution, the biota being characterized by their abundance on autochton or endemic forms (Urgellic phase of Crusafont). The last review of flora and the study of new Reptiles and Mammals, not known by Vidal and Depéret, will inclined better towards an Stampian age for the locality. This question implies the problem of the well chronostratigraphic place of a great part of the Ebro basin levels.

El yacimiento de vertebrados fósiles de Tárrega, situado en el extremo occidental de La Segarra, junto a la extensa llanura del Urgel, fue dado a conocer por Vidal y Depéret en 1906. En aquella fecha, pocos eran los yacimientos de vertebrados fósiles conocidos en Cataluña, y no muchos los que se habían descrito de toda la Península Ibérica. Unos años antes (1899), Depéret mismo había estudiado la pequeña fauna de Calaf, que atribuyó al horizonte de Ronzon, es decir, al Sannoisiense. El nuevo yacimiento, situado a «un nivel mucho más elevado que Calaf en la serie oligocena de la cuenca del Ebro», fue considerado asimismo como del Sannoisiense «lindando ya con el Estampiense».

La atribución de los tramos inferiores de la serie continental del Ebro al Oligoceno antiguo, atribución respaldada por una de las primeras faunas

descritas con detalle en España, influyó de manera extraordinaria en el criterio a seguir por parte de los geólogos de principios de siglo, en lo que concierne a la determinación cronoestratigráfica de los tramos continentales de las grandes depresiones interiores del país. Anteriormente privaba la idea de que su colmatación era prácticamente de edad miocénica, de acuerdo con los hallazgos fosilíferos practicados en diversos yacimientos de la Meseta, si bien todavía Cortázar, en 1877, subdividía en Eoceno, Oligoceno y Mioceno el Terciario del territorio de Valladolid. De considerar como estrictamente miocénicos los materiales de relleno de estas cuencas, se pasó al extremo opuesto de reducir la extensión de los mismos a expensas del Oligoceno (1). A fomentar esa impresión contribuyeron las citas de un Aquitaniense lacustre en el Estrecho de Burgos (Larrazet) y de un Estampiense salobre en Toledo (Douvillé, Depéret), más tarde rectificadas, así como la descripción de esa interesante fauna de vertebrados de Tárrega, con las implicaciones estratigráficas que se quiso dar a los depósitos de los distintos niveles de la depresión del Ebro. La cartografía geológica señaló en consecuencia una extensión considerable al Oligoceno continental. Concretamente en la cuenca del Ebro se creyó ver, por lo que a tramos continentales se refiere, un relleno casi exclusivamente oligocénico. En la propia Memoria de Vidal y Depéret se cita un Aquitaniense en el interior de la cuenca (Vera de Moncayo, cerca de Borja), a base de una cita paleontológica muy pobre (un *Helix*, afín a *H. ramondi*) que, sin embargo, ha gozado de una larga fortuna, puesto que sobre esta mención tan discutible se ha fundamentado por varios, la cronología de gran parte de los depósitos terciarios de la cuenca.

Los materiales de Tárrega procedían de unas canteras de molasas situadas en realidad en el inmediato pueblo de El Talladell, activamente explotadas durante años como material de construcción. Gracias al celo de D. Francisco Clua, que descubrió el yacimiento, y más tarde al de los Padres Escolapios de Tárrega, en particular los PP. Noguera y Rimblas, se pudieron conservar numerosos restos fósiles de esta procedencia. La lista de especies establecida por Depéret, a cuyo cargo corrió la parte paleontológica del estudio, era la siguiente:

- Brachyodus cluai* Dep.
- Theridomys siderolithicus* var. *major* Dep.
- Plesictis filholi* Dep.
- Anficiónido indeterminado.

(1) En la Memoria de VIDAL y DEPERET, se afirma que la mayor parte de la serie terciaria del Ebro debe ser oligocénica, y aún deben serlo la mayoría de cuencas interiores de España, dejando aparte «los pequeños depósitos que en Madrid, Teruel, Valladolid, han suministrado osamentas de mamíferos, cuya edad, *mioceno superior*, no es dudosa»

- Chrysemys lachati* Sauv.
- Diplocynodon* sp.
- Prolebias* aff. *oustaleti* Sauv.
- Limnaea longiscata ostrogallica* Font.
- Planorbis* cf. *cornu* Brong.
- Pl. polycymus* Font.
- Anactomeria*?
- Sabal lamanonis* Sap.
- Cinnamomum lanceolatum* Ung.
- Leucothoe (Andromeda) protogaea* Ung.
- Myrica acuminata* Ung.

Esta lista vino a modificarse, por lo que a vegetales se refiere, con adiciones debidas a Fliche (1906 y 1908). En 1931 se abordó una primera revisión de los materiales de esa procedencia. Depape y Bataller iniciaron el estudio de la flora, junto con la procedente de otras localidades del Oligoceno de la misma cuenca, estudio reemprendido en 1950, y que culminó con la publicación de una interesante monografía de conjunto. En 1936, Kälin estudió y describió un Cocodriliano nuevo para el yacimiento, y en 1938 y 1957, Bergounioux clasificó tres Quelorios nuevos, en sustitución de la especie de Sauvage. Finalmente, en 1941 Bataller (en Marín, López Manduley y Bataller, 1941), citó otro Cocodriliano y un Mamífero, anunciado por él mismo en anteriores publicaciones. En la actualidad, la lista ha quedado, pues, establecida como sigue:

- Amphicyon* sp.
- Plesictis filholi* Dep.
- Brachyodus cluai* Dep.
- Theridomys siderolithicus major* Dep.
- Caenotherium gracile* Pomel
- Histanochampsia mülleri* Kälin
- Diplocynodon* (?) *marini* Bataller
- Chrysemys astrei* Berg.
- Chr. iberica* Berg.
- Chr. elegans* Berg.
- Prolebias* aff. *oustaleti* Sauv.
- Limnaea longiscata ostrogallica* Font.
- Planorbis* cf. *cornu* Brongn.
- Pl. polycymus* Font.
- Acrostichum (Chrysodium) lanceanum* R. et Ch.
- Drvopteris (Aspidium) dalmatica* Dep.
- Podocarpus eocaenica* Ung.
- Sabal major* Heer
- Quercus elaena* Ung.

Myrica banksiaefolia Ung.
Lindera stenoloba Laur.
Cinnamomum lanceolatum Heer
Phoebe cervarensis Dep.
Nymphaea dumasii Sap.
Leucothoe (Andromeda) protogaea Schimp.

Como hemos indicado, el yacimiento fue considerado inicialmente por Vidal y Depéret como del Sannoisiense superior. Sin embargo, a la vista de la lista actual y de los estudios realizados sobre los diversos grupos, no estamos muy seguros de que hoy pueda mantenerse exactamente el mismo criterio. Nosotros creemos mejor que la biota de Tárrega debe situarse en un horizonte algo más moderno, concretamente en el Estampiense. Intentaremos razonar nuestro punto de vista.

En primer lugar, la fauna de Tárrega llama curiosamente la atención por su carácter. Por lo que se refiere a los Vertebrados de este yacimiento, hecha excepción de las formas genéricas de atribución dudosa, la inmensa mayoría está constituida por especies nuevas. Sólo uno de los Quelonios y uno de los Mamíferos citados de esa procedencia, son formas análogas a otras francesas, y aún esas poseen una muy limitada extensión geográfica. Este carácter de la fauna de Tárrega no constituye ciertamente una condición demasiado cómoda para poder precisar con exactitud su edad. Conviene que retengamos ese hecho. Las características de la fauna son evidentemente propias de una asociación oligocénica, y además la posición estratigráfica de las molasas de Tárrega por encima de las capas con lignito de Calaf no deja lugar a dudas sobre este extremo. Sin embargo, resulta llamativa la inusitada cantidad de formas autóctonas que figuran en un solo yacimiento. Uno de nosotros (Crusafont, 1954), ha fundamentado precisamente en este hecho la creación de la que denomina *fase urgéllica* de endemismos, en el marco de la historia biogeográfica de la Península Ibérica durante el Terciario.

En realidad, no existen bases firmes que permitan la atribución de la biota de Tárrega al Sannoisiense. Sería deseable que los materiales de mamíferos de esta procedencia, hoy repartidos en diversas colecciones, fuesen revisados a fondo, lo cual permitiría sin duda la caracterización de un número superior de especies. La propia forma más representativa del grupo, la conocida como *Brachyodus cluai*, comprende de hecho (Crusafont), dos especies de talla distinta. Por otra parte, algunas atribuciones taxonómicas deben modificarse: el anterior Antracotérido corresponde al género *Elomeryx*, de acuerdo con el criterio moderno sobre el grupo, y el Roedor de esa procedencia, según Lavocat, es una especie nueva y diferente de la que figura en la lista de Tárrega. De todos modos, con los elementos disponibles podemos llegar a una conclusión distinta de la que ordinariamente se

admite. En efecto, por un lado poseemos un Teridómido, y sabemos que el grupo entero se extingue con el Estampiense; por otra parte, *Caenotherium*, también presente según Bataller, no aparece sino hasta este mismo piso, por lo menos admitiendo el *status* que para ese género dio Hürzeler hace unos años. La coexistencia de las dos formas es suficiente para situar en un horizonte más moderno que el Sannoisiense a la asociación de Tárrega. El valor del Mustélido de este yacimiento como documento estratigráfico es muy relativo, puesto que si bien es una forma análoga a uno de los *Plesictis* de las Fosforitas del Quercy, según el propio Depéret, es bien sabido que el relleno de las grietas de esta procedencia está escalonado entre el Bartoniense y el Estampiense, ambos inclusivos. Todo ello inclina, pues, nuestro ánimo a considerar la posibilidad de una edad estampiense como más probable, aun dentro de lo hipotético de la cuestión, antes de que pueda ser realizada una deseable revisión paleontológica de los mamíferos de esa procedencia.

Por lo que hace referencia a los Reptiles, es poco lo que puede decirse. *Hispanochampsia* es género nuevo, afin a *Alligator* y a *Melanosuchus*; *Diplocynodon* es típico del Aquitaniense, aunque se han unido a ese género formas distintas pertenecientes a varios niveles del Oligoceno y del Mioceno. Los Quelonios pertenecen al género *Chrysemys*: dos son formas nuevas, y una (*Chr. astrei*) ha sido hallada también en el Estampiense-Aquitaniense de Armissan. Por lo demás, este género, que no se conoce de época anterior, tiene tendencias filéticas modernas, puesto que alcanza plenamente el Pontiense. De todo ello parece inferirse que una edad más moderna cuadraría mejor con los elementos faunísticos pertenecientes a los Reptiles, de que disponemos.

Los Moluscos son bien poco expresivos. Es cierto que *Limnaea longiscata* es especie de una relativa antigüedad, pero la verdad es que tenemos bien poca confianza en las dataciones efectuadas a base de gasterópodos terrestres o lacustres. Además, esa misma especie ha sido hallada, según Denizot, en terrenos más modernos. La situación estratigráfica de Tárrega superior a Calaf, y la ausencia entre sus molasas de una especie como *Melanoides albigensis*, tan constante que llega a caracterizar en nuestro país el Eoceno superior y el Sannoisiense —por lo menos, desde que se ha encontrado asociada esta especie con la fauna de Montmartre (Masachs, Crusafont y Villalta, 1954), en Santpedor—, hace pensar que bien puede existir una división estratigráfica que separe los niveles representados por las asociaciones a que nos venimos refiriendo.

Y finalmente, hemos de indicar que tampoco los restos vegetales nos proporcionan demasiada ayuda para resolver el problema. La clasificación de los restos de plantas fue realizado en el supuesto que la edad sannoisiense del horizonte de Tárrega era ya concluyente. Lo cierto es que la mayoría de formas estudiadas por Depape son comunes a Sannoisiense y Estampiense;

algunas figuran en las listas florísticas del Eoceno parisién, y otras perduran todavía por todo el Neogeno (Plioceno del Arno, del Ródano y del Llobregat).

De todo ello sacamos, pues, la impresión de que no solamente no es segura la edad sannoisiense para la biota de Tárrega, sino que existen fundamentados motivos para creer que contrariamente, sea de edad estampiense. La distancia estratigráfica que separa Tárrega de Calaf (unos 350 metros, como mínimo, para un millar o más, para la serie entera del Oligoceno), autoriza plenamente a considerar una tal separación.

Por otra parte, este cambio de atribución no haría sino presentarnos como más verosímil la cronoestratigrafía de los tramos superiores a ese nivel en la depresión del Ebro, en completa continuidad sedimentaria con el resto, siguiendo la directriz NW.-SE. Las areniscas y margas rojizas y pardas del Urgel, llano de Lérida y parte de La Litera, que Vidal y Deperet, así como Born, consideraban como Estampienses, deberían pasar en realidad al complejo Aquitaniense-Burdigaliense, en esta zona, probablemente de difícil deslinde (2). Quizá los lignitos de Mequinenza, Fayón y Almatret pertenezcan en realidad a esos pisos. Al oeste del Cinca, las plataformas en gradería de Los Moregros representarían el conjunto del Mioceno medio y superior, de caracteres litológicos, análogos a los de las depresiones de Castilla (Sáenz, 1931, 1942). A partir de la superficie estructural de Candanos, se iniciaría quizá el Vindoboniense con margas yesosas y calizas blanquecinas o grises, en franco contraste con los tramos anteriores. Las tablas calcáreas de la sierra de Alcubierre (San Caspasio, a 811 m.) y las margas asociadas a ellas, constituirían, como sus homólogas de La Plana de Zaragoza, La Muela, etc., el fin de ciclo de relleno de la depresión, de una edad pontiense igual que el correspondiente horizonte de la «caliza de los páramos» del Mioceno castellano.

La posición cronoestratigráfica de las capas inferiores al horizonte de Tárrega es ya, en cambio, bien conocida. Por debajo de las molasas grises o blanquecinas de la Alta Segarra, existen margas rojizas o pálidas, que en Calaf contienen lignitos explotados de hace años. La fauna de Calaf, estudiada por Depéret (1899), contiene:

Ancodus aymardi Pomel.

Diplobune minor Filhol.

Melanoides albigensis dumasii Font.

M. occitanicus Font.

(2) Lo mismo sucede en el borde occidental de la cuenca, aunque la facies es distinta. En la Ribera tudelana, la facies margocalcárea es de un color rojo intenso. Un hallazgo reciente de *Palaeochoerus meissneri* (CRUSAFONT Y TRUYOLS, en curso de publ.), muestra que los tramos bajos son Aquitanienses. Sin embargo, el pretendido Aquitaniense de Vera debe eliminarse por completo; últimamente lo han mostrado (1957) BATALLER Y LARRAGÁN.

Striatella nysti Duch.

Vivipara cf. soricinensis Noul.

Como ya hemos indicado, este nivel corresponde al Sannoisiense, y así fue considerado ya por Depéret.

Las capas inferiores al horizonte de Calaf, y constituidas análogamente por margas y areniscas rojizas o parduzcas, se habían considerado, asimismo, como de edad sannoisiense, cuando dominaba la idea de que los yesos que coronan la formación marina infrayacente en la zona inmediata a las Cordilleras Costeras Catalanas representaban el techo del Eoceno. El hallazgo de una fauna de mamíferos en Santpedor, por encima de los yesos eocénicos y por debajo de los tramos con lignito de Calaf, ha mostrado que una buena parte de estos niveles de facies continental o lacustre, deben pasar al Ludiense (Masachs, Crusafont y Villalta, 1954). La fauna de Santpedor contiene:

Palaeotherium medium Cuv.

Plagiolophus annectens (Owen).

Anoplotérico indeterminado.

Trionyx sp.

Melanoides albigensis Noul.

Estos tramos ludienses (3) representan la base de la serie continental del Ebro. Por debajo de estas capas, la sedimentación es predominantemente marina, aunque en esta área, los cambios laterales de facies muestran la existencia de frecuentes indentaciones con terrenos de facies continental en el Bartonense y en el Luteciense. El conjunto marino (de espesor no inferior a los 1.000 m.) descansa, en la zona vecina al antiguo macizo catalán, con la serie continental roja que contiene *Bullimus gerundensis* Vid., y que se ha atribuido al Ypresiense. Dada la posibilidad de que sea comprensiva, seguimos a Llopis en la denominación de Paleoceno que da a la misma. Hasta ahora, que sepamos, no se ha hallado ningún resto de vertebrado en estos tramos.

La potencia sedimentaria de la Depresión del Ebro, de acuerdo con los datos de su zona oriental, no es inferior a los 3.500 metros. El espesor de los tramos continentales es superior a los 2.500 m., de los cuales corresponderían al Oligoceno más de un millar. El Mioceno, en cambio, lo mismo que sucede en las demás cuencas interiores de España, no suele tener un espesor superior a los 450 metros.

* * *

(3) En una de las dependencias del Instituto Geológico y Minero de España figura un ejemplar de *Palaeotherium*, como procedente de la zona minera de Sallent. Se trata de otro hallazgo verificado en las capas ludienses de la zona.

¿Pertenece o no al Sannoisiense superior el horizonte fosilífero de Tárrega? A la vista de las listas de fósiles que poseemos en la actualidad, y a reserva de los resultados que puedan alcanzarse con una revisión futura de varios de los documentos paleontológicos de este yacimiento, estamos persuadidos de que la asociación de Tárrega corresponde en realidad al Estampiense. No existen pruebas convincentes para fundamentar una edad sannoisiense, y sí, en cambio, puede afirmarse que los datos disponibles actualmente abogan en favor de la edad propuesta por nosotros. Hay que recordar que sin los últimos elementos de juicio, que abonan totalmente nuestra hipótesis, los propios Vidal y Depéret consideraban ya que la asociación de Tárrega estaba situada «lindante con el Estampiense».

El horizonte de Tárrega, con *Elomeryx cluai* debe pertenecer seguramente a la base del piso. La ausencia de *Anthracotherium*, que tanto abunda en los depósitos estampienses, puede atestiguar una relativa antigüedad de estos niveles, pero también representa un elemento de juicio más para perfilar la singularidad de esa asociación, con unos caracteres de originalidad y autotonía tan destacados, que definen la mencionada fase urgética de endemismos. En cambio, no puede invocarse tal ausencia como prueba a favor de la edad sannoisiense de los tramos de Tárrega, puesto que *Anthracotherium* no solamente caracteriza el Estampiense, sino que se halla también presente en el Sannoisiense, y aún más, concretamente en las biotas perteneciente al mismo horizonte de Ronzon.

*Sección de Paleobiología de Sabadell
del Instituto «Lucas Mallada»*

Diciembre de 1960

BIBLIOGRAFÍA

- BATALLER, J. R. y DEPAPE, G.: *Flore oligocène de Cervera* (Catalogne), «Anales de la Escuela de Peritos Agríc. y de Esp. Agropec. y de los Servicios Téc. de Agríc.», vol. IX. Barcelona, 1950.
- y LARRAGAN, A. DE: *Explicación de la Hoja núm. 320* (Tarazona), «Mapa Geológico de España», Escala 1:50.000. Inst. Geol. y Min. de Esp. Madrid, 1957.
- BERGOUNIOUX, F. M.: *Cheloniens fossiles d'Espagne*. «Bull. Soc. Hist. Nat. Toulousaze», tomo 72. Toulouse, 1938.
- — *Les Reptiles fossiles du Tertiaire de la Catalogne*, «Estudios Geológicos», vol. XIV, número 39, Madrid, 1958.
- CRUSAFONT, M.: *La zona pirenaica como filtro-barrera paleobiológico*. «Pineos», año X, números 33-34, Zaragoza, 1954.
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J.: *Sur la caractérisation de l'Aquitanién continental au bassin de l'Ebre*, «C. R. Acad. Ciencias Paris», París. En curso de publicación.
- DEPAPE, G. y BATALLER, J. R.: *Note sur quelques plantes fossiles de la Catalogne*. «Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.», vol. XXXI (2.ª ép.), núms. 7-9, Barcelona, 1931.
- DEPERET, Ch.: *Aperçu general sur la bordure numulitique du massif ancien de Barcelone et*

- étude la faune oligocène de Calaf*, «Bull. Soc. Géol. France». (Réunion extr. à Barcelone), t. XXVI, Paris, 1899.
- — *Los Vertebrados del Oligoceno inferior de Tárrega* (prov. de Lérida), «Mem. Real Academia Cienc. y Artes de Barcelona», vol. V, núm. 21, Barcelona, 1906.
- FILCHE, P.: *Note sur quelques végétaux tertiaires de la Catalogne*, «Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.», vol. VI (2.ª ép.), núms. 8-9, Barcelona, 1906.
- — *Nouvelle note sur quelques végétaux fossiles de la Catalogne*, «Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.», vol. VIII (2.ª ép.), núm. 7, Barcelona, 1908.
- KÄLIN, J.: *Hispanochampsia mülleri* nov. gen. nov. sp., ein neuer Crocodilide aus dem unteren Oligocaen von Tárrega (Catalonien), «Abh. der Schweiz Paleont. Gesellsch.», Band 58, Basel, 1936.
- MARÍN, A., LÓPEZ MANDULEY, M. y BATALLER, J. R.: *Explicación de la Hoja núm. 320* (Tárrega), «Mapa Geol. de España», escala 1:50.000, «Inst. Geol. y Min. de Esp.», Madrid, 1941.
- MASACHS, V., CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F.: *Sur l'âge du gisement potassique de la Catalogne*, «C. Rend. somm. Soc. Géol. France», núm. 13, Paris, 1954.
- SAENZ GARCÍA, Cl.: *Nota acerca de la distribución estratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español*, «Public. Conf. Hidrogr. del Ebro», tomo XXXVI, Zaragoza, 1931.
- — *Estructura general de la cuenca del Ebro*, «Estudios Geográficos», tomo III, Madrid, 1942.
- VIDAL, L. M. y DEPERET, Ch.: *Contribución al estudio del Oligoceno de Cataluña*, «Mem. R. Acad. Cienc. y Artes de Barcelona», vol. V, núm. 19, Barcelona, 1906.

G. H. R. VON KOENIGSWALD y M. CRUSAFONT PAIRO

NUEVOS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS EN LA SUBDEPRESION DE CALATAYUD

RESUMEN

La presente nota se refiere al descubrimiento de diversos yacimientos fosilíferos del Mioceno en la cuenca de Calatayud (zona de Daroca, excepto uno de ellos). Se incluye la lista de especies de cada una de las diez localidades citadas. Probablemente los niveles inferiores próximos a Villafeliche pertenecen al Burdigaliense superior. El resto se atribuye al Vindoboniense o al Pontense.

ABSTRACT

The present note is devoted to the first knowledge of many new Miocene mammalian localities in the Calatayud basin (Daroca zone, except for one of them). The species list of ten new localities is given. Very probably the lower levels near Villafeliche will be of Upper Burdigalian age. The rest being to Vindobonian or Pontian.

La última de las campañas de exploración paleomastológica realizada durante el verano de 1960, por el Instituto Geológico de la Universidad de Utrecht y la Sección de Paleontología del Museo de Sabadell, bajo la dirección de los firmantes y con la participación activa de varios estudiantes de aquel Instituto, que están realizando sus tesis en nuestro país, ha dado como resultado interesantes frutos. El principal resultado obtenido en esta campaña ha sido el descubrimiento de nuevos yacimientos fosilíferos en la subdepresión de Calatayud dentro de la amplia cuenca llamada ya por Royo y Gómez de Calatayud-Teruel. Estos yacimientos se hallan situados, en su mayor parte, a la izquierda de la carretera de Daroca a Calatayud y forman conjunto con los que fueron dados a conocer por el segundo de los firmantes (Crusafont, 1957) hace algún tiempo.

En aquella época, gracias al descubrimiento de algunas localidades en las cercanías de Villafeliche (Las Planas I y II) y de Murero (Paridera de Venacequia), fue posible caracterizar por vez primera el Vindoboniense continental dentro del ámbito de la cuenca que nos ocupa. De esta manera era posible dar idea de la mayor complejidad estratigráfica de la cuenca de Calatayud-Teruel con el escalonamiento de varios tramos fosilíferos: los

más inferiores, entonces descubiertos, pertenecientes, según se ha dicho, al Vindoboniense, el de Nombrevilla al Pontiense inferior o Vallesiense y los de los alrededores de Teruel al Pontiense más o menos comprensivo. Ya en anteriores campañas, en colaboración entre Utrecht y Sabadell, se había ampliado el conocimiento de las localidades con mamíferos fósiles de los alrededores de aquella capital, señalándose por vez primera los yacimientos de Valdecebro II y III, de Los Mansuetos, de Peralejos, de la masía del Barbo I y II, de Aldehuela, etc., todos ellos constando en los catálogos publicados en ocasión del II y III Cursillo Internacional de Paleontología de Sabadell (Crusafont y Truyols, 1954, 1956). Otro interesante resultado de esta colaboración fue la redacción de la tesis doctoral (la primera de las originadas como fruto de estas campañas) del Sr. Paul Sondaar de Utrecht, con el título «*Les Hipparion de l'Aragon meridional*», que se publicará pronto en nuestro país.

Ya desde 1956 se había sospechado la posible presencia de nuevas localidades con mamíferos fósiles en la zona intermedia entre Daroca y Calatayud. La campaña de este año se dirigió principalmente a la exploración de esta región con el resultado del descubrimiento en la misma de hasta quince nuevos yacimientos, que han sido enumerados de la siguiente forma: Arroyo del Val I-VI, Manchones, Las Planas III, Valdemoros I-IV. Otros interesantes descubrimientos fueron los de otras localidades un poco al margen del ámbito señalado. Uno de ellos, llamado de Pedregueras, entre Daroca y Retascón, a la izquierda de la carretera y a una distancia estratigráfica de unos 20 m. por encima del yacimiento de Nombrevilla, lo que permite creer en la posibilidad de la presencia en esta zona de un Pontiense estricto. Otro se halla situado al N. de la ciudad de Calatayud, en las cercanías del pueblo de Torralba de Ribota, y su descubrimiento aportará nuevas luces acerca de la edad de los célebres yacimientos de coprolitos de la ermita de Santa Bárbara y de La Vilueña cerca de Terrer, los cuales constituyen el tema de la tesis doctoral del Sr. Hans de Bruyn, de Utrecht.

El descubrimiento de estos nuevos yacimientos no sólo permitirá ampliar el conocimiento de las faunas fósiles correspondientes al Vindoboniense de la subdepresión, sino que probablemente permitirá señalar niveles más inferiores todavía a los conocidos anteriormente. La asociación *Caenotherium-Lagopsis* hallada en las capas inferiores de Villafeliche y en los yacimientos de Valdemoros permiten entrever la posibilidad de la existencia, que sería señalada por primera vez en la cuenca, del Burdigaliense, seguramente superior. El estudio de una parte del nuevo material fósil recogido, así como el detalle de la estratigrafía de esta zona, constituirá la tesis doctoral del señor M. Freudenthal del Instituto Geológico de la Universidad de Utrecht. Unas campañas realizadas posteriormente a la de verano, por la Sección de Paleontología del Museo de Sabadell, ha permitido aumentar el caudal de restos

de mamíferos fósiles de algunas de las nuevas localidades, singularmente de la de Manchones, la más rica de todas ellas.

El objeto de la presente nota es dar un conocimiento preliminar acerca de los nuevos yacimientos hallados en el verano de 1960. Se dará una lista muy provisional de los elementos faunísticos hasta ahora detectados, lista que a no dudar irá aumentando a medida que se vayan estudiando más a fondo los materiales descubiertos. Algunas de las localidades señaladas han proporcionado sólo restos indeterminables, y por ello no constan por el momento en la presente nota.

A continuación, pues, señalamos de manera provisional las listas de formas descubiertas en las nuevas localidades, muchas de las cuales sólo constarán de manera genérica, pues hasta ahora sólo se ha realizado un rápido análisis de las mismas.

ARROYO DEL VAL I

Cfr. *Pseudaelurus lorteti* Filhol.
Micromeryx flourensianus Lartet.
 Cérvido indeterminado.
Hyotherium sp.
 ?*Taucanamo* sp.

ARROYO DEL VAL III

Galerícido indeterminado.
 Lagomorfos.
Cricetodon (dos especies).
Micromeryx flourensianus Lartet.
 Antilópido (pequeña talla).
 Carnívoro indeterminado (pequeña talla).
 Rinocerótido indeterminado.

ARROYO DEL VAL IV

Progenetta sp.
Euprox furcatus Hensel.
Listriodon splendens Meyer.
 «*Mastodon*» sp.

ARROYO DEL VAL VI

Erinaceido indeterminado.
 Galerícido indeterminado.

Cricetodon sp.
Sciuropterus sp.
Prolagus sp.
 Vivérrido indeterminado.
 Carnívoro indeterminado.
Pseudaelurus sp.
Micromeryx flourensianus Hensel.
 Cérvido indeterminado.
 Antilópido indeterminado.
Hyotherium sp.
Anchitherium aurelianense Cuvier.
 Rinocerótido indeterminado.

MANCHONES

Erinaceido indeterminado.
 Galerícido indeterminado.
 Sorícido indeterminado.
 ? Quirópteros.
Martes talla pusilla Viret.
Progenetta sp.
Hemicyon sp.
 Cánido de gran talla.
Semigenetta mutata Filhol.
 Félicos indeterminados (dos especies).
Cricetodon sp. (varias especies).
Sciurus sp.
Prolagus sp. (gran talla).
Dyromys sp.
Palaeomeryx sp. (dos especies).
Euprox furcatus Hensel.
Protragoceras sp. (?).
Listriodon splendens Meyer.
Hyotherium sp.
Macrotherium sp.
Dicerorhinus sansaniensis Lartet.
Brachypotherium sp.
Anchitherium aurelianense Cuvier.
 «*Mastodon*» sp.
 Mánido indeterminado.

VALDEMOROS I

Cricetodon sp. (dos especies).
Lagopsis sp.
 Carnívoro indeterminado.
Caenotherium sp.
 Cérvido indeterminado.
 «*Mastodon*» sp.

VALDEMOROS IV

Lagopsis sp.
Caenotherium sp.
 «*Mastodon*» sp.

LAS PLANAS III (VILLAFELICHE)

Lagomorfo indeterminado.
Amphicyon sp.
Anchitherium aurelianense Cuvier.
Palaeomeryx sp.

PEDREGUERAS

Stenofiber sp.
Hipparion sp.
 Rinocerótido indeterminado
 «*Mastodon*» sp.

TORRALBA DE RIBOTA

Lagopsis peñai Royo.
Caenotherium cfr. *miocaenicum* Crus. et Vill
Proceronulus sp. (?).
Anchitherium aurelianense Cuvier.
Palaeomeryx sp.
 «*Mastodon*» sp.

Terminamos esta nota con la satisfacción que representa para nosotros esta nueva aportación al conocimiento de la fauna mastológica fósil de España con los ricos yacimientos que la han proporcionado. Además, el de Manchones será singularmente importante para el conocimiento de los micro-mamíferos vindobonienses, pues constituyendo una bolsada arenosa de gran envergadura, ha proporcionado millares de restos de pequeñas especies cuyo estudio, desde luego prolijo, nos ilustrará de manera especial sobre algunos grupos hasta ahora poco conocidos en España si se hace excepción de la cuenca del Vallés-Panadés, tan rica en elementos de la microfauna de mamíferos del Vindoboniense y Vallesiense.

Sabadell-Utrecht, diciembre de 1960.

JEAN DIDON, MICHEL DURAND BELGA, JOSE MARIA FONTBOTÉ,
JEAN MAGNÉ e YVES PÉLYRE

EL OLIGOCENO SUPERIOR DEL BÉTICO DE MÁLAGA (ANDALUCÍA)

R E S U M E N

Esta nota tiene por objeto el estudio de un Flysch margosoareniscoso de características especiales, existente en la provincia de Málaga. Las observaciones sobre el terreno han sido efectuadas por unos u otros de los autores, según los puntos.

El yacente de dicho Flysch varía según los sectores. En los de Estepona y de Alozaina, es el Paleozoico bético de Málaga, del cual parece, en general, despegado. En el sector de Casabermeja, el Flysch reposa sobre la actual cobertura mesozoica del zócalo. En el de Gobantes y al E. de El Burgo, su yacente es el Eoceno superior del dominio penibético *s. str.*

En estos últimos sectores, el Flysch con sus caracteres típicos, descansa, en aparente continuidad, sobre el Eoceno margoso rojo. En los demás, comienza con conglomerados que contienen —removidos— elementos de rocas generalmente idénticas a las de su substrato actual y por margas blanquecinas; no ha sido más que después de depositada esta base, que el régimen de alternancias margosodetríticas, típico del Flysch, ha sido instaurado.

Estas margas blanquecinas, en todas las muestras que de ellas hemos recogido, nos han proporcionado (J. M.) microfaunas del Oligoceno superior, ricas en formas planctónicas (*Globigerina* cf. *bulloides*, *Gl. dissimilis*, *Gl. mayeri*, *Gl. venezuelana*, etc.), con una abundante representación bentónica, en la cual, la presencia de *Limaena* debe ser especialmente señalada.

En el dominio penibético *s. str.*, una vez depositado el Eoceno superior margoso, la sedimentación quedó interrumpida, hasta el Oligoceno superior: esto explica el brusco cambio de facies entre ambas formaciones.

En el dominio bético de Málaga, no solamente se observa suspensión de la sedimentación, en el mismo lapso indicado, sino que se ha desarrollado también la erosión subaérea, lo que traduce una primera fase orogénica de no despreciable importancia. La repercusión de esta fase ha sido reconocida, por lo más, en otros dominios más extensos de las cordilleras béticas.

R E S U M É

Le Paléozoïque bétique de Malaga, les témoins mésozoïques qui le surmontent à sa marge externe, et le domaine pénibétique (s. s.) encore plus septentrional, sont surmontés par un Flysch marno-géseux très particulier, qui fait l'objet de cette note. Les observations ont été menées sur le terrain en quelques points particuliers des domaines précités, par tel ou tel d'entre nous: sur le Paléozoïque (et généralement décollés d'avec lui), les Flysch d'Estepona

et d'Alozaina; sur le Mésozoïque couverture actuelle du socle, les Flyschs de la région de Casabermeja; sur l'Eocène supérieur du domaine pénibético (s. s.) les Flysch de Gobantes et l'E d'El Burgo.

Sauf en ces derniers secteurs, où il vient en apparente continuité sur l'Eocène marneux rouge, le Flysch débute par des conglomérats remaniant des roches généralement identiques à celles de son actuel substratum, et par des marnes blanchâtres, avant que s'instaure le régime d'alternances marne-détritiques de type flysch.

Partout où nous les avons recueillies, ces marnes blanchâtres ont fourni (J. M.) des microfaunes de l'Oligocène supérieur, riches en formes planctoniques (*Globigerina* cf. *bulloides*, *Gl. dissimilis*, *Gl. mayeri*, *Gl. venezuelana*, etc.) avec un abondant benthos où la présence d'*Almaena* doit être soulignée.

Entre l'Eocène supérieur marneux du domaine pénibético (s. s.) et le Flysch de l'Oligocène supérieur, s'est intercalée une phase de non-dépôt, qui explique le brutal changement de faciès entre ces deux niveaux. Entre l'Eocène moyen du domaine bético de Málaga et l'Oligocène supérieur, une véritable phase d'érosion aérienne a existé, traduisant incontestablement une première phase tectonique, d'importance non négligeable. L'écho de cette phase est d'ailleurs perçu dans des domaines plus externes des cordillères bétiques.

A B S T R A C T

This paper gives account of researches on a sandstone-marlish Flysch existing in the province of Málaga. It shows some special features. The field observations have been carried out by some or other among the outcrops, on three different points.

The floor of this Flysch changes from one place to another. In Estepona and Alozaina districts, it lies on the Betic Malaga-Paleozoic; their contact seems generally a «décollement» one. In the neighbourhood of Casabermeja, the Flysch remains onto the actual cover of that unit. Near Gobantes and easterly El Burgo, the Flysch is underlain by Upper Eocene beds belonging to the penibetic (in the strict sense) region.

In the latter area, the Flysch showing its typical features lies on the red marlish Eocene with seeming continuity. In the other areas, however, the typical Flysch regime of detritic marlish alternances did not begin until the deposition of a special basal formation was happened. This formation consists of conglomerates, which include reworked elements from rocks identical to that forming the actual basement, and of whitish marls.

All the samples collected in that whitish marls have supplied (J. M.) upper Oligocene microfauna rich in planktonic forms (*Globigerina* cf. *bulloides*, *Gl. dissimilis*, *Gl. mayeri*, *Gl. venezuelana*, etc.), together with abundant benthonic forms among which the *Almaena* must be emphasized.

In penibetic (in the strict sense) area, the sedimentation was broken off once settled the upper Eocene marls; it was not renewed until the Upper Oligocene time. Thus the rough facies change between both formations can be explained.

In the Malaga-Betic area, not only a stratigraphical break but subaerial erosion traces are also remarked from that span of time; a foremost and not neglectable orogenic phase is recorded therefore. Repercussions of that movements are evident aside from this in other more external areas of the Betic Cordilleras.

En la región sudoccidental de las cordilleras béticas, la unidad de Málaga constituye el elemento más interno —es decir, más meridional—, del edificio definido por Blumenthal (1930), Fallot (1948) y los geólogos holandeses de la escuela de Brouwer. Este «Bético de Málaga» está constituido esen-

cialmente (Blumenthal, 1930, 1931, 1931-1933), por materiales de edad paleozoica: un complejo estratocristalino (gneis y micasquistos) en la base; una serie no metamórfica más arriba, en la que dominan las pizarras y areniscas con horizontes calizos. Esta serie comprende niveles gotlandenses, devonianos y, probablemente, carboníferos, datados por conodontos (Kockel, 1959).

Encima de este Paleozoico, en el interior del macizo —en los alrededores de Málaga (estudios en curso de J. Azéma, y, sobre todo, en su margen externa (alrededores de Colmenar, de Casabermeja, de Ardales, de Gaucín, etcétera)—, se encuentran pequeños retazos separados de una serie mesozoica («Pénibético interne» de M. Blumenthal). En conjunto, resumiendo las observaciones hechas en los diversos retazos, se puede decir que esta serie comprende: conglomerados, areniscas y argilitas violáceas del Permo-Triás: calizas jurásicas; un Cretáceo, reducido, margocalizo; y un Eoceno que se termina con calizas ypresenses o lutecienses. Según los puntos, y por efecto de laminaciones o de escamaciones, tal o cual de estos términos queda en contacto directo con el zócalo paleozoico.

Por fuera del arco del Bético de Málaga, desde el S. de Loja hasta Manilva, se extiende una cadena caliza, cuya estructura es extremadamente complicada. Esta cadena está formada por el Jurásico calizo, y el Cretáceo, margoso y muy potente: es la «zona penibética externa» de Blumenthal.

Rodeando esta cadena caliza y enmascarando casi sistemáticamente sus relaciones con el «Bético de Málaga», se observa una serie principalmente margosoareniscosa. Aparentemente, es transgresiva sobre los elementos de varias unidades estructurales. Está particularmente bien desarrollada entre Colmenar, Alora y Tolox: se trata de la zona sinclinal del «Flysch de Colmenar» (Blumenthal, 1930, 1931).

Bertrand y Kilian (1889, pág. 470) ya afirmaron el carácter transgresivo de esta serie margosoareniscosa, a la cual atribuyera una edad eocena. (Para los trabajos más antiguos, cuyo interés no es sino histórico, se consultará con fruto la bibliografía de la «Misión de Andalucía».) Esta opinión es compartida por Mallada (1907), en su monumental «Explicación del Mapa Geológico de España». La obra esencial sobre estas zonas es debido, no obstante, a M. Blumenthal, quien cartografió la casi totalidad del Flysch que rodea, al N. y al W., el Bético de Málaga, en ocasión de varios estudios (Blumenthal, 1930, 1931, 1931-1933). Para este autor, el Flysch en cuestión, aunque intensamente plegado, es posterior a la colocación, «mise en place», de los mantos béticos internos. Luteciense inferior en su base, este Flysch se continuaría hasta el Oligoceno, datado por Lepidoclinas cerca de Colmenar y de Estepona.

En su excelente mapa geológico de la provincia de Cádiz, Gavalá (1924), consideró las formaciones de facies Flysch que ciñen el Paleozoico entre Ronda y Estepona, como un Eoceno-Oligoceno transgresivo. Poco después, el geólogo austriaco von Klebelsberg (1928), apuntó la idea, sin pruebas pa-

leontológicas, que el Flysch de Colmenar, si comprendía realmente el Eoceno, podía también contener materiales de edad cretácea superior. Para Robaux, la base del Flysch, transgresivo sobre el Paleozoico de Málaga, debe pertenecer al Cretáceo superior, tanto al S. del «sinclinal» de Colmenar (Robaux, 1936), como en el sector de Estepona (Robaux, 1935). Las consecuencias tectónicas de esta atribución imprevista y —digámoslo— inexacta, no fueron deducidas por este autor (fig. 1).

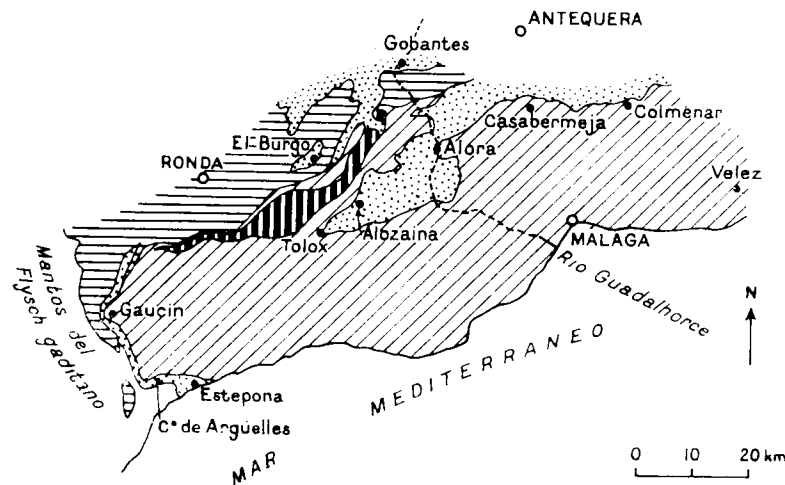


Fig. 1. Esquema geológico de la región de Málaga. Rayado oblicuo: Paleozoico. Rayado grueso vertical: «Rondaides». Rayado horizontal: Dominio «penbético externo». De puntos: Flysch del Oligoceno superior (afloramientos principales).

Desde hace algunos años, aparte de reconocimientos rápidos en diversos sectores (J. M. F., M. D. D.), han sido emprendidos estudios regionales apoyados en una cartografía detallada: al E. del río Guadalhorce, en el Flysch de Colmenar (Y. P.) y en el borde occidental del Bético de Málaga, entre Gaucín y Estepona. (J. D.).

Desde ahora, aparece el hecho que estos «Flyschs» (término tomado aquí en un sentido lato), considerados hasta nuestros tiempos como transgresivos, muestran, tanto al S. de Antequera (Peyre, 1959), como al W. de Estepona (Didon, 1959), la superposición de varias unidades estructurales complejas, cuyos materiales debieron ser sedimentados en zonas más internas, sobre el Bético de Málaga, o, incluso, más al Sur.

Entre estas unidades, de constitución y delimitación de afloramientos todavía inciertas en muchos puntos, y el zócalo (Paleozoico y retazos de Mesozoico del Bético de Málaga), se intercala, casi en todas partes, un Flysch particular de edad oligocena. Está constituido por una potente serie de mar-

gas grises con lentejones, importantes e irregulares, de areniscas poco cementadas, calcáreas, algo glauconíferas, de grano bastante grueso; en numerosos puntos está cargadas de feldespatos y mica detríticos. Este complejo toma, por la meteorización, un tinte pardusco característico.

En general, este Flysch descansa directamente sobre el Paleozoico. En algún punto, se hallan en su base conglomerados y margas grises blanquecinas. Estas capas, datadas por microfaunas características estudiadas por uno de nosotros (J. M.), constituyen el objeto esencial de nuestro trabajo.

Las listas de foraminíferos observados han sido agrupadas en dos tablas, insertas a continuación del presente artículo. Únicamente han sido mencionadas en ellas las especies más interesantes o frecuentes. Algunas muestran, en efecto, extremadamente ricas en microfaunas: la lista completa no añadiría, por lo demás, nada a nuestra interpretación estratigráfica (1).

Cuatro afloramientos (fig. 1), serán descritos: al W. de Estepona, al W. de Alózaina, y en dos puntos del sector de Casabermeja.

1. SECTOR DE ESTEPONA (J. D. y M. D. D.)

Entre Casares y Estepona, al Paleozoico de la unidad de Málaga está directamente en contacto con el Flysch margosoareniscoso. Entre los meridianos del cortijo de Argüelles y del cortijo de Cautés, reposa indiscutiblemente sobre el zócalo, a lo largo de cuatro kilómetros.

Seiscientos cincuenta metros al WNW. del cortijo de Argüelles, se obtiene, de abajo a arriba, el siguiente corte, cuyos diferentes niveles buzan unos 50° hacia el SE. (fig. 2):

1. Paleozoico (¿Devónico-Dinantense?): pizarras gris negruzcas, mates, con lechos de areniscas arcósicas.
2. Permo-Trías: areniscas blancas o rojo violáceas.
3. Areniscas calcáreas micáceas tiernas, amarillentas, que admiten niveles de conglomerados de cantos pequeños, y calizas coralígenas.
4. Margas amarillentas, en continuidad sobre el nivel 3.
5. «Flysch» margosoareniscoso.

Algunos indicios de trituración en las pizarras paleozoicas, el dispositivo arrosariado del Permo-Trías, unas eventuales repeticiones de niveles impiden afirmar que el Terciario (niveles 3, y 4 y 5) descansa tranquilamente sobre el Permo-Trías y, lateralmente, sobre las pizarras paleozoicas (fig. 2).

Los cantos de los conglomerados del término 3 proceden del Paleozoico (cuarzo), del Permo-Trías (arenisca roja) y, quizá, del Jurásico (calizas).

Las calizas coralígenas (*Pocillopora* sp., *Porites* sp.: determinaciones de

(1) Esta lista será dada en un estudio paleontológico más detallado, en preparación por uno de nosotros (J. M.).

J.-P. Chevalier), muestran, en lámina delgada (lám. 1), la presencia de numerosos individuos de *Miogypsinoides complanata* (Schlumb.), *Spiroclypeus* sp., *Amphistegina* sp., *Rotalia* sp. formas grandes y pustulosas), melobesias, briozoos, restos de equinodermos. No hemos observado, en ellas, lepidoclinas.

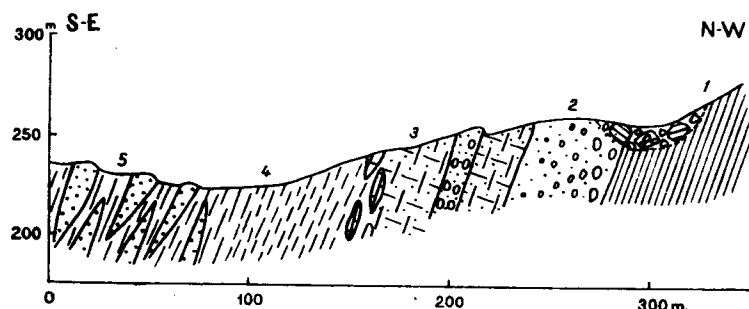


Fig. 2. Corte levantado a 650 metros al WNW. del cortijo de Argüelles.

1. Paleozoico. 2. Permo-Triás. 3. Conglomerados que pasan a areniscas calcáreas, con lentejones calizos con políperos. 4. Margas blancuecinas. 5. Flysch margosoareniscoso. 3, 4 y 5 pertenecen al Oligoceno superior.

Miogypsinoides complanata, cuya determinación ha sido amablemente confirmada por el doctor C. W. Drooger, es, según este autor (Drooger y Magné, 1959) una forma del Oligoceno superior.

La microfauna proporcionada por las margas 4, a las que cubren directamente las calizas con coralaris y *Miogypsinoides*, pertenece también al Oligoceno superior (microfauna A, ver tablas). Se notará la asociación de numerosas formas planctónicas (entre ellas, *Globigerina dissimilis*, *G. venezolana*, *Cl. ampliapertura*, etc.) con un bentos muy variado con *Almaena hieroglyphica* y *Cibicides perlucidus*.

El Flysch 5 está superpuesto a estas margas, sin que se pueda asegurar que el contacto sea gradual, ni siquiera que sea normal (hemos notado algunos indicios de serie invertida en ciertos bancos areniscosos). Sea como sea, este Flysch ha proporcionado microfaunas análogas a la precedente, en numerosos puntos. Su parte alta puede incluso alcanzar el Mioceno inferior: en dos puntos al S. del cortijo de Argüelles, unas microbrechas calizoareniscosas presentan (J. D.) la asociación de *Miogypsinoides* y *Miogypsina* s. str. (determinación confirmada por la señora M. Neumann y por el doctor C. W. Drooger).

Según nuevas observaciones sobre el terreno (J. D. 1960), estas capas pueden pertenecer, a un manto de corrimiento («Unidad de Argüelles») y no al parautóctono estudiado aquí.

Unos dos kilómetros más al SW., un corte excelente de la base del Ter-

ciario puede ser observado a lo largo del arroyo de la Jornada (en su parte alta) y de uno de sus afluentes de la derecha, inmediatamente al W. de la carretera de Casares. La sucesión, de abajo a arriba, es la siguiente:

1. Pizarras negras (Paleozoico).
2. Areniscas rojas del Permo-Triás, discordantes (¿tectónicamente?) sobre 1.
3. Conglomerados muy cuarzosos, que pasan a areniscas calcáreas amarillas.
4. En continuidad, margas claras más o menos arenosas, con escasos lechos areniscosos.
5. Flysch formado por areniscas en lechos delgados, que alternan con margas, pardas por alteración.

A pesar de la falta de datos paleontológicos, es evidente la identidad de los horizontes, 3, 4 y 5 de este corte con los términos 3, 4, 5 del corte de Argüelles. Pero aquí la serie está más desarrollada: la potencia total de los niveles 3 y 4 oscila entre 50 y 100 metros.

2. SECTOR ENTRE EL BURGO Y ALOZAINA

Más de 40 kilómetros al NE. del sector de Estepona, la carretera de El Burgo a Alosaina corta, en dos ocasiones, un Flysch margosoareniscoso, cuyas facies recuerda mucho la del Flysch de Estepona, al cual acabamos de referirnos.

Recordemos que, según Blumenthal (1930), de NW. a SE., y tectónicamente de abajo a arriba, se encuentran: el Penibético (Jurásico calizo, Cretáceo margoso, coronado por el Flysch nummulítico externo); los Rondades (Calizas y dolomías principalmente Triásicas); el manto de Málaga (Paleozoico, sobre el cual se extiende transgresivamente el Flysch nummulítico interno). No vamos a discutir aquí el capital problema tectónico de los «Rondades»: indiquemos solamente que los geólogos alemanes (R. Hoepfner, Fr. Kockel), que han estudiado recientemente este dominio, piensan que tal unidad no se diferencia mucho del Penibético (el cual, a su vez, es asimilado por ellos, al Subbético).

A) Flysch sobre el Paleozoico de Málaga (M. D. D.)

Unos 500 metros al W. de Alosaina, la carretera de Ronda a Málaga, muestra la serie siguiente que buza a unos 45° al E. (fig. 3), en el límite de Paleozoico-Flysch:

1. Paleozoico: Pizarras y areniscas gris verdosas (¿Devónico-Dinantesense?).

2. Permo-Trías: areniscas compactas rojas (15 a 20 m.).

3a. Conglomerado con plaquitas de pizarras primarias (abundantes); cantos de areniscas paleozoicas (muy abundantes) y de areniscas rojas permotriásicas (escasas). (Alrededor de un metro).

3b. Margas gris blanquecinas (un metro).

3c. Brecha angulosa de pizarras areniscas paleozoicas y de areniscas rojas permotriásicas (una decena de metros, con areniscas calizas amarillentas hacia la parte media).

3d. Areniscas calizas amarillentas, con cantos angulosos pequeños de cuarzo, de ftanitas negras, de calizas dolomíticas grises y de areniscas.

4. Flysch margosoareniscoso, de tinte pardusco por alteración.

El nivel 3b está datado como Oligoceno (probablemente alto), por una rica asociación, en la cual domina el planctón (microfauna D) (fig. 3).

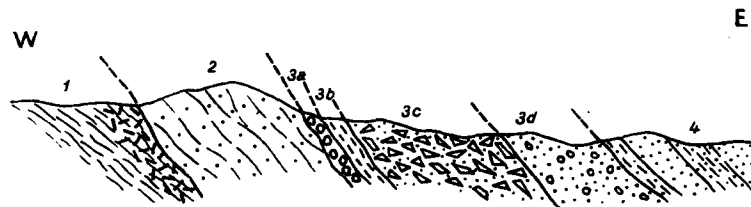


Fig. 3. Corte levantado al W. de Alosaina, en la carretera de Yunquera.

1. Paleozoico. 2. Permo-Trías. 3a. Conglomerados. 3b. Margas blanquecinas. 3c. Brechas de elementos paleozoicos. 3d. Areniscas calcáreas con cantos esparcidos. 4. Flysch margosoareniscoso. El corte mide unos cincuenta metros de izquierda a derecha. 3a, 3b, 3c, 3d, y 4 pertenecen al Oligoceno superior.

Dejando aparte la cuestión del origen (¿sedimentario o tectónico?) de la brecha 3c, el Flysch oligoceno parece descansar transgresivamente sobre el Permo-Trías o, lateralmente, sobre las pizarras paleozoicas. Sin embargo, la intercalación de retazos variados (Neocomiense, Cretáceo superior, etc.), en la base del Flysch «transgresivo» (en Casarabonela, al S. de la sierra de Aguas, etcétera), inclina a poner en duda la realidad de su carácter transgresivo. Notemos, no obstante, que en esta región no ha podido ser todavía datado el Flysch margosoareniscoso (Blumenthal, 1931-1933)

B) Flysch encima del Penibético (M. D. D.)

Al NE. de El Burgo (M. D. D.), sobre la carretera antigua de Ardales y no lejos de las gargantas del río Turón (al nivel del puente sobre el arroyo,

de 300 metros al S. del cortijo de la Higuera), las margas grises y ligeramente rosadas que separan los bancos de areniscas calizas de grano grueso de este Flysch, nos han proporcionado (microfauna B), una asociación típica del Oligoceno superior, también aquí con *Almaena* (*Almaena hieroglyphica*).

Recordemos que este Flysch yace (Blumenthal, 1930), sobre las margas rosadas del Penibético. Si bien estas margas son indiscutiblemente cretáceas en su base, su parte más alta nos ha dado microfaunas del Eoceno superior (S. de El Burgo, NW. de Puerto Martínez), con plancton dominante: *Globigerina dissimilis* Cush. y Bermúdez, *Globigerinoides mexicana* (Cushman), *Globorotalia centralis* Cush. y Bermúdez, *Gl. cf. cerroazulensis* (Cole), *Hantkenina* spp., *Cibicides cf. cushmani* (Nuttall), etc.

Asimismo, diez kilómetros al NE., en un punto situado en la carretera forestal, a 200 metros al S. de la estación de Gobantes, el Flysch margosoareniscoso descansa directamente encima de las margas rosadas del Penibético (probablemente, del Cretáceo superior o del Eoceno). Una muestra tomada en la extrema base del Flysch, ha proporcionado una asociación oligocena (Microfauna C).

3. SECTOR DE CASABERMEJA

Está situado a unos veinte kilómetros al S. de Antequera. Nuestras observaciones se han concentrado sobre dos puntos del borde meridional del «Flysch» de Colmenar, en el contacto con el Paleozoico de la unidad de Málaga: por una parte, cerca del río Campanillas, es decir, a siete kilómetros al W. de Casabermeja; por otra, en la vecindad inmediata de este pueblo.

A) Margen derecha del río Campanillas (Y. P.)

Entre el Cortijo de Monsampedro y La Nueva, se observa la siguiente serie que buza unos 20° al Norte:

1. Paleozoico: Complejo principalmente pizarroso
2. Permo-Trías: Areniscas rojas (y, lateralmente, dolomías, de edad desconocida).
- 3a. Conglomerado (hasta 7 m.) de cantos del Paleozoico, con algunos cantos calizos, que pasa progresivamente, hacia arriba, a
- 3b. Margas grises claras (potencia observada de 15 m., por lo menos).

Tres muestras han sido recogidas en estas margas, por debajo de la carretera de Villanueva del Rosario a Málaga. La base extrema (muestra E 1), rica en residuo cuarzoso, ha proporcionado una microfauna del Oligoceno superior: plancton bastante escaso con *Globigerina venezuelana*, benthos

con abundante *Almaena* (*A. cf. osnabrugensis*). Se notan también nummulites muy pequeños próximos a *N. striatus* y operculinas indeterminables muy pequeñas: estas formas, muy alteradas, deben ser, con toda verosimilitud, removidas; según el doctor J.-Ph. Mangin, quien amablemente las ha examinado, no pueden pertenecer al Oligoceno superior.

En las dos muestras tomadas más arriba, una a 2-3 metros de la base (muestra E 2), otra a 15 metros de la base (muestra E 3), las microfaunas son muy ricas en plancton, mientras que el bentos —a pesar de su diversidad—, es reducido. Aunque no se encuentran más *Almaena*, la asociación de globigerinas prueba que se trata aún del Oligoceno superior.

B) Inmediaciones de Casabermeja (M. D. D. y J. M. F.)

Este sector ya fue cartografiado por Blumenthal (1931). Este autor admitía que, sobre el Paleozoico, descansaban unas areniscas rojas permotriásicas, seguidas por calizas de alveolinas. En 1956, nosotros estudiamos este sector, en compañía de los señores Fallot y Busnardo, y lo hemos recorrido de nuevo en 1958 y 1959.

Un corte esquemático ha sido obtenido junto a la carretera de Málaga a Antequera por Casabermeja. En conjunto, se observa de abajo arriba:

1. Paleozoico: Complejo pizarroso con intercalaciones calizas (¿Devónico-Dinantense?).
2. Permo-Trías: Arenisca rojo violácea.
3. Jurásico: Calizas dolomíticas, calizas oolíticas y pseudo-oolíticas, a trechos, calizas con grandes lamelibranquios (cf. *Opisoma*).
4. Eoceno (Ypresense o Luteciense inferior): Calizas blancas, más o menos arenosas, con nummulites y alveolinas (Blumenthal, 1931, pág. 86).
5. Brechas calizas, con un delgado horizonte de margas grises en la base.
6. Sobre el conjunto de los precedentes terrenos y más al N., Flysch margosoareniscoso, bastante margoso en la base.

Así pues, la serie caliza de Casabermeja (niveles 3 y 4), es, en parte jurásica, en parte eocena. Las margas grises 5, han proporcionado foraminíferos oligocenos, formas planctónicas (microfauna F 1), sobre todo. Las brechas calizas que las cubren son, por lo menos oligocenas; están formadas de fragmentos angulosos de calizas jurásicas y de calizas de alveolinas. Hemos hallado además, entre ellos, un canto bien rodado (de unos 10 cm.) de gneis; no se conocen actualmente afloramientos de gneis más que veinte kilómetros al W. y más lejos aún, hacia SW.

Trescientos metros al SE., en la carretera antigua que, desde el pueblo sube hasta la principal, se encuentra una serie análoga. Las margas de tono

amarillento contienen algunos cantos (cuarzo, calizas jurásicas con algas); han sido netamente datadas como del Oligoceno superior gracias a una microfauna, pobre en individuos, pero rica en especies, que comprende, en particular, globigerinas oligocenas y *Almaena cf. osnabrugensis* (microfauna F 2).

El Flysch margosoareniscoso 6, aún no ha sido estudiado en el sector de Colmenar. Ni su edad, ni sus relaciones tectónicas con los niveles 2 a 6, pueden ser precisados aquí. Pero no caben dudas de que este Flysch está superpuesto a dichos niveles.

CONCLUSIÓN

El Paleozoico de Málaga y los elementos «penibéticos» que lo rodean al N. y al W. están generalmente cubiertos por diversos complejos margosoareniscosos con características de Flysch, los cuales pertenecen a varias Unidades estructurales (Didon, 1959; Peyre, 1959).

En general, el Flysch que constituye la unidad inferior parece representar la cobertura normal del Paleozoico bético o del Mesozoico penibético.

Este Flysch comienza, en ciertos sectores examinados anteriormente, con conglomerados asociados con margas blanquecinas: estas capas están bien datadas como del Oligoceno superior, gracias a microfaunas ricas en formas pelágicas (globigerinas, principalmente), con representantes de esas interesantes formas, como lo son las *Almaena* (Rey, 1958), en el bentos. Encima, el Flysch propiamente dicho comprende margas oscuras con importantes lentejones de areniscas de grano grueso: ha proporcionado microfaunas análogas a las precedentes, sin que pueda excluirse totalmente que su parte más alta pertenezca ya al Mioceno inferior (zona de Estepona).

Desde el punto de vista estructural, la situación de este Flysch puede prestarse a discusiones. Es evidente que en ciertos sectores, limitados, comienza con conglomerados formados a expensas del Paleozoico de Málaga o de su cobertura mesozoica y eocena (pizarras, y areniscas del Paleozoico alto, excepcionalmente gneis, areniscas rojas del Permo-Trías, calizas del Jurásico y del Eoceno): este Flysch podría ser, por tanto, normalmente transgresivo sobre su substrato.

Ciertas observaciones sobre el terreno permiten sospechar, sin embargo, que este Flysch está, en realidad, despegado en su base. Nos es imposible precisar si se trata de una simple despegadura sin traslaciones notables (cf. Blumenthal, 1930, 1930, lám. IX), o de un verdadero manto de corrimiento (lo que parece muy dudoso).

No por todo ello es menos cierto que, corrido o simplemente despegado, el Oligoceno superior contiene elementos arrancados del Bético de Málaga.

Esta interesante comprobación da luz sobre los importantes fenómenos de erosión subárea desarrollados en la más meridional, o interna, de las unidades de las cordilleras béticas durante un lapso de tiempo importante. Este queda comprendido entre el episodio marino del Eoceno medio (o superior, según los puntos) y la transgresión del Oligoceno superior. La relación entre esa emersión, y consiguiente erosión, y los movimientos orogénicos acusados en otros sectores de dichas cordilleras béticas nos parece evidente.

BIBLIOGRAFÍA

- BERTRAND, M. y KILIAN, W.: *Etudes sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et de Malaga*, «Mém. Ac. Sc. Paris», t. XXX (Mission d'Andalousie), número 2, págs. 377-599, 52 fig. 2 lám. (Versión española en «Bol. Inst. Geol. Min. España», t. 18) (1889).
- BLUMENTHAL, M.: *Beiträge zur Geologie des betischen Cordilleren beiderseits des Rio Guadalhorce (Betische und penbetische Zone zwischen Antequera und Yunquera, Prov. Málaga)*, «Ecl. Geol. Helv.», vol. 23, págs. 41-203, 24 fig. y 3 lám. (1930).
- — *Géologie des chaînes pénibétiques et subbétiques entre Antequera et Loja, et des zones limitrophes (Andalousie)*, «Bull. Soc. Géol. France», t. (5) I, págs. 23-94, 4 figs., 3 lám. (1931).
- — *Das Westende des Betikus nördlich dem «Campo de Gibraltar»*, «Assoc. Et. Geol. Méd. Occ.», vol. IV, núm. 2, págs. 1-8 y págs. 9-46, 2 lám., (1931-1933).
- DIDON, J.: *Observations à la note de MM. Durand Delga et Mattauer «Existence, dans le Rif (Maroc), d'une nappe supérieure à matériel numidien (nappe du J. Sougna)»*, «C. R. Somm. S. G. F.», pág. 226 (1959).
- DROOGER, C. W. y MAGNÉ, J.: *Miogypsinids and planktonic Foraminifera of the Algerian Oligocene and Miocene*, «Micropaleontology», vol. 5, págs. 273-284, 2 lám., (1959).
- FALLOT, P.: *Les Cordillères bétiques*, «Est. geol.», núm. 8, págs. 83-172, 12 figs., 3 láminas.
- GAVALA, J.: *Mapa geológico de la provincia de Cádiz*, «Inst. Geol. y Min. de España», (1924).
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Mapa Geológico de España escala 1:50.000, Hoja núm. 1.072 (Estepona) y memoria explicativa correspondiente* (1934).
- KLEBELSBERG, R. VON: *Beiträge zur Geologie des Sierren zwischen Granada und Malaga (Andalusien)*, «Zeit. deutsch. geol. Ges.», t. 80, Abh. 4, págs. 535-626, 3 láms. (1928).
- KOCKEL, F.: *Conodontos del Paleozoico de Málaga*, NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, núm. 53, págs. 149-164, 1 fig. (1959).
- MALLADA: *Explicación del Mapa geológico de España*, «Mem. Com. Mapa geol. España», tomo VI (Sistema eoceno, oligoceno y mioceno), págs. 686, 99 fig. (1907).
- PEYRE, Y.: *Présence d'éléments allochtones dans la zone du Flysch de Colmenar (Andalousie)*, «C. R. Ac. Sc.», t. 249, págs. 2086-2088 (1959).
- REY, M. (1958): *Le genre Almaena en Aquitaine occidentale*, «Rev. Microp.», vol. 1, páginas 59-63, 1 lám. (1958).
- ROBAUX, A.: *Sur la présence de Crétacé supérieur à la base de la série du Flysch du Sud de la province de Cadix*, «C. A. Ac. Sc.», tomo 200, págs. 478-480.
- — *Sur la présence de Crétacé supérieur sur le Paléozoïque du Bétique de Malaga (Andalousie)*, «C. R. Ac. Sc.», tomo 202, págs. 1291-1293 (1936).

TABLA I
Formas planctónicas

	A	B	C	D	E ₁	E ₂	E ₃	F ₁	F ₂
<i>Globigerina ampliapertura</i> BOLLI.	+				+	+	+	+	
<i>Gl. cf. ampliapertura</i>				+					+
<i>Gl. cf. bulloides</i> D'ORBIGNY	+	+	+	+	+				+
<i>Gl. ciperoensis</i> BOLLI	+			+					+
<i>G. cf. ciperoensis</i>			+		+			+	+
<i>Gl. dissimilis</i> CUSHMAN et BERMÚDEZ	+	+	+	+		+	+	+	
<i>Gl. cf. dissimilis</i>									+
<i>Gl. mayeri</i> (CUSHMAN et ELLISOR)		+		+	+	+			+
<i>Gl. opima</i> (BOLLI)				+					
<i>Gl. cf. opima</i>						+			
<i>Gl. parva</i> BOLLI	+								
<i>Gl. cf. parva</i>				+		+	+		
<i>Gl. cf. unicava</i> (TOLLI, LOEBLICH et TAPPAN)									+
<i>Gl. venezuelana</i> HEDBERG	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Gl. sp.</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Globigerinoides triloba</i> (REUSS) ...	+								+
<i>Glob. cf. triloba</i>				+		+		+	
<i>Glob. cf. trilocularis</i> (?ORBIGNY)		+							+
<i>Glob. gr. sacculifera</i> (BRADY) ...									+
<i>Glob. sp.</i>	+				+				
<i>Globigerinatheka</i> sp.									+
<i>Globoquadrina quadraria</i> var. <i>advena</i> BERMÚDEZ	+								
<i>G. sp.</i>				+		+	+	+	

Localización de las tomas de muestras: A, margas del corte descrito, a 560 m. al WNW. del cortijo de Argüelles; B, margas con bancos areniscosos, al NE. de El Burgo, en la carretera de Ardales; C, base del Flysch a 200 m. al S. de la estación de Gobantes; D, margas en la carretera al W. de Alozaina; E, margas de las proximidades del río Campanillas (E₁, base; E₂, 2-3 m. más arriba; E₃, 15 m. encima de E₁); F, margas cerca de Casabermeja (F₁, carretera principal; F₂, camino antiguo).

TABLA II
Formas bentónicas

	A	B	C	D	E1	E2	E3	F1	F2
<i>Almaena cf. osnabrugensis</i> (ROEMER)...					+				+
<i>A. escornebovensis</i> var. <i>obesa</i> SIGAL...					+				
<i>A. hieroglyphica</i> (SIGAL)...	+	+							+
<i>Epomides umbonatus</i> (REUSS)...	+								+
<i>Ep.</i> sp.									+
<i>Gyroidina cf. complanata</i> CUSH. et STAINFORTH...						+			+
<i>G. girardana</i> (REUSS) ...									+
<i>G. girardana</i> var. <i>perampla</i> CUSH. et STAINFORTH ...	+			+					+
<i>G. cf. jarvisi</i> ...				+					+
<i>G. cf. planulata</i> CUSH. et RENZ...									+
<i>G. sp.</i> ...		+				+	+		
<i>Siphonina cf. pulchra</i> CUSHMAN...					+			+	+
<i>S.</i> sp.					+			+	+
<i>Vakulineria</i> sp.									+
<i>Neorotaria cf. byramensis</i> (CUSHMAN)...			+						
<i>Cibicides cf. americanus</i> CUSHMAN					+				
<i>C. cicatricosus</i> (SCHWAGER) ...	+							+	
<i>C. cf. dutemplei</i> (D'ORBIGNY) ...					+				+
<i>C. lobatulus</i> (WALKER et JACOB)...			+						
<i>C. perlucidus</i> NUTTALL...	+								
<i>C. sp.</i> ...		+	+		+		+		
<i>Planulina renzi</i> CUSHMAN et STAINFORTH ...				+		+		+	
<i>Anomalina cf. alazanensis</i> NUTTALL ...	+			+				+	
<i>A. aff. dorr.</i> COLE ...				+				+	
<i>A. grosserugosa</i> GÜMBEL ...								+	+
<i>A. sp.</i> ...			+			+		+	
<i>Laticarinina</i> sp.									
<i>Nonion pompilioides</i> (FICHEL et MOLL) ...						+			+
<i>N. cf. pompilioides</i> ...									+
<i>N. sp.</i> ...	+								
<i>Bulimina cf. alsatica</i> CUSHMAN et PARKER ...									+
<i>B. sp.</i> ...			+	+					+
<i>Uvigerina cf. acuminata</i> HOSINS...									+
<i>U. cf. auberiana</i> D'ORBIGNY ...		+							
<i>U. auberiana</i> var. <i>attenuata</i> CUSH. et RENZ...	+			+				+	
<i>U. sp.</i> ...			+	+	+	+	+		+
<i>Bolivina caudriae</i> CUSH. et RENZ									+

Final Tabla II

	A	B	C	D	E1	E2	E3	F1	F2
<i>H. sp.</i> ...		+						+	+
<i>Reussella</i> sp.			+						+
<i>Stilostomella curvatura</i> var. <i>spinea</i> CUSH.				+				+	+
<i>St. subspinosa</i> (CUSHMAN)...	+			+				+	+
<i>St. verneuili</i> (D'ORBIGNY)...		+		+		+		+	+
<i>St. verneuili</i> var. <i>paucistriata</i> (GALLOWAY et MORRAY) ...									+
<i>St. sp.</i> ...				+					+
<i>Ellipsoglandulina cf. multicostrata</i> GALLOWAY et MORRAY ...						+			
<i>Pleurostomella cf. alternans</i> SCHWAGER ...							+	+	+
<i>Pl. cf. brevis</i> SCHWAGER ...	+								+
<i>Pl. sp.</i> ...									+
<i>Osangularia mexicana</i> (COLE)...								+	+
<i>Cassidulina subglobosa</i> BRADY ...	+							+	+
<i>C. sp.</i> ...		+							
<i>Pullenia bulloides</i> (D'ORBIGNY) ...	+		+					+	+
<i>P. quinqueloba</i> (REUSS) ...	+							+	+
<i>Sphaeroidina variabilis</i> REUSS ...	+			+				+	+
<i>Sph. cf. variabilis</i> ...									+
<i>Sigmolina</i> sp.									+
<i>Vaginulinopsis</i> sp.							+	+	+
<i>Astacolus</i> sp.								+	+
<i>Lenticulina</i> sp.		+		+				+	+
<i>Robulus</i> sp.	+							+	
<i>Lagena pulcherirma</i> var. <i>enitens</i> CUSHMAN et STAINFORTH ...								+	
<i>L. sp.</i> ...	+							+	
AREN (CEGS									
<i>Spiroplectammina carinata</i> (D'ORBIGNY) ...		+		+				+	+
<i>Vukulina spinosa</i> CUSHMAN ...							+		
<i>V. sp.</i> ...									
<i>Haplophragmoides</i> sp.									+
<i>Martinottiella cf. communis</i> (D'ORBIGNY) ...									+
<i>Karreriella</i> sp.								+	
OTROS MICROORGANISMOS									
Ostrácodos ...	E					E		R	
Radiolarios ...								R	E

(E) Escasos.



Caliza areniscosa con *Miogypsinoides complanata* (M), *Spiroclypeus* (S), *Amphistegina* (A), *Rotalia pustulosa* (R) y restos variados. Nivel 3 del corte obtenido a 650 m. al WNW. del Cortijo de Argüelles (cerca de Estepona). Oligoceno superior. Aumento 18 × .

FRANZ LOTZE (1)

SOBRE LA ESTRATIGRAFIA DEL CAMBRICO ESPAÑOL.

SUMARIO: 1. Historia.—2. La composición estratigráfica del cámbrico seguro (fossilífero) en las distintas regiones de España: a) Cadenas Celtibéricas; b) Sierra de la Demanda; c) Cordillera Cantábrica (provincias de León y Asturias); d) Costa de Asturias; e) España central; f) España meridional (Sierra Morena); g) Cataluña.—3. Cuadro general del cámbrico español.—4. Observación final.—5. Bibliografía.

RESUMEN (2)

El autor, que ya en 1928 inicia sus fundamentales estudios sobre los terrenos más antiguos de España con su importante obra (*Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*), traducido al español en 1954-55), en la que por primera vez se demuestra la existencia de Cámbrico inferior en las Cadenas Celtibéricas, prosigue sus investigaciones en 1937 y las continúa en los últimos años, desde 1952 hasta la actualidad. El presente trabajo recopila los datos adquiridos hasta el año 1958.

Tras una breve ojeada histórica, describe los terrenos reconocidos como pertenecientes al «cámbrico seguro», así llamados porque en ellos se ha encontrado fauna que demuestra esa edad. En sus reconocimientos en el terreno, ha hallado el autor numerosos yacimientos fosilíferos de las tres grandes divisiones clásicas del Cámbrico: inferior, medio y superior. Especialmente, los dos primeros han dado ricas faunas de trilobites, muchos de ellos nuevos para España y para la Paleontología en general. De su estudio específico, iniciado por los malogrados Rudolf y Emma Richter, se ha hecho cargo el Dr. Klaus Szuy. En las Cadenas Celtibéricas se encuentra la fauna más antigua del Cámbrico medio de España e, incluso tal vez, la más antigua del Cámbrico medio de Europa. En Barrios de Luna se encuentra la fauna cámbrica más antigua de España.

En varios puntos, bajo el cámbrico, concordante en unos, discordante en otros, aparece el algónquico (valle del Narcea, Asturias; Puente del Arzobispo, Toledo; Huelva).

La comparación de los distintos asomos cámbricos de España lleva al autor a establecer un cuadro estratigráfico general en donde distingue once pisos, cada uno datado por su trilobites característico, salvo el superior, undécimo, que a falta de trilobites muestra la clásica facies de lingúlidos *Lingula-flaggs*.

(1) Traducción de la obra: *Zur Stratigraphie des spanischen Kambriums*, von FRANZ LOTZE, Münster. «Geologie», Jahrgang 7, Heft 3-6. S. 727-750. Berlín, 1958, traductor: J. G. DE LLARENA.

(2) No existiendo resumen alguno en el texto original, figuran aquí los redactados por el traductor (N. del T.).

Existen discordancias orogénicas en distintas zonas cámbricas. Asimismo, aparecen en varios sitios rocas volcánicas cámbricas.

Es posible que parte de otros terrenos paleozoicos, sobre todo de los hasta ahora dados como silúricos, sean también de edad cámbrica. En síntesis, según el autor, la Península Ibérica es el país de toda Europa en donde más extensión superficial y más variedad de episodios muestran los terrenos cámbricos.

RÉSUMÉ (3)

Dans l'année 1928, l'auteur commença ses études sur les terrains anciens en Espagne et il put démontrer pour la première fois l'existence du cambrien inférieur dans les Chaînes Céltibériques (province Saragosse). Ses investigations, poursuivies depuis 1937, et pendant l'année 1952 jusqu'au moment actuel, lui ont permis d'établir l'existence certaine des trois divisions classiques du «cambrien sûr» (inférieur, moyen, supérieur) se basant pour cela, sur la détermination des faunes de trilobites. Le cambrien inférieur et moyen sont particulièrement riches en trilobites avec beaucoup de nouvelles formes pour l'Espagne et aussi pour la Paléontologie en général.

Dans les Chaînes Céltibériques on trouve la plus ancienne faune de trilobites mesocambrienne de l'Espagne et peut-être aussi de l'Europe. En Barrios de Luna (province León) on trouve la faune cambrienne la plus ancienne de l'Espagne (infracambrien).

Dans la vallée du Narcea (Asturies), Puente del Arzobispo (Tolède) et Huelva, l'auteur a pu constater l'existence d'une algonquien sous les sédiments cambriens.

La comparaison des divers affleurements cambriens conduit l'auteur à établir un tableau stratigraphique général pour l'Espagne où il distingue onze étages, chacun avec ses trilobites caractéristiques, excepté le supérieur, qui n'a pas encore que de brachiopodes et d'autres fossiles et a son équivalent dans les couches de *Lingula* (*Lingula-flags*) d'Angleterre.

On a pu constater la présence de discordances orogéniques pendant la sédimentation cambrienne et de même l'émission de roches volcaniques.

Ainsi, l'Espagne est, peut-être, le pays de l'Europe où les dépôts cambriens occupent, proportionnellement la plus grande extension et variété d'épisodes.

AUSZUG (4)

Im Jahre 1928 begann der Verfasser seine grundlegenden Untersuchungen über das Altpaläozoikum in Spanien, mit welchen er zum ersten Male die Existenz des Unterkambriums in den Keltiberischen Ketten bestätigen konnte. 1937 setzte er seine Studien fort, die später, von 1952 an bis in die letzten Tagen, weitere wichtige Ergebnisse brachten. Vorliegende Arbeit fasst solche bis 1958 zusammen.

Nach einem historischen Rückblick, beschreibt der Verfasser die stratigraphischen Serien, die als «sicheres Kambrium» gelten, weil sie durch bestimmbare Trilobiten-Faunen gut datiert werden konnten. Auf diese Trilobiten-Faunen gestützt, hat er die Anwesenheit von den drei klassischen Unterstufen des Kambriums (Unter-, Mittel-, Oberkambrium) in Spanien bestätigt.

In den Keltiberischen Ketten (Provinz Zaragoza) befinden sich die ältesten mittelkam-

(3) Fait par le traducteur.

(4) Vom Übersetzer geschrieben.

brischen Trilobiten von Spanien und vielleicht von Europa überhaupt. In Barrios de Luna (provinz León) findet man die älteste Trilobiten Spaniens (Unterkambrium).

An verschiedenen Stellen (Narcea-Tal, Asturien; Puente del Arzobispo, Toledo; Huelva, Sierra Morena) unter dem Kambrium, konnte der Verfasser das Vorkommen vom Algonkium entdecken. Der Vergleich der verschiedenen kambrischen Gebiete Spaniens führt den Verfasser zu der Errichtung einer Tabelle des spanischen Kambriums, wo er elf Stufen unterscheidet die gut datiert werden durch charakteristische Trilobiten (bis auf die höchste wo bis jetzt keine Trilobiten gefunden worden sind)

Es gibt orogenetische Diskordanzen. Vulkanische Ergüsse konnte man an verschiedenen Stellen beobachten.

Aus den Untersuchungen vom Verfasser ergibt sich, dass Spanien das Land Europas ist, wo das Kambrium die grösste Verbreitung und Reichthum an stratigraphischen und tektonischen Episoden besitzt.



1. HISTORIA

Los primeros fósiles cámbricos de España fueron encontrados por Casiano de Prado (1855) en los Montes de Toledo. Algunos años más tarde (1858/60) este mismo geólogo descubre en la Cordillera Cantábrica, en las calizas de Peimonte (Asturias) una «fauna primordial» del Cámbrico medio. En 1863, De Verneuil y Lartet encuentran trilobites mesocámbricos (*Paradoxides* y otros) en las Cadenas Celtibéricas de Murero (Zaragoza). Finalmente, Macpherson descubre arqueociátidos en la Sierra Morena, cerca del Pedroso (Sevilla). De esta manera, en poco menos de un cuarto de siglo, se llegó a encontrar el Cámbrico fosilífero por distintos sitios del Norte, Noreste, Noroeste y Sur de España.

En los años siguientes, el hallazgo de yacimientos fosilíferos cámbricos fue en aumento sin que, al principio, se hicieran progresos estratigráficos sensibles. Así, Barrois (1882) cita fósiles cámbricos de la zona de Vegadeo, en el límite entre Asturias y Galicia. En Aragón, Dereims (1898) colecciona fósiles mesocámbricos en Badules, en las Cadenas Ibéricas orientales. Hernández Pacheco (1918) descubre arqueociátidos en la Sierra de Córdoba. Años más tarde, en esta misma sierra descubre R. Richter un crustáceo (1926) *Isoxys carbonelli*, mientras que los trilobites seguían siendo aún desconocidos en esta última región.

Todos estos hallazgos eran de edad mesocámbrica o, por lo menos, tal era la edad que se les atribuía. De aquí que E. Kayser (1923) llegara a pensar que el Cámbrico inferior faltaba en España y que, por tanto, el Cámbrico no aparece hasta llegar al mesocámbrico, que se extiende transgresivo sobre su substrato; según este mismo autor, durante el Cámbrico superior se realiza una regresión, y de aquí que tampoco este término estratigráfico se halle representado en España.

Que tales ideas no eran ciertas se ha podido deducir de las investigacio-

nes de Lotze, realizadas en 1928, en las Cadenas Celtibéricas. No solamente se pudo comprobar la existencia de una potente serie de estratos en el muro, yacente o substrato de las capas de *Paradoxides* sino que, además, en estas mismas, en Calatayud, se descubrió una fauna de trilobites más antigua que las ya conocidas en el resto de España. La idea de que aquí se hallaran niveles altos del Cámbrico inferior, según suponía Lotze (1929), y puesta en duda por P. H. Sampelayo (1935), se confirmó luego por la determinación de la fauna, estudiada por R. y E. Richter (1948). Además, por el hallazgo de numerosos yacimientos de trilobites, se pudo comprobar la extraordinaria extensión que el Cámbrico tiene en las Cadenas Celtibéricas, incluso en las zonas que hasta entonces se habían datado como silúricas. Por último, en las series, también de gran potencia, que siguen a las capas de *Paradoxides*, se han encontrado estratos con fósiles como los lingúlidos, que se corresponden con los *Lingula flags*, de Inglaterra. De este modo, la laguna estratigráfica que parecía existir entre el mesocámbrico y el Ordovícico quedó cerrada, por lo menos en gran parte.

La detallada división estratigráfica de la serie cámbrica que Lotze estableció para las Cadenas Celtibéricas pudo luego aplicarse a la Sierra de la Demanda por W. Schriel (1930), si bien este autor no pudo hallar una fauna determinable, la cual encontró más tarde H. Sampelayo (1942). Lotze en 1954, en las mismas capas de trilobites del mesocámbrico de la Sierra de la Demanda, halló restos de crinoideos y, en otra serie superior, bancos llenos de órtdidos junto a otros con obólidos y lingúlidos.

En 1937, Lotze encuentra en la Sierra Morena central y occidental los primeros trilobites del Cámbrico español meridional, que luego, R. y E. Richter (1941) determinan como del Cámbrico inferior. En investigaciones complementarias, propuesta por Lotze, S. Schneider vuelve a los mismos yacimientos hallados por el primero y encuentra, además, otros nuevos. Otros hallazgos se deben a Fricke y Simon en las zonas de trilobites ya reconocidas por Lotze en Sierra Morena central. Una especial novedad fue la fauna de *Saukianda*, que llegó a ser tan bien conocida por los trabajos de R. y E. Richter (1940, 1949) y que, al principio, estos autores (1940, 1949) y Simon (1939, 1950, 1951) situaban en el Cámbrico superior. De aquí que surgiera un dilema estratigráfico, ya que la fauna de *Saukianda* de Alanís, tal como se deducía de los mapas geológicos de Lotze, ya obtenidos en 1937, se presenta en una serie que más hacia el Oeste es del Cámbrico inferior, como lo demuestran sus trilobites.

Para aclarar este problema de modo definitivo y, a la vez, para obtener una idea sinóptica de todo el Cámbrico español, en 1952, Fr. Lotze (en parte, en colaboración con algunos de sus alumnos), comenzó a realizar investigaciones sistemáticas de estratigrafía comparada en los distintos afloramientos del Cámbrico de España. En 1955 fui acompañado por el Dr. Sdzuy, quien

me ayudó eficazmente en la recolección de fósiles. A él (junto con R. y E. Richter) debemos agradecer el estudio paleontológico de los trilobites. La descripción detenida del Cámbrico español se halla en estudio en el momento que redactamos el presente trabajo. El Dr. Sdzuy se ha hecho cargo de la parte paleontológica relativa a los trilobites, en la que se han de describir numerosas especies nuevas, que aquí sólo habremos de citar. Desde aquí agradezco al Dr. Sdzuy las valiosas indicaciones que han contribuido a enriquecer este estudio preliminar que ahora presentamos.

En el curso de estas investigaciones se han vuelto a encontrar nuevos yacimientos de faunas cámbricas, lográndose el hallazgo, por primera vez, de trilobites del Cámbrico inferior en el Noroeste de España (Lotze, 1954, 1955). Se trata de los más antiguos trilobites cámbricos descubiertos hasta ahora en España.

Ya en 1911 se conocían los primeros fósiles cámbricos *Trochocystites* hallados en los Pirineos orientales (Hernández-Pacheco y otros, 1911; B. Meléndez, 1954). En la actualidad, merced a estos y otros hallazgos, sabemos que el Cámbrico fosilífero se encuentra en amplias extensiones de la Península. Además de estas zonas datadas con seguridad por sus faunas, existen regiones en las cuales, en el muro o substrato del Ordovícico asoman series de rocas cuya facies petrográficas es la típica del Cámbrico pero, en las que, hasta ahora, no se ha hallado todavía una fauna demostrativa de su edad. En general, podremos decir que España es el país, entre todos los europeos, que posee la mayor extensión de tierras cámbricas, con lo que debemos suponer que en ella se encuentra la clave que sirva para dilucidar la estratigrafía del Cámbrico.

2. LA COMPOSICIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CÁMBRICO SEGURO (FOSILÍFERO) EN LAS DISTINTAS REGIONES DE ESPAÑA

a) Cadenas Celtibéricas

La división estratigráfica realizada hasta ahora con más detalle en las series cámbricas de España es la de Franz Lotze (1929, 1954/55) en las Cadenas Celtibéricas. La potencia total de los sedimentos cámbricos llega a ser de unos 4.000 metros, de los cuales, unos 2.400 pertenecen al cámbrico superior, 400 al Cámbrico medio y 1.200 al Cámbrico inferior. La sucesión estratigráfica que aquí exponemos difiere un poco de la que hemos establecido antes (1929, 1954/55, 1956):

Hasta ahora se han encontrado fósiles determinables en los tramos que van de la domía de Ribota a las capas de Ateca, mientras que en los tres inferiores no se han encontrado restos de fósiles, salvo a lo sumo, sus

huellas o rastros de su presencia. Las faunas de trilobites de la dolomía de Ribota, de las pizarras de Huérmeda y de las capas de Valdemiedes —bajo este último nombre separo aquí la parte más baja de las que hasta ahora llamaba «marga de Murero», caracterizada por una fauna especial— indican

Ordovícico	Cuarcita armoricana
	~~~~~Discondancia
Cámbrico superior	Capas de Ateca, > unos 2000 m. Capas del Jiloca, unos 450 m.
Cámbrico medio	Capas de Villafeliche, unos 250 m. Capas de Murero, unos 150 m.
Cámbrico inferior	Capas de Valdemiedes, unos 50 m. Cuarcita de Daroca, » 120 » Pizarra de Huérmeda, » 80 » Dolomía de Ribota, » 90 » Capas abigarradas del Jalón, » 300 » Capas de Embid, » 350 » Cuarcita de Bámbola, > » 300 »

que estos tres tramos pertenecen al Cámbrico inferior. En cambio, las ricas faunas de la marga de Murero y de las capas de Villafeliche son del Cámbrico medio. Finalmente, en la potente serie de las capas de Ateca se han encontrado lingúlidos que muestran su igualdad geocronológica con las «*Lingulaflags*», de Inglaterra.

El límite entre el Cámbrico inferior y el medio, que se encuentra sobre las capas de Valdemiedes, se presenta muy característico desde el punto de vista de su fauna; en cambio, el límite entre el Cámbrico medio y el superior no se muestra bien definido. Sin duda alguna, las capas de Villafeliche son todavía mesocámbricas y, por su parte, las capas de Ateca en su conjunto son, probablemente, supracámbricas. En tanto que la posición de las capas del Jiloca, intercaladas entre ambas series, es aún incierta.

La constitución petrográfica de los distintos horizontes es la siguiente:

1. La cuarcita de Bámbola, con más de 300 metros de potencia, es una serie de constitución cuarcítica, con estratificación entrecruzada, de colores claros, que hacia la base se hace de grano grueso e incluso que en parte pasa a conglomerado. Esta roca se presenta en masa o en gruesos bancos. Hasta ahora desconocemos su substrato, sobre el cual descansa.

2. La capas de Embid son también clásticas típicas; en ellas dominan, en la parte inferior (100 m.), las pizarras arcillosas, entre las que se intercalan bancos de cuarcita, arenisca y grauvaca (pizarra arcillosa de Embid), mientras que en los 250 metros de la parte superior predominan las grau-

vacas y arcosas con intercalaciones de areniscas cuarcíticas claras. Como fósiles sólo se encuentran «pistas».

3. Las capas abigarradas del Jalón, con un espesor de unos 300 metros, muestran una composición petrográfica muy variada. Junto a cuarcitas y grauvacas aparecen areniscas y pizarras arcillosas, y en la parte superior, se intercalan, repetidas veces, bancos de dolomía y de caliza dolomítica. Son característicos de este tramo los riplemarks y rizaduras de oleaje, a menudo muy bien formados, que muestran los bancos de arenisca, así como los vivos colores que poseen estas capas (violeta, azul oscuro, rojizo, verde claro). Salvo las «pistas» sólo se encuentran indicios de fósiles (¿trilobites?), pero hasta ahora no se ha hallado fauna alguna determinable.

4. La dolomía (5) de Ribota se halla constituida por una serie de 90 a 100 metros de espesor, de calizas dolomíticas y dolomías cristalinas en gruesos bancos, que al meteorizarse toman un color gris-oscuro, con intercalaciones repetidas de margas. En este tramo es donde, por vez primera, hallé trilobites en 1928; nuevas colectas me procuraron más trilobites en 1953 y 1955. El estudio de estos fósiles por R. y E. Richter (1948) dio los siguientes resultados:

*Lusatiops ribotanus* R. y E. Richter, 1948.

Elipsocefálicos, gen et sp. indeterminado.

El estudio de las nuevas colectas (todavía sin terminar), a cargo de K. Sdzuy, ha dado los siguientes resultados:

*Strenuaeva incondita* n. sp. (Sdzuy in manuscr.), hallado en una intercalación margosa algo más baja; *Lusatiops ribotanus* R. & E. Richter; *Metadoxides* sp.; *Palaeolenus velatus* n. sp. (Sdzuy in manuscr.), en un nivel margoso algo más alto.

5. Las pizarras de Huérmeda están ligadas a la dolomía de Ribota por una estrecha zona de pizarras y carbonatos alternantes. Son, sobre todo, pizarras arcillosas biotíticas gris-verdosas sucias entreveradas con bancos de arenisca o de cuarcita en la parte superior o en la inferior. En Huérmeda, cerca de la base de esta serie, se ha encontrado una fauna de trilobites, que según Sdzuy da las siguientes especies:

*Lusatiops ribotanus* R. y E. Richter.

*Micmacca aff. coloi* Hupé.

*Redlichia* sp.

En Tierga, en estas mismas capas se ha encontrado *Pruvostina farta* n. sp. (Sdzuy in manuscr.).

(5) Aceptando el término de dolomía, de uso en la industria, llamo «dolomía» a la roca formada por el carbonato cálcico magnésico y reservo el término «dolomita» para el mineral; la misma diferencia que, según costumbre, se establece entre caliza (roca) y calcita (mineral). (N. del T.)

6. La cuarcita de Daroca es de color gris a blancuzco con escasas intercalaciones de pizarra arcillosa. Como fósiles tiene formas afines a *Hyolites*.

7. y 8. Petrográficamente, las capas de Murero y de Valdemiedes forman una unidad; están constituidas por gruesos bancos de rocas margosas y arcillosas (no pizarrosas o apizarradas), de colores azulencos, verdosos y grises, con concentraciones nudosas, nodulosas y estratiformes de carbonatos.

Las faunas de trilobites recogidas en la parte más baja de la serie, en las campañas de 1952, 53, 54 y 55 últimamente, en parte, con el Dr. Sdzuy, comprenden, según este último autor, las siguientes especies:

*Lusatiops* sp. (probablemente de especie distinta a *L. ribotanus*).

*Termierella* sp.

*Hamatolenus ibericus* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

*Alueva undulata* n. g., n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Gen. et sp. indet., ex aff. *Resserops*.

Las formas indican su pertenencia al Cámbrico inferior; lo que se confirma por la ausencia absoluta de *Paradoxides*. Parece así justificado el separar esta parte más baja de las capas de trilobites —que hasta ahora venía yo llamando «marga de Murero»— como un tramo especial, al que denomino «capas de Valdemiedes».

8 a. En las capas que yacen inmediatas sobre estas últimas recogí, en 1928, trilobites que, determinados por R. y E. Richter dieron:

*Paradoxides mureroensis* (R. y E. Richter manuscr.).

*Olenopsis lotzei* n. sp. (R. y E. Richter manuscr.).

*Olenopsis eleganticeps* n. sp. (R. y E. Richter manuscr.).

*Agraulos* sp. a.

*Agraulos* sp. b.

Según los estudios de Sdzuy, hechos en las nuevas colectas de estas mismas capas, se encuentran:

*Paradoxides mureroensis* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

*Strenueava sampelayoi* R. y E. Richter, 1940 *moratrix* n. subsp. (Sdzuy manuscr.).

*Alanisia hastata* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

*Hamatolenus (Lotzeia) lotzei* n. subgen. n. sp. (Sdzuy manuscr.).

*Hamatolenus ibericus* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Esta fauna debemos considerarla del límite entre el Cámbrico inferior y el medio, ya que, además de *Paradoxides mureroensis*, que según Sdzuy (comunicación escrita) muestra íntimas afinidades con *P. oelandicus* y *P. pinus*, del Cámbrico medio más bajo de Escandinavia y con *P. sacheri* de Bohemia, los demás trilobites son del Cámbrico inferior. Esta fauna resulta así la fauna más antigua del Cámbrico medio de España e incluso, según

carta de Sdzuy, tal vez la más antigua que hasta ahora se conoce del mesocámbrico de los restantes países.

8 b. Hacia arriba, sobre unos bancos calizos (pasada una falla) se encuentra un horizonte con la siguiente fauna (según Sdzuy):

*Agraulos longicephalus* Hicks.

*Ciceragnostus westergårdsi* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

*Corynexochus* sp.

*Pardailhanian granieri* Thoral.

» *paschi* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

» *hispidus* Thoral.

» *hispanica* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

*Parabailiella languedocensis* Thoral.

*Paradoxides mediterraneus* Pompeckj o *P. brachyrhachis* Linnarsson.

?*Ctenocephalus antiquus* Thoral 1946.

*Paradoxides rouvillei* Miquel 1905.

8 c. Las capas que siguen hacia arriba se caracterizan por la abundancia de *Conocoryphe heberti*. En total, según los estudios de Sdzuy, contienen los siguientes trilobites:

*Agraulos longicephalus* Hicks.

?*Solenopleuropsis* cf. *ribcira* Verneuil et Barrande.

*Conocoryphe heberti* Munier-Calmas et Bergeron.

*Ctenocephalus antiquus* Thoral.

*Condylopyge rex* Barrande.

*Paradoxides pradoanus* Verneuil et Barrande.

» *mediterraneus* Pompeckj.

» *brachyrhachis* Linnarsson.

*Solenopleuropsis verdiagana* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

» *rubra* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

» *simula* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

» *marginata marginata* n. sp. n. subsp. (Sdzuy manuscr.).

*Peronopsis fallax sallesi* Munier Calmas et Bergeron.

Basándonos en estas colectas de trilobites, hechas horizonte por horizonte, se pueden distinguir en las capas de Murero, propiamente dichas, tres subpisos, que distinguiremos con los términos de «capas inferiores, medias y superiores de Murero». Característicos de cada uno de ellos son los siguientes fósiles:

Capas superiores de Murero: *Conocoryphe heberti*.

» medias de Murero: *Paradoxides rouvillei* y especies de los géneros *Pardailhanian* y *Parabailiella*.

» inferiores de Murero: *Paradoxides mureroensis*, *Hamatolenus (Lotzeia) lotzei*, *Alanisia hastata*.

Cabe esperar que los nuevos resultados obtenidos en el estudio de las

taunas, todavía por terminar, nos permitan establecer divisiones más afinadas aún.

9. Petrográficamente, las capas de Villafeliche tienen, en parte, una gran afinidad con las capas de Murero, pero muestran una más variada composición, ya que a las margas verdosas y azuadas normales se agregan intercalaciones de areniscas, cuarcitas, calizas dolomíticas y dolomías calizas. En la parte superior aparecen con frecuencia unas pizarras delgadas. El límite con las capas de Murero se puede establecer en esta población petrográficamente, gracias a la presencia de las primeras areniscas. En las colectas realizadas en 1955 en esta zona de transición a las capas de Murero, se encontraron los siguientes trilobites (según Sdzuy):

*Paradoxides* cf. *brachyrhachis* Linnarsson 1833.

*Solenopleuroopsis marginata marginata* n. sp. n. subsp. (Sdzuy manuscr.).

*Çtenocephalus* cf. *bergeroni* Thorvald 1946.

*Bailiella barriense* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Las restantes series superiores de las capas de Villafeliche ya no afloran de modo seguro en la rambla de Valdemiedes de Murero; en este sitio, debido a una cobijadura tectónica, se repite la serie de las capas de Murero. Resulta así que los datos sobre la fauna aquí recogida anteriormente (Lotze 1929) necesitan ser revisadas. Todavía están por hacerse investigaciones más detalladas de estratigrafía fina en las zonas limítrofes por el Norte de esta región.

10. Las capas del Jiloca están constituidas por elementos clásticos. En la parte inferior, en unos 200 metros de espesor («capas inferiores del Jiloca»), se componen de areniscas y grauvacas con intercalaciones de pizarras; en los 200 a 250 metros superiores dominan las pizarras arcillosas («capas superiores del Jiloca»). La parte inferior es notablemente rica en pistas, pero hasta ahora no se ha encontrado una fauna utilizable desde el punto de vista bioestratigráfico.

11. Las capas de Ateca tienen una gran potencia (más de 2.000 m) y constan de una alternancia de zonas de cuarcitas y pizarras arcillosas. Entre Daroca y Santed se pueden distinguir los siguientes horizontes petrográficos:

γ Capas superiores de Ateca, unos 700 m.	$\left. \begin{array}{l} \gamma_2 \text{ pizarras predominantes con areniscas} \\ \text{subordinadas; en la base, brechas de} \\ \text{pizarras arcillosas} \\ \gamma_1 \text{ cuarcitas} \end{array} \right\}$
β Capas medias de Ateca, unos 450 m.	$\left. \begin{array}{l} \beta_2 \text{ pizarras arcillosas, unos 400 m.} \\ \beta_1 \text{ cuarcitas, unos 20-30 m.} \end{array} \right\}$
α Capas inferiores de Ateca, unos 1000 m.	$\left. \begin{array}{l} \alpha_4 \text{ pizarra arcillosa superior unos 350 m.} \\ \alpha_3 \text{ cuarcita superior, unos 50 m.} \\ \alpha_2 \text{ pizarra arcillosa inferior, unos 400 m.} \\ \alpha_1 \text{ formaciones basales (cuarcitas y are-} \\ \text{niscas), unos 250 a 300 m.} \end{array} \right\}$

En las capas basales de esta serie de Ateca y, sobre todo, en las capas superiores, se encuentran muy frecuentes los braquiópodos inarticulados, especialmente lingúlidos. Algunos bancos están ocupados casi por entero por ellos. Del horizonte  $\alpha_1$  se ha podido determinar *Lingulella* cf. *Davisii* McCoy. Los sedimentos corresponden a la misma facies de los Lingula-flags del Cámbrico superior de Inglaterra.

Es interesante señalar la presencia de un horizonte de conglomerado que muestra una ligera discordancia angular en la base de  $\alpha_2$ . Las capas superiores de Ateca yacen discordantes por debajo de la cuarcita armoricana (ordoviciense, sobre todo Arenig), lo que nos hizo señalar en 1956 la existencia de la fase orogénica sárdica. Debido a esta discordancia, la serie de Ateca no está completa en todos sitios; en general, se ve que no siempre el Cámbrico superior se termina con las capas finales de la serie de Ateca. Por otro lado, es también posible que en esta parte más alta de las capas de Ateca se encuentren ya estratos del Tremadoc.

#### b) Sierra de la Demanda

Schriël ha sido el primero en señalar (1930) como cámbricas, en su mayor parte, las series estratigráficas del paleozoico antiguo de la Sierra de la Demanda. Schriël da la siguiente división estratigráfica (las letras las añadimos ahora para facilitar nuestro trabajo).

Cámbrico superior	$\left\{ \begin{array}{l} h) \text{ cuarcitas y pizarras cuarcíticas predominantes, unos 700 m.} \\ g) \text{ pizarras arcillosas areniscosas y pizarras cuarcíticas, unos} \\ \text{700-800 m.} \\ f) \text{ pizarras arcillosas verdes con lingúlidos, unos 50-80 m.} \end{array} \right.$
Cámbrico medio hasta 80 m.	$\left\{ \begin{array}{l} e) \text{ calizas dolomíticas pardas con intercalaciones de pizarras} \\ \text{margosas} \\ d) \text{ banco ferruginoso} \end{array} \right.$
Cámbrico inferior	$\left\{ \begin{array}{l} c) \text{ Alternancia abigarrada de rocas de diverso color, unos} \\ \text{200-300 m.} \\ b) \text{ areniscas, grauvacas y cuarcitas, 300-500 m.} \\ a) \text{ filitas oscuras} \end{array} \right.$

Schriël paraleliza el horizonte *b* con la cuarcita de Bámbola de las Cadenas Celtibéricas; el *c* con las capas abigarradas del Jalón. En los horizontes *d* y *e* veía Schriël los equivalentes modestos del potente Cámbrico medio de Aragón, rico en trilobites. Las capas *f-h* las equiparaba a las de Ateca. Esta paralelización no logró asegurarla este autor paleontológicamente, ya que no pudo hallar más que restos de trilobites indeterminables en el horizonte *e*. Schriël sólo cita lingúlidos del horizonte *f*.

Sampelayo (1942) cita hallazgos de trilobites en la Sierra de la Demanda,

que le hacen recordar la posible afinidad con *Olenellus*, pero no hace constar datos seguros; según R. y E. Richter (1948), ciertas impresiones fósiles citadas por Sampelayo hacen sospechar la presencia de *Tomaculum* (6) y, por tanto, de ordovícico.

En 1954 comencé, por mi parte, el estudio de la Sierra de la Demanda. De él obtuve la siguiente nueva división estratigráfica:

Según Lotze 1954		Según Schriell 1930	
Cámbrico superior	10. Cuarcitas predominantes que alternan con pizarras, varios miles de m.	Horizonte g + h	Cámbrico superior
	9. Alternancia de areniscas y pizarras, más de 1000 m.		
Cámbrico medio	8. Alternancia de grauvacas, areniscas, cuarcitas y pizarras, unos 500 m.	Horizonte f Horizonte d + e	Cámbrico medio
Cámbrico inferior	7. Cuarcitas y pizarras alternantes, 100 m.		
	6. Cuarcita, 20—30 m.		
	5. Pizarra arcillosa, con restos de trilobites, unos 50 m.		
	4. Dolomía de Ribota, unos 50 m.		
Fase asintica	3. Capas abigarradas del Jalón, unos 100 m.	Horizonte c	Cámbrico inferior
	2. Capas de Embid, 200—250 m.		
	1. Cuarcita de Bámbola, 250—300 m.	Horizonte b	
Algónquico:	pizarras arcillosas filíticas	Horizonte a	Algónquico

La formación estratigráfica más antigua que aflora en la Sierra de la Demanda, constituida por las pizarras arcillosas filíticas, debe separarse y llevarse al algónquico, ya que aparece diferenciada del resto de los terrenos por la discordancia asintica. El Cámbrico que le sigue debe tener, por lo menos, un espesor de 5.000 metros. Detallamos ahora sus distintos tramos:

1. Los bancos de conglomerados que reposan discordantes sobre las filitas algónquicas pasan a cuarcitas, de unos 250 metros de potencia, que tienen la misma constitución de la cuarcita de Bámbola de las Cadenas Celtibéricas.

2. Hacia arriba, esta cuarcita, formada por bancos compactos, estrechos y gruesos, pasa a una serie alternante de areniscas gris-verdosas, grauvacas y pizarras arcillosas, areniscosas, bien estratificadas. Aquí podemos ver el equivalente de las capas de Embid de las Cadenas Celtibéricas, si bien el espesor es mucho menor y, además, no aparece tan manifiesta la división en un horizonte de pizarra y otro de grauvaca.

3. Sigue una serie compuesta por areniscas abigarradas, violeta oscuro,

(6) Pistas características de determinados niveles ordovícicos, constituidas por tubos rellenos de excrementos, probablemente de gusanos (N. del T.).

rojo y gris verdoso, y pizarras arcillosas también abigarradas, que alternan con cuarcitas y bancos de caliza o dolomía interestratificados o de areniscas calizas; esta serie se corresponde sin duda con las capas abigarradas del Jalón. No son raros los restos de fósiles, pero se presentan mal conservados.

4. Dolomía ferruginosa, parda al meteorizarse, a veces transformada metasomáticamente en limonita y hematites roja, con intercalaciones de pizarras margosas: esta serie se identifica, con toda evidencia, con la dolomía de Ribota. En los lentejones de marga se encuentran restos de trilobites, inclasificables. Una acumulación mayor de pizarra en la parte baja de esta serie dolomítica está llena del todo por restos de conchas bivalvas, probablemente en su mayoría de braquiópodos inarticulados.

5. Pizarras de poco espesor, que se superponen a la dolomía. Contienen restos de trilobites, sobre todo hacia su base, en donde la pizarra se hace margosa y se convierte en caliza nodulosa; estos restos son aquí abundantes, pero, lo mismo que antes, se presentan mal conservados. Podremos equiparar estas pizarras a las de Huérmeda, pero son de potencia mucho menor.

6. Siguen cuarcitas compactas, en masa, de unos 20 a 30 metros, por lo menos, de espesor. Tal vez sean las equivalentes a la cuarcita de Daroca.

7. Alternancia de cuarcitas y pizarras, de más de 100 metros de potencia, completamente azoicas hasta ahora.

8. Siguen luego areniscas y pizarras arcillosas en repetidas alternancias y con un espesor muy grande, que llega a muchos cientos de metros. En la parte inferior aparecen menudos restos de trilobites; en la parte superior las areniscas calizas contienen pequeños lentejones, en donde se concentran los restos de trilobites.

9 y 10. Sin un límite apreciable, sigue una serie clásica, seguramente de varios miles de metros de espesor, en cuya parte inferior (9) predominan areniscas blandas, grauvacas y grauvacas pizarrosas, alternantes con pizarras areniscosas, mientras que en la parte superior (10) se compone de cuarcitas, unas veces en bancos muy potentes, otras en bancos delgados, que por entrecerse con ellas las pizarras areniscosas, queda dividida en tramos fácilmente distinguibles. Los lentejones calizos de la parte inferior areniscosa son ricos en braquiópodos inarticulados (obólidos, lingúlidos). Algunos bancos están repletos de *Nisusia* sp. También se han hallado restos de trilobites.

El estudio de la fauna hallada en la Sierra de la Demanda no se ha terminado todavía. Los resultados hasta ahora obtenidos no contradicen la idea de que el límite entre el Cámbrico inferior y el medio se encuentre en el tramo 7, en donde, por la analogía petrográfica con el Cámbrico de Celtiberia, cabría ya esperarlo. Los restos de trilobites contenidos en los tramos 7, 8 y 9 nos indican que éstos pueden pertenecer al Cámbrico medio; además glabelas de *Paradoxides* sp. se ha encontrado *Parasolenopleura demanda* n. sp. (Sdzuy manuscr.). Según carta de este autor, la última especie

citada no se conoce de ningún otro sitio, lo que dificulta la comparación estratigráfica inmediata; no obstante, lo más probable es que este tramo pertenezca al Cámbrico medio alto, en donde, en el Sur de Francia, se encuentran los Solenopleurinae. Apoya esta hipótesis la abundancia de braquiópodos del género *Nisusia*, ya que este género no es raro en el mesocámbrico calizo del Noroeste de España. El horizonte 10, rico en cuarcita, tiene una cierta semejanza con las capas de Ateca, por lo que, provisionalmente, lo sitúamos en el Cámbrico superior.

Esta identificación estratigráfica de ambas series cámbricas, de las Cadenas Celtibéricas y de la Sierra de la Demanda, difiere bastante de la expuesta por Schriell y, en cambio, concuerda mejor con los hallazgos de fósiles y con los caracteres faciales, tan bien presentados, del Cámbrico celtibérico.

Una afinidad petrográfica evidente se encuentra entre ambas regiones en las series comprendidas entre la cuarcita de Bámbola y la dolomía de Ribota, por lo que parece justificado que aquí, en la Sierra de la Demanda empleemos las denominaciones ya propuestas en las Cadenas Celtibéricas. Únicamente son importantes las variaciones de espesor, que en la Demanda (650 m.) es bastante menor que en Celtiberia (más de 1.000 m.). Las diferencias faciales de importancia se encuentra, en cambio, en los horizontes del techo de la dolomía de Ribota. El Cámbrico medio de la Sierra de la Demanda está formado, sobre todo, por areniscas y pizarras, constituyendo una facies característica, que denomino «facies de la Demanda»; faltan aquí las arcillitas calco-margosas, en gruesos bancos, ricas en trilobites, de las capas de Valdemiedes, Murero y Villafeliche. En cambio, el espesor de estas mismas series equivalentes de la Sierra de la Demanda es mucho mayor (unos 2.000 metros). Las semejanzas petrográficas no se presentan hasta llegar al horizonte 10, si bien hemos de advertir que la formación del Cámbrico superior en la Sierra de la Demanda parece ser más potente que al oeste de Daroca y Ateca.

### c) Cordillera Cantábrica (provincias de Asturias y León)

Para el Cámbrico de esta región, ya conocido desde los tiempos de Casiano de Prado, nos da Barrois (1882) la siguiente división estratigráfica:

Cámbrico	Capas de La Vega	b) Pizarras bastas, fosilíferas, y bancos gruesos de cuarcita verde, (50-100 m.)
		a) Calizas (20-60 m.) con un banco ferruginoso, (1,50-2,0 m.)
	Pizarras de Ribadeo 3000 m.	b) Pizarras y cuarcitas verdes
		a) Pizarras arcillosas azules y pizarras verdes
		Transición al «arcaico»

Este cuadro se ha mantenido por largo tiempo hasta que P. H. Sanpe-layo (1913, 1922, 1933) propuso una nueva división:

Cámbrico superior	{ Cuarcita y arenisca, 50 m. Pizarras arcillosas azules, en estratos finos, con capas ferruginosas, 300 m. Pizarras areniscosas y arcosas, 200 m.
Cámbrico medio	{ Pizarras de <i>Paradoxides</i> , 80 m. Caliza de Vegadeo, 40 m.
Cámbrico inferior:	Pizarras verdes y delgados bancos de caliza, 500 m.

Fauna valedera para clasificar estratigráficamente estas formaciones la halló Barrois en el Cámbrico medio de Vegadeo, si bien solamente en las pizarras sobrepuestas a la caliza de Vegadeo pero más al Sureste, en Belmonte, y, sobre todo, en la parte montañosa del Norte de la provincia de León, ya se conocía una fauna en buen estado de conservación, contenida en un horizonte calizo infrayacente. Los hallazgos de Casiano de Prado, del año 1855 proceden de este horizonte y desde entonces se han ido haciendo numerosos los yacimientos (Comte 1929-1939, Llarena y Arango, 1948). Todos estos fósiles pertenecen al Cámbrico medio.

Desde 1953 he venido realizando investigaciones estratigráficas en todas estas zonas; en 1955 me acompañó el Dr. Szuy y luego continuó haciendo la recolección sistemática por mí emprendida, sobre todo en el corte, tan bien presentado, de Barrios de Luna. Los yacimientos leoneses de la Cordillera Cantábrica, Láncara, San Emilian, Cercedo, Verdiago, etc., fueron, asimismo, de nuevo examinados en estos años, lo mismo que los clásicos de Belmonte, Tineo y Vegadeo, ya estudiados por Casiano de Prado y Barrois. De mis investigaciones he obtenido el siguiente cuadro estratigráfico, cuya validez estimo aplicable a todas las zonas reconocidas en Asturias y León:

#### Transición al ordovícico

Cámbrico superior	{	9. Cuarcita, areniscas, pizarras alternantes, pasando hacia arriba a más cuarcitosas, unos 300 m.
		8. Areniscas y pizarras arcillosas, unos 200 m.
Cámbrico medio	{	7. Arcillitas gris-verdosas, en parte margosas, que hacia el Este se hacen más areniscosas, unos 50 m.
		6. Margas rojas y calizas margosas, 5-15 m.
Cámbrico inferior	{	5. Calizas claras, 10-20 m.
		4. Dolomía en gruesos bancos, 50-80 m.
		3. Areniscas y pizarras abigarradas con bancos aislados de caliza, dolomía y arenisca caliza, unos 100 m.
		2. Alternancia de areniscas, pizarras y cuarcitas, unos 100 m.
		1. Cuarcita en bancos, que pasa a series cerradas y potentes de cuarcitas y conglomerados gruesos, 250 a más de 100 m
		~~~~~
		Conglomerado de facies «tilita»
Algónquico:		Capas del Narcea: series potentes de rocas sedimentarias entre las que predominan las pizarras

Según esto que aquí exponemos, la formación cámbrica de León y Asturias, es tan variada y bien dividida como en las Cadenas Celtibéricas y en la Sierra de la Demanda.

1. La cuarcita basal del Cámbrico, que en el valle del Narcea (Asturias) reposa discordante sobre el algónquico, tiene el mismo tipo tan característico de la cuarcita de Eámbola pero, geocronológicamente hablando, abarca más horizontes que esta última, ya que incluye las capas de Embid y una parte de las del Jalón. Este hecho me ha inducido a designarlas con un nombre propio, «cuarcita de Cándana» (Lotze, 1957, pág. 466). Hacia el Oeste (valle del Narcea y carretera de Tineo), en donde hasta ahora se la consideraba como cuarcita armoricana arenigiense, alcanza más de mil metros de potencia pero, en cambio, ésta se reduce hacia el Este. El espesor de los cortes al Noroeste de León oscila entre 250 y 300 metros. En estos sitios, la parte superior de la cuarcita es de grano muy grueso.

2. Hacia arriba, la serie cuarcítica se hace menos cerrada y en sus bancos se intercalan lentejones de pizarra alternantes con otros de arenisca; su espesor es de cerca de 100 metros.

3. Abigarrada alternancia de areniscas rojas, ricas en pistas, grietas de desecación, rizaduras de oleaje, etc., con areniscas carbonatadas, bancos calco-dolomíticos y pizarras arcillosas. En 1953, en Barrios de Luna encontré los primeros restos de trilobites; Sdzuy, en 1955, pudo ampliar este yacimiento considerablemente. Uno de los puntos, tal vez el más profundo de la serie, dio *Lunolenus* sp. De las areniscas calizas, unas docenas de metros por debajo del horizonte 4, se han obtenido:

Lunolenus prior n. g. n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Agraulos antiquus, n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Un banco más alto todavía, cerca de la base de la dolomía del horizonte 4 ha dado:

Lunolenus lunae n. g. n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Metadoxides richterorum n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Dolerolenus formosus n. sp. (Sdzuy manuscr.).

La fauna no es tan sólo interesante porque hasta ahora es la más antigua fauna de trilobites de España (Lotze 1954), sino porque, además, como me dice en carta Sdzuy, aparecen por vez primera y sin duda alguna los géneros *Dolerolenus* (*Olenopsis*) y *Metadoxides* fuera de la isla de Cerdeña.

A juzgar por su petrofacies y su situación en la serie sedimentaria, podremos considerar los estratos del horizonte 3 como equivalentes a las capas abigarradas del Jalón de Celtiberia y Sierra de la Demanda.

4. Las dolomías que siguen, tienen, en absoluto, el mismo tipo que la dolomía de Ribota. No se ha encontrado fauna.

5. La dolomía pasa hacia arriba a caliza clara que, en parte, muestra estructuras de algas calizas, pero que no han dado fauna reconocible.

6. Las calizas rojas, en gruesos bancos, que siguen, con intercalaciones de margas calizas rojas, han dado en Láncara, Barrios de Luna, Cercedo y Verdiago, además de braquiópodos y restos de equinodermos, los siguientes trilobites (determinados por Sdzuy):

Agraulos longicephalus (Hicks, 1872).

Solenopleuropsis cf. *ribeiro* (Verneuil et Barrande, 1860).

Parabailiella languedocensis (Thoral, 1946).

Conocoryphe aff. *heberti* Munier Chalmas et Bergeron, 1889.

Ctenocephalus antiquus Thoral, 1946.

Paradoxides cf. *brachyrhachis* Linnarsson, 1883.

Solenopleuropsis verdiagana n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Estas calizas rojas forman un nivel muy destacado dentro de los sedimentos cámbricos en toda su extensión a lo largo de la Cordillera Cantábrica por las provincias de Asturias y León, y con esta misma facies se encuentran desde Verdiago al Este hasta Tineo al Oeste. Más allá desaparecen, como se comprueba en Vegadeo, en donde sobre los bancos de dolomía y calizas claras a grises se superponen directamente las arcillitas margosas.

A juzgar por su fauna, las calizas rojas son, indudablemente, del Cámbrico medio. Contienen importantes elementos comunes con las capas medias y superiores del nivel de Murero (capas de *Parabailiella languedocensis* y capas de *Conocoryphe heberti*) mientras que, por el contrario, las margas inferiores de Murero no están aquí representadas faunísticamente. Tal vez este tramo inferior de las capas de Murero esté representado por una parte de las calizas claras, a las cuales pasan, por transición, hacia abajo, las calizas rojas. De esta circunstancia se deduce que no se puede definir con precisión dónde se encuentra aquí el límite entre el Cámbrico medio y el inferior.

7. En las pizarras de trilobites superpuestas, que en la base todavía tienen un tramo de poco espesor con tono débilmente rojo, pero que, en general son de color gris-verdoso y contienen intercalados algunos gruesos bancos de arenisca, hemos hecho un detenido reconocimiento paleontológico de la serie sedimentaria, especialmente en Láncara y Barrios de Luna. En este último punto, en seis bancos sucesivos, de los cuales a se halla inmediatamente en la base y f cerca del techo, y a distancias esas de uno a otro de éstos, hemos hallado las especies siguientes de trilobites (clasificados por Sdzuy):

Capa a:

(Estratos basales rojos).

Conocoryphe heberti Munier-Chalmas et Bergeron, 1889.

Paradoxides pradoanus Verneuil et Barrande, 1860.

Paradoxides brachyrhachis Linnarsson, 1883.

Solenopleuropsis rubra n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Capa b:

Condylopyge rex Barrande, 1846.

Paradoxides pradoanus Verneuil y Barrande, 1860.

Paradoxides brachyrhachis Linnarsson, 1883.

Solenopleuroopsis simula n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Capa c:

Paradoxides pradoanus Verneuil y Barrande, 1860.

Solenopleuroopsis simula n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Solenopleuroopsis thoralis n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Peronopsis fallax sallesi (Munier Chalmas et Bergeron, 1889).

Leiagnostus sp.

Capa d:

Paradoxides pradoanus Verneuil y Barrande, 1860.

?*Paradoxides brachyrhachis* Linnarsson, 1883.

Solenopleuroopsis marginata marginata n. sp. n. subsp. (Sdzuy manuscr.)

?*Peronopsis fallax fallax* Linnarsson, 1869.

Peronopsis fallax sallesi Munier Chalmas et Bergeron, 1889.

?*Leiagnostus resectus* (Grönwall, 1902).

?*Ellipsocephalus leonicus* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Conocoryphe pseudooculata (Miquel, 1905).

Capa e:

Paradoxides brachyrhachis Linnarsson, 1883.

Solenopleuroopsis marginata marginata n. sp. n. subsp. (Sdzuy manuscr.).

Peronopsis fallax fallax (Linnarsson, 1869).

Peronopsis fallax sallesi (Munier-Chalmas et Bergeron, 1889).

Leiagnostus resectus (Grönwall, 1902).

Bailliella barriense n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Capa f:

Paradoxides brachyrhachis Linnarsson, 1883.

Solenopleuroopsis marginata angularis n. sp., n. subsp. (Sdzuy manuscr.).

Peronopsis fallax sallesi (Munier Chalmas et Bergeron, 1889).

Leiagnostus resectus (Grönwall, 1902).

Conocoryphe pseudooculata (Miquel, 1905).

Estas faunas muestran diferencias curiosas: *Conocoryphe heberti*, *Condylopyge rex*, *Solenopleuroopsis rubra*, *Solenopleuroopsis simula* y *Solenopleuroopsis thoralis* están limitadas a las capas inferiores. *Paradoxides pradoanus*, llega hasta la parte media de la serie. *Solenopleuroopsis marginata* se encuentra

sólo en la segunda mitad superior; la subespecie *S. angularis* se encuentra únicamente en el horizonte más alto. Asimismo, *Peronopsis fallax*, *Leiagnostus resectus*, *Bailliella barriense* y *Conocoryphe pseudooculata* están localizadas en la mitad superior de la serie, *Bailliella* en la capa e.

En conjunto, la parte inferior de esta serie 7 debe corresponderse con las capas superiores de Murero y la parte superior con las capas de Villafeliche. Las intercalaciones de areniscas, tan características de las capas de Villafeliche, se encuentran en el corte de Los Barrios de Luna únicamente en la mitad superior de la serie.

Sin embargo, este paralelismo sólo sirve para esta zona de Los Barrios de Luna. Hacia el Este aumenta la frecuencia general de las areniscas, y en Verdiago aparecen potentes bancos de arenisca distribuidos por todas las capas. Se ve allí que los sedimentos se reducen sólo a los de arenisca con algunas intercalaciones subordinadas de pizarras. Por el contrario, hacia el Oeste se realiza un cambio inverso de facies: las areniscas disminuyen y en Belmonte y Tineo y, sobre todo, en Vegadeo, faltan casi por completo.

8. Esta serie se caracteriza por sus depósitos puramente clásticos, sin cal alguna. Dominan las areniscas tableadas, en delgadas lanchas con abultamientos en su superficie y numerosas pistas (*Tigillites* y otras). Estas areniscas muestran una gran semejanza con las capas del Jiloca, pero seguramente abarcan, además, en parte, el mesocámbrico alto.

9. Cuarzitas claras, que se hacen cada vez más frecuentes hacia arriba y que pueden mostrar una gran semejanza con la cuarzita armoricana, pero que no forman series tan uniformes como esta última y, además, se presentan en bancos delgados. Facialmente, estos depósitos corresponden a las capas de Ateca, pero tienen menor potencia (unos 300 m.) y, sobre todo, apenas son fosilíferos. Esta serie está íntimamente ligada al ordovícico; en todo caso, no existe discordancia alguna entre la sucesión de pizarras y cuarzitas de este tramo 9 y la cuarzita armoricana; es difícil, por ello, señalar la transición del Cámbrico al Silúrico (7). Queda la posibilidad de que en la parte superior cuarcítica, para la cual propuse el nombre de «serie de los Cabos» (Lotze, 1957, pág. 467) existan depósitos referibles al trencadociense (8).

(7) El autor, en otra publicación anterior: «Ordogott» statt «Silur» Eine Anregung. N. J. Geol. Pal. Mh., 1956, H. 8, 399-400, propone sustituir el término silúrico por el de ordogótico. (N. del T.)

(8) En otro trabajo, F. Lotze: *Zum Alter nordwestspanischer-Quarzit-Sandstein-Folgen*. N. J. Geol. Pal. Mh., 1957, 10, págs. 464-471, amplía la edad de la «cuarzita de los cabos» de los autores antiguos (Schulz, Barrois), no limitándola sólo al Ordovícico inferior sino haciéndola descender hasta los tramos altos del Cámbrico medio (N. del T.).

d) *Costa de Asturias*

En la región litoral del mar Cantábrico sólo se conocía hasta ahora el Cámbrico fosilífero de la zona de Vegadeo. En su prolongación hacia el Noreste, el Dr. Jaritz, un poco más a Oriente de la desembocadura del Eo, descubrió otro yacimiento, con una fauna de trilobites (que ha sido objeto de su tesis doctoral). A unos 70 kilómetros en línea de aire, más al Este todavía, en la zona comprendida entre Soto de Luiña y Cudillero, ya en 1953, en mis recorridos a pie, llamaron mi atención rocas de aspecto cámbrico, como, por ejemplo, carbonatos que al meteorizarse tomaban el mismo color pardo de la serie dolomítica-caliza infracámbrica y otras con la facies de las arcillitas y margas mesocámbricas, que yacían sobre las primeras. Ya entonces supuse que en esta potente serie debía existir el Cámbrico; más tarde, en 1956, logré encontrar los primeros trilobites, bien conservados. Más allá todavía, el Dr. Färber continuó haciendo estudios sistemáticos de estos mismos terrenos.

En esta región, la serie de depósitos cámbricos concuerda con la de la misma edad en la Sierra de la Demanda (se halla en preparación un estudio extenso por parte del Dr. Fäber). Sobre una serie de vulcanitas de edad algónquica, que se corresponde con la formación de porfiroides y pizarras verdes de la Sierra Morena (Lotze, 1956 a) yace, como tramo más bajo, una potente sucesión de estratos de cuarcita de grano grueso del mismo tipo que la de Bámbola o de Cándana (Lotze, 1957); es interesante ver que en su parte basal, estas cuarcitas contienen algunos bancos de caliza que aquí hacen ver el origen marino de la cuarcita de Cándana ya desde su comienzo. Los bancos calco-arenosos en el techo de la cuarcita contienen los primeros trilobites; es indudable que estas capas de transición corresponden, petrográficamente, a los mismos sedimentos del muro, yacente o substrato de la serie dolomítica-caliza de Los Barrios de Luna que, como ya antes hemos dicho, han dado una nueva fauna (pág. 16). Hacia arriba, siguen, en ambas regiones, los equivalentes de la dolomía de Ribota, infracámbrica. En la costa, al Oeste de Cudillero, sigue la marga de trilobites, que en parte llega a contener una fauna muy abundante y que luego pasa a una alternancia de areniscas y margas, las cuales, hacia su techo se convierten, de modo sorprendente, en una serie de facies «flysch», constituida por areniscas, cuarcitas, pizarras arcillosas y margas, a la que en 1957 he llamado «Serie de los Cabos». Esta serie se corresponde, en gran parte, con la alternancia de areniscas y pizarras de la Sierra de la Demanda (horizonte 8-10, ver pág. 12), y lo mismo que esta última, contiene lentejones con lingúlidos, órtidos, scolitos y bilobi-

tes. Lo mismo que en la Sierra de la Demanda, en esta serie sedimentaria de la costa asturiana, que alcanza varios miles de metros de espesor, debe ocultarse una parte del Cámbrico medio y todo el Cámbrico superior. Es difícil, por tanto, decir en dónde se halla el límite entre uno y otro de estos subpisos. Y lo mismo ocurre con el límite entre el Cámbrico y el Ordovícico.

Esta zona cámbrica de Cudillero-Soto de Luiña se continúa hacia el Suroeste y cruza la carretera nacional número 634, entre Luarca y La Espina, en donde, por lo menos en sus tramos superiores, aparece bien presentada en las trincheras.

e) *España central*

Poco era lo que se sabía hasta ahora del Cámbrico del centro de España, si bien en el año 1845, Casiano de Prado había encontrado en Los Cortijos de Malagón, la primera especie cámbrica de trilobites, que Barrande describió más tarde, como *Ellipsocephalus pradoanus*. En los tiempos siguientes cayó en el olvido este yacimiento y, asimismo, hasta fechas recientes quedó en la más completa oscuridad la estratigrafía del Cámbrico de la España central.

En las investigaciones que he comenzado en 1952, en la región entre El Puente del Arzobispo y Guadalupe, se ha podido establecer la siguiente serie estratigráfica:

Ordovícico	Cuarcita armoricana
	Fase ibérica
	5. Alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras («capas intermedias») hasta más de 1000 m.
	Fase toledánica
Cámbrico	4. Pizarras arcillosas predominantes, 100 a 200 m.
	3. Dolomías y calizas, 30 a 150 m.
	2. Pizarras, con bancos de arenisca subordinados; arriba pizarras fajeadas, 700 m.
	1. Terrenos de transición, hasta más de 1000 m.
Algónquico	Capas de Valcasa

1. Sobre las potentes y monótonas «capas de Valcasa», formadas en sus tramos más bajos por pizarras y areniscas blandas, se superpone una serie de grauvacas pizarrosas, de unos 1.000 metros de espesor, que contienen numerosas intercalaciones de bancos de gravas, entre los que algunos pueden llegar a los diez metros de grosor. Estos conglomerados contienen cantos de cuarzo y cuarcita siempre bien redondeados, que alcanzan un tamaño considerable; los cantos aparecen envueltos y desparramados irregularmente en un cemento pizarroso gris-verdoso. Estas gravas que, a veces, llegan a formar un material compacto, no muestran una ordenación determinada de sus elementos y apenas se hallan trabadas por su cemento. Estos

depósitos dan la impresión de ser sedimentos fluvio-glaciares. Si se acepta la hipótesis de un clima glaciario durante su formación, en favor de ella tenemos esta facies tan característica que presentan, así como la ausencia de fenómenos diagenéticos posteriores (Lotze, 1956).

Los depósitos de gravas tal vez correspondan al tiempo de transición entre el Algonquico y el Cámbrico. Como ya es sabido, en esta época han existido fenómenos glaciares por una amplia extensión de la superficie del planeta. Asimismo, en el valle del Narcea, en Asturias, bajo la cuarcita basal del Cámbrico y separada de ella por una discordancia, asoma una potente masa de bloques, con algunos cantos de enorme tamaño y de bordes bien redondeados, en la cual supongo yo que se trata de una «tilita» del algonquico superior (Lotze, 1956).

2. Estos terrenos de transición del Algonquico al Cámbrico pasan hacia arriba a una serie de más de 700 metros de espesor, compuesta por pizarras arcillosas con intercalaciones subordinadas de arenisca y cuarcita. Estas rocas son de color gris-verdoso, de pizarrosidad basta y, a menudo, con listas o fajas, dispuestas muy regularmente (por ejemplo, en los alrededores de Guadalupe). No han dado fauna alguna.

3. Al Este de Puente del Arzobispo y al Norte de Guadalupe siguen a la serie del tramo 2, dolomías y calizas, con meteorización parda ferruginosa del tipo de la dolomía de Ribota. Su potencia varía mucho de un punto a otro. En la carretera Puente del Arzobispo-La Estrella se ven estructuras de algas calizas.

4. Sobre las calizas del tramo 3 yacen arcillitas y pizarras arcillosas de color gris-verdoso, que tienen un gran espesor. En su parte alta se intercalan bancos de arenisca.

5. La serie cámbrica termina con una alternancia de pizarras, areniscas y cuarcitas que, en ocasiones, sobre todo en su parte inferior, se convierten en conglomerados. Esta serie reposa transgresiva y con discordancia patente, sobre horizontes más antiguos, recubriendo el Cámbrico inferior e incluso el Algonquico (fase toledánica, Lotze, 1956).

Con una nueva discordancia yace transgresiva sobre el horizonte 5 e, igualmente, sobre el Cámbrico inferior o sobre el Algonquico, la cuarcita armoricana del arenigense (fase ibérica, Lotze, 1956).

A esta última discordancia debemos atribuir que en la región que estamos considerando, sea tan incompleta la serie cámbrica. Por lo general, bajo el Ordovícico sólo se han conservado los sedimentos del Cámbrico inferior y únicamente en zonas muy reducidas se encuentran los horizontes 3 a 5.

El Cámbrico de la España central es muy pobre en fósiles. En Castañar de Ibor (al NNO. de Guadalupe) sólo he encontrado restos indeterminables de trilobites en el techo del horizonte de la dolomía y caliza. En Los Corti-

jos de Malagón (Ciudad Real), en la proximidad a los yacimientos hallados por Casiano de Prado, Weggen ha encontrado otro con fauna determinable. El material, estudiado por Sdzuy ha dado los siguientes trilobites:

Realaspis strenoides n. g. n. sp. (Sdzuy manusc.).

Pseudolenus weggeni n. sp. (Sdzuy manusc.).

Pseudolenus glaber n. sp. (Sdzuy manusc.).

Palaeolenus cf. *velatus* n. sp. (Sdzuy manusc.).

Se trata de formas totalmente nuevas, si bien, otras especies afines se hallan en el Cámbrico superior de Marruecos y en la dolomía de Ribota de las Cadenas Celtibéricas. Las capas fosilíferas más fructíferas se encuentran en el techo del horizonte de los carbonatos, y más limitadamente, en la parte superior del tramo 4, del que podemos denominar «corte estratigráfico normal» del Cámbrico de la España central.

Con este hecho se corresponde también el dato de que por encima de las areniscas trilobíticas de Los Cortijos yace una serie de rocas con cuarcitas y tobas diabásicas, sobre la cual, a su vez, reposa la cuarcita armoricana, en tanto que en el muro aparecen arcillitas puras, que deben de corresponder a las del horizonte 4.

Los reconocimientos geológicos de Merten, Machens y Redlin entre Toledo y el Valle de Alcudia (cuyas tesis fueron presentadas en Münster en 1955) confirman cuanto aquí decimos, concordando los hechos obtenidos con los por mí establecidos en este corte estratigráfico normal del Cámbrico de la España central.

f) España meridional (Sierra Morena)

En las investigaciones realizadas el año 1937 pude establecer los cuatro horizontes principales de la serie cámbrica que siguen, obtenidos en la parte occidental y central de Sierra Morena:

Arenig (conglomerado)

4. Serie clástica superior, rica en intercalaciones de diabasa
3. Pizarras trilobíticas, en parte abigarradas
2. Rocas carbonatadas
1. Serie clástica inferior, arriba en parte abigarrada

Algonquico

Las investigaciones de H. Schneider, W. Fricke y, en parte, de W. Simon han confirmado y completado este corte. Únicamente, Simon, llegó a conclusiones diferentes respecto a la colocación de los tramos por él distinguidos en la escala estratigráfica, que más tarde, entretanto, se ha visto que no eran acertadas. En los años 1953 a 1955, mis propios estudios han dado por resultado nuevos datos complementarios.

En la actualidad, el esquema que sigue podemos considerarlo como general del Cámbrico de Sierra Morena:

Silúrico:		Areginense	
(ordogótico, Lotze 1956)			
Cámbrico superior y medio	}	7. Vulcanitas, hasta más de 500 m.	
		6. Serie arenoso-arcillosa, 300 - 500 m.	
		5. Pizarras de trilobites	
Cámbrico inferior	}	4. Rocas carbonáticas (calizas, dolomías, margas, margas con nódulos de calizas, calizas rizadas) de 250 a más de 1000 m.	
		3. Pizarras fajeadas, unos 350 m.	
		2. Serie de grauvacas-cuarcitas-pizarras, unos 200 m.	
Algónquico	}	1. Terrenos de transición conglomerados, unos 200 m.	
		Capas de Huelva, con vulcanitas	

1. El Cámbrico está enlazado con el Algónquico por capas de transición. Como capas limítrofes podemos considerar los conglomerados, en los que los cantos aparecen dispersos irregularmente. Parece lógico pensar que estos depósitos se puedan paralelizar con las gravas de transición del Algónquico al Cámbrico de la España central.

2. La serie clástica que le sigue se compone de cuarcitas, abajo sobre todo, y grauvacas, arriba más frecuentes, con pizarras entreveradas.

3. Hacia arriba decrecen las intercalaciones clásticas, que son sustituidas por una serie, bastante monótona, de pizarras arcillosas fajeadas, de color gris verdoso predominante. En la Sierra Morena occidental existen sedimentos que parecen afines a los del tipo de los abigarrados del Jalón.

4. El horizonte de carbonatos, integrado por caliza marmórea, dolomía y caliza margosa, muestra diferencias faciales dentro de la Sierra Morena. Por el Oeste forma una masa bastante homogénea, de calizas más puras, ferruginosas, pardas al meteorizarse, con escasas intercalaciones de margas; por el Este, su espesor aumenta mucho y el horizonte se resuelve en varias hiladas de caliza, separadas por capas intermedias de margas, hasta que, por último, predominan los bancos de margas calcáreas, que alternan a trechos con otros de caliza. Esta frecuencia de las margas calizas se encuentra, sobre todo, en la parte inferior y en la zona de transición al horizonte 3. De tal manera, el tramo de carbonatos en la zona de Cazalla de la Sierra, en su mayor parte, presenta una facies peculiar, caracterizada por una alternancia muy regular, bien estratificada, de capas de margas y arcillitas con delgados bancos de caliza arcillosa («Capas de Campoallá» de W. Simon). Especialmente, en la parte superior, se reconoce la transición a calizas más puras. Su espesor llega a ser de muchos cientos de metros.

El único resto fosilífero animal seguro de esta serie es *Ethmophyllum marianum* (F. Roemer), hallado por J. Macpherson en 1878. Las estructuras de argas calizas son frecuentes, sobre todo en la parte superior; W. Simon las clasifica como *Cryptozoon* y *Archaeozoon*.

Simon sitúa la mayor parte de las capas de este horizonte en el Cámbrico medio, lo que es falso con toda seguridad, ya que la superposición de las pizarras de trilobites del horizonte 5 del Cámbrico inferior sobre este tramo de carbonatos está fuera de toda duda.

5. Las pizarras de trilobites que siguen al tramo de los carbonatos tienen una importancia estratigráfica excepcional, porque a partir de 1937 nos han dado faunas de trilobites abundantes y de sumo interés (pág. 4). Este horizonte 5 está enlazado con el de los carbonatos del horizonte 4 por medio de una hilada, de poco espesor, formada por margas con nódulos de caliza, que originan esta facies tan característica de «caliza rizada» que poseen. El horizonte 5 se compone, en su mayor parte, de arcillitas y pizarras arcillosas, más o menos margosas, y de variados colores. Subordinadas, se presentan intercalaciones de areniscas y, de cuando en cuando, bancos más calizos con la estructura de las calizas rizadas. Los colores de estas rocas son muy variables: lo más frecuente es que tengan un tono violeta, que pasa a rojo de vino o pardo; otras veces presentan otro gris-verdoso brillante. El color no es el mismo a lo largo del horizonte; en general, en la parte occidental de la Sierra Morena dominan los tonos rojizos, mientras que al Sur de Alanís son más frecuentes los verdes y grises.

Los trilobites no son raros. En los alrededores de Cala, en la Sierra Morena occidental, según H. Schneider (1941) se acumulan en un banco de 2 a 3 metros de potencia (que este autor denomina «banco de *serratus*»), y que se halla a una distancia estratigráfica de unos 350 metros sobre el horizonte de los carbonatos. De esta hilada proceden los primeros hallazgos de trilobites de Lotze (1937), asimismo las colectas principales de Schneider y una pequeña fauna que Lotze encontró en 1937 un poco más al Este, al Sur de Llerena. Las determinaciones de R. y E. Richter (1941) han dado las siguientes formas:

Eodiscus llarenai R. y E. Richter, 1941.

» *serratus* R. y E. Richter, 1941.

Eodiscus cf. *speciosus* (Ford).

» *caudatus* (Delgado, 1904).

Callavia? *lotzei* R. y E. Richter, 1941.

Boniella? *hispanica* R. y E. Richter, 1941.

Protolenus schneideri R. y E. Richter, 1941.

Protolenus sp.

Strenuaeva cf. *vigilans* (Matthew, 1899).

Strenuaeva cf. *annio* (Cobbold, 1910).

Atops? *calanus* R. y E. Richter, 1941.

Scenella reticulata Billings, 1872.

Hyolithes sp.

Las colectas posteriores (1955) al Sur de Llerena han dado además: **Al-**

donaia (*Protaldonaia*) *morenica* n. sp. (Sdzuy manuscr.) y *Eodiscus* (*Serrodiscus*) cf. *speciosus* (Ford).

Esta fauna, que muestra afinidades con la de Villa Boim en Portugal (Teixeira), según R. y E. Richter debe colocarse, sin reserva alguna, en el Cámbrico inferior alto.

Más antigua todavía que esta fauna es otra que Lotze y Sdzuy hallaron en el muro o yacente de las pizarras abigarradas con *Eodiscus* (*Eodiscus-Serrodiscus-speciosus*), caracterizada por la presencia de *Kjerulfia* (*Andalusiana* n. sg.) *cornuta* n. sp. (Sdzuy manuscr.) y *Termierella guadalcanalensis* n. sp. (Sdzuy manuscr.).

A un nivel más alto de las pizarras de trilobites pertenece, por el contrario, la fauna de Alanís encontrada por R. Richter y W. Simon en 1938 y luego estudiada por R. y E. Richter. Según estos últimos autores (1940) se encuentran en ella las siguientes formas:

Saukianda andalusiae R. y E. Richter, 1940.

Tellerina? *genata* R. y E. Richter, 1940.

Tellerina? sp. R. y E. Richter, 1940.

Perrector perrectus R. y E. Richter, 1940.

Resserops resserianus R. y E. Richter, 1940.

Eops eo R. y E. Richter, 1940.

Koptura? *pachecoi* R. y E. Richter, 1940.

Strenuella (*Strenuaeva*) *sampelayoi* R. y E. Richter, 1940.

» » *insecta* R. y E. Richter, 1940.

Camaraspis guillermoi R. y E. Richter, 1940.

Camaraspis onyx R. y E. Richter, 1940.

Además, se encontraron: *Hyalithes*, braquiópodos (*Eocrthis*, *Acroreta*, *Lingulella*), *Serpulites*, *Chancelloria hispanica* y arqueociátidos.

Todas las especies y, en parte, los géneros de trilobites, de esta que los esposos Richter llamaban «Fauna de Saukianda», cuya edad ha sido tan discutida, resultaban nuevos, con lo que al principio, parecía hallarse aislada, sin conexión alguna, dentro de los países del Mediterráneo occidental, y R. y E. Richter y más tarde W. Simon (1939, 1950) la consideraban del Cámbrico superior. Este último, todavía en 1951, orientaba su escala geocronológica en tal sentido, sin tener en cuenta que de este modo, el cuadro estratigráfico del Cámbrico español, tan uniforme, quedaba considerablemente alterado. Ya en 1937 me llamó la atención precisamente la concordancia petrofacial de los terrenos al Norte de la estación del ferrocarril de Alanís con las pizarras de trilobites de Murero (sobre todo con los niveles inferiores de este último horizonte), lo que me hizo pensar en el posible hallazgo de una fauna en Alanís idéntica a la de Murero, y, en tal sentido, en una excursión conjunta, aconsejé a W. Simon su búsqueda.

En 1952 inicié nuevas investigaciones en Alanís, logrando hallar numerosos yacimientos no conocidos hasta entonces. La fauna, todavía en estudio, junto con formas no fáciles de determinar, dio, según la clasificación provisional de R. y E. Richter:

Strenuaeva sampelayoi R. y E. Richter, 1940.

» *insecta* R. y E. Richter, 1940.

Callavia lotzei R. y E. Richter, 1941.

Eodiscus caudatus (De'gado, 1904).

Camaraspis guillermoi R. y E. Richter, 1940.

Camaraspis onyx R. y E. Richter, 1940.

Saukianda andalusiae R. y E. Richter, 1940.

Resserops resserianus R. y E. Richter, 1940.

Además: arqueociátidos, braquiópodos, hialitidos.

Más tarde, Sdzuy ha determinado los siguientes trilobites:

Ellipsostrenua alanisana n. sp. (Sdzuy manuscr.).

Eodiscus (*Serrodiscus*) cf. *speciosus* (Ford).

Weymouthia caudata cf. (De'gado).

Pigidio de? *Holmia* sp.

Es de especial interés en estas colectas la presencia simultánea de elementos típicos de la fauna de Saukianda y de otros de la fauna de Cala, de edad infracámbrica indiscutible. Los últimos aparecen en los yacimientos situado un poco más al Sur (inmediatamente al Sur de la estación de Alanís), pero incluso dentro de un mismo estrato, en un yacimiento aparecieron *Eodiscus caudatus* y *Saukianda andalusiae*. Así resulta una más íntima conexión geocronológica entre las faunas de Ca'a y de Alanís de lo que hasta ahora se suponía, y en los yacimientos del Sur de la estación de Alanís se comprueba lo mismo la transición de una a otra que la mezcla de ambas. La fauna de Saukianda «pura» se encuentra, sobre todo, en la parte central del gran sinclinal del Sur de Alanís, mientras que la «fauna mezclada» con elementos de la fauna de Saukianda y de la fauna de Cala se halla más cerca del borde meridional. De aquí podríamos deducir que la fauna de *Saukianda* pura es algo más reciente que la de Ca'a. Sin embargo, en 1953, encontré también elementos de la fauna de *Saukianda* en las capas más bajas de Murero mismo (primera determinación de R. Richter, confirmada luego por W. Sdzuy): *Strenuaeva sampelayoi* y una especie del género *Alanisia* Hupé (= *Camaraspis* Richter, 1940) que hasta entonces sólo se había hallado en la fauna de *Saukianda*. Resulta así que en donde mejor sitio tiene la fauna de *Saukianda* es en la proximidad del límite entre el Cámbrico inferior y el Cámbrico medio, en las capas más altas del primero.

En suma, las nuevas investigaciones han demostrado la existencia de tres horizontes faunísticos en las pizarras de trilobites de la Sierra Morena, que de arriba abajo son:

3. Fauna de *Saukianda* («fauna de Alanis»).
2. Fauna de *Eodiscus* («fauna de Cala»).
1. Fauna de *Kjerulfia* («fauna de Guadalcanal»).

De este modo se restablece la sincronización de las series andaluzas con las aragonesas: las pizarras de trilobites de Sierra Morena resultan equivalentes de las de trilobites de las Cadenas Celtibéricas, que están situadas debajo del nivel de *Paradoxides*. Queda claro, sin embargo, que hasta ahora no se ha encontrado todavía una auténtica fauna mesocámbrica de *Paradoxides*, en la España meridional.

6. Sobre las pizarras de trilobites sigue una serie pizarroso-areniscosa compuesta por areniscas, cuarcitas, pizarras silíceas y pizarras micáceas (llamadas por Schneider «pizarras del Rincón»). Los bancos de arenisca contienen con frecuencia pistas. Ocasionalmente se encuentran también delgados mantos de diabasa. En el NO. de la Sierra Morena, al Sur de Cumbres de Enmedio, afloran pizarras y areniscas rojas, que parecen pertenecer también a este mismo horizonte.

7. Las intercalaciones de vulcanitas básicas se hacen cada vez más frecuentes hacia arriba, hasta llegar a constituirse mantos gruesos de diabasa, toba y brecha diabásicas, que forman en conjunto una serie inicial de vulcanitas, extendida por una amplia extensión del paisaje, en donde se destaca coronando los cerros del contorno. No se conocen los fósiles de este horizonte. Es posible que juntamente con el horizonte 6 sean de edad mesocámbrica y supracámbrica o que, por lo menos, una parte de ambos subpisos esté representada por ellos. En favor de esta hipótesis de que las vulcanitas comiencen ya en los tramos mesocámbricos próximos al límite con el Cámbrico inferior, se halla el hecho de que las tobas diabásicas de Los Cortijos de Malagón se encuentran en el techo de las areniscas de trilobites, que allí pertenecen a la parte alta del Cámbrico inferior.

La serie cámbrica no está completa en la Sierra Morena, ya que hacia arriba aparece interrumpida por una superficie de discordancia de edad sárdica, desarrollada bajo los depósitos equivalentes a los de la cuarcita armoricana.

g) Cataluña

De la Collada de Tosas (provincia de Gerona), en los Pirineos catalanes, procede un ejemplar de *Trochocystites* o forma afín (B. Meléndez, 1954). Este hallazgo demostraría la existencia de Cámbrico medio en esta región; pero, hasta ahora, no existen más datos sobre la estratigrafía de los terrenos aquí constituídos.

3. CUADRO GENERAL DEL CÁMBRICO ESPAÑOL

La ordenación de las faunas cámbricas hasta ahora encontradas en España, relacionando unas con otras para constituir una serie estratigráfica, es ya posible en el momento actual, sin más requisitos siempre que puedan establecerse relaciones espaciales entre los diversos yacimientos; en tal sentido, adquieren una importancia grande las faunas de transición y las faunas mezcladas. Si se trata de comparar faunas muy distanciadas unas de otras, las afinidades petrográficas (no tanto las de detalle de capa a capa como las del conjunto de las series sedimentarias) nos podrán dar también indicaciones valiosas, en el caso en que las faunas mismas no posean elementos que permitan establecer tales conexiones entre ellas.

Sopesando todos los argumentos geológicos y paleontológicos que tenemos a nuestra disposición, llegamos a establecer el siguiente orden estratigráfico de las faunas cámbricas más importantes:

Pisos	Trilobites característicos	
(XI)	(Lingula-flags)	Cámbrico superior
Nivel X	<i>Parasolenopleura demanda</i>	Cámbrico medio
Nivel IX	<i>Bailliella barriense</i> y <i>Solenopleuropsis angularis</i>	
Nivel VIII	<i>Conocoryphe heberti</i>	
Nivel VII	<i>Paradailhania hispanica</i> y <i>Parabailiella languedocensis</i>	
Nivel VI	<i>Paradoxides mureroensis</i>	
Nivel V	<i>Saukianda andalusiae</i>	Cámbrico inferior
Nivel IV	<i>Eodiscus serratus</i> y <i>Eodiscus caudatus</i>	
Nivel III	<i>Kjerulfia (Andalusia) cornuta</i>	
Nivel II	<i>Palaeolenus velatus</i> y <i>Lusatiops ribotanus</i>	
Nivel I	<i>Dolerolenus formosus</i> hasta <i>Lunolenus prior</i>	

El nivel I se ha hallado, hasta ahora, en Los Barrios de Luna (León) y en la costa asturiana, al Oeste de Cudillero; se corresponde con la fauna sárdica, ya conocida, de *Olenopsis*.

El nivel II se conoce de Aragón (Cadenas Celtibéricas) y del centro de España (Los Cortijos de Malagón, Ciudad Real).

El nivel III se ha encontrado hasta ahora solamente en la región Sur de Guadalcanal (Sevilla).

El nivel IV se conoce del centro y Oeste de Sierra Morena y de Portugal (Vila Boim).

El nivel V aparece en la Sierra Morena central (Alanis) y en Aragón (Murero).

El nivel VI sólo se conoce, hasta ahora, de Murero.

El nivel VII está representado en Murero y en las calizas rojas de León.

El nivel VIII abarca las capas superiores de Murero, una parte de las calizas rojas de León y las pizarras de trilobites que se superponen a estas últimas en la región cantábrica.

El nivel IX existe en Celtiberia (capas de Villafeliche) y en León (pizarras superiores de trilobites).

El nivel X sólo se conoce de la Sierra de la Demanda.

El nivel XI, equivalente al «*Lingula-flags*» inglés, se encuentra desarrollado en las Cadenas Celtibéricas, Sierra de la Demanda, Asturias y León y costa de Asturias.

Estos once niveles podemos emplearlos como otros tantos términos principales de la escala bioestratigráfica del Cámbrico español. Es posible que, más adelante, el estudio detallado de los fósiles hallados permita una división más fina. La descripción detenida del Cámbrico español, que tenemos en proyecto, habrá de facilitar esta división.

En el cuadro sinóptico que acompaña a este trabajo aparece la distribución por regiones de las series sedimentarias cámbricas, a las que se han añadido las inmediatas algónquicas, abajo y silúricas, arriba.

De los conocimientos hasta ahora adquiridos sobre el Cámbrico español podremos obtener ahora los siguientes resultados generales:

1. Las tres grandes divisiones clásicas, ya de antiguo establecidas en el Cámbrico, estuvieron o están desarrolladas en todas las regiones en donde se hallan sus depósitos. Allí donde, cerca del límite superior aparecen lagunas estratigráficas, éstas son debidas a discordancias orogénicas del plegamiento sárdico, el cual se ha realizado en dos fases: una antigua («fase toledánica») durante el Cámbrico superior y otra reciente («fase ibérica») próxima al límite entre el Cámbrico y el Silúrico (ordogótico) (Lotze, 1956 c).

2. En el Noroeste, Norte y Noreste de España, el Cámbrico, después de un importante plegamiento de edad asintica, comienza con la cuarcita de Cándana o de Bámbola, constituida por elementos gruesos. Por el contrario, en el centro y Sur de España no se encuentra rastro de este plegamiento asintico. En estas regiones, del Algónquico se pasa en transición concordante al Cámbrico.

3. La potencia más pequeña de la formación cámbrica se encuentra en la Cordillera Cantábrica, entre el Norte de la provincia de León y la zona de Belmonte-Tineo, de Asturias, en donde los niveles I a IX juntos, sólo tienen de 250 a 300 metros de espesor. En estas regiones predomina la facies carbonatada hasta el final de las capas de Murero. A su vez, el Cámbrico superior tampoco llega más que a una parte reducida del espesor que alcanza en la Sierra de la Demanda y en las Cadenas Celtibéricas. Se observa así que la evolución sedimentaria del Cámbrico en estas zonas es la propia del dominio nerítico estable.

4. En contraposición con estas circunstancias, observadas en las zonas del punto anterior, se encuentran las que reconocemos en la región litoral asturiana, unos 30 km. al Norte de Belmonte. Vemos, en efecto, que el Cámbrico inferior se presenta aquí con mayor potencia; lo mismo se comprueba en el mesocámbrico, que abajo es más margoso y arriba más silíceo; igualmente, el Cámbrico superior adquiere bastante potencia. De tal modo, el espesor total de este período pasa de varios miles de metros. Esta zona de gran espesor de sedimentos cámbricos se continúa hacia el Suroeste, por la región entre Luarca y La Espina, que podemos considerar como una zona de fuerte hundimiento geosinclinal, sobre todo durante el Cámbrico medio y el superior.

5. Esta zona de depresión geosinclinal fuerte tiene su prolongación mucho más al Este y Sureste, en la Sierra de la Demanda, en donde se comprueba la existencia de grandes afinidades evolutivas con la primera. Claramente se ve que en aquellos tiempos no existía un enlace rectilíneo entre los ámbitos geosinclinales de Asturias y Demanda, sino que la unión se realizaría (como parece indicarlo el Cámbrico entre Luarca y Tineo) por medio de un arco de gran radio, abierto hacia el Este, que rodearía por su lado occidental al dominio nerítico estable cántabro-leonés, el cual como ya decíamos antes (punto 3) está caracterizado por el reducido espesor de sus sedimentos.

6. La ulterior prolongación de esta zona de gran potencia sedimentaria cámbrica parece definirse en las Cadenas Celtibéricas, con rumbos hacia el Este o el Sureste, en donde especialmente el Cámbrico inferior posee un considerable aumento de espesor y, a la vez, una variada división petrográfica.

7. El centro y Sur de España muestran la evolución facial propia de los dominios geosinclinales centrales. Los componentes clásticos —sobre todo en el Cámbrico inferior— quedan muy reducidos. En cambio, el horizonte carbonatado del nivel de Ribota se desarrolla hacia el Sureste en una serie alternante, de extraordinaria potencia, constituida por bancos finos de arcillitas y carbonatos. Las capas de trilobites del Cámbrico inferior alto son de gran espesor y poco areniscosas. La inestabilidad o labilidad de los geosinclinales se demuestra en la aparición del volcanismo inicial, tan activo y caracterizado por los gruesos mantos de lavas y tobas diabásicas. Por el contrario, las margas mesocámbricas de trilobites, originadas en mares someros, probablemente no se han constituido en estas regiones.

8. Finalmente, la mayor labilidad de los geosinclinales cámbricos en el centro y Sur de España se manifiesta también en la especial intensidad que aquí alcanza el plegamiento sárdico, en tanto que en las Cadenas Celtibéricas apenas se reconoce y en el Noroeste de la Península falta por completo.

9. Las antiguas concepciones paleogeográficas de E. Kayser, A. Born, S. von Bubnoff y las más recientes de H. y G. Termier ya no son válidas

porque han sido superadas por los hechos reconocidos en nuestras investigaciones sobre el Cámbrico español. Según nuestro modo de ver este tema, España entera estaría formando parte de un amplio dominio geosinclinal durante el periodo Cámbrico; los depósitos marinos se iniciarían ya en el Cámbrico inferior (por lo menos en las capas abigarradas del Jalón y en la costa asturiana, incluso ya al comienzo de la cuarcita de Cándana) y se ha continuado hasta el Silúrico (ordogótico) o, por lo menos, como ocurre en el centro y Sur de España, hasta que surgieron los plegamientos de las fases sárdicas.

4. OBSERVACIÓN FINAL

Además de las regiones aquí estudiadas, en donde se encuentra el Cámbrico seguro, datado por sus fósiles, existen en la Península Ibérica numerosas zonas en las que las facies petrográficas de sus rocas o la sucesión estratigráfica de sus series sedimentarias se asemejan a las típicas del Cámbrico seguro. Esto último ocurre, por ejemplo, en Extremadura (región del bajo Tajo y al Sur de Badajoz); rocas comparables existen también en los Pirineos orientales (Fontboté, Ashauer y Teichmüller), en el macizo del Montseny (Almera) y, por último, en la Cordillera Penibética y Sierra de Baza (Blumenthal).

No nos entretenemos aquí en su descripción, porque es propósito nuestro dedicarnos a su detenido estudio en breve.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BARRANDE, J.: *Etat actuel des connaissances acquises sur la faune primordiale*. «Bull. Soc. géol. France», 16, 516-546. París, 1859.
- BARROIS, CH.: *Relation d'un voyage en Espagne*. «Ann. de la Soc. géol. du Nord», Lille, 4, 292-303, 1877.
- — *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*. «Mém. Soc. géol. du Nord», Lille, 2, 1882.
- PORN, A.: *Das Kambrium*. In: SALOMON: *Lehrbuch d. Geologie*, Stuttgart, 1926.
- BUBNOFF, S. V.: *Einführung in die Erdgeschichte*, 1-1. Aufl., Berlin, 1940; 2. Aufl., Halle, 1949; 3. Aufl., Berlin, 1956.
- CASIANO DE PRADO: *Sur la géologie d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède*. «Bull. Soc. géol. de France», sér. 2, 12, 182-204, 1855.
- — *Sur l'existence de la faune primordiale dans la Chaîne Cantabrique*. «Bull. Soc. géol. de France», sér. 2, 17, 546ff., 1860.
- COMTE, P.: [Notas varias publicadas en los Compt. Rendus de l'Académie des Sciences]. París, 1929-1939.
- DUBOIS, R.: *Recherches géologiques dans le sud de l'Aragon*. «Thèses Fac des Scienc. de Paris», Lille, 1898.
- FRANKE, WOLFG.: *Die Geologie des Grenzgebietes zwischen nordöstlicher Sierra Morena und Extremadura*. «Inaugural-Diss.», Berlin, 1941.

- HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: *Le Cambrien de la Sierra de Córdoba (Espagne)*. «Compt. rend. Acad. Sc. France», 166, 611, 1918.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E.; AZPÉITIA, F. & M. FAURA: *Acta de la Sesión del 1 de febrero de 1911 de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. «Bol. Real. Soc. Esp. de Hist. Nat.», 11, 81, Madrid, 1911.
- KAYSER, E.: *Geologische Formationskunde*, 1, 6, 7. Aufl., Stuttgart, 1923.
- LLARENA, J. G. DE & ARANGO, C. R.: *Datos para el estudio geológico de la Babia Baja (León)*. «Bol. del Inst. Geol. y Min. de Esp.», 61, Madrid, 1948.
- LOTZE, F.: *Stratigraphie und Tektonik des keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. «Abh. Ges. Wiss.», Göttingen, Math.-phys. Kl., N. F., 14, Beitr. Geol. westl. Mediterrangeb'ete Nr. 3, Berlin, 1929.
- — *Bericht über die Ergebnisse der geologischen Untersuchungen im Huelva-Distrikt*. Nichtveröff. Gutachten, 1937.
- — *Die Iberische Halbinsel*. «Geol. Jb.», 4 B, 245-257, 1942.
- — *Die Stellung der Sierra Morena im Rahmen der spanischen Varisziden*. Vortrag am 19, 2, 1951; Referat in: «Z. dtsh. geol. Ges.», 103 (1951), 134, Hannover, 1952.
- — *Probleme des spanischen Kambriums und neue Forschungsergebnisse*. Vortrag am 15, 2, 1954; Referat in: «Z. dtsh. geol. Ges.», 105 (1953), 571, Hannover, 1955.
- — *Estratigrafía y tectónica de las Cadenas paleozoicas Celtibéricas*. «Publicaciones extranjeras sobre geología de España», 8, Madrid, 1954-1955.
- — *Forschungen zur Stratigraphie des westmediterranean Kambriums*. «Jb. Akad. Wiss. Literat.», 1954, 70-92 und 1955, 68-69, Mainz.
- — *Das Präkambrium Spaniens*. «N. Jb. Geol. u. Pal. Mh.», 1956, H. 8, 373-380, Stuttgart, 1956 (1956 a).
- LOTZE, F.: *El precámbrico de España*. N. Y C. INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, núm. 60. Madrid, 1961.
- — *«Ordogot» statt «Silur»*. Eine Anregung. «N. Jb. Geol. u. Paläont.», Mh., 1956, H. 8, 399-400, Stuttgart, 1956 (1956 b).
- — *Über sardische Bewegungen in Spanien und ihre Beziehungen zur assyntischen Faltung*. Geotekt. Sympos. zu Ehren von H. STILBE, S. 128-139, Stuttgart, 1956 (1956 c).
- — *Zum Alter nordwestspanischer Quarzit-Sandstein-Folgen*. «N. Jb. Geol. Paläont.», Mh., 1957, H. 10, 464-471, Stuttgart, 1957.
- MACHENS, E.: *Stratigraphie und Tektonik der südöstlichen Iberischen Meseta im Bereich des oberen Guadiana*. «Diss. Münster, 1954.
- MACPHERSON, J.: *Sobre la existencia de la fauna primordial en la provincia de Sevilla*. «Bol. Com. Mapa geol. de España», 7, 281-284, 1880.
- MELÉNDEZ, B.: *Los «Trochocystites» del Pirineo*. «Bol. Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», 51 (1953), 97-105, Madrid, 1954.
- MERTEN, R.: *Stratigraphie und Tektonik der nordöstlichen Montes de Toledo (Spanien)*. «Diss.», Münster, 1955.
- REDLIN, K.: *Stratigraphie und Tektonik in der mittleren Sierra Morena im Bereich des Valle de Alcudia (Spanien)*. «Diss.», Münster, 1955.
- RICHTER, RUD. & E.: *Eine Crustacee («Isoxys carbonelli» n. sp.) in den «Archaeocyathus»-Bildungen der Sierra Morena und ihre stratigraphische Beurteilung*. «Senckenbergiana», 9, 188-195, Frankf. a. M. 1927.
- — *Die «Saukianda»-Stufe von Andalusien, eine fremde Fauna im europäischen Ober-Kambrium*. «Abh. senckenberg. naturf. Ges.», 450, Frankf. a. M. 1940.
- — *Die Fauna des Unter-Kambriums von Cala in Andalusien*. «Abh. senckenb. naturf. Ges.», 455, Frankf. a. M. 1941.

- — *Zur Frage des Unter-Kambriums in Nordost-Spanien.* «Senckenbergiana», 29, 23-39. Frank. a. M. 1948.
- — *Die Frage der «Saukianda»-Stufe (Kambrium, Spanien).* «Senckenbergiana», 30, 217-240, Frankfurt. a. M. 1949.
- SAMPELAYO, P. H.: *Denudación de la costa de la provincia de Lugo.* «Bol. Inst. Geol. de España», 34 (1913). Madrid, 1914.
- — *Hierros de Galicia.* Madrid (Inst. Geol.), 1922.
- — *El sistema cambriano.* «Explicación del nuevo Mapa geológico de España», 1, Madrid, 1935.
- — *El sistema siluriano.* 1. «Explic. Mapa geol. España.», 2, Madrid, 1942.
- SCHRIEL, W.: *Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarenes.* «Abh. Ges. Wiss. z. Göttingen», Math.-phys. Kl., N. F., 16, 2, Berlin, 1930.
- — *La Sierra de la Demanda y los Montes Obarenes.* «Inst. J. S. Elcano», Madrid, 1944.
- SIMON, W.: *Archacocyathacea. I. Kritische Sichtung der Superfamilie. II. Die Fauna im Kambrium der Sierra Morena (Spanien).* «Abh. senckb. naturf. Ges.», 448, Frankf. a. M. 1939.
- — *Petrostratigraphisches zur Frage der «Saukianda»-Stufe (Kambrium, Spanien).* «Senckenbergiana», 31, 109-111, Frankf. a. M. 1950.
- — *Untersuchungen im Paläozoikum von Sevilla (Sierra Morena, Spanien).* «Abh. senckenb. naturf. Ges.», 485, Frankf. a. M. 1951.
- TEIXEIRA, C.: *El Cámbrico de Portugal.* «Estud. geol.», 10, Nr. 23-24, 355-369, Madrid, 1954.
- TERMIER, H. & G.: *Histoire géologique de la Biosphère.* Paris, 1952.
- DE VERNEUIL & BARRANDE, J.: *Description des fossiles trouvés dans les terrains silurien et devonien d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède.* «Bull. Soc. géol. France», 12 (2), 1854-55, 964-1.025, Paris, 1855.
- DE VERNEUIL & LARTET: *Note sur le calcaire à «Lychnus» des environs de Segura (Aragon).* «Bull. Soc. géol. de France», 2, sér., 20, 684-698, 1863.
- WEGGEN, K.: *Stratigraphie und Tektonik der südlichen Montes de Toledo (Spanien).* «Diss.», Münster, 1955.

MANUEL MARIA DE ALVARADO Y ARRILLAGA

FOTOGEOLOGIA

V. REALIZACIÓN DEL MAPA BASE

RESUMEN

Suponiendo que no disponemos de mapa base topográfico, en este capítulo se explica el método de hacer un mapa base, a partir de las fotografías aéreas, construyendo estereopatrones.

SUMMARY

Assuming we have no topographic base map, we explain in this chapter the method of making a base map from the aerial photographs building stereotemplates.

La misión del fotogeólogo no puede darse por acabada completamente hasta no haber conseguido un mapa geológico final de la zona. A veces, el fotogeólogo está también encargado de hacer geología de campo con detalle, y va vertiendo poco a poco las deducciones sacadas de las fotografías en sus mapas de campo, de manera que, a partir de éstos, se obtiene el mapa final en más problemas, pero, otras muchas, un mapa fotogeológico precede a todo conocimiento del terreno. De la consecución de ese mapa es de lo que vamos a hablar en este capítulo y en el siguiente.

Si la labor del fotogeólogo debe acabar al interpretar y marcar las fotografías, o debe prolongarse hasta la obtención del mapa geológico final, es cuestión muy discutible. Indudablemente, la respuesta dependerá de las circunstancias especiales de cada caso, pero lo cierto es que, en la actualidad, es muy frecuente que el fotogeólogo haga, o por lo menos vigile de cerca, todo el trabajo, y en general, suele resultar muy conveniente, pues, probablemente encontrará durante el proceso, numerosas ocasiones de mejorar o completar sus interpretaciones.

La situación es esencialmente distinta, si disponemos de una carta planimétrica, a la escala desada, y a la cual vamos a trasladar las anotacio-

nes geológicas hechas sobre las fotografías, o no. En el segundo caso, es cuando es preciso construir un «Mapa Base».

Hace unos diez años, el método fotogeológico normal para la realización de un «Mapa Base» era el de «patrones radiales» («radial templates», en inglés), que es un procedimiento de triangulación gráfica, cuyo fundamento queda expuesto en la figura 28, la cual suponemos formada por dos cartones o papeles superpuestos, uno en el que se dibuja en trazo fino, y otro en el que se dibuja en trazo grueso. Ambos representan el mismo modelo estereoscópico, siendo C_1 y C_2 los centros de las dos fotografías que lo forman. En el primer cartón, tomando como centro C_1 , hemos trazado

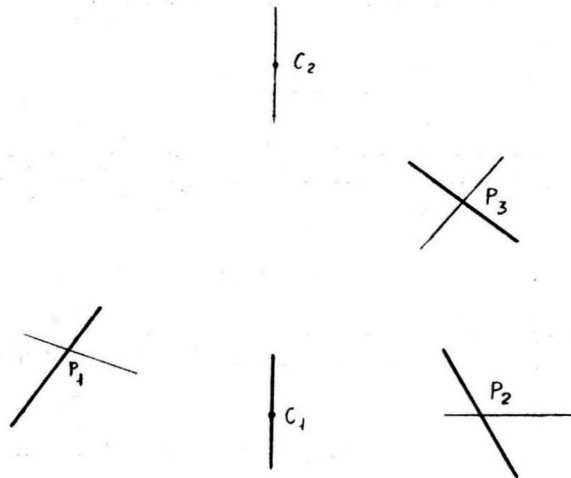


Fig. 28

radios (ranuras) a diversos puntos P_1 , P_2 , P_3 , C_2 del modelo estereoscópico, y en el segundo cartón, que puede estar encima o debajo del primero, tomando como centro C_2 , radiamos a esos mismos puntos. De este modo, y por sencillos razonamientos geométricos (consideremos la fig. 1 del capítulo II y la fig. 20 del capítulo IV), resulta que «al variar la distancia $C_1 C_2$, vamos obteniendo diversos modelos, ortográficamente correctos, si no hay «tilt», es decir, corregidos de desplazamiento por relieve, y mayores o menos, según la distancia $C_1 C_2$, pero conservándose siempre geoméricamente semejantes».

A los puntos P_1 , P_2 , P_3 ... les llamaremos «puntos de unión» (en inglés, «pass points»).

Existían tres clases fundamentales de patrones radiales:

Dibujados a mano sobre papel transparente o plástico.

Realizados sobre cartones con ranuras.

Compuestos de brazos metálicos (radial intersector assembly or «Lazy Daizy») (fig. 29).

De las cuales, la que solía dar mejor resultado era la segunda, y la peor la tercera. Con los dibujados sobre material plástico, se puede hacer una buena labor sobre todo cuando la zona es pequeña, y no merece la pena fabricar los patrones de cartón.

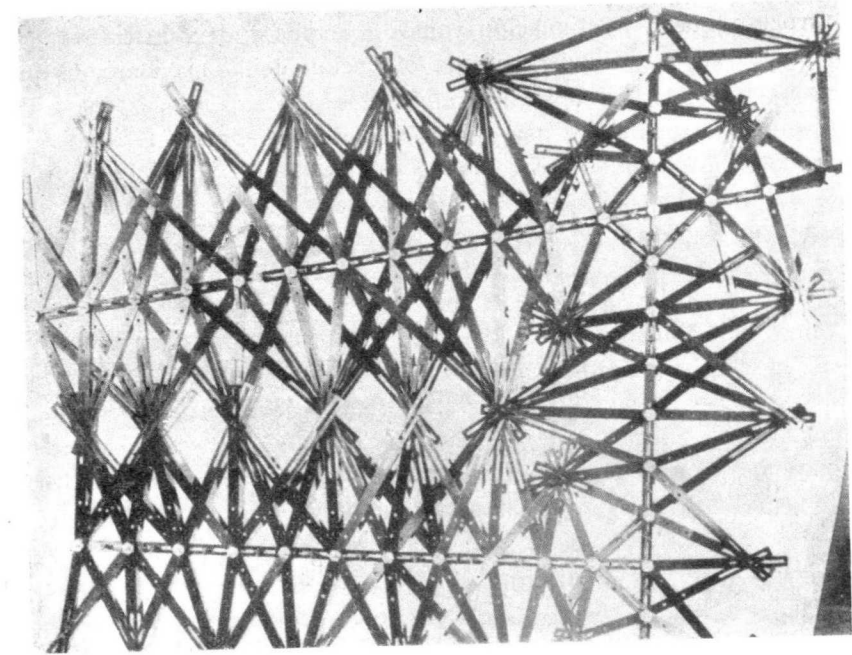


Fig. 29

ESTEREOPATRONES (Stereotemplates)

A partir del año 1949 se empezó a practicar este sistema para la ejecución del Mapa Base, y hay quien afirma que su introducción ha sido una de las causas principales del avance de la Fotogeología en los últimos tiempos. No obstante, y aún reconociendo su gran utilidad, no hay duda de que nos hallamos ante la parte menos brillante de la Fotogeología, y esperamos que no pasará mucho tiempo, sin que algo menos tedioso y mejor venga a sustituir este procedimiento de trabajo.

El principio en que se basan los estereopatrónes es el mismo que el de los patrones radiales, la diferencia fundamental estriba en que en los primeros se toman como centros de radiación dos puntos situados aproximadamente en esquinas opuestas del modelo estereoscópico (fig. 30), en vez de hacerlo desde los centros de las fotografías. De esta forma, la «base de expansión» $P_1 P_2$, es más larga que con los patrones radiales, y la red que

liga a los diversos puntos es más fuerte, y las intersecciones suelen formar ángulos más próximos al de 90° , que es el óptimo para intersecciones gráficas.

Un estereopatrón consta siempre de dos piezas de cartón grueso superpuestas, en las cuales las ranuras se llevan a cabo con una máquina cortadora especial.

El proceso que a continuación vamos a explicar de fabricación y utilización de los estereopatrones para la obtención del Mapa Base, es pesado

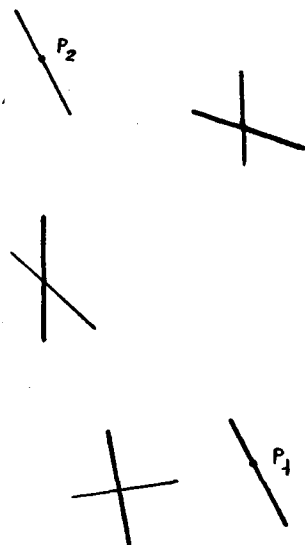


Fig. 30

de realizar en la práctica, y se necesita tener la atención muy tensa y las facultades físicas muy a punto al marcar los puntos, ya que los errores son después difíciles de localizar. En teoría ya puede vislumbrarse cuál va a ser el papel de los estereopatrones. En las fotografías aéreas verticales, existen dos factores fundamentales, que impiden que el paso de las anotaciones hechas sobre ellas a una carta planimétrica, sea una cosa inmediata, y estos factores son el desplazamiento por relieve y las variaciones de la altura del avión sobre el terreno, ya que el avión suele conservar una altitud constante y el terreno no. Eligiremos sobre las fotografías puntos de unión, que nos ligen modelos estereoscópicos o mejor modelos nítidos (ver capítulo II), con esos puntos, y por medio de un aparato especial y una máquina cortadora, construiremos estereopatrones de cartón desprovistos de desplazamiento por relieve, y finalmente, ensamblando dichos estereopatrones y mediante el juego que permiten, corregiremos los efectos de cambio de escala debidos a las

variaciones de altitud del terreno, hasta conseguir un Mapa Base si no de gran exactitud, sí la suficiente para propósitos geológicos.

Comenzamos por marcar en cada fotografía su centro y los dos centros conjugados, para hallar el primero, con un alfiler muy fino y una regla, trazamos dos pequeñas rayas que unan los dos pares de marcas fiduciales opuestas, y pinchamos en la intersección. Los centros conjugados son trasladados desde las fotografías contiguas, utilizando un estereoscopio con el máximo aumento posible. Para esta operación, la separación de las fotografías debe ser la que convenga para obtener una visión en relieve confortable, pero el margen de tolerancia suele ser bastante grande como veíamos en el capítulo II, y no hay que poner especial cuidado en ello, en cambio, es importante vigilar con frecuencia el paralelismo entre el eje del estereoscopio y la línea de vuelo de las fotografías, porque cualquier desplazamiento de una de ellas en este sentido, obliga a forzar mucho la vista para seguir obteniendo visión estereoscópica, y en consecuencia, se producen errores en el traslado de los puntos. Recomendamos, por tanto, mover, de vez en cuando, una de las fotografías normalmente a la línea de vuelo, volver a fusionar imágenes moviéndola de nuevo, y comprobar que la visión en relieve es cómoda. Los centros conjugados se señalan también, haciendo una perforación con un alfiler bien agudo. A estas pequeñas perforaciones se las rodea con un círculo de lápiz rojo, para que sean fácilmente detectables, y se les pone una letra.

A continuación vamos a marcar los puntos de unión. La misión de los puntos de unión es relacionar «modelos nítidos», y como los modelos nítidos, por definición, no se solapan, es preciso marcar los puntos de unión lo más cerca posible de los bordes de los modelos, pues todo punto de unión ha de aparecer por lo menos en dos de estos modelos. Un modelo nítido ha de ser relacionado con otro por lo menos mediante dos puntos, así es que como necesitamos relacionarlo con el modelo de la izquierda, con el de la derecha, con el del vuelo superior y con el del vuelo inferior, necesitaremos marcar ocho puntos de unión, no obstante, si los vuelos están bien hechos, y el solape y el solape adyacente (ver capítulo II), son suficientemente amplios, algunos de estos puntos pueden tener misión doble, relacionando el modelo nítidos con otros dos, y en ese caso se reduce su número hasta llegar a ser de cuatro solamente en la situación más favorable.

La elección de los puntos de unión ha de ser cuidadosa, eligiendo aquellos que sean algo singulares: un árbol, una roca, intersección de dos arroyos, etc., que permitan su clara identificación en todas las fotografías donde aparezcan, y taladrando con un alfiler fino todas las imágenes del punto en las diversas fotografías, las rodearemos de un circulito rojo y les asignaremos la misma letra. Aunque sería más exacto hacer el traslado de los puntos de unas fotografías a otras utilizando el estereoscopio, en general

se lleva a cabo con una simple lupa de mano, con lo cual se ahorra bastante tiempo.

Otro factor que es conveniente considerar al elegir los puntos de unión es la existencia de una operación posterior, que se realiza con una máquina cortadora de cartón para fabricar los estereopatrones. De ello hablaremos más adelante.

Una vez señalados y rotulados los puntos de unión en las fotografías que componen la zona de estudio, vamos a construir los estereopatrones, para lo cual transplantaremos los puntos de unión de cada modelo nítido

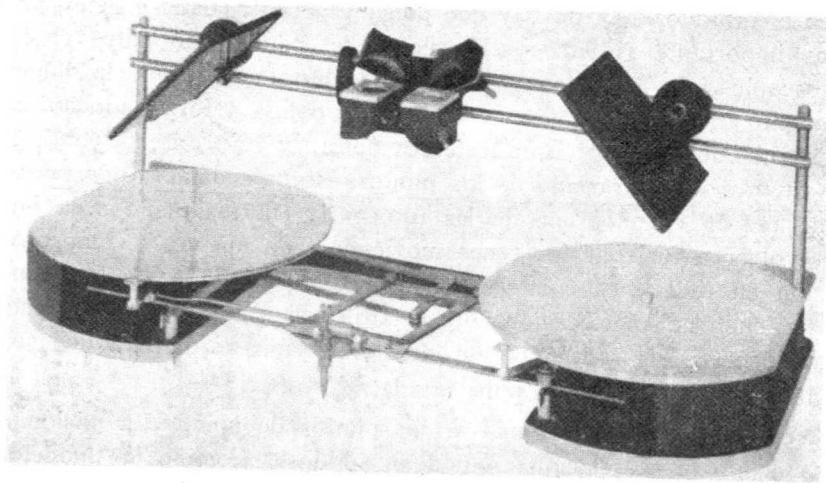


Fig. 31

a un papel, sirviéndonos de un aparato que corrija el desplazamiento por relieve y algo la escala, y a partir de estos papeles y con la máquina cortadora, fabricaremos sobre cartón los estereopatrones definitivos.

El primer aparato puede ser un trazador planimétrico radial sencillo, como el «Kail plotter» u otros más complicados, como el Ryker (Mahan) o KEK plotter, que corrigen además el «tilt» o «desvío» de las fotografías. También pueden usarse anaglifos. Vamos a describir el Kail plotter, que es el más simple y barato.

El trazador Kail (fig. 31), está basado en el mismo principio que el de los patrones radiales, es decir, «trazando líneas desde los centros de dos fotografías que formen un par estereoscópico, y que estén debidamente orientadas, a las dos imágenes de un mismo punto, la intersección será la posición ortográfica correcta del punto, corregida de desplazamiento por relieve». El aparato consta en esencia, de un estereoscopio de espejos montado sobre dos plataformas metálicas cambiables, sobre las que se colocan las fotografías. Alrededor de los centros de cada una de estas dos plata-

formas y clavados a ellas por un pincho, giran dos brazos de material plástico con una línea de color en su eje, y que están unidos por su parte inferior con un contacto deslizante a una barra, que se mueve paralelamente a sí misma. En esta barra hay una placa con un lápiz que puede tenerse levantado o en posición de marcar.

Después de orientar las fotografías, vemos, estereoscópicamente, un modelo tridimensional, y superpuesto a él las líneas dibujadas sobre los brazos de plástico, cuyo punto de intersección queda representado en un papel al hacer marcar el lápiz. En realidad, el punto que debiera quedar marcado, según el principio de triangulación radial a que antes nos referíamos, debiera ser el de intersección geométrica de los brazos, pero por medio de un pantógrafo se traslada este punto a aquel que ocupa el lápiz, obteniéndose una figura geoméricamente semejante.

El estereoscopio está formado por dos grandes espejos, formando un ángulo de 45° con el plano horizontal, y que están dotados de tres movimientos, uno de deslizamiento a lo largo de la barra de la armadura, otro de giro alrededor de un eje normal a aquella barra, que permite variar el ángulo de 45° con el plano horizontal, y por último, un tercero, que varía la posición del eje normal a la barra. Apoyado en la misma barra que los espejos grandes, pero en el centro del aparato, hay un conjunto de dos lentes y dos pequeños espejos, cuya posición puede cambiarse mediante tres tornillos para lograr visión tridimensional confortable.

Un almohadillado permite apoyar la frente y mirar por el aparato, durante largo tiempo, sin cansancio.

Las plataformas metálicas tienen dos rayas en ángulo recto, una de las cuales define el eje longitudinal del aparato, y la intersección de ambas señala el centro de las plataformas, que está marcado por un pequeño agujero. La barra metálica, que enlazaba por debajo los brazos de plástico, y que llevaba el lápiz, puede ser modificada de longitud, alterándose a voluntad, entre ciertos límites, la escala a que dibuja el pantógrafo, por ejemplo, si las fotografías son de escala aproximadamente $1/20.000$, podemos reducirla tres veces hasta $1/60.000$, pero aumentarla sólo a $1/15.000$.

Continuemos de nuevo nuestro proceso hacia la ejecución del Mapa Base. Elegimos tres puntos de las fotografías, fáciles de identificar, y de los cuales, por el medio que sea, conocemos su posición exacta sobre el terreno. Es normal, por ejemplo, que las fotografías de la zona penetren un poco por alguno de sus límites, en otra zona contigua, cuyo Mapa Base o planos topográficos poseamos. Marcamos esos tres puntos, que procuramos formen un triángulo de ángulos no muy diferentes, en todas las fotografías donde aparezcan, como si fueran puntos de unión, pero señalándolos de modo diferente; un triángulo rojo, y a continuación los situamos sobre el papel que va a constituir el Mapa Base.

Al colocar estos tres puntos, «puntos básicos» sobre el plano, queda

fijada la escala del Mapa Base, que deberá estar en consecuencia con la de las fotografías y las posibilidades de ampliación y reducción del «Kail plotter».

Clavado el Mapa Base a un tablero y con los puntos básicos marcados vamos a construir estereopatrones de cartón, empezando alrededor de estos puntos básicos. Hemos de disponer de unos cilindros metálicos, rígidos y huecos, como de unos tres centímetros de altura y medio centímetro de diámetro y de alfileres un poco más largos, que puedan introducirse en el interior de esos cilindros y fijarlos al plano. Comenzamos por fijar dichas piezas con sus alfileres al plano en los tres puntos básicos y en seguida nos disponemos a hacer el primer estereopatrón de un modelo nítido que tenga uno o dos puntos básicos, efectuando para ello las siguientes operaciones:

1.º Ajustamos el Kail plotter, prescindiendo del sistema óptico, puesto que ahora no vamos a usar visión estereoscópica. Comprobamos que las líneas de color dibujadas sobre los brazos de plásticos pueden suponerse al mismo tiempo a la línea que une los centros de las plataformas formando una única recta, si ello no es posible, modificamos la posición de uno de los brazos por medio de dos tornillos hasta que lo sea.

2.º Colocamos el par de fotografías sobre cada una de las plataformas del Kail plotter, clavándolas por sus centros.

3.º Orientamos las fotografías girándolas alrededor de sus centros, de modo que los centros transferidos queden sobre la línea que une los centros de las plataformas.

4.º Fijamos las fotografías a las plataformas con cinta adhesiva.

5.º Situamos un papel que no se mueva debajo del lápiz del aparato y vamos marcando sobre él todos los puntos de unión y puntos básicos que existan en el modelo estereoscópico, eligiendo la escala, de manera que esté de acuerdo con las distancias que en el Mapa base separan a los puntos básicos ya fijados. El señalado de los puntos básicos y de unión sobre el papel puede hacerse estereoscópicamente; bajando el lápiz en el momento que las rayas de los brazos de plástico se cortan sobre el punto deseado, pero nosotros preferimos verificarlo de otra forma: obligamos a que la línea central del brazo de plástico de la plataforma izquierda pase por el punto en cuestión, y manteniendo inmóvil ese brazo, con la mano dibujamos con el lápiz una recta, después hacemos lo propio con el brazo de la plataforma derecha, y dibujamos otra recta con el lápiz. La intersección de ambas líneas es el punto buscado. Este movimiento que obliga al pantógrafo a moverse, teniendo un brazo fijo, provoca, con el tiempo, desajustes en el aparato, por lo que es necesario realizar con cierta periodicidad la operación primera.

6.º A continuación llevamos el papel sobre el material del cual se va a

construir los estereopatrones, que es un cartón grueso, bastante rígido y marcamos con un alfiler y rotulamos todos los puntos.

7. Sobre el mismo material construimos una segunda pieza exactamente igual a la primera, rotulando de la misma manera todos los puntos.

8.º Con la máquina cortadora de cartón (fig. 32), que es un instrumento con el cual, según accionemos una gran palanca en un sentido o en otro, producimos en el cartón bien un agujero circular de 1/2 cm. de diámetro para que quepan aquellos pequeños cilindros de latón de que hablamos o bien una ranura de unos cinco centímetros de longitud y 1/2 centímetro de anchura, hacemos lo siguiente: Si suponemos que en la figura 33 están representadas las dos piezas de cartón, sean A, B, C, D, E, F los puntos de unión y básicos del modelo. En la pieza de la izquierda hace-

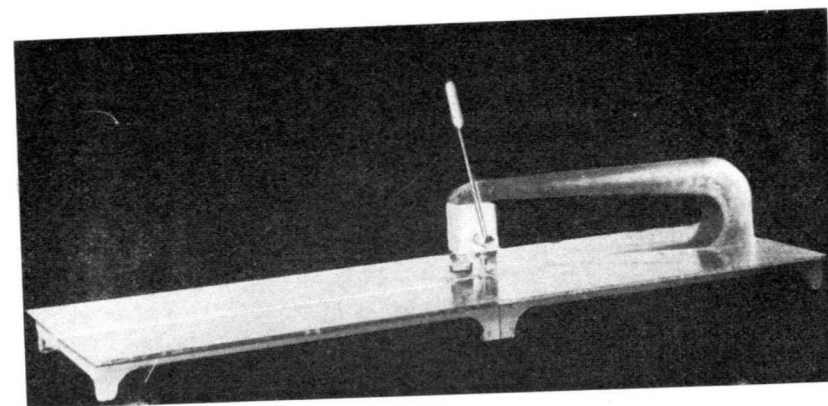


Fig. 32

mos un agujero en A, y radiando desde él llevamos a cabo ranuras que tengan por centro los demás puntos, y en la pieza de la derecha agujeremos en D, y desde él radiamos ranuras a A, B, C, E y F.

El conjunto de ambas piezas de cartón superpuestas con los cilindros de latón atravesándolas en los puntos comunes, es lo que constituye un estereopatrón.

A la vista de la figura 33, podemos comprender ahora el por qué había que tener en cuenta las limitaciones de la máquina cortadora al elegir los puntos de unión sobre las fotografías. No se deben colocar dos puntos de unión demasiado cerca, porque sus hendiduras se interferirían, y ningún punto de unión debe estar a menos de cuatro centímetros de los centros de radiación, ya que cuando situamos el cartón pivotando en dicho centro de radiación, la cuchilla que produce la ranura no se puede aproximar más al pivote.

Este primer estereopatrón logrado es dispuesto sobre el papel que va a constituir el Mapa Base, y que teníamos ya preparado con anterioridad,

de modo que el punto básico, que suponemos contiene, se inserte en el cilindro metálico correspondiente clavado al papel, e insertamos también más cilindrillos en los demás puntos del estereopatrón, pero sin clavarlos, ya que en ellos se insertarán los puntos comunes de los estereopatrones contiguos, y su juego permitirá el ajuste de escalas. Este ajuste de escalas, que se realiza fundamentalmente con los estereopatrones, puede y debe favorecerse con el Kail plotter, pues a veces el juego de aquéllos no basta, es decir, si al trasladar los puntos de las fotografías a un papel por medio del Kail, observamos estereoscópicamente que el terreno sube, con lo cual la escala aumenta, y el estereopatrón va a salir demasiado grande, actuaremos en magnitud prudencial sobre el mecanismo de variación de escalas del Kail para neutralizar algo el fenómeno. Puede hacerse un cálculo de lo que

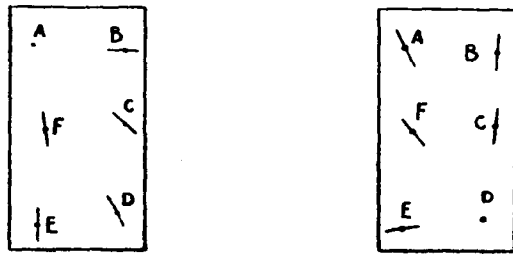


Fig. 33

habría que reducir la escala, midiendo la elevación del terreno, pero en general no merece la pena, pues aún tenemos después otra arma de ajuste, que son los estereopatrones.

Los estereopatrones que seguidamente vayamos construyendo, deben tender a enlazar los puntos básicos lo antes posible, en cuyo momento queda ya fija la trama, y a continuación completaremos la zona con los que sean necesarios, teniendo en cuenta que a medida que nos alejemos de los básicos, los errores irán aumentando, por lo que el procedimiento no se puede ir extendiendo indefinidamente sin control.

Finalmente, cuando tenemos toda la zona cubierta, introducimos clavos finos o alfileres en todos los pequeños cilindros, y los clavamos; por último, vamos sacando los estereopatrones de los alfileres, empezando por el último colocado, y siguiendo por el penúltimo, y así sucesivamente. Al mismo tiempo quitamos los alfileres, pero no sin antes marcar y rotular debidamente el punto en que estaban hincados. De esta manera, ha quedado terminado el Mapa base.

El material de que se fabrican los estereopatrones, siendo lo suficientemente rígido para mantener las distancias entre puntos, resulta, sin embargo, algo deformable con el tiempo, y ello es una ventaja porque algunos estereopatrones, que hemos logrado encajar con gran esfuerzo, al

día siguiente han cedido, encajando bien y permitiendo un cierto juego. Las piezas de cartón no tienen forma rectangular como indica la figura 33, sino que como lo único que interesa son los puntos en unión, se recortan con unas tijeras los bordes inútiles para poder luego manipularlos más fácilmente.

Cuando el fotogeólogo se halle entregado a la pesada tarea de repasar todos los puntos de unión, tratando de localizar algún error, porque los estereopatrones no encajan, debe animarse pensando en el ahorro tan tremendo de tiempo y dinero que supone este método, si se compara con lo que supondría enviar un equipo topográfico al campo, aunque sólo fuera a realizar un levantamiento muy somero. Si se hacen cálculos, los resultados son verdaderamente sorprendentes, sobre todo en lugares accidentados y de difícil accesibilidad.

Construido ya el Mapa base, queda, finalmente, el problema de pasar las anotaciones geológicas dibujadas sobre las fotografías, a dicho mapa. El procedimiento que empleemos dependerá de los medios de que dispongamos y de la mayor o menor exactitud a conseguir. De ello nos ocuparemos en el próximo capítulo.

PIERRE CHAUVE y JEAN DIDON (*)

ESTUDIO DE ALGUNOS CORTES EN EL LÍMITE DE LAS ZONAS SUBBÉTICAS Y EL FLYSCH AL ESTE DE ALCALÁ DE LOS GAZULES (PROVINCIA DE CADIZ)

R E S U M E N

La Subbética de la Sierra de las Cabras aparece constituyendo una mancha envolvente del Trias, y coincidente que se ve hundido al Este, bajo el flysch. Nuestras investigaciones no están aún suficientemente avanzadas para determinar la importancia de esta mancha, pero nos muestran en el frente de las capas del flysch (capa de Aljibe), las complejidades estructurales probablemente secundarias, afectando a la vez la subbética y el flysch.

R E S U M É

Le Subbétique de la Sierra de las Cabras apparaît constituant une écaille enveloppée de Trias que l'on voit s'enfoncer à l'Est sous le flysch. Nos recherches ne sont pas encore suffisamment avancées pour déterminer l'importance de cet écaillage. Mais elles nous montrent, au front des nappes du flysch (nappe de l'Aljibe) des complexités structurales, probablement secondaires, affectant à la fois le subbétique et le flysch.

El «flysch» de la provincia de Cádiz lo situó el señor Gavala (1) en el Numulítico. Robaux (2) señaló el Cretáceo en estas formaciones. Para estos autores, el «flysch» es transgresivo y discordante sobre los diferentes pisos de la zona subbética. Sin embargo, nosotros hemos demostrado (3), (4), que el «flysch gaditano» es un conjunto alóctono, constituido por varias grandes unidades superpuestas.

Los aportes entre la zona del flysch y la subbética, no han sido aún estudiados en detalle. Por tres cortes hechos sobre el borde Este y el borde Sur de la Sierra de las Cabras, a doce kilómetros al Este de Alcalá de los Gazules, vamos a mostrar cómo son complejos.

(*) Traducción del francés por M.^a Concepción López de Azcona Fraile. Doctora en Ciencias Geológicas.

El pequeño mapa adjunto, sitúa estos cortes (fig. 1).

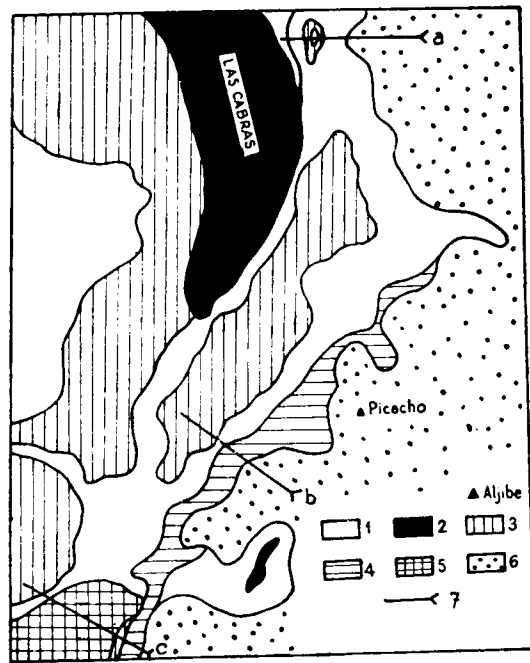
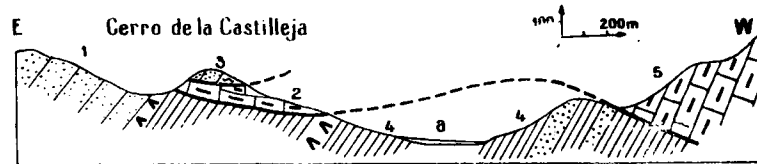


Fig. 1. Esquema geológico del Sur de la Sierra de las Cabras y de la Sierra de Aljibe.

1. Trias. 2. Jurásico subbético. 3. Cretáceo y Eoceno subbético. 4. Margas con microbrechas con globotruncana y nummulites. 5. Serie de base del Aljibe. 6. Arenisca del Aljibe. 7. Trazas de los cortes de las figuras 2, 3 y 4.

El Cerro de la Castilleja (fig. 2), muestra en el Triás, una pequeña mancha local de margo-calizas neocomiense con *Aptychus* 2,4. El Triás subya-



Corte A

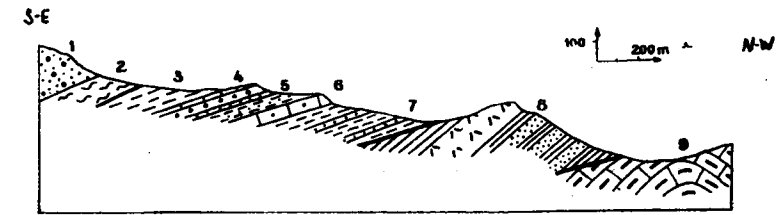
Fig. 2. Corte siguiendo la traza a

1. Trias: arenisca, argilita y yeso. 2. Margo-calizas blancas neocomienses con *Aptychus* y margo-calizas con sílex. 3. Trias: argilitas, arenisca y dolomías. 4. Trias. 5. Margo-calizas cretáceas y calizas jurásicas de las Cabras.

cente 1,5 contiene areniscas, pelitas y yesos. Se extiende ampliamente del otro lado del Arroyo del Caballo, donde soporta, friccionada en su base, la serie jurásica y cretácea subbética de las Cabras 6. Es en esta serie donde parece que se sujeta de nuevo la mancha del Cerro de la Castilleja. Hacia el Este, el Triás soporta las areniscas del Aljibe. El Triás subyacente 3 está formado de arenisca, de pelitas y sobre todo de una brecha dolomítica.

Al Oeste de la Sierra del Aljibe, la Peña del Almed muestra un bloque de caliza jurásica situada en una posición análoga en el seno del Triás.

Cerca del Puerto del Algarrobo (fig. 3), las areniscas del Aljibe y el



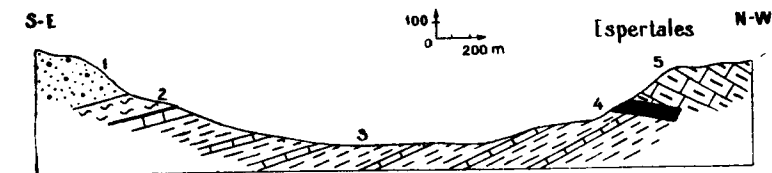
Corte B

Fig. 3. Corte siguiendo la traza b

El corte que pudimos hacer cerca del Puerto del Algarrobo es el siguiente: 1. Areniscas del Aljibe. 2. Margas eocenas. 3. Argilitas hojosas, probablemente Oligoceno (alrededor de 50 m.). 4. Caliza detritica, brecha caliza y caliza areniscosa con nummulites (Eoceno). 5. Margas conteniendo pequeños bancos microbrechosos con nummulites (12 a 15 m.). Hacia la base, se observa un lecho brechoso con nummulites muy abundantes. 6. Caliza areniscosa, gris con sílex, con *Microcodium* (Eoceno inferior probable: 10 m.). 7. Margas grises con fractura concoidea, conteniendo láminas calizas con *Globotruncana* (Senonense). 8. Triás: areniscas, pelitas, con dolomías y ofitas. 9. Margo-calizas subbéticas (Cretáceo superior a Ypresense).

«flysch» subyacente, están separados de las margo-calizas subbéticas por una importante capa de Triás soportando las areniscas, las dolomías y las ofitas.

Yendo hacia Alcalá de los Gazules, la cima de los Espertales muestra (figura 4) las margo-calizas subbéticas (5), reposando sobre una delgada capa



Corte C

Fig. 4. Corte siguiendo la traza c

de Trias margoyesífero (4), bajo la cual aparece una serie de margas con microbrechas (3), donde la facies recuerda las series del «flysch», que se hunde al otro lado del valle, sobre la vertiente del Cerro de los Regajales, bajo la serie de base (2) de las areniscas del Aljibe (1).

De estas observaciones, la Subbética de la Sierra de las Cabras aparece constituyendo una mancha envolvente del Trias, que se ve hundido al Este bajo el flysch. Nuestras investigaciones no están aún suficientemente avanzadas para determinar la importancia de esta mancha. Pero nos muestran, en el frente de las capas del flysch (capa de Aljibe) (3), (4), las complejidades estructurales, probablemente secundarias, afectando a la vez la subbética y el flysch.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GAVALA Y LABORDE, J.: *Mapa geológico de la Provincia de Cádiz*, en escala 1/100.000.
- (2) ROBAUX, A.: *Sur la présence de Crétacé Supérieur à la base de la série du flysch du Sud de la Province de Cadix*, «C. R. Acad. Sc.», CC. (1935).
- (3) CHAUVE, P.: «Bull. Soc. Géol. Fr.» (7), 1960, 2 (en prensa).
- (4) DIDON, J.: «Bull. Soc. Géol. Fr.», (7) 2 (en prensa).

Recibido, 11-I-1961.

PIERRE RAT (*) (**)

LA EDAD Y LA NATURALEZA DE LAS CAPAS DE BASE DEL WEALDENSE EN LA PROVINCIA DE SANTANDER Y EN SUS ALREDEDORES (ESPAÑA)

RESUMEN

Las observaciones hechas en la provincia de Santander permiten precisar la existencia en el Wealdense cantábrico, de una serie lacustre o salobre intermedia entre el Caloviense marino y el Wealdense arenisco-arcilloso. Esta serie, así como el «grupo inferior», ya conocido en el Wealdense de Burgos, puede ponerse en correlación aproximada con el Purbeckense de Inglaterra y Serpulit de Alemania.

RESUMÉ

Les observations faites dans la province de Santander permettent de préciser l'existence, dans le «Wealdien» cantabrique, d'une série lacustre ou saumâtre intermédiaire entre le Callovien marin et le Wealdien s. s. grés-argileux. Cette série, ainsi que le «groupe inférieur» déjà connu dans le Wealdien de Burgos, pourraient être mis en corrélation approximative avec le Purbeckien d'Angleterre et la Serpulite d'Allemagne.

El Wealdeense de la provincia de Santander, cuyo origen no marino ha sido reconocido por vez primera en 1876, está esencialmente constituido por una potente serie donde alternan areniscas y arcillas arenosas con tintes a menudo vivos, rojos o verdes. El Caloviense fue identificado en la cúpide de las calizas margosas del Jurásico subyacente. Sin embargo, las relaciones entre el Wealdense y Jurásico marino quedan por precisar.

1. *En el Sur-Este de Santander.* Cerca de Ramales de la Victoria, el complejo arenisco-arcilloso no reposa directamente sobre el Jurásico marino (1) (2). Está en efecto separado del Caloviense con *Macrocephalites* por:

(*) Traducción del francés por M.ª Concepción López de Azcona y Fraile. Doctora en Ciencias Geológicas.

(**) «C. R. de la Acad. Scien.», Paris, CCLI, págs. 2207 a 2209, 14 nov. 1960.

a) Alrededor de 150 metros de lechos salobres, oscuros, calizos o mago-arenosos, con Serpúlidos, Spirocyclinas (*Iberina lusitanica* Egger *Spirocyclina infravalanginiensis* Choffat) y Ostrácodos (*Macrodetina*, *Cypridea* div. sp.), que hago corresponder con el Serpulit de Alemania y el Purbechense de Inglaterra.

b) Alrededor de 200 metros de calizas con Trocholinas y Briozoos, que se superponen a las margas con Ostrácodos y que atribuí con reservas al Valanginiense.

Aparecen de nuevo los bancos con Briozoos en el meridiano de Santander, cerca de Vega de Pas, pero infinitamente más cargados de material arenoso que en Ramales (2). No vi aflorar allí las capas de Ostrácodos, cuya existencia, sin embargo, es probable.

2. *En el Sur-Oeste de Santander.* L. Mengaud (3), ha hecho notar bastante regularmente, en la mayor parte de sus cortes, la serie Wealdense por un conglomerado de base; las observaciones que hice, conducen a revisar esta concepción.

1.º En el Valle de Saja, inmediatamente al Norte del Valle de Cabuérniga, bajo el complejo arenisco-arcilloso habitual, se puede observar una formación oscura que comprende, sobre una treintena de metros al menos; calizas finas con Carophytas y Ostrácodos separadas por margas groseras, conteniendo *Darwinula* sp., *Cypridea* cf., *valdensis* Forbes, *Cypridea* sp., y malos ejemplares de *Metacypris forbesii* Jones. Estos fósiles emparentan los niveles lacustres de Cabuérniga en el Purbechense de Inglaterra. No he visto el contacto con el Jurásico marino subyacente.

2.º En la parte superior, al Sur de Saja, es decir, en el límite de las formaciones cretáceas conservadas en el borde del macizo asturiano, la serie detrítica Wealdense, siempre muy potente, recubre, esta vez sin intermedio, el Jurásico marino. El corte se resume así:

a) Calizas azul negruzco con *Macrocephalites*, *Perisphinctes* del Caloviense, zona con *Reineckeia anceps* (4).

b) Algunos metros de calizas margosas con *Sindeites* sp., *Subgorssowria* del grupo *orion* *Quenstedt*, y numerosos *Pecten fibrosus* Sow., fósiles que bastan para atribuir este nivel al Caloviense superior (zona con *Peltoceras athleta*).

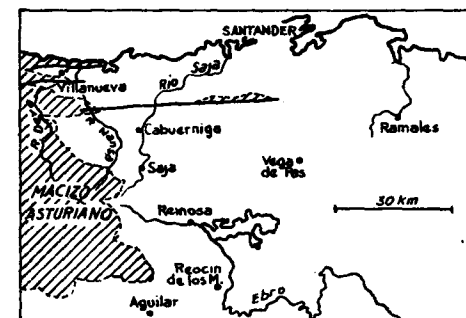
c) Primer ciclotema Wealdense con neta clasificación granulométrica decreciente (alrededor de 6 m.), volviendo las calizas con *P. fibrosus*. En la parte arenosa inferior, un horizonte con gravas de cuarzo y restos calizos que dan un cierto sentido a la figuración de un conglomerado de base hecho por Mengaud.

d) Continuación del ciclotema únicamente arenisco-arcilloso con hermosas graveras de cuarzo, que se abarrancan mutuamente.

En el valle cercano de Nansa, las condiciones de examen son menos fa-

borables, pero parece que hay también superposición directa de areniscas wealdenses a las calizas jurásicas.

3.º Sobre el borde Nor-Este del Macizo asturiano, las formaciones urgonianas (Aptense elevado o Albense), son transgresivas sobre el substrato primario. En el valle del Deva, cerca de Villanueva, se ve también encima de las calizas dinantenses compactas:



a) Dos a tres metros de terreno movedizo, cubierto de vegetación, que aparece constituido en la cúspide por arcillas rojas (facies wealdense?, continuación del Triás?).

b) Calizas arenosas con Gasterópodos turritélidos, *Choffatella dicipiens* Schlumb; los cuarzos bipiramidales provienen probablemente de un resto de Triás.

c) Calizas areniscosas, y calizas urgonienses con Rudistas.

3. *En el Sur de las regiones precedentes, al Norte de la provincia de Burgos.* Cl. Sáenz (5) y R. Ciry (6), han indicado que el Wealdense arenisco-arcilloso (grupo superior de R. Ciry), reposa a veces en discordancia sobre las formaciones lacustres, arcillosas más calizas y margosas, ricas entonces en restos de Carophytas (grupo inferior). Pienso poder sincronizar este grupo inferior con las capas con Carophytas y Ostrácodos de Cabuérniga, así como el Purbechense inglés y correlativamente con los niveles salobres con *Macrodetina* de Ramales. En el corte de Camesa, al Este de Aguilar de Campóo, recogí: *Darwinula* sp., buenos ejemplares de *Metacypris forbesii* Jones, *Utwellia* cf. *brevirostra* Martín, entre numerosos restos de Charas.

4. En situación geográfica intermedia, en el contacto de las provincias de Burgos y Santander, la serie arenisca Wealdense sobremonta un «grupo inferior» con arcillas rojas sin calizas lacustres; soporta hacia su base, pero en posición estratigráfica difícil de precisar bien, capas salobres, oscuras, mago-areniscosas, con muy pequeñas *Glauconia lujani* de Verneuil, que han

sido atribuidas con prudencia por R. Ciry (6) al Bedoulense. En Reocín de los Molinos, me han suministrado, con los pequeños Ostrácodos comparables a *Kliena alata* Martín, los *Macrodentina*, muy cercanos a los Ramales. Veo por consiguiente, más bien un equivalente de formaciones salobres de Ramales y de calizas lacustres de Aguilar, lo que por otra parte armoniza correctamente con los conocimientos paleogeográficos actuales.

En conclusión, parece: 1.º Que se puede extender al Wealdense de Santander la distinción hecha en el Wealdense de Burgos entre un grupo inferior esencialmente arcilloso-calizo, reposando sobre el Caloviense marino, y un grupo superior arenoso o arenoso-arcilloso. 2.º Que las formaciones atribuidas al grupo inferior sean sensiblemente de la misma edad y contemporáneas del Purbechense inglés. Lacustre en la provincia de Burgos (Aguilar) y cerca del Macizo asturiano (Cabuérniga), el grupo inferior pasará, hacia el Este o el Nor-Este, desde luego salobre (Reocín), parcialmente marino (Ramales). Sobre el borde mismo del Macizo asturiano, sobresaldrá hacia el Oeste por el grupo superior que reposa directamente sobre el Caloviense (Saja), y que a su vuelta pasa por los horizontes aptenses o albenses del complejo urgoniano (Villanueva).

Recibido, 13-I-1961.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) RAT, P.: *Comptes rendus*, 239, pág. 1820, 1954.
- (2) — — *Publications de l'Université de Dijon*, 18, 1959.
- (3) *Recherches géologiques dans la région cantabrique* (Thèse, Paris, 1920).
- (4) *Los Ammonites fueron determinados por H. TINTANT.*
- (5) *Asociación española para el progreso de las Ciencias*. Congreso de Lisboa, 5. páginas 59-76.
- (6) «Bull. Soc. Hist. Nat.» 74. Toulouse, 1939.

ANTONIO BASELGA RECARTE

MAS SOBRE LA MATALANITA

RESUMEN

Se hace resaltar la importancia que puede tener el conocimiento de la distribución geográfica de los diferentes yacimientos de matalanita para llegar a descubrir otros yacimientos de minerales utilizables comercialmente. Se expone también la posibilidad de que, unido a la matalanita, hubiese existido hierro nativo, que pudo haber sido explotado en grandes masas en tiempos prehistóricos y, por último, se sugiere que pueda existir alguna relación entre los yacimientos de diamantes y los de matalanita.

RÉSUMÉ

On fait ressortir l'importance que peut avoir la connaissance de la distribution géographique des différents gisements de matalanita pour arriver à découvrir d'autres gisements de minéraux utilisables commercialement; on énonce aussi la possibilité d'avoir existé du fer natif qui accompagnait à la matalanita et fut exploité en temps préhistoriques et la possible relation de la matalanita avec les gisements de diamants.

En artículo aparecido recientemente en esta Revista (1), publica el señor Sos Baynat un croquis con la distribución que ocupan, en las provincias de Cáceres y Badajoz, los diferentes yacimientos de matalanita que él conoce hasta la fecha de su escrito; describe las características de nueve rocas procedentes de diferentes lugares de Extremadura, y expone algunas consideraciones referentes a las relaciones tectónicas del Siluriano y emisión reciente de estas rocas; la aportación de estos datos nuevos creo que puede contribuir a que, entre todos, consigamos deducir algunas consecuencias que proporcionen conocimientos útiles aplicables prácticamente a la investigación de los criaderos minerales.

HECHOS Y CONSECUENCIAS

De lo manifestado en el citado artículo, y en los que yo mismo publiqué (2) y (3), cuando di a conocer esta roca, creo conveniente hacer resaltar los siguientes:

Hechos

Primero. Ha quedado demostrado que la matalanita es una roca efusiva, básica, de composición variable, según el magma de que procede, y que siempre contiene mucha cantidad de óxidos de hierro.

Segundo. En la matalanita de Villanueva del Fresno, el hierro entra en la composición de la roca, principalmente, en forma de óxido ferroso (60,62 por 100) (v. apéndice), constituyendo el mineral *Iocita* o *Isosiderita* (3 y 4), mineral raro, que no se había citado en España hasta mi descubrimiento.

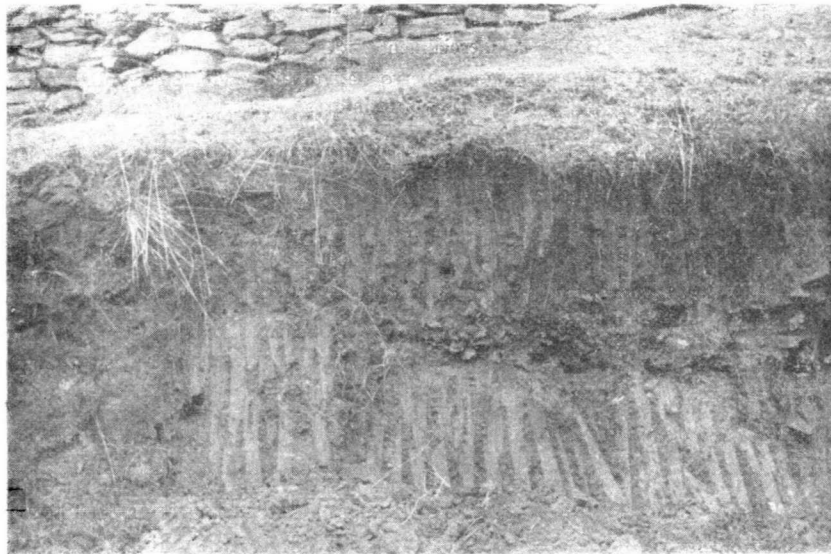


Fig. 1. —Capa de matalanita cubierta con sedimento arenosos.

Tercero. En uno de los yacimientos que descubrí en Villanueva del Fresno, en el que la matalanita se encuentra interestratificada (3), figura 1, recogí, entre otros, un ejemplar de *hierro nativo* (telúrico) (3), con forma de nódulo irregular, envuelto en capa de matalanita con restos vegetales limonizados, uno de los cuales está bien conservado, y me atrevo a clasificarlo como hoja de quercus (5) (posterior al Cretáceo), lo que indica que el hierro y, por consiguiente, también la matalanita, se formaron después del Cretáceo, posiblemente después del Oligoceno inferior.

Cuarto. Los yacimientos de matalanita de Extremadura y Ciudad Real aparecen alineados sensiblemente en dirección N.-S., que corresponde a la orientación que, en estas provincias, tienen las fracturas debidas al diastro-

fismo alpino, combinadas al parecer con el rumbo E.-O. (restos del movimiento herciniano) (7).

Quinto. Las cantidades totales de óxidos de hierro y otros minerales en las diferentes rocas de esta clase, que han sido analizadas, son las siguientes (véase apéndice):

matalanita	óxidos de hierro ..	63,87 %
escorias de Río Tinto	» » » ..	64,94
Valverde del Fresno	» » » ..	60,97

La alúmina varía entre 2,11 (matalanita), 2,13 escorias de Río Tinto, a 1,54 (Valverde del Fresno).

Ni la matalanita ni la roca de Valverde del Fresno tienen cobre, y las escorias de Río Tinto, sólo tienen 0,16 por 100 de este metal.

Consecuencias

Primero. No parece admisible que en una explotación de mineral de hierro, por muy rudimentaria que hubiese sido la metalurgia aplicada, hayan quedado en las escorias más del 60 por 100 de los óxidos de este metal; por el contrario, por otra parte, tampoco se concibe que en una explotación de cobre, se hayan empleado, sobre todo en tiempos antiguos, una metalurgia tan perfecta que no hayan quedado en las escorias de fundición indicios del citado metal, o que sólo aparezca, como en los análisis de Río Tinto, el 0,16 por 100 de Cu.; todo ello estimo que tiende a confirmar mi teoría de que aquellas llamadas *escorias* que se encontraron en cantidades enormes en las minas de Río Tinto y también en otras minas de la región y de cuyo hallazgo se ha deducido (a mi modo de ver erróneamente), que dichas minas fueron explotadas en cantidades ingentes, *no son tales escorias*, sino matalanitas o rocas afines, y si ello es así, queda demostrado que *no existieron tales explotaciones extraordinarias*.

Segundo. En Villanueva del Fresno he encontrado *hierro nativo* (3), que acompañaba a la matalanita, y ello me induce a suponer que este metal pudo hallarse en otros tiempos en grandes cantidades, que fueron extraídas, y que es posible que hubiese quedado también algún otro ejemplar abandonado en otros yacimientos de aquella roca, donde quizás se pueda llegar a recoger alguna muestra si se busca con método y constancia.

Tercero. La matalanita se solidificó, indudablemente mientras fluía sobre el terreno, o también debajo del agua, como manto de lava pastosa, que se amoldó al relieve del suelo recorrido, y, como consecuencia, la cara inferior de aquella roca debió fijar el molde negativo de este suelo; ello parece queda demostrado por lo que observó el señor Sos Baynat, y que yo también había comprobado, de que la cara inferior de las matalanitas aparecen con

tierra aprisionada y relieves irregulares; he tratado de obtener el molde positivo de varios ejemplares con intención de descubrir algún fósil clasificable, que hubiera podido quedar aprisionado, y que nos serviría para deducir la edad del terreno sobre el que corrió la lava, pero por falta de medios adecuados no conseguí mi propósito, por ello recomiendo a los que se interesen en el asunto, insistan en tal investigación y traten también de averiguar la edad del terreno que cubre a la matalanita cuando esta roca se presente interestratificada, como ocurre en el yacimiento del río Godolíd (3), en donde la capa de lava viene cubierta por terrenos arenosos modernos ¿terciarios? En los yacimientos en los que sólo existe el siluriano, la erupción que trajo la matalanita atraviesa todo el terreno, y la matalanita corre directamente sobre él.

Suposiciones y fantasías

Comprobado que se ha encontrado hierro nativo que acompañaba a la matalanita, es posible y creo que debe haber ocurrido así, que en épocas prehistóricas, el hierro nativo que debió existir en grandes masas con la matalanita, fue explotado intensamente, y, por consiguiente, presumo que si aquel estaba al alcance de la mano, era sencillísima su explotación, y resultaría entonces, lo que parece lógico, que la edad del hierro de la prehistoria fuese anterior, o por lo menos de la misma época de los demás metales nativos directamente explotables, como el oro y, menos visibles, la plata y el cobre.

Segundo. Las labores de explotación del hierro serían sumamente sencillas; se debieron limitar a separar, por escogido a mano, el hierro de la matalanita.

Tercero. Aprovechado el hierro por procedimientos rudimentarios, la matalanita, que era la ganga de estas explotaciones, podía ser abandonada *in situ*, o arrojada a la escombrera, y así resulta que la matalanita *no sería*, como no lo es, en efecto, *una escoria*, sino *roca abandonada*, o en último extremo, *pudo ser también escombrera* de explotaciones de hierro nativo; escombrera que en este caso nada tiene de extraño fuese abandonada con más del 60 por 100 de óxidos de hierro.

Cuarto. La matalanita se presenta en zonas de rocas verdes y muchas veces no lejos de criaderos de pirita, como en Río Tinto, y supuesto, como parece comprobado, que los diferentes yacimientos de aquella roca están distribuidos en alineaciones definidas, creo sería conveniente el tratar de averiguar si existe alguna relación de posición en el terreno entre la matalanita y posibles yacimientos de pirita o de otros minerales explotables comercialmente.

Quinto. Si como sospecho existe esa relación, sería muy interesante el llegar a conocerla para poderla fijar en cada caso, ya que, como la matalanita se manifiesta generalmente en superficie, su hallazgo relacionado con otros datos y conocimientos geológicos, serviría de guía para investigar y quizás descubrir algunos yacimientos, que hoy todavía puedan permanecer ocultos.

OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS

La matalanita, que en ciertos lugares aparece en trozos aislados, puede proceder de algún yacimiento, que con el transcurso del tiempo quedó cubierto por tierras más o menos laborables, y que al ser removidas, después, por el arado hayan arrastrado algunos trozos de aquella roca, que quedaron depositados a mayor o menor distancia de su situación primitiva; por esto creo que cuando se encuentre algún trozo suelto de matalanita deberá *patearse* el terreno en todas direcciones, hasta que se consiga encontrar el yacimiento de donde procede, así lo hice yo en mis hallazgos de Villanueva del Fresno; como saben todos los geólogos, pero que conviene recordarlo para que lo tengan en cuenta los noveles, la época mejor para dedicarse a hacer esta *rebusca*, es en cualquier momento después de haber ocurrido alguna tormenta o lluvia torrencial, que haya podido dejar lavado el terreno.

La presencia de mayor o menor número de burbujas gaseosas y poros en los ejemplares encontrados y la mayor vitrificación, dependerá de ciertas condiciones principalmente de la rapidez con que se haya enfriado la lava, y así en un mismo yacimiento he encontrado en Villanueva del Fresno (3), además de la matalanita, tachylita (vidrio) y escoria (espuma de matalanita) (figura 2), esta última corresponde en las rocas básicas a la pómez de las ácidas (6).

Fantasia

1.º El volcanito que descubrí (2) (fig. 3), sólo tiene unos cincuenta centímetros de diámetro y, en él, la matalanita formaba el borde o corona y también una ladera del terreno como lava efusiva, que corrió sobre el suelo; la parte central de la chimenea del volcanito estaba ocupada por roca brechosa, alterada, de composición comparable a la de la roca kimberlita (6), que constituye el relleno de las chimeneas diamantíferas del Africa del Sur, en este relleno (Yellow Ground y Blue Ground), se encuentran los diamantes de Kimberly, pero están tan diseminados, que para conseguir algún brillante es necesario tratar varias toneladas de aquel relleno; por otra parte, las chimeneas diamantíferas de Africa tienen 2.000 o más de 2.000 me-

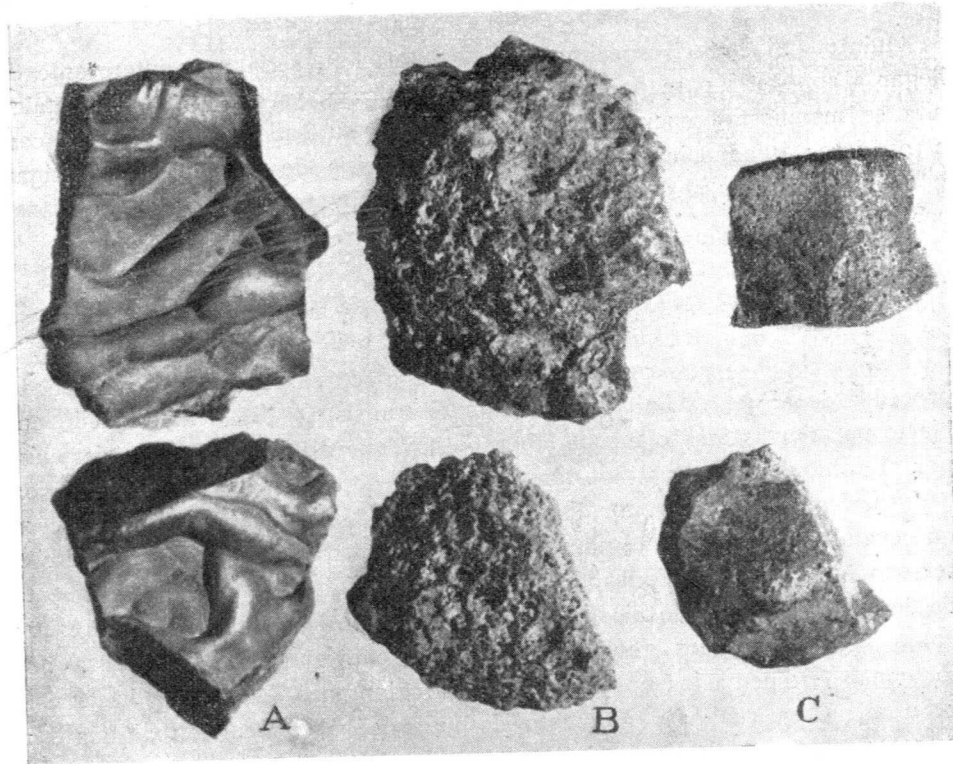


Fig. 2.—A. matalanita.—B. escoria de matalanita.—C. tachylita de matalanita.



Fig. 3.—Volcanito descubierto en Villanueva del Fresno (Badajoz).

tros de diámetro, así se comprende, que aunque los hubiera, serían muy pocas las probabilidades de encontrar los citados brillantes en la zona de las matalanitas españolas, y en todo caso, si apareciese alguno, procedería de chimeneas muy pequeñas, pero como ello no es imposible y pudieran existir también chimeneas de mayor tamaño todavía no descubiertas, quizás resultase un entretenimiento para quien disponga de tiempo y paciencia, lavar algunas arenas (por ejemplo, las del río Godolid, aguas abajo, del yacimiento citado (3), ya que aquéllas son el resultado de la erosión de rocas anteriores de toda época, y como es natural, si se quieren encontrar los aportes más antiguos habrá que profundizar más o menos en la excavación de aquellas arenas; también podría investigarse el relleno de las chimeneas conocidas. Si existieron los diamantes, que como encontrados en Andalucía, cita Calderón (8), sospecho que pudieron proceder de chimeneas de matalanita, y si se buscan éstas en las proximidades de los yacimientos de brillantes que menciona aquel ilustre geólogo, quizás llegasen a encontrarse las citadas chimeneas.

APÉNDICE

ANÁLISIS DE ROCAS Y ESCORIAS

Matalanita (1)	Valverde del Fresno (2)	Escoria antigua de Río Tinto (3)
SiO ₂ .. 13,84	27,70 21,00
TiO ₂ .. 0,80	0,98	BaSO ₄ 2,30
Al ₂ O ₃ .. 2,11	1,54 2,13
Fe ₂ O ₃ .. 3,25	5,69 8,14
FeO... 60,62	55,28 56,80
CaO... 6,77	1,44 1,66
MgO .. 3,60	0,18 0,37
K ₂ O .. 0,92	1,46	Cu..... 0,16
Na ₂ O .. 0,87	0,75	Pb..... 1,33
P ₂ O ₅ .. 0,61	indicios	S..... 1,17
MnO .. 6,69	4,07	Au,Ag..... 0,0038
H ₂ O... 0,16	0,60 1,56
100,24	99,60	SO ₃ 1,19
		Zn,Ni..... 0,26
		Sb..... 0,057
		As..... 0,064
		matrs. orgnes .. 1,81
		100,00

(1) Análisis de Cotelo Neyva (2).

(2) » García de Figuerola (9).

(3) » de *escoria antigua* de Río Tinto (7) pág. 111.

OTROS YACIMIENTOS DE MATALANITA

Además de los yacimientos citados en mis publicaciones anteriores (2 y 3) y de los que nombra el señor Sos Paynat (1), he tenido posteriormente conocimiento de los siguientes:

Como probables, deducidos de la lectura de las Hojas publicadas por este Instituto Geológico y Minero:

Hoja núm. 759.—(123 H.).—Gallina, pág. 55.

Hoja núm. 803.—(237 H.).—Almendralejo, págs. 43, 46 y 119.

Recibidas del Padre Candela:

Villanueva de la Puente.—Ciudad Real.
Adrada.—Avila.

Idem de don Jaime Boville:

Cózar.—Ciudad Real.

Idem de don Alejandro García Romero:

Ferreira.—Valle del Oro.—Lugo.

Recibido, 16-I-1961.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INST. GEOLÓG. Y MINERO DE ESPAÑA, n.º 59, pág. 77. Madrid, 1960.
- (2) — — n.º 28, pág. 3, Madrid, 1952.
- (3) — — n.º 32, pág. 35, Madrid, 1953.
- (4) STRUNZ, H.: «Mineralogische Tabellen», Leipzig, 1941.
- (5) NOVO, P.: «Diccionario de Geología y Ciencias Afines», tomo, II, pág. 1369, editor: Labor, Madrid, 1957.
- (6) BASELGA RECARTE, A.: «Diccionario de Geología y Ciencias Afines», capítulo de *Petrografía*, tomo I, págs. 537 a 796, edit. Labor, Madrid, 1957.
- (7) Temas profesionales: *El Cobre y las Piritas de España*, «Dirección General de Minas y Combustibles», núm. 8, págs. 16 y ss. y 111.
- (8) CALDERÓN, S.: *Los Minerales de España*, t. I, pág. 33, Madrid, 1910.
- (9) NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INST. GEOLÓG. Y MIN. DE ESPAÑA, n.º 30, pág. 43, Madrid, 1953.

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

LA GEOLOGIA E INDUSTRIAS MINERALURGICAS EN LOS ATLAS NACIONALES

RESUMEN

Se consideran los diversos mapas, que en un atlas nacional deben figurar de geología y ciencias conexas, así como de las industrias mineralúrgicas, tanto en su aspecto de laboreo, como de beneficio. Se completa el artículo con algunos comentarios del caso particular de España.

ABSTRACT

It is considered the different maps, which in a national atlas ought to be represented, about geology and related sciences as well as those of the mineralogic industries in both their aspects of improvement and winning. The article is completed with several commentaries on the particular case of Spain.

Con ocasión del XIX Congreso Geográfico Internacional, celebrado durante el mes de agosto en Stokolmo, pudimos apreciar las orientaciones modernas de estas aportaciones cartográficas a los atlas nacionales.

Debemos comenzar esta nota, por definir un atlas nacional. Según nuestra opinión, es una colección de mapas que representan los conocimientos científicos contemporáneos, de las diversas ramas de la geografía física, económica y política, aplicados al país considerado.

La idea de preparar atlas nacionales, se supone procede de Francia, con ocasión del proyecto del Mariscal Vauban (1633-1707), propuesto en su tratado de economía, con el fin de formarse un concepto rápido y cierto de las magnitudes de su reino, de sus riquezas y de sus fuerzas. El primer atlas nacional, publicado fue el de Finlandia en 1899, compuesto por veinticuatro mapas y ocho gráficos. El de España se proyectó en 1956, por el Instituto Geográfico y Catastral, constará de dos tomos, el primero, próximo a terminarse, con un carácter geográfico clásico, y el segundo con todos los problemas modernos de población, economía, cultura, administración, etc.

La confección de estos atlas nacionales no se debe realizar sin sujeción a unas normas, las cuales deben ser análogas para todos los países, con este fin, se creó durante el Congreso Geográfico Internacional de Río de

Janeiro (1956), una Comisión de Atlas Nacionales, coordinadora de todos los esfuerzos de los diversos países.

Para preparar un atlas nacional, es necesario conocer la finalidad que se persigue, la cual es doble; por un lado la investigación científica, por otro el fomento de la economía, y en general, la información administrativa, técnica, política, etc., para los ciudadanos del país y para todas las personas interesadas en problemas relacionados con el mismo, desde el turístico con sus medios de comunicación, al económico con la producción de sus minas, sin olvidar el histórico en sus diversas facetas, que igual puedan dar idea del progreso de la economía nacional, como de la misión cultural realizada por sus intelectuales y misioneros.

No ha de olvidarse que, un atlas nacional, debe poder llegar a las manos de todo lector instruido, lo que obliga a un precio de venta poco elevado, para poder ser adquirido por la mayoría de las bibliotecas y por los lectores de mediano nivel económico. Consecuencia del precio es el número de mapas que ha de tener y las escalas de los mismos. También se ha de tener en cuenta otro punto, para fijar la escala y detalles de cada mapa, si el tema está incluido en un atlas general o si lo es en uno exclusivo de la materia, en este caso es necesario mayores detalles, por ejemplo en el mapa minero que afecte a la minería del plomo en un atlas general, sería suficiente indicar a Linares como centro minero de dicho metal, mientras que en uno temático, se tendría que indicar en el término de Linares, la producción media anual de galena, durante un tiempo prefijado, lo que requiere una representación mayor.

La observación anterior nos conduce a pensar en los diferentes fenómenos que se han de representar, los cuales, desde el punto de vista del reparto, pueden ser: puntuales, localizados en una línea, en una superficie, diseminados y continuos. Los puntuales se encuentran en la representación de los manantiales minero medicinales, localizado en líneas, son las fallas, en superficies las concesiones mineras, diseminados los aluviones y continuos una formación geológica en general.

Al considerarlos en función del tiempo, pueden ser permanentes como un anticlinal, en desplazamiento o movimiento como una corriente marítima, o cambiantes como una constante magnética, en este caso se podrá referir a una fecha dada por medio de isorritmas por ser un fenómeno lineal, o si le queremos dar un carácter teórico más permanente completado con los correspondientes signos de desplazamiento. Estas circunstancias también dan lugar al estudio de los diversos sistemas de representación. Unas veces se tendrá que recurrir a signos jerárquicos convencionales, cuando la representación sea superior que el dato que se pretende representar, como una fábrica de cemento en un mapa de calizas, o una representación cromática con o sin sobrecargas como un carbonífero, con la indicación de las capas productoras. Las mencionadas líneas isorritmas, representantes de los pun-

tos, con equivalor para el fenómeno que se representa, como las representativas de un mismo nivel de aguas subterráneas o isoipsas, pueden corresponder a una gran variedad de fenómenos, en la manera de verificarse, dando lugar a los cartogramas, y así se definen como isopletas las correspondientes al valor de los fenómenos, que si tienen iguales variaciones en función del tiempo se denominan isoporos, si el desplazamiento del fenómeno es igual se tienen las isobasas, y las isocronas cuando son fenómenos que tienen lugar en el mismo tiempo.

La forma a dar cada atlas nacional es consecuencia de la del país, para poderlo representar en su conjunto; en España se adoptó la de 70 x 45 centímetros, en ella se pueden representar en quince hojas impresas por una sola cara, la Península y provincias insulares a escala 1/500.000. Las dimensiones de los atlas nacionales en general son muy variadas, los hay de 170 x 70 cm., como el de Egipto, que es el de dimensiones mayores, y de 36 x 27 cm., como el de Bielorrusia, que es el menor de los conocidos.

Las escalas son variables según la densidad de datos del tema que se pretende representar, al tratarse de un Mapa estratigráfico de la Península, una escala muy indicada es la 1/1.000.000 y quizás la 1/1.500.000; pero si el fenómeno se refiere a un aspecto magnético, con la densidad de datos de nuestra red, es una escala muy adecuada la de 1/3.000.000.

Los diversos mapas sobre el tema considerado, que deben figurar en un atlas nacional, serán: los geológicos, los vulcanológicos, los geofísicos, los de hidrología subterránea, los pedológicos, industriales y los político administrativos de los campos representados.

Las ciencias conexas con la geología, tienen relaciones tan íntimas con ella, que, en muchos casos, para su interpretación se requiere representar sus observaciones y datos, sobre los mapas estructurales y geológicos. Los mapas geológicos son también fundamentales, para el conocimiento de la estructura y de la evolución de la corteza terrestre, el relieve, la vegetación, las reservas minerales, etc.

En primer lugar, se representarán los mapas estratigráficos, de los que España tiene varios a escalas posibles para un atlas, como son las de 1/400.000, 1/1.000.000 y 1/1.500.000.

Estos mapas tienen que estar ejecutados con gran nitidez y detalle, siendo las dimensiones mínimas de las manchas representadas, las correspondientes a superficies de dos milímetros cuadrados. La representación geológica es costumbre efectuarla en la cartografía española, con el empleo de índices, además de los colores y tramas. En la actual situación de los conocimientos geológicos, no deben omitirse las cartas estructurales ni las tectónicas; de la primera tenemos como tipo la que se ha editado con la denominación sismotectónica a escala 1/2.500.000, con destino a la correspondiente sismotectónica de Europa; de las segundas se está preparando una a escala 1/1.000.000 que suponemos será un gran complemento del atlas. Hemos

de tener en cuenta que estos mapas facilitan las consideraciones sobre la geodinámica del país y sobre las riquezas minerales.

Los mapas de reservas minerales, se deben preparar para despertar interés, tanto del economista, como del buscador de minas, tan frecuentes en España. Una de los más interesantes sería un mapa petrográfico, despertaría el interés de cuantos se dedican al problema de materias minerales para la construcción, desde la moderna fábrica de cemento automática, hasta el modesto alfar de artesanía. Si pasamos de las rocas a minerales, es fundamental un mapa previo de las circunstancias metalogénicas principales, el cual contendrá las intrusiones, rupturas, etc. Por último, se representarán los verdaderos mapas de minerales, los cuales pueden ser agrupados, para reducir el número de mapas, y en algunos casos de zonas ricas y variadas, como son Asturias y Vizcaya, en España, será necesario recurrir a representaciones mayores, para evitar que los datos consignados se empasten y dificulte su percepción.

Los mapas hidrogeológicos son de gran interés en países que tienen zonas áridas extensas, como ocurre en el nuestro, por ello mantendremos el criterio que expusimos en un artículo sobre el particular en el número 60 de esta Revista.

En el grupo de mapas geofísicos, los más comunes son: los sismológicos, los gravimétricos y los magnéticos. Entre los primeros hemos de tener en cuenta su gran importancia humana, ya que pueden servir de orientación sobre las zonas de sismicidad peligrosa en cuanto se refiere a la construcción y habitabilidad. El criterio para su preparación es muy variado, tanto desde el punto de vista de intensidad de los seísmos, como de la época representada en los mapas. Los mapas gravimétricos pueden tener un doble fin, el estudio o confirmación de las estructuras de fondo muy útiles para la prospección minera y una aportación al conocimiento de la figura de la tierra. La representación de las anomalías de la gravedad, se realizan lo más frecuentemente para estos fines por medio de las isanómalas de Bouguer. Desde el punto de vista del cateador, son los mapas magnéticos de los más importantes, por haberse podido relacionar estrechamente muchas anomalías con formaciones de interés industrial, tanto superficial, como profundas. Del campo magnético terrestre, pueden ser los mapas de cuatro clases: los correspondientes a la declinación, a la intensidad, a la componente horizontal y a la vertical o inclinación, aunque en algunos se suprimen los de la componente horizontal. Estos mapas requieren también una fecha de referencia, y si se representan las variaciones durante un período, obtenemos los correspondientes a la evolución del campo magnético con el tiempo.

En los frecuentes paseos por el campo para la confección de cartografía geológica, hemos podido observar la enorme diferencia del efecto de la roca subyacente en una repoblación forestal o en un viñedo, decayendo o vigorizándose los cultivos a la decena de metros de un contacto, por ejemplo,

de un granito con un esquisto; consecuencia de que la roca subyacente da lugar a la formación de un suelo con circunstancias aptas o no para dichos cultivos. Como el fin de un atlas es sus aplicaciones utilitarias, quedaría incompleto sino se consignaran las cualidades de los suelos, bien desde un punto de vista general de repartición de los diversos suelos o particular, considerando ciertas cualidades como características físicas, químicas, etc.

Los mapas económicos, dan una orientación al economista para dirigir sus proyectos hacia una mejor utilización de las riquezas de un país, por ello deberán figurar, tanto los datos extractivos de materias primas, como los de su industrialización. En primer lugar, debe estar el mapa minero, con la indicación de producciones y reservas, después figurarán los de las industrias mineralúrgicas correspondientes, tanto a pie de la mina, como a distancia o consecuencia de importación de minerales naturales o preparados. Quizás la mejor manera de efectuar esta cartografía sea por grupos de menas, y dentro de ellas representar en el mismo mapa el laboreo y el beneficio. Muy útil es completar estos mapas con datos energéticos del consumo, de la producción y de la población empleada, por dar una información humana de gran importancia para la planificación de soluciones a los problemas de vivienda y de emigración del campo agrícola. Este tipo de mapas, se referirán generalmente a zonas donde exista una gran concentración industrial, lo que ha de requerir el empleo de escalas para zonas parciales, diferentes a las generales del atlas, limitadas a las necesidades del problema estudiado.

Como las divisiones administrativas para cada uno de los aspectos pueden ser diferentes en un mismo país, se debe complementar el conjunto de mapas considerados con unos esquemas a escala pequeña, como es en el caso de España, la división en regiones geológicas, en regiones y distritos mineros, etc.

El problema de un atlas nacional es de una gran envergadura, en muchos países lo tienen en curso de solución; en España está muy acertadamente iniciado, y deseamos se llegue con gran éxito a la preparación del segundo tomo, representando en el mismo cuantos datos sean aconsejables para su utilización en beneficio de nuestra cultura y nuestra economía.

Recibido. 11 I-1961.

LUCAS HOTTINGER Y HANS SCHAUB

DIVISION EN PISOS DEL PALEOCENO Y DEL EOCENO (1)

INTRODUCCION DE LOS PISOS ILERDENSE Y BIARRITZENSE

RESUMEN

En las diversas regiones del Terciario Bajo del Tetis es posible reconocer el Paleoceno Superior como un piso autónomo que designamos como Ilerdense. Contiene cinco zonas de alveolinas, así como el comienzo del primer desenvolvimiento de los nummulites y assilinas. El Ilerdense viene limitado, por debajo, mediante el Paleoceno Medio con las primeras operculinas, discocyclinas, *Miscellanea* y *Alveolina (Glomalveolina) primacva*. Por arriba queda limitado mediante la base del Cuisense con *Nummulites planulatus* y *Alveolina oblonga*, y las faunas acompañantes de nummulites, assilinas y alveolinas.

Si establecemos la comparación entre los pisos de la cuenca parisense con las series, más completas, del Nummulítico en la región mediterránea, se pone de manifiesto que la discontinuidad entre las fases marinas del Luteciense y del Ledense es desproporcionadamente grande y que, durante el intervalo de tiempo a que esta discontinuidad corresponde, se ha llevado a cabo una parte muy esencial del desarrollo de los grandes foraminíferos (nummulites y alveolinas). Durante esta época tuvo lugar, en el Mediterráneo y regiones vecinas, una amplia transgresión que puede ser reconocida desde la margen de la cuenca parisina (Bois Gouët y Contentin), Inglaterra meridional, hasta Biarritz y la cobertura meridional de los Pirineos, y por los Alpes, Italia septentrional, Hungría, y Transilvania, Africa septentrional e India.

Este piso fue designado hasta ahora, en los Alpes y en Italia septentrional, como Auversense. Pero la comparación con el corte de Biarritz muestra que en Francia fue denominado Auversense, algo que es distinto de lo que en las restantes zonas de las regiones mencionadas se conoce con ese nombre. Las «sables d'Auvers» han de ser consideradas como Ledenses, por lo que se impone como necesaria una nueva designación de piso, el «Biarritzense».

(1) Traducción directa de la publicación en lengua alemana, por J. M. Ríos, del trabajo titulado *Zur Stufeneinteilung des Paläocäns und des Eocäns. Einführung der Stufen Ilerdien und Biarritzien*, aparecido en «Bericht der Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft», en el vol. 53, núm. 1, 1960, de «Eclogae geologicae Helveticae» de la Sociedad Geológica Suiza. La traducción ha sido amablemente autorizada, así como su publicación por la Editorial Birkhäuser A. G. de Basilea, y por los autores. La edición original se publicó con el apoyo del Fondo Nacional Suizo para el Avance de la Investigación Científica

R É S U M É

1. GÉNÉRALITÉS.

Dans les séries nummulitiques de la Méditerranée et des régions avoisinantes les espèces de Nummulites et d'Alvéolines se suivent partout dans la même succession. Ces espèces peuvent servir d'excellents fossiles caractéristiques pour une stratigraphie détaillée. En essayant de remplacer les termes de stratigraphie locale par les étages classiques du Nummulitique du Bassin de Paris et d'y ranger les zones de Nummulites et d'Alvéolines, nous constatons que les phases marines des étages classiques de la série extrêmement épicontinentale du Bassin de Paris étaient si courtes qu'il n'est pas possible d'y reconnaître une évolution des espèces de foraminifères. Comme ces phases marines du Bassin de Paris y représentent toujours le commencement de l'étage, le Cuisien du Bassin de Paris (avec *Nummulites planulatus* et *Alveolina oblonga*) correspond au Cuisien inférieur des séries et des faunes plus complètes de l'ancienne Tethys et le Lutétien du Bassin de Paris (avec *Nummulites lacvigatus* et *Alv. bosci*) correspond au Lutétien inférieur des séries plus complètes.

2. L'ILERDIEN.

Au-dessous du Cuisien inférieur ainsi défini on trouve dans les séries les plus complètes de la «Tethys» un étage comprenant cinq zones d'Alvéolines successives. C'est dans cet étage qu'apparaissent les Nummulites et les Assilines et que se suivent plusieurs faunes très caractéristiques de ces grands foraminifères. Il n'est pas possible d'en trouver l'équivalent parmi les étages du Bassin de Paris. Nous constatons ces faunes nummulitiques et d'Alvéolines précusiennes dans l'Aquitaine orientale (Corbières, Montagne Noire (Hottinger, 1958) et Petites Pyrénées) et sur le versant méridional des Pyrénées, mais aussi dans les séries compréhensives des Alpes suisses (Schlierenflysch, du Maestrichtien au Cuisien sup., Schaub, 1951) jusqu'aux séries assez complètes de l'Asie Mineure, de l'Égypte et des Indes. Nous définissons ce complexe important comme un étage des séries de la Méditerranée paléogène. Nous choisissons le type de cet étage dans la Conca de Tremp, Province de Lérida (lat. Ilerda) en Espagne et nous l'appelons Ilerdien. Le tableau fig. 3, Hottinger 1906 b, en indique les zones d'Alvéolines, et les listes aux pages 458-460 contiennent les espèces de Nummulites et Assilines caractéristiques. Il sera nécessaire et sans doute possible de trouver des faunes de foraminifères pélagiques (p. ex. de *Globigerina* et de *Globorotalia*) dans les séries ilerdiennes de la Méditerranée et de paralléliser ainsi nos zones de grands foraminifères aux zones des faunes planctoniques.

3. LE BIARRITZIEN.

Au bord occidental et septentrional du Bassin de Paris (Bois Gouët et Cotentin) se manifeste une transgression marine entre la transgression lutétienne et le Lédien. La même transgression se retrouve aux bords des Pyrénées (surtout dans les régions de Biarritz et d'Igualada), aux Alpes et en Italie, en Transsylvanie et en Hongrie. Les faunes nummulitiques qui caractérisent cet étage — l'ancien «Auversien» des stratigraphes alpins et italiens (mais non des «sables d'Auvers», lédiens) — sont: les grandes espèces terminales, très évoluées, des phyla de Nummulites (*N. bronniarti*, *N. puschi*, *N. perforatus* type, *N. lyelli*),

les précurseurs des Nummulites lédiens (*N. striatus*, *N. beaumonti* etc.) et les dernières Alvéolines (*Alv. elongata* (type), *Alv. fusiformis* et *Alv. fragilis*). Nous reprenons donc l'étage ancien de l'«Auversien» alpin et italien (qui était antérieur à l'«Auversien» du Bassin des Paris) et nous proposons de le désigner par «Biarritzien». Cet étage s'étend de la côte atlantique et de la région pyrénéenne à travers les Alpes, l'Italie, la Hongrie et la Transsylvanie jusqu'en Égypte, en Somalie et aux Indes.

Ainsi nous arrivons à fixer la succession suivante d'étages à peu près équivalents:

Eocène	} sup.	{ Ludien	
			{ Lédien
		{ moyen	{ Biarritzien
{ Lutétien			
	inf.	Cuisien	
Paléocène	} sup.	Ilerdien	
		moyen	Landénien p. p., Montien p. p.
		inf.	Danien, «Montien» p. p.

1. GENERALIDADES

Nuestra revisión de los nummulites, assilinas y alveolinas del Terciario bajo fue realizada mediante cortes (2), lo más conexos posible, y en tantas regiones del Terciario bajo del Tetis y de sus zonas marginales como fue posible obtenerlos. La revisión puso de manifiesto la existencia, tanto entre los nummulites y assilinas como también entre las alveolinas de excelentes fósiles guía. Todos esos grupos permiten el establecimiento de series evolutivas, en cuyos miembros se reconoce un rápido desarrollo en determinada dirección hasta su desarrollo máximo, y luego hasta su repentina extinción.

Su utilidad para la determinación exacta de edades reside, además, en sus manifestaciones masivas y en su rápida distribución mundial con ellas relacionadas.

Es posible establecer paralelismos de edad entre estratos contenidos dentro de las series investigadas: desde los antepaíses pirenaicos septentrional y meridional hasta los Alpes Calizos del Norte y Sur (Suiza, Alemania meridional y Austria por el Norte, Italia septentrional por el Sur) hasta las regiones ribereñas del Mar Negro, y hasta Egipto y Persia.

Puesto que es actualmente posible seguir la pista de horizontes de las mismas edades por toda la región mediterránea, se debería intentar el aban-

(2) Las localidades tipo de las especies corresponden frecuentemente, por desgracia, a afloramientos aislados. Sin embargo, se intentó, incluso en estos casos, el establecimiento de su conexión estratigráfica con respecto a afloramientos, tanto más antiguos como más modernos. Véase Hottinger, Schaub y Vonderschmitt, 1956.

dono de aquellas designaciones de sus miembros que se basen en características litológicas o en nombres locales de formaciones (3).

Para poder establecer comparaciones, a través de grandes distancias, entre las series que se trata de dividir, debemos jalonarlas mediante fósiles guía, según criterios dependientes exclusivamente de su locación en la escala de tiempos. La designación de las porciones de tiempo, o etapas, debe basarse sobre el clásico concepto de «piso». Como es sabido las formaciones que han servido, sobre todo, de modelo para la creación del concepto de piso han sido las del Terciario bajo de la Cuenca de París, por eso vamos a establecer nuestra división en épocas, dentro de lo posible, sobre la base de los clásicos pisos del Terciario bajo de París. Sin embargo, al intentar establecer el paralelismo entre las series muy discontinuas, y marcadamente epicontinentales, de la cuenca parisina y las series, en parte más bien geosinclinales o por lo menos individualmente más completas y conexas de Tetis, surgieron ciertos problemas que constituyen la primera cuestión que queremos tratar.

Si consideramos o examinamos los pisos del Terciario Inferior de la cuenca parisina (en sentido lato, incluidas las manifestaciones belgas) del Montense, Landenense, Cuisense y Ledense, vemos que en todos ellos se reconoce un desarrollo análogo.

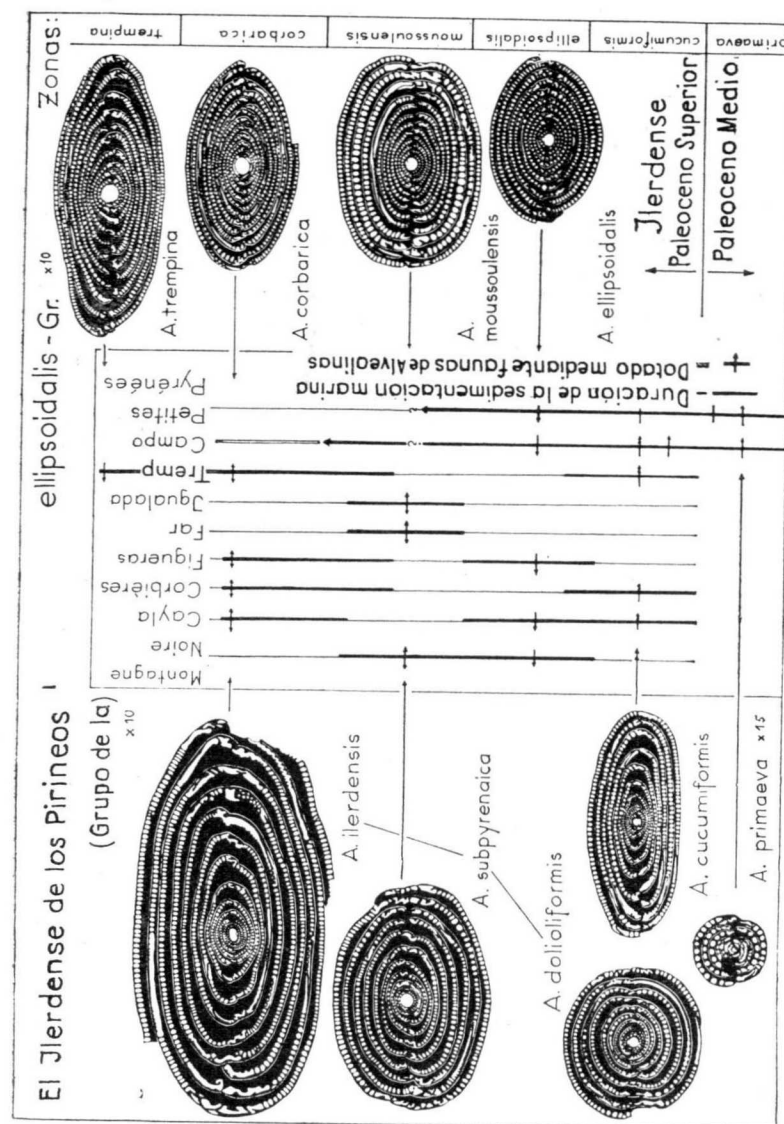
5. Transgresión marina del tramo siguiente.
4. Fase de tierra firme, eventualmente con sedimentos límnicos, o bien a veces mediante hiato estratigráfico.
3. Regresión de los mares.
2. Fase de sedimentación marina.
1. Transgresión marina.

Para el establecimiento de paralelismos con los pisos de Tetis portadores de foraminíferos, sólo se puede tomar en consideración los sedimentos marinos, los cuales han servido también a veces para establecer los pisos tipo. Por su típica constitución, rica en fósiles, y por el excelente estado de conservación que presentan las más de las veces sus ricas faunas, resultan apropiados para el establecimiento de una edad definida. Dentro de cada piso la fauna permanece invariable, siempre que no varíe la facies (4).

Así es como encontramos en todo el Cuisense portador de nummulites el mismo típico *Nummulites planulatus* y la misma típica *Alveolina oblonga*, mientras que todo el Luteciense marino de la Cuenca de París aparece

(3) Como por ejemplo las que eran, o son todavía, habituales en Egipto (Zittel, 1882, hasta Le Roy, 1953), en Dalmacia (Stache, 1872, 1889) e India (Nuttall, 1925; Davies, 1927, 1940).

(4) Las subdivisiones anteriormente aceptadas de las fases marinas de los pisos parisenses se apoyan en diferencias de facies.



Según L. Hottinger: *Über Palaeocene und Eocene Alveolinen*
- *Eclogae Geologicae Helveticae* 53. 1. 1960. Fig. 3 pag. 273

Explicación de la Lámina:

Correlación entre los cortes más importantes a través del Paleoceno Medio Superior de los Pirineos mediante Alveolinas no flosculinizadas. Las etapas aisladas del desarrollo en los grupos de la *subpyrenaica* (izquierda) y *ellipsoidalis* (derecha) caracterizan (junto a los otros grupos) las biozonas de esas épocas. Las direcciones de las flechas nos indican con cuáles de ambos grupos es posible determinar las zonas en los cortes.

caracterizado por el *Nummulites laevigatus* y por la misma *Alveolina boscii* y las mismas especies de *Fabularia*.

Ambos nummulites-guía, *Nummulites planulatus* y *N. laevigatus*, de la Cuenca de París, se manifiestan como especies muy neta y agudamente separadas la una de la otra, sin las muchas formas de transición con las que se encuentran asociadas en la región de Tetis (5).

Podemos aceptar, si partimos de lo expuesto por Douvillé y otros, que los foraminíferos grandes han migrado a la Cuenca de París con las transgresiones del Cuisense y del Luteciense. Ambos nummulites-guía del Cuisense y del Luteciense, presentes en la cuenca parisina, pertenecen a la misma serie evolutiva del *Nummulites planulatus-N. brongniarti*, que en el área de expansión mediterránea muestra una tendencia especialmente intensa a proseguir su desarrollo en una determinada dirección. ¿Por qué, sin embargo, han permanecido constantes en toda la fase marina de la Cuenca de París? Tenemos para ello dos posibilidades de explicación.

1.^a La duración de la fase marina de la Cuenca de París fue demasiado breve para que hubiese sido posible la prosecución de la evolución.

2.^a ¿Podría ser que se hubiera perdido, en la Cuenca de París, la tendencia a la prosecución de la evolución, en primer lugar para el *Nummulites planulatus* primero de los migrados, y de nuevo luego para el *N. laevigatus* de posterior entrada?

La segunda explicación es tan improbable que nos vemos forzados a aceptar la primera como correcta: la duración de la fase marina en la Cuenca de París fue tan breve durante el Cuisense, como también durante el Luteciense, que no tuvo consecuencia paleontológica, al menos por lo que a los foraminíferos grandes se refiere. Eso quiere decir que, entre las cortas fases marinas, transcurrieron intervalos de tiempo mucho más largos en los que no tuvo lugar deposición marina.

Retengamos, de lo dicho, los siguientes conceptos:

1. Cada piso comienza con una transgresión marina: Toda la fauna marina ha de ser considerada como migrada y no ha experimentado desarrollo en la localidad de sedimentación.

2. La fauna de toda la fase marina de cada piso se ha de considerar como de la misma edad desde el punto de vista geológico.

3. Existen grandes hiatos de tiempo entre las fases marinas de cada uno de los sucesivos pisos.

(5) Así se encuentra el típico *Nummulites planulatus* en el Cuisense de los Alpes (véase Schaub 1951), e igualmente en Aquitania (p. e., Gan) y en el N. de España (p. e., San Vicente de la Barquera), acompañado de una serie completa de formas de transición que conducen a las formas apilaradas de *N. aquitanicus* y *N. jacquoti* de la Harpe.

Partiendo de estos conceptos encuentran explicación los problemas de paralelismos y correlaciones con las series continuas: En una serie continua externa a la Cuenca de París sólo hay unas zonas relativamente estrechas que pueden ser correlacionadas en paralelismo con las participaciones marinas de los pisos de la Cuenca de París. ¿Dónde hay que trazar los límites? ¿Dónde encajan las zonas intercalares? ¿Es que resulta siquiera posible aplicar la distribución en pisos de la Cuenca de París a la clasificación de las series continuas? Para la definición de los límites inferiores de los pisos en las series continuas lo mejor es aplicar el mismo sistema que se definió en la cuenca parisense: la capa más baja de entre aquellas que contienen los fósiles considerados como guía en las capas de la Cuenca de París la consideramos también, en la zona de Tetis, como el límite inferior del piso en cuestión. De esta manera llegamos, también en la región de Tetis, a establecer delimitaciones inferiores relativamente claras para el Cuisense y el Luteciense (6). Para el establecimiento de las formas-guía no nos limitaremos a las escasas especies de la Cuenca de París. También consideraremos como características para el comienzo del tramo aquellas especies que en la región de Tetis se presentan como compañeras constantes de los fósiles guía de la Cuenca de París. Entre los nummulitidos no presentes en la Cuenca de París se han manifestado hasta ahora como especialmente apropiados —tras una definición más aguda de las especies —las assilinas y nummulites de la serie burdigalensis-perforatus, así como la de partschi-gizehensis. Consideraremos, por consiguiente, como típicas para el comienzo del Cuisense, aparte del *Nummulites planulatus*: *Assilina placentula* Desh., *Nummulites burdigalensis* D. L. H. y *N. partschi* D. L. H. Y como típicos para el Luteciense inferior además del *N. laevigatus*, también las faunas con *Assilina exponens* Sow. *N. cf. inkermansensis* Schaub, *N. benchamensis* D. L. H., y *N. aff. lorioli* D. L. H. Y lo mismo hacemos con las Alveolinas. Junto a las únicas presentes en el Cuisense de la Cuenca de París, *Alveolina oblonga* D'Orb y *Alv. schwageri* Ch.-R., consideramos, además, en la región mediterránea *Alveolina di-stefanoi* Ch.-R., *Alv. rütimeyeri* H. (7), *Alv. indicatrix* H. y *Alv. sicula* De Stefani como típicas del comienzo del Cuisense.

Junto a las *Alveolina boscii* Defr. y *Alv. cf. stipes* H. (8) presentes en

(6) Por consiguiente no podemos asociarnos a la opinión recientemente expresada por Mangin (1959) de que no podían definirse el Luteciense Inferior y el Cuisense Inferior en la Cuenca de París.

(7) La descripción de las especies nuevas se expone en el trabajo de HOTTINGER, 1960. *Recherches sur les Alveolines paléocènes et éocènes* («Mem. suisses de Paléontol.», vol. 75/76). En las especies nuevas acortamos el nombre del autor a Hottinger = H. abv.

(8) Mientras que la *Alv. boscii* sólo se había encontrado fuera de la Cuenca de París, hasta ahora, en el Luteciense de la región del Adour, la *Alv. stipes* designa como fósil guía, fácil de reconocer, el comienzo del Luteciense en Venecia.

el Luteciense de la cuenca parisina, encontramos en las regiones más meridionales, además, *Alv. frumentiformis* Schwager, *Alv. stercus-muris* Mayer-Eymar y *Alv. tenuis* H. como fósiles-guía característicos del Luteciense Inferior.

Como piso precedente al Cuisense podemos tomar aquél que contiene una porción especialmente esencial del desarrollo de las alveolinas, nummulites y assilinas, correspondiente al comienzo y primer despliegue de nummulites y assilinas y de las alveolinas del Terciario bajo. Este tramo corresponde, como lo muestran las prolongadas deposiciones en el Tetis, a un intervalo de tiempo bastante largo. Se puede subdividir con nitidez sobre la base de las faunas de foraminíferos grandes. No encontramos posibilidad de correlación o equivalencia con alguno de los tramos de la Cuenca de París. Solamente sabemos que se sitúa bajo el Cuisense. Yace, al parecer, entre el Cuisense y la fase marina del Montense. No tenemos, de momento, la posibilidad de comprobar si una parte —y en su caso cuál sea esa parte— de de aquél coincide, en el tiempo, con la fase marina del Landenense (9). Nos encontramos, por consiguiente, en una situación análoga a la que resulta de la comparación del Triás epicontinental (germánico) con el alpino, y nos vemos obligados a encontrar una solución parecida. Esta reside en que definamos como un piso especial el caso general de la constitución marina del Tetis. Escogemos para ello, como tipo, la serie, tan bien expuesta, de la Conca de Tresp, en la provincia de Lérida (N. de España) y lo designamos con la forma latina de Lérida-Ilerda, como Ilerdense. *El Ilerdense designa al Paleoceno Superior Mediterráneo.*

Nos enfrentamos con problemas análogos, como ocurrió a otros predecesores, al ocuparnos del límite superior del Luteciense. En este caso la laguna de tiempos existente entre la caliza basta con *Nummulites laevigatus* y el Ledense con *N. variolarius* abarca un intervalo durante el cual la serie del *N. laevigatus* evoluciona hasta las formas altamente diferenciadas y de fácil distinción del *N. brongniarti* y *N. puschi*. Los *Nummulites brongniarti* y *N. puschi* caracterizan, en extensas áreas de las cadenas alpinas y regiones marginales, una subdivisión autónoma del Eoceno, que ya antes fue designada como piso. En los Mantos Helvéticos es el denominado «Auversense» de las «pizaras de Pectinitas», de las «capas de Hohgant» o de los «estratos de Schimberg». En Italia es el «Auversiano» de Fabiani (1915), que fue bien definido por aquél en relación sobre todo con la localidad tipo del *Nummulites brongniarti* en Roncà. Este «Auversiano» no corresponde al Auversense de la Cuenca de París, o sea, a las Sables d'Auvers, cuyo paralelismo con respecto al Ledense fue establecido con toda razón por Abrard. El «Auver-

(9) Rehusamos, junto con Gignoux y otros autores franceses, el uso de los conceptos de facies Thanetense (facies marina) y Sparnacense (facies fluvial) como designaciones de pisos.

siano» de Fabiani encaja en el hueco existente entre la fase marina del Luteciense y la fase marina del Ledense. A él corresponde en el NO. de Francia una transgresión marina que comportó los *Nummulites brongniarti*, *Alveolina fusiformis* Sow. y *Alv. elongata* d'Orb. No llegó a alcanzar la Cuenca de París, sino que se detuvo más al Oeste. Es conocida en Campbon, en Bois-Gouët, cerca de la desembocadura del Loire y también en el Contentin. Reconocemos también la misma transgresión en otras localidades de Europa. Así, por ejemplo, en Biarritz, donde las capas con *Nummulites brongniarti* y *N. perforatus* (¡tipo!) transgreden sobre capas de diversas edades y constituyen en Peyreblanque la base del clásico corte del acantilado. Proponemos, por consiguiente, que se designe como Biarritzense a esta parte superior del Eoceno medio, que en la Cuenca de París (en sentido estricto) no corresponde a transgresión alguna, pero sí en las zonas contiguas por el Oeste, y se le considere como piso autónomo.

2. EL ILERDENSE

La investigación de los más viejos nummulites del Schlierenflysch (Schaub, 1951) de Egipto y Anatolia (en proceso de impresión), ha puesto de manifiesto que allí se presentan, con anterioridad a los nummulites y assilinas del Cuisense, formas que faltan en los clásicos tramos de la cuenca parisina. Pero es que faltan también en las faunas, mucho más ricas en individuos, de los yacimientos del Tetis cuyo paralelismo establecemos con respecto al Cuisense de la Cuenca de París, así por ejemplo, en Gan y Bos d'Arros (Basses Pyrénées), San Vicente (Asturias), Haimana (Anatolia), Oberer Schlierensandstein (Alpes Suizos), Monte Baldo, Monte Postale (Italia septentrional).

Pudimos apreciar, en las continuas series del Schlierenflysch, que algunos de estos nummulites hay que considerarlos como de transición preparatoria de los nummulites del Cuisense. Uno de nosotros designó en 1951 estos estratos como «Paleoceno con Nummulites» y como «Ypresense superior», mientras que señaló al Cuisense propiamente dicho como «Ypresense superior» (Schaub, 1951). El establecimiento del límite inferior del «Ypresense» se basó sobre una forma A, en la que pensamos reconocer el típico *Nummulites planulatus*, pero que sin embargo hoy debemos incluir aún entre los precursores de *N. planulatus* s. str. del Cuisense (*N. exilis involutus* Sch.). La asociación faunística típica del Cuisense sólo la encontramos un poquito más alta (cf. tabla 1 de Schaub, 1951: estrato núm. 7 del corte de Sörenberg; estrato S 605 del corte del Grossen Schliere). Está caracterizada por la aparición de los primeros nummulites apilarados y mediante *Assilina placentula*, así como *Alveolina oblonga* e igualmente por la extinción de las formas más viejas, paleocenas, del grupo Deserti (con *N. soerbergensis*), *N. soli-*

tarius, de las formas *Praecursor* y *Atacicus*, de las «*Nitidus*» (10) y *Exilis* y de las pequeñas assilinas con megalósferas muy chicas (*Assilina* cf. *nili*, *Ass.* cf. *pustulosa* y *Ass. leymeriei*). Este «Paleoceno con *Nummulites*», junto con la mitad inferior del «Yprense Inferior» es designado ahora por nosotros como *Ilerdense*. Además de estar caracterizado por las formas mencionadas, el *Ilerdense* del Schlierenflysch lo está también por la presencia de *Nummulites globulus* y mediante los pequeños precursores de las formas «*Irregularis*» (*N. «spileccensis»* y *N. «aff. bolcensis»*). El Schlierenflysch permite el establecimiento neto de la sucesión de los nummulites y assilinas del *Ilerdense* y del *Cuisense*, pero tiene, sin embargo, graves inconvenientes, que constituyen la razón por la cual no hemos elegido el Schlierenflysch como el tipo para el tramo de nueva definición. En primer lugar es de acceso relativamente difícil, la fauna es pobre en individuos y los grandes foraminíferos sólo se pueden separar de la dura arenisca mediante una técnica especial. En segundo lugar sólo contiene alveolinas clasificables en su tramo *cuisense*, e incluso allí sólo con la *Alveolina oblonga*, que es típica del *Cuisense*.

El *Ilerdense* de los antepaíses pirenaicos septentrional y meridional es, por el contrario, extraordinariamente rico en individuos, las manifestaciones son más fácilmente accesibles, los fósiles son de fácil obtención, y sus más importantes afloramientos han sido visitados por tantos geólogos y paleontólogos que podemos considerar la región como auténticamente clásica. Hay muchas colecciones que poseen abundante material procedente de esas localidades. Además de los nummulites y assilinas contiene el *Ilerdense* pirenaico abundantes niveles de alveolinas, los cuales permiten, en su totalidad, una neta subdivisión del *Ilerdense*. La subdivisión del *Ilerdense* mediante el empleo de Alveolinas es expuesta por uno de los autores en un trabajo de aparición simultánea (véase Hottinger, 1960 b).

El estudio de los nummulites y assilinas más viejos no está tan adelantado que permita, sobre su base, una subdivisión tan detallada de todo el *Ilerdense* como la que se logra mediante las alveolinas. De momento las que mejor conocemos son las bien divulgadas formas del *Ilerdense* Medio de Aquitania oriental. Es seguro que aún se encontrará, con el transcurso del tiempo, cantidad de formas nuevas características. Al decir esto pensamos también en las regiones mediterráneas situadas entre Dalmacia y los países que rodean por el Este al Mediterráneo (del Cáucaso a Egipto). De entre los nummulites hasta ahora definidos pertenecen a las partes bajas del *Ilerdense*:

Nummulites deserti D. L. H. y su próximo pariente *N. soerenbergensis* (= *N. subplanulatus soerenbergensis* Schaub, 1951).

(10) El *N. nitidus* del Paleoceno de Schaub, 1951, ha de ser objeto de nueva designación, como hemos podido deducir del hallazgo de buen material procedente de la localidad tipo del *N. nitidus*.

Nummulites solitarius D. L. H.
Nummulites pernotus Schaub.
Nummulites praecursor (D. L. H.) tipo y ssp. *alpinus* Schaub
Nummulites silvanus Schaub.
Nummulites sp. (*N. «nitidus»* en Schaub, 1951).
Nummulites fraasi D. L. H.
Nummulites «spileccensis» y *N. «aff. bolcensis»* en Schaub, 1951.
Nummulites exilis Douv.

En el *Ilerdense* alto encontramos (predominantemente en el medio):

Nummulites globulus Leym. s. str.
Nummulites pernotus Schaub.
Nummulites subramondi D. L. H.
Nummulites praecursor (D. L. H.).
Nummulites atacicus Leym. s. str.
Nummulites aff. *praelucasi* Douv.
Nummulites exilis Douv.
 Precursores del *N. planulatus* (formas intermedias *exilis-planulatus*).
 » » *N. pratti* y *distans*.
Nummulites coisensis d'Archiac (cf. H. Schaub, 1960).
Assilina nili D. L. H.
Assilina leymeriei d'Archiac & Haime s. str. (cf. H. Schaub, 1960, p. 447).
Assilina pustulosa Doncieux.
Assilina arenensis Almela.

Y otras especies de pequeñas assilinas.

El Ilerdense de la Cuenca de Tremp (provincia de Lérida)

La Cuenca de Tremp se alcanza con relativa facilidad mediante ferrocarril o carretera. La serie del Terciario Inferior marino queda expuesta lateralmente a lo largo de 10 kilómetros de afloramiento continuo. Los estratos margosos no quedan recubiertos ni por vegetación ni por grandes acarros y son aprovechables para estudios de detalle. La cartografía geológica a escala 1:50.000, llevada a cabo por Bataller y Masachs (Hoja de Isçona, número 290), constituye una base útil para estudios estratigráficos y faunísticos.

Misch (1934) descubrió ya la mezcla de dos tipos de facies dentro de las series marinas del Nummulítico de Tremp. En la zona meridional dominan los sedimentos calizos con faunas ricas en alveolinas y orbitolites, mientras que en la porción septentrional los sedimentos son más potentes y más margosos. Contienen, en forma preponderante, ricas faunas de nummu-

lites, assilinas y operculinas. Las faunas de equínidos extraordinariamente ricas de la porción meridional son relevadas en el Norte por margas con *Turritela*, que albergan una fauna de gasterópodos rica en especies.

Renunciamos a presentar por ahora una descripción detallada de la serie stratigráfica, que será dada por uno de nosotros simultáneamente con la descripción de las nuevas especies de alveolinas (Hottinger, 1960 a). Pero resumimos abreviadamente los datos más importantes. Sobre la base de las faunas de alveolinas, dividimos las series marinas en tres partes:

1) *Ilerdense Superior*.

Los bancos más altos portadores de alveolinas de las series marinas de Tremp se diferencian netamente por sus faunas de alveolinas de los que les suceden por debajo; sin embargo, las especies son de emparentamiento muy próximo y ligadas a las especies del *Ilerdense Medio* mediante formas de transición. Las faunas contienen las siguientes especies de la zona de *Trempina*.

Alveolina trempina H.
Alveolina parva H.
Alveolina aff. *rotundata* H.

2) *Ilerdense Medio*.

La parte principal de los estratos portadores de fósiles corresponde al *Ilerdense Medio*. Las faunas de alveolina son muy unitarias y contienen gran cantidad de especies. Son típicas del *Ilerdense Medio* de Tremp (zona de *Corbarica*) las siguientes:

Alveolina recondita H.
Alveolina bronneri H.
Alveolina ilerdensis H.
Alveolina leupoldi H.
Alveolina corbarica H.
Alveolina rotundata H.
Alveolina decipiens Schwager, rara.
Alveolina aragonensis H., rara.

Donde encontramos las ricas faunas de nummulites, assilinas y operculinas conocidas de los *Corbières* es en la parte septentrional de la *Conca de Tremp*, en las facies margoso-arenosa, son:

Nummulites atacicus Leymeriei, s. str.
Nummulites globulus Leymeriei, s. str.
Nummulites cf. *exilis* Douv.
Assilina leymeriei d'Arch. s. str.
Assilina cf. *arenensis* Almela.

3) *Ilerdense Inferior*.

Las partes más antiguas de la serie marina se caracterizan mediante faunas de alveolinas de parvo crecimiento, que son completamente distintas de las faunas del *Ilerdense Medio*. Junto a varias especies de orbitolites y la *Glomalveolina A. lepidula* de amplia repartición, caracterizan el comienzo del *Ilerdense* de la *Cuenca de Tremp* las siguientes especies (zona de *Cucumiformis*).

Alveolina cucumiformis H.
Alveolina avellana H.
Alveolina dolioliformis (Schwager).
Alveolina piper H.

Esta fauna nos muestra que existe en la *Cuenca de Tremp* una laguna stratigráfica situada entre el *Ilerdense Inferior* (zona de *Cucumiformis*) y el *Ilerdense Medio* (zona de *Corbárica*). No se reconoce tal hiato en los sedimentos de la *Conca de Tremp*, pero está puesto de manifiesto más al Este en los cortes de *Greixá-Brocá* y de *Figueras*, incluso desde el punto de vista sedimentológico, bajo la forma de capas menos potentes, rojas, muy ricas en detritus. La laguna stratigráfica de las series marinas de Tremp abarca exactamente los depósitos calizos, ricos en alveolinas, de la margen septentrional de *Aquitania oriental* (Cortes de *Minerve* y *Barroubio* en la *Montagne Noire*), cuyas faunas de alveolinas correspondientes a las zonas de *Ellipsoidalis* y *Moussolensis* representan los miembros intercalares ausentes.

La sucesión completa de faunas de alveolinas del *Ilerdense*, tal como resulta de la comparación entre todos los cortes importantes de los *Pirineos*, está representada en la lámina que acompaña a este trabajo (Hottinger, 1960 b).

En la prolongación occidental de los *Pirineos*, en la región cantábrica, describió *Mengaud* (1920) el *Nummulítico* de *San Vicente de la Barquera* y *Colombres* con la siguiente secuencia: 1) Caliza de alveolinas con nummulites; 2) Margas y calizas con profusas faunas de assilinas, nummulites y alveolinas; 3) Caliza de *Colombres*. Aunque insistiremos en otro lugar sobre estas faunas podemos adelantar, ya que las calizas de alveolinas basales (1) corresponden al *Ilerdense*, las faunas ricas en assilinas, nummulites y alveolinas (2) tienen edad *cuisense*, mientras que las calizas de *Colombres* (3) contiene la prolongación de la serie hasta el *Luteciense Superior*.

El Ilerdense del franco septentrional de los Pirineos

Todas las capas con nummulites que conocemos en la Aquitania oriental pertenecen al Ilerdense.

a) *Hautes Pyrénées.*

En el departamento de Hautes Pyrénées las típicas faunas de assilinas, nummulites y alveolinas del Cuisense de Gan, Bos d'Arros, etc., son relevadas por las faunas de nummulites, exclusivamente paleocenas, de Aquitania oriental. La primitiva «marguera» de Ossun todavía contiene una fauna cuisense con *Assilina placentula* y *Nummulites pustulosus*. En las calizas y margas de Bénac y Orignac hemos encontrado: *Alveolina cucumiformis*, *Alveolina avellana* H., *Discocyclina* cf. *seunesi* y, sobre todo, nummulites: *Nummulites* aff. *praecursor* (D. L. H.), *N.* cf. *rotularius praevius* Schaub, *N.* aff. *globulus*, *N.* aff. *pernotus* y *N.* aff. *exilis*. Faltan las assilinas. Junto a las alveolinas de la zona de Cucumiformis encontramos también nummulites de los que aparecen en las más viejas capas nummulíferas del Schlierenflysch, a los que se ha de considerar como los precursores de los nummulites del Ilerdense Medio. Son los más antiguos de entre los nummulites actualmente conocidos del antepaís pirenaico septentrional. Hemos de considerar las capas de Bénac y Orignac como el Ilerdense más bajo.

b) *Petites Pyrénées.*

Encontramos aquí los tránsitos del Paleoceno Medio (con las alveolinas del grupo Primaeva) hasta dentro del Ilerdense Inferior, registrados mediante varios niveles de alveolinas. El corte de Fabas contiene en su parte superior el nivel-tipo del *Nummulites exilis robustus* Schaub, con *N.* cf. *globulus*, *N.* cf. *soerenbergensis* Schaub, 1951, y *Assilina* aff. *leymeriei*.

En el corte de Aurignac, y sobre las calizas de alveolinas de la Grotte, transgreden margas arenosas con nummulites que se asemejan a los más antiguos nummulites paleocenos de Egipto (*Nummulites* cf. *globulus*, *N.* cf. *soerenbergensis*), y con pequeñas assilinas (*Assilina* cf. *pyrenaica* D. L. H., *Ass.* cf. *pustulosa* Denc.).

En el corte de Las Linques, al Oeste de Montbéraud, las margas amarillas, finamente arenosas, están en algunos sitios casi completamente integradas por formas A y B de *Assilina pustulosa* Doncieux (localidad tipo), junto a nummulites parecidos a los de Aurignac. Las faunas de assilinas y

nummulites de Fabas, Aurignac y Montbéraud se clasifican en el Ilerdense Inferior y Medio. Son más antiguas que las margas de Turritelas de los Corbières.

c) *Corbières* (véase Hottinger, 1960 b, fig. 3).

Nuestros puntos de hallazgo más importantes, dentro de las capas ricas en nummulites de los Corbières, yacen alrededor de Coustouge y de Couiza y muestran circunstancias parecidas a las del corte de Tremp: capas de alveolinas del Ilerdense Inferior con *Alveolina cucumiformis* sin nummulites, después un hiato que corresponde a las zonas de *Alv. ellipsoidalis* y *Alv. moussoulensis* y después los renombrados estratos nummulíticos ricos en fósiles («margas de Turritela») de la zona de la *Alveolina corbárica* (Ilerdense Medio). Este es el nivel-tipo de los nummulites del Ilerdense mejor conocidos hasta ahora, o sea, de los *Nummulites atacicus* Leymerie s. st. (en Doncieux, 1926), *N. globulus* Leymerie s. st., *N. exilis* Douvillé, *N. spirectypus* Doncieux, y, además, del *N. cuisensis* d'Archiac y de la *Assilina leymeriei* d'Archiac y Haime, 1853, s. str. (véase Schaub, 1960, pág. 443).

d) *Montagne Noire.*

En la exposición de la geología del Monte Cayla hecha por uno de nosotros (Hottinger, 1958) hubo de quedar sin resolver la cuestión del límite Paleoceno-Cuisense. La totalidad de los estratos con alveolinas y nummulites del Monte Cayla son más antiguos que el Cuisense y pertenecen al Ilerdense Inferior y Medio.

Las «calizas de ostras» con *Alveolina dolioliformis* representan la zona de Cucumiformis; las «margas de assilinas», la zona de *Alveolina ellipsoidalis*, con una especie de assilina que todavía está por describir, mientras que el conglomerado («conglomerado transgresivo») de la zona de la *Alveolina corbárica* pertenece, por consiguiente, a la parte superior del Ilerdense Medio. Procedente de esta zona conocemos, como en los Corbières, el típico *Nummulites atacicus* y la «*Assilina praespira*» ampliamente espiralada (véase Doncieux, 1926), que hemos de considerar, desde luego, como *Operculina*. Más raramente se encuentran también el *Nummulites exilis* y una assilina pequeña y ampliamente espiralada, la *Assilina* cf. *arenensis* Almela.

En el sector más occidental de la Montagne Noire, en el Minervois inmediatamente adyacente a la región de Cayla, y en la vecindad de Aragón, Moussoulens y Montoliu, al Oeste de Carcassonne, sobre la zona de *Alveolina ellipsoidalis* sigue también la zona de *Alv. moussoulensis* H. con *Nummulites* aff. *atacicus* (más pequeño que el tipo) y pequeños nummulites y assilinas.

Alpes Suizos

Demostró W. Leupold (1935, 1937 y 1938) que en los estratos de nummulites de Einsiedl no solamente estaba representado el Eoceno Medio, sino también, y sobre todo, el Eoceno Inferior y el Paleoceno. Y sin embargo, ni siquiera en los cortes más completos está representada la totalidad del Paleoceno. Sobre el Paleoceno Medio con *Discocyclus* cf. *seunesi* sigue el Cuisense transgresivo con *Nummulites «murchisoni»* y *Assilina placentula* («Calizas de Granulosa»). Por consiguiente, falta también allí el Ilerdense.

Por el contrario, está enteramente representado el Ilerdense en la serie comprensiva del Flysch de Schlier (Schlierenflysch) mencionada en la introducción, si bien sin alveolinas determinables. Es el intervalo que uno de nosotros designó como «arenisca media de Schlier» o «arenisca de Schoni» (H. Schaub, 1951). Se le atribuyó la edad, en 1951, de «Paleoceno con nummulites» e «Ypresense Inferior», mientras que la «arenisca superior de Schlier», que representa el Cuisense s. str. fue designada como «Ypresense Superior».

Nummulítico de Einsiedl según W. LEUPOLD 1932-1939		Schlierenflysch según H. SCHAUB 1951		Nueva Subdivisión
Designación paleontológico-litológica	Designación estratigráfica	Litológica	Estratigráfica	HOTTINGER Y SCHAUB 1960
Capas de Gallensis	Luteciense basal	(falta)		Luteciense Inferior
Masa principal (Kaufmanni-distans)	Cuisense=Ypresense Medio-Superior	Arenisca superior de Schlier	Ypresense Superior	Cuisense
Caliza de Granulosa Caliza de Murchisoni	Ypresense Inferior			
(falta)		Arenisca media de Schlier=Arenisca de Schoni	Ypresense Inferior	Ilerdense
Caliza de lithothamnios y arena verde con <i>Disc. seunesi</i>	Paleoceno	Arenisca inferior de Schlier Arenisca de Guber	Paleoceno con Nummulites	Paleoceno Medio
			Paleoceno sin Nummulites	Paleoceno inferior= =Danés
(falta)		Schlierenflysch basal	Danés	Maestrichtense
			Maestrichtense	

La nueva subdivisión de los estratos portadores de nummulites del flysch de Schlier durante el Ilerdense (= Paleoceno Superior) y Cuisense corresponde, no solamente a la subdivisión en arenisca de Schlier media y superior, basada en criterios litológicos, sino también a las diferencias faunísticas. El Ilerdense está caracterizado por la aparición de los nummulites y assilinas y por la primera etapa de su desarrollo. Así es como se originan las especies que conocemos del Ilerdense del antepaís pirenaico. El Cuisense, por el contrario, quedará muy bien caracterizado por la aparición de nummulites granulados en sus series evolutivas más importantes: *Nummulites partschi*, *burdigalensis*, *pustulosus*, *aquitanicus*, *vonderschmitti*, *jacquoti* y *buxtorfi*, así como por assilinas de talla media: *Assilina placentula* y *lavispira*. En el corte de Soerenberg el yacimiento núm. 7 (Schaub, 1951, págs. 61-64), tan rico en especies, queda situado en la zona de transición del Ilerdense al Cuisense.

En el cuadro que acompaña presentamos la nueva subdivisión estratigráfica, que acabamos de esbozar, de los dos afloramientos suizos más importantes del Paleoceno y del Eoceno Inferior.

Arni (1938) ha descrito otra fauna nummulítica del Ilerdense procedente de la serie comprensiva del flysch de Prätigau: el miembro más alto de esta serie, la arenisca de Ruchberg, contiene especies de nummulites que conocemos también en la arenisca de Schoni.

Italia septentrional (Vicentino y Venecia)

Como es bien sabido, Fabiani ha designado los estratos comprendidos entre el Cretáceo Superior y el «Luteziano» con el nombre de Spilecciano. Este criterio era entonces absolutamente correcto, puesto que Fabiani no había podido separar el Cuisense y el Paleoceno, ya que entonces no disponía de posibilidades de comparación. Hoy podemos reconocer que las faunas cuisenses fueron atribuidas por Fabiani (1915) en parte al «Luteziano Inf.» (Brusaferrri, Monte Postale, Bolca), en parte al Spilecciano (Ferrara di Monte Baldo). Las rojas margas de equinidos de Spilecco —o estratos típicos del «Spilecciano»— con *Discocyclus seunesi* y *Nummulites spileccensis* podrán ser de edad ilerdense.

Dalmacia

Conocemos muestras procedentes de la parte inferior de la «caliza principal de alveolinas» de la vecindad de Trieste que, según su contenido en nummulites y alveolinas, han de ser datadas como ilerdenses. Se esperan otros resultados, de gran interés para la estratigrafía del Nummulítico más antiguo, del estudio más detallado de esas series.

Anatolia

Uno de los cortes estratigráficos más bellos del Terciario bajo procede de Haimana en Anatolia Central, y lo conocemos gracias a información suministrada por L. Vonderschmitt y P. Lehner. La serie, muy bien expuesta, contiene abundantes horizontes fosilíferos con nummulites, assilinas y alveolinas, y muestra el tránsito del Ilerdense al Cuisense y al Luteciense Inferior. En un trabajo (en curso de impresión) acerca de las alveolinas (Hottinger, 1960 a) y en el trabajo de resumen acerca de los nummulites y assilinas del otro autor de este estudio, se representan también las faunas procedentes de este corte.

Egipto

De la Harpe (1883) describió nummulites paleocenos procedentes de Egipto y del Desierto de Libia (oasis de Farafrah) («Tramo Líbico I» con *Nummulites fraasi*, *deserti*, *solitarius*, *praecursor* y *subramondi* y *Assilina nili*). Los estratos con *N. praecursor* y *Assilina nili* corresponden, por lo que a edad se refiere, al Paleoceno Superior, al Ilerdense. Las alveolinas en lo más alto del corte de Farafrah muestran una edad correspondiente al Ilerdense Medio (véase Hottinger, 1960 b). No podemos, de momento, ni afirmar ni negar, sobre la base de los nummulites, si los estratos nummulíferos de Farafrah (con *N. fraasi*, *deserti* y *solitarius*) son más antiguos que el Ilerdense y alcanzan todavía al Paleoceno Medio («Montien» de Cuvilier, 1930). En el desierto Árabe (Gebel Telemet) hay una serie de calizas con alveolinas que transgrede sobre calizas del Cretáceo Superior; aquéllas son portadoras, en su parte inferior, de alveolinas del Paleoceno Medio y siguen encima alveolinas del Ilerdense Inferior y Medio, las cuales están cubiertas, en disposición transgresiva, por estratos conglomeráticos con alveolinas cuisenses.

Dominio del Geosinclinal Bético

Algunos hallazgos raros, pero de segura datación, de faunas de alveolinas procedentes de Sicilia y de puntos a lo largo de la costa mediterránea marroquí, parecen apuntar al hecho de que el Ilerdense esté también extendido por el dominio del geosinclinal bético. Cuáles sean las partes del Paleoceno (con nummulites y foraminíferos chicos) de los mantos del Pre-Rif (M. Rey, 1954) y de las unidades internas del Rif marroquí (P. Fallot, M. Durand-Delga y J. Magné, 1956) que pertenecen al Ilerdense, lo mostrarán

otras investigaciones actualmente en curso de ejecución. También parece estar representado el Ilerdense en el Sur de España (M. Durand-Delga y J. Magné, 1958, por ejemplo, corte de la figura 4, estratos 5 y 6, al S de Caravaca).

India anterior

Las margas de Nammal y otras porciones de las series de Laki contienen nummulites (*N. globulus ataticus*) pequeñas assilinas y alveolinas, que indican una edad ilderdense (11). Parecería que sólo las partes más altas de las series de Laki pertenecen al Cuisense. Quizá las partes más altas de la serie de Ranikot pertenecen también al Ilerdense (12); por consiguiente, habría de trazarse el límite inferior del Ilerdense dentro de la serie del Ranikot Superior. Pero, sin embargo, sería necesario revisar los grandes foraminíferos de la serie de Laki y compararlos, con mayor exactitud que lo que hasta ahora se ha hecho, con las especies europeas y mediterráneas.

Ahora queda otra tarea más, que es la de cubrir con otros fósiles este tramo y sus zonas. Sobre este tema entraremos brevemente en la cuarta parte de este trabajo.

Otras investigaciones deberán mostrar si se pueden usar algunas de las expresiones «Landenense» o «Montense» para el Paleoceno Medio, o bien si deberá introducirse también una nueva designación para ese intervalo en la región de Tetis, de modo que, por ejemplo las zonas de Globorotalia (13) pudieran ser ordenadas en pisos realmente definibles y bien paralelizados.

3. EL BIARRITZENSE

Con el «Biarritzense» no introducimos ningún piso «nuevo», sino que prolongamos un piso cuya justificación ha sido reconocida por la mayor parte de los estratígrafos que se han ocupado del Terciario bajo del Mediterráneo, con los más profundos conocedores de los Nummulíticos alpino e italiano, J. Boussac y R. Fabiani, al frente: nuestro «Biarritzense» corres-

(11) Los autores disponen de un bello material de comparación procedente de estas series del Pakistán, gracias a la amabilidad del Prof. W. Gill (Dublín).

(12) Esta idea de que la mayor parte de las series de Laki, quizá junto con la parte más alta del Ranikot Superior, pertenece al Ilerdense, viene fortalecida por la bella exposición conjunta de Y. Nagappa (1959).

(13) Según A. R. Loeblich y colaboradores (1957) la secuencia europea que comprende los pisos Danés-Thonetense-Sparnacense-Ypresense, tal como se establece en el artículo de A. R. Loeblich y H. Tappan como base para un paralelismo, se compone, hecho caso omiso del Danés, de pisos cuyos límites no están definidos fuera de la cuenca de París (s. l.).

ponde a lo que llamó Boussac «Auversense», en los Alpes, y al «Auversiano» de Fabiani (14). Pero a ello debemos añadir inmediatamente la siguiente limitación: lo que R. Fabiani designó en Italia septentrional «Auversiano» era, desde luego, el mismo tramo que Boussac denominó en los Alpes como «Auversien», pero no lo que el mismo Boussac vio como Auversense en Biarritz, ni tampoco era coetáneo con «las arenas de Auvers».

Como expone Boussac (1911), comienza el Nummulítico de Biarritz, en la base del acantilado de «Peyreblanque», con el conglomerado de transgresión, el cual pasa más arriba a las duras y claras calizas con nummulites de los cantiles. Esta caliza, y junto con ella el conglomerado de transgresión, fue colocada por Boussac (1911) en el Luteciense Superior. La misma roca fue también puesta de manifiesto en 1954, en la playa de enfrente, con gran claridad. Estaba tan meteorizada en algunos sitios que podían recogerse muy bellas faunas de nummulites sueltos. Se trata de ejemplares muy bien conservados de *Nummulites perforatus* De Montf., formas B y A (tipo), *Nummulites brongniarti* d'Archiac y Haime, formas B y A, y de formas estriadas, muy chicas, con apretada espiral y grueso cordón dorsal que se distinguen como *Nummulites* cf. *discorbinus*, es decir, la fauna de Roncà, Soave, etc. Sobre estas capas siguen, según Boussac y Douvillé, las rocas, expuestas en seco durante la marea baja, de Gourepe, calizas margosas grises, con *Nummulites «biarritzensis»*, los cuales han sido falsamente estimados como equivalentes, por muchos autores, del *Nummulites atacicus* del Paleoceno Superior (15). Después siguen sobre ellas las margas grises de «Villa Marbella», con sus ricas y magníficas faunas de discocyclinas, asterocyclinas, actinocyclinas y pequeños nummulites, las cuales se encuentran predominantemente en los bancos más calizos.

El hecho de que los fósiles citados en la literatura antigua, procedentes de Biarritz, así como su valor como guía estratigráfica hayan de ser estimados con gran precaución queda demostrado por los siguientes hechos:

1) En las recolecciones antiguas es indudable que nos encontramos ocasionalmente con designaciones inexactas, y cambiadas, de las localidades de origen. Así por ejemplo la colección de d'Archiac posee un ejemplar bellamente conservado de *Nummulites millecaput*, cuya localidad citada es «Biarritz». La roca en que encaja no se parece a la caliza dura y blanca de Peyreblanque, ni tampoco a la más blanda y amarillenta en la que recogimos las ricas faunas de *Nummulites perforatus* formas B y A, *N. brongniarti* formas B y A y *N. cf. discorbinus*, formas B y A. Es por el contrario idéntica

(14) Mencionemos, como trabajos nuevos de conjunto, los de J. Schweighauser sobre el Terciario bajo vicentinico (1953) y el de la Sra. M. Neumann a cerca de los orbitoididos de la Aquitania (1958).

(15) Volvemos a ocuparnos en otra ocasión, acerca de la cuestión, de los tipos de *N. biarritzensis* de d'Archiac.

a la caliza gredosa, zoógena, del Luteciense Medio de Arrimblar (Bastennes, Dept. Landes), localidad tipo de los *Nummulites millecaput*, *N. lorioli*, *N. crassus* y de la *Assilina spira planospira* Boubée y de grandes alveolinas. Por consiguiente parece probable que haya habido un cambio en la atribución de la localidad de origen. Mostraremos, en otra publicación posterior, que también en el caso de los «tipos» de *Nummulites biarritzensis* de la colección de d'Archiac se han mezclado, en la misma caja, ejemplares procedentes de distintas localidades y diferentes edades.

2) Es especialmente rico en afloramientos de buena calidad el acantilado de Handia. Es curioso que, aparte de nuestra propia y breve nota (Hottinger, Schaub y Vonderschmitt, 1956), ninguno de los autores que hasta ahora se han ocupado concienzudamente del corte de Biarritz, haya dado importancia alguna al hecho de que los afloramientos del acantilado de Handia muestren netas señales de re-trabajamiento. Las margas calizas grises con la fauna, evidentemente autóctona, de Villa Marbella (discocyclinas, actinocyclinas, asterocyclinas, *Nummulites «striatus»* auct.) contienen abundante material re-trabajado procedente de estratos mesozoicos, y terciarios bajos, más viejos, y, sobre todo, muchos nummulites re-sedimentados: *N. perforatus*, formas B y A del nivel de *Peyreblanque*. Junto a ellos hemos de considerar también como re-trabajados, eventualmente, las formas A de *N. perforatus* que han encontrado De la Harpe, Douvillé y Boussac en las faunas de Villa Marbella. También podrían ser procedentes de re-sedimentación los ejemplares de *Nummulites millecaput* que encontraron Douvillé y Boussac en Handia, procedentes de bloques en la playa situada frente a Peyreblanque, puesto que nosotros mismos hemos encontrado el típico *N. millecaput* junto con *N. brongniarti* en cortes no sujetos a trastornos de otro orden. También las citas de assilinas, hechas por autores más antiguos, han de ser consideradas con cautela. De todos modos no puede excluirse del todo el que en puntos aislados, bajo las calizas de Peyreblanque, junto con Cretáceo y margas paleocenas haya también retazos del Luteciense Medio, escapados a la erosión y arrastre, que hayan quedado cubiertos luego por los estratos transgresivos de Peyreblanque.

De estas consideraciones se deduce:

1. Hemos de considerar como Biarritzense seguro, con *Nummulites brongniarti*, *N. perforatus* tipo y *N. cf. discorbinus*, las capas de Peyreblanque.

2. También pertenecen al Biarritzense las calizas grises de Gourepe, aunque todavía queda por averiguar si el *Nummulites «biarritzensis»*, típico de estos estratos, se ha de considerar como *N. striatus* (como en De la Harpe, 1881) o como *N. beaumonti*, o bien si ha de recibir nueva designación. Pero desde luego no es correcta, con seguridad, la designación *N. atacicus* (Douvillé, 1905, y Boussac, 1911), lo que por otra parte sospechaba ya Douvillé (1919, pág. 41).

3. El que las capas de Villa Marbella con *Nummulites striatus* formas B y A y *Nummulites* sp. («*N. striatus*», según Boussac, 1911, Pl. IV, pág. 5) hayan de ser consideradas como Biarritzense Superior o bien atribuidas al Ledense, depende de que el *N. perforatus*, que se encuentra allí, haya de ser considerado autóctono, o bien como re-sedimentado. Es desde luego seguro que entre las calizas de Peyreblanque y las margas de Villa Marbella existe por lo menos un horizonte de transgresión.

Las faunas de nummulites y alveolinas del Biarritzense

El Biarritzense está delimitado, por debajo, por el Luteciense Superior con *Nummulites aturicus*, *N. meneghinii*, grandes *N. millecaput*, *N. carpenteri*, *Assilina exponens* tipo y grandes *Ass. spira*.

El Biarritzense mismo está caracterizado por la extinción de las assilinas y por los *Nummulites brongniarti*, *N. puschi*, *N. perforatus* (tipo), *N. beaumonti* y por la forma final de la serie gizehensis: *N. lyelli*. En el Biarritzense Superior se introducen los precursores del *N. fabianii* (sobre todo en Caaluña y en Colli Berici) y *N. striatus*. En la zona mediterránea meridional parecería alcanzar también el *Nummulites* cf. *vicaryi* dentro del Biarritzense. De entre las assilinas parecería que persista todavía, en los Alpes occidentales, una gran forma de *Ass. exponens* que haya alcanzado aún el Biarritzense Inferior más bajo. Entre las alveolinas las que aparecen con más frecuencia como fósiles guía del Biarritzense son los miembros finales del grupo gigantea, *Alveolina elongata* d'Orb, del grupo Munieri, *Alv. fragilis* H., y del grupo de las Alveolinas fusiformes, *Alv. fusiformis* Sow.

Con el final del Biarritzense se extingue el género *Alveolina* s. str. y queda relevado en el Ledense por pequeñas Neoalveolinas indiferenciadas. Igualmente se extinguen los grandes nummulites, mientras que prosigue el *N. striatus*. Aparecen como nuevos los *N. fabianii*, *N. garnieri* y pequeños nummulites radiados desprovistos de pilares (16).

Región del Adour

En nuestra comunicación acerca del Luteciense de la cuenca del Adour (Hottinger, Schaub y Vonderschmitt, 1956) designamos el Biarritzense como «Luteciense Superior». En el cuadro que sigue mostramos en qué forma

(16) Se ocupa actualmente de la cuestión del *N. garnieri* la Sra. E. Montanaro Gall'elli, mientras que R. Roveda dedica su atención a las formas radiadas del Eoceno Superior, razón por la que no extendemos más nuestras consideraciones acerca de estas formas, sino que esperamos las publicaciones de nuestros muy estimados colegas italianos.

varía, la introducción del Biarritzense, la división en tramos que dimos en 1956 (con inclusión del hecho de que algunas faunas del «Luteciense Inferior 1» han resultado ser del Cuisense Superior):

HOTTINGER, SCHAUB Y VONDERSCHMITT 1956	HOTTINGER Y SCHAUB 1960
Luteciense Superior con <i>Nummulites brongniarti</i> y <i>N. perforatus</i>	Biarritzense
Luteciense Medio 2, con <i>N. aturicus</i> y <i>Assilina exponens</i> tipo	Luteciense Superior
Luteciense Medio 1	Luteciense Medio
Luteciense Inferior 2	Luteciense Inferior
Luteciense Inferior 1	Cuisense Superior

Encontramos faunas biarritzenses típicas con *Nummulites brongniarti* en Peyrehorade, Cauneille, St. Barthelémy Kirchenhügel, Sorde l'Abbaye (Pas de Charlemagne, arriba) y en la Chalosse (caliza de la Grotte de Brassempouy).

Cataluña

En la margen meridional del Eoceno catalán (p. e., en Igualada) el Biarritzense marino transgrede sobre Cuisense-Luteciense de constitución continental. Contiene *Nummulites brongniarti*, *N. perforatus*, *N. cf. striatus*, precursores del *N. fabianii*, *Alveolina fragilis* y *Alveolina fusiformis* y está recubierto por Ledense conglomerático en facies terrestres y lagunares. Aquí se presenta el Biarritzense, de manera especialmente neta, como una fase autónoma dentro de la historia geológica.

Más datos acerca de la repartición del Biarritzense se encontrarán en el trabajo acerca de las alveolinas que está actualmente en impresión (Hottinger, 1960 a).

Costa atlántica

Como ya se ha mencionado, la transgresión del Biarritzense ha alcanzado, en la costa occidental francesa, la proximidad de las bocas del Loire (Bois Gouët) y el Contentin, comportando faunas con *Nummulites brongniarti*, orbitolites, y las alveolinas del Biarritzense.

Inglaterra

En Inglaterra meridional aparecen las alargadas alveolinas biarritzenses, *Alv. fusiformis* o *Alv. elongata*, juntas con *Nummulites variolarius* en las «capas superiores de Bracklesham». J. Boussac estableció, ya en 1907, la

equivalencia de estas capas con el Eoceno Medio del Contentin y de Basse-Loire, capas que todos de modos diferenció de las típicas arenas de Auvers (= Ledense). Incluso hoy no está del todo resuelto el problema del Eoceno Medio inglés. No son idénticos el *Nummulites laevigatus* inglés, de amplia espiral (= *Nummulites britannicus* Hantken) y el tipo francés de *N. laevigatus*. Existen igualmente determinadas variedades(?) de las alveolinas biarritzenses (Hottinger, 1960, pl. 14, figs. 4 y 10) *Alv. elongata* y, especialmente, *Alv. fusiformis* (= *Alv. boscii*, en Boussac 1907) desconocidas fuera de Inglaterra; pero van acompañadas de formas típicas. Aún no sabemos si las peculiaridades morfológicas de estos fósiles-guía ingleses tienen también importancia estratigráfica (17).

Venecia

También encontramos en Italia septentrional un neto Biarritzense muy fosilífero. Mencionaremos aquí solamente cuatro localidades típicas.

Roncà es la localidad tipo del *Nummulites brongniarti* (18).

Las canteras de Soave contienen *Nummulites brongniarti*, *N. perforatus* tipo y *N. cf. striatus*. Por encima aparece expuesto todavía un corte bastante potente que contiene hasta arriba *Nummulites brongniarti* junto a nummulites chicos. Todo el corte de Soave corresponde al Biarritzense.

En el clásico corte de Verona el Biarritzense aparece con una exposición especialmente buena. Encontramos allí, junto a *Nummulites brongniarti*, *N. perforatus*, *Alveolina fragilis* y *A. fusiformis* también grandes *N. lyelli* en hiladas sueltas. (Esta es por ahora la manifestación más Nordoccidental de estos nummulites biarritzenses, evidentemente extendidos hasta aquí desde Egipto).

En los *Colli Berici* encontramos (p. e., en Grancona y Mossano) cortes que nos muestran conexamente toda la transición del Luteciense al Biarritzense, y de éste al Eoceno Superior, con *N. fabianii* y muy abundantes faunas de discocyclinas. El Biarritzense está caracterizado aquí mediante grandes *Nummulites lyelli*, *N. perforatus* tipo, *N. brongniarti* y mediante precursores del *fabianii* («Luteciense Superior», Schweighauser 1953).

(17) Las alveolinas del Biarritzense de Inglaterra presentan además, con frecuencia, desarrollo muy intenso, y quedan reducidas a un pequeño núcleo de la concha, lo que condujo a Boussac y otros autores posteriores a confundirlas con la *Alv. boscii* de la cuenca parisina. Estas desarrolladas alveolinas están también, en parte, totalmente piritizadas. Queda, por consiguiente, por poner en claro si ha tenido lugar una re-sedimentación excepcionalmente intensa de esta concha, o un re-trabajamiento de estas faunas.

(18) Es grotesca la opinión de Szöts (1959) de que el *Nummulites brongniarti* de Roncà ha de ser colocado en el Eoceno Inferior. Además tampoco la fauna de Dudar (Hungría) con *N. laevigatus* pertenece al Eoceno Inferior.

Alpes

Una vez que quedó establecido por Abrard que las «arenas de Auvers» pertenecían al Ledense, se intentó también poco a poco dividir en los Alpes, en Luteciense Superior y Priabonense, las capas colocadas en el Auversense. Sin embargo, se mostró repetidamente cuán oportuna es la separación de un tramo situado entre el Luteciense y el Priabonense, puesto que, sobre todo, en los Mantos Helvéticos y en el manto autóctono del Massive, el Biarritzense corresponde a una unidad litológica autónoma, la cual se caracteriza también, paleontológicamente, en que contiene los últimos miembros de la serie evolutiva de los grandes nummulites, junto con formas que nos introducen en el Priabonense (*Nummulites striatus*, *N. variolaris*).

De especial referencia para los cortes en los Alpes es el gran trabajo de Boussac sobre el Nummulítico alpino (1917). Sin embargo, se manifiesta precisamente aquí con claridad la inconsecuencia consistente en que unas mismas faunas (*Nummulites brongniarti*, *N. perforatus*, *N. striatus*) se consideren unas veces como Luteciense Superior (Biarritz-Peyreblanque, La Mortola, Menton, Col de Braus, Cime de Bosc), otras como Auversense (véase pág. 95: «On peut donc être sûr que le Nummulitique débute ici par la zone de la Villa Marbella à Biarritz et de Roncà dans le Vicentin, c'est-à-dire par l'Auversien» (19)). La solución, bien clara precisamente para el caso del «Golfe auversien», estriba en que consideremos todas las capas que contienen *Nummulites brongniarti*, *N. perforatus* tipo y *N. striatus* (al que hay que añadir también *N. puschi* después de los nuevos hallazgos de Col de Braus y La Mortola) como el mismo piso perteneciente al Biarritzense. A él pertenecen todos los estratos que designó Boussac (1912) como Lutetien supérieur y como Auversien en sus cuadros p. 104/5, p. 154/5 y p. 292/3. Debemos mencionar aquí algunos puntos especiales:

El afloramiento de Cap La Mortola, alejado un kilómetro de la frontera franco-italiana, que avanza saliente en la costa de la Riviera y que se mantiene manifiesto merced al oleaje, contiene exactamente el límite Luteciense-Biarritzense. Allí se encuentran juntos a un gran y grueso nummulite, que está muy próximo al tipo de *N. perforatus*, y los *N. cf. brongniarti* y *N. cf. striatus*, también *Assilina exponens* de gran tamaño. Podrían resultar éstas las assilinas más modernas de entre las conocidas.

El yacimiento, igualmente clásico, de *Nummulites perforatus* y *N. puschi* de Col de Braus, contiene también *Orbitolites* sp. y ha de ser considerado como típico Biarritzense.

(19) Establece Boussac paralelismo, en este caso, entre Roncà y Villa Marbella, en vez de hacerlo con Peyreblanque, lo que resultaría más correcto de acuerdo con la fauna.

Describe Boussac, procedente de Châtelard en Savoya, la única caliza de nummulites de él conocida en los Alpes (Grès glauconnieux), que además de contener los grandes nummulites del Biarritzense, presenta también grandes alveolinas (*Alv. larva* = *Alv. elongata*).

Alpes Suizos

El Biarritzense se distingue, en los Mantos Helvéticos de los Alpes Suizos, mediante un paquete de estratos que destaca netamente por lo general, tanto del Luteciense (en facies de calizas con nummulites y arenas verdes con assilinas) como del Priabonense (bajo forma de margas de globigerinas, «Stadschiefer» con calizas de lithothamnios intercaladas): son las margas finamente arenosas, que se conocen como margas de pectinites, Hohgant-schiefer, Schimbergschiefer; y las areniscas, por lo general de grano bastante fino, ricas en cuarzo, que también se conocen como Hohgantsandstein. La delimitación exacta de la subdivisión, y la determinación de edad ha sido intentada (con exclusión del concepto «Auversense») por J. Schumacher (1948) en el corte clásico del Klimeshorns en el Pilatus, apoyándose en los nummulites; sin embargo se trabaja ahora en estos problemas atacándolos desde otros puntos de vista. Por consiguiente nos vamos a limitar a la sola mención del yacimiento más conocido de entre los que contienen grandes nummulites del Auversense en los Mantos Helvéticos.

Los lechos de Schimbergschiefer de Ober Lohegg en Schimberg (Cadena Marginal Alpina, cantón de Lucerna), que han sido descritos, con sus intercalaciones ricas en fósiles, por Kaufmann, Boussac y, finalmente, con gran detalle, por H. Mollet (1921).

Sobre las «calizas de Complanata» (Luteciense con *Nummulites millecaput*) de Schimberg se encuentran:

4. Margas pizarreñas de globigerinas.
3. Margas pizarreñas de Schimberg, con horizontes de conglomerados en la parte alta.
2. Arenisca de Hohgant.
1. Margas pizarreñas de pectinites (Hohgant-schiefer).

Boussac (1912) considera las margas de pectinites todavía como lutecienses porque, al parecer, contienen *Nummulites millecaput*. Pero Mollet muestra después que esta interpretación descansa en el hecho de que a Boussac le había pasado inadvertido un trastorno tectónico: en las capas de pectinites ya no se presenta más el *Nummulites millecaput*. Más cierto es que las margas de Hohgant, así como la arenisca del mismo nombre, pertenecen al Biarritzense. Son sobre todo interesantes las margas de Schimberg, puesto que, contrariamente a lo que ocurre con las margas y areniscas de Hohgant,

comportan también grandes nummulites, junto con algunos componentes procedentes del Cretáceo. Cita allí Mollet: *Nummulites brongniarti*, *N. perforatus* y *N. striatus*, junto a discocyclinas, asterocyclinas, y actinocyclinas, y unas 160 especies de microfósiles (sobre todo moluscos y corales). Considera Mollet este horizonte como Auversense Superior. Si los nummulites no están re-trabajados (y no hay razón para pensar que lo estén, puesto que no conocemos roca alguna en la serie de estratos helvéticos de la que pudieran proceder esos fósiles) tenemos que establecer paralelismo entre las margas apizarradas de Schimberg y los estratos de Peyreblanque, Roncà, etcétera; por consiguiente se han de considerar como típico biarritzense. En el horizonte de conglomerados que sigue por encima encontró Mollet *Nummulites perforatus* y *N. millecaput* con claras huellas de haber sido re-sedimentados, junto a componentes procedentes de otras rocas de la serie helvética, desde el Cretáceo hasta la arenisca de Hohgant. Mollet hace comenzar el Priabonense con el conglomerado superior, porque encuentra, entre los microfósiles, muchos que son característicos del Priabonense, y porque entre los bancos de conglomerados hay insertas margas de la facies de globigerinas.

Por consiguiente, estos afloramientos muestran también que la serie pétreo: margas pizarreñas de pectinites —areniscas de Hohgant—, margas pizarreñas Schimberg pertenece al Biarritzense, y que el Priabonense comienza allí con un horizonte conglomerático de re-trabajamiento.

Cárpatos y Transilvania

Sin que nos ocupemos aquí con detalle de la estratigrafía eocena de la prolongación oriental de los Alpes (cuyos nummulites fueron estudiados por F. Bieda de Cracovia y Gh. Bombita de Bucarest) querríamos, sin embargo, describir dos localidades clásicas del Biarritzense, aunque sólo sea porque se han convertido en localidades tipo de importantes especies de nummulites.

1. Zakopane.

El tipo de *Nummulites puschi* d'Archiac y Haime 1853, procede de una caliza oscura cuya fractura se verifica en forma preferente a lo ancho de los planos ecuatoriales de los nummulites. Bieda (1933) volvió a encontrar estos lechos y, procedente de los mismos, describió también la forma A correspondiente a la forma B descrita por d'Archiac.

Todavía se conserva, en la colección de d'Archiac, el material tipo, consistente en dos fragmentos de roca. Uno de ellos se considera como tipo de *N. puschi*, y muestra varias espirales de formas B (una de las cuales fue

figurada como lectotipo), así como también de formas A del *N. puschi*. Además se encuentran también espirales, y fragmentos de concha, claramente reconocibles, de *Nummulites perforatus* formas B y A. La segunda muestra de la misma roca está adherida a un cartón con la designación *Nummulites brongniarti*. Allí encontramos junto a espirales netas de *N. brongniarti* también *N. puschi* y *N. perforatus*.

Esta roca nos muestra igualmente, por consiguiente, la típica asociación de los grandes nummulites biarritzenses.

2. Klausenburg (Cluj, Siebenbürgen, Rumania).

Uno de nosotros debe a la amabilidad del Sr. F. Bachmayer de Viena, y del Sr. Bombita de Bucarest, la posesión de material de la localidad tipo del *Nummulites perforatus*. En parte, al menos, está excelentemente conservado, lo que nos permite distinguir el típico *Nummulites perforatus* de sus precursores y formas paralelas, con que ha sido reunido por la mayor parte de los autores, y utilizarlo de este modo como un buen fósil guía para el Biarritzense. Según los datos de Bombita (1957) se encuentra también, en Cluj, acompañado de los *Nummulites brongniarti* y *N. striatus*. Es interesante hacer notar que estas capas yacen transgresivas sobre lechos mesozoicos. También se puede establecer la existencia de tal transgresión biarritzense en amplias regiones de Hungría, transgresión que podemos considerar paralela a la de Biarritz y regiones al N. y O. de la cuenca parisina.

Caúcaso

Renngarten describió, en 1931, una fauna de nummulites procedentes de Georgia que atribuyó al «Luteciense Superior o Auversense» y que contiene el tipo del *Nummulites praefabianii* Menner y Varentsov, 1933. Esta especie, que debe ser considerada como precursora del *N. fabianii*, nummulites guía del Priabonense, se manifiesta, también en otras localidades (Italia septentrional, España septentrional y Africa septentrional), como buen fósil guía del Biarritzense.

Egipto

Una parte esencial de los estratos de Makkattam podría ser que perteneciesen al Biarritzense. Este piso también está caracterizado por nummulites en Egipto y en el Desierto de Libia, pero, en parte, mediante otras especies distintas de las de Europa. Junto al *Nummulites lyelli* (también presente en Italia) y que constituye el gran miembro final de la serie evolu-

tiva de la serie gizehensis y de *N. cf. praefabianii*, hay sobre todo formas del grupo *Striatus-discorbinus* sólo parcialmente conocidas en Europa: *Nummulites striatus*, *N. beaumonti*, *N. vicaryi*, *N. discorbinus* (20).

Estas especies constituyen la conexión con el Biarritzense de Somalia e Italia. Pero la extensión estratigráfica de estas especies debe ser examinada de nuevo en conexión con la revisión conjunta de los nummulites occidentales

Somalia

Sobre la base de la exposición hecha por Azzaroli (1950) de las faunas de nummulites de la serie de Carcar en Somalia podemos admitir que la parte superior de su Carcar II y el Carcar III representan el Biarritzense (que Azzaroli designa como Luteciense Superior). Está caracterizado por *Nummulites bullatus*, *N. somaliensis*, *N. discorbinus libycus*, *N. beaumonti* y *N. striatus*.

Ante India

Podemos apreciar claramente, en el trabajo de Nagappa (1959) y sobre todo en sus tablas (tablas 2 y 3) de la página 173, que la delimitación entre Eoceno Medio y Superior resulta muy vaga. Sospechamos que el límite del Eoceno Medio yace mucho más alto que lo que supone Nagappa y que la mayor parte del Khirthar Superior, que Nagappa incluye en el Eoceno Superior, es de edad Biarritzense, con *Nummulites pengaronensis*, *N. beaumonti*, *N. stamineus*, *N. obtusus* var. y *N. yawensis*.

Pero aquí se plantea una cuestión, que también surge con el Cuisense y el Luteciense Inferior, que es la de cuál sea la medida en que intervienen hiatos, realmente esenciales, dentro de los cortes que han servido de base a la síntesis. Así, es que nos preguntamos si no faltará una parte considerable del auténtico Eoceno Superior.

4. DIVISIÓN DEL TERCIARIO BAJO SIN NUMMULITES, ASSILINAS Y ALVEOLINAS

Se impone ahora la tarea de cubrir, con otros tipos de fósiles, la distribución en pisos que acabamos de reseñar y sobre todo los pisos recién introducidos. Esperamos, sobre todo, poder incluir otros grupos de foraminíferos. Pero de momento faltan todavía los fundamentos paleontológicos capaces de sustentar un concepto tan estrecho de las especies, que las hagan aptas para una estratigrafía de detalle.

(20) La facies de los estratos de Makkattam, junto con su fauna, se prolonga con notable monotonía a todo lo largo de la margen septentrional de Africa hasta la costa del Océano Atlántico. Aparece ligada al problema, todavía sin solución, de los fosfatos nord-africanos y su génesis.

Foraminíferos grandes

En el Paleoceno Medio de los Pirineos acompañan al fósil guía, *Alveolina primaeva*, una típica Meandropsida, todavía por describir (Hottinger, 1960 b, lám. I, fig. b) y un género de dictyoconidos igualmente típico (*Fallotella*). Igualmente parecen presentarse en este tramo determinadas especies de *Miscelánea* y *Operculina*.

El Ilerdense está también caracterizado por una determinada cantidad de especies de operculinas. Doncieux (1926) da algunas figuras de buena calidad. Pero será preciso contrastarlas antes con auténticas operculinas del Cuisense y del Luteciense, y definir las con mayor exactitud.

El Ilerdense, el Luteciense y el Biarritzense pueden ser caracterizados mediante especies, que se han de describir como nuevas, del género *Fabularia*.

Todavía sabemos muy poca cosa acerca de la distribución estratigráfica de las especies de operculinas y heterosteginas del Eoceno Medio y Superior, pero hay que suponer que también en estos géneros se han de encontrar fósiles útiles como guía.

El género *Orbitolites* parece haber suministrado también especies guía. Acerca de ello informará en breve R. Lehman.

Las nuevas monografías acerca de los Orbitoididos de J. Schweighauser (1953) y M. Neumann (1958) padecen por el hecho de que fueron claramente tomadas en consideración regiones relativamente limitadas. Las series del Vicentino y de la Aquitania occidental ofrecen, tanto la una como la otra, tantas discontinuidades que los autores no pudieron practicar, para determinadas partes del Terciario bajo, sino una subdivisión relativamente basta. También en este dominio han de practicar más amplias investigaciones que pongan en claro cómo pueden armonizarse los datos de ambos autores (en parte contradictorios), y cómo podría establecerse el paralelismo con una estratigrafía unitaria de las disocyclinas y con la división que de ello resulte.

Foraminíferos chicos

La presencia de determinados grupos de foraminíferos chicos bentónicos resulta tan dependiente de los factores de facies, que estos microfósiles han ofrecido hasta ahora escaso atractivo para la investigación sistemática de grupos aislados. Pero es sin duda posible, y necesario, encontrar en el Terciario grupos de foraminíferos bentónicos que resulten apropiados igualmente para una estratigrafía detallada, como es el caso con determinados grupos del Cretáceo (*Bolivinoidea*, *Neoflabellina*, etc.). Así es que se ofre-

ce como perentoriamente necesaria una revisión de los géneros afines al *Rotalia*, de las *Bolivinas*, *Uvigerinas* y al grupo de las *Almaena*.

Pero esperamos, sobre todo, poder caracterizar los tramos mediterráneos del Eoceno y del Paleoceno mediante faunas de foraminíferos plantónicos. Contiene buenos fundamentos paleontológicos para ello el trabajo de reciente aparición, cuyos autores son A. R. Loeblich, H. Tappan, J. P. Beckmann, H. M. Bolli, E. Montanaro Gallitelli y J. C. Troelsen (1957). Pero a los estudios allí contenidos es preciso hacer alguna observación de índole fundamental:

1) Los foraminíferos pelágicos de pequeñas dimensiones son fósiles guía de gran valor por su aparición en masa y por la variabilidad de sus facies. Pero, en comparación con los foraminíferos grandes, poseen una morfología relativamente sencilla, cuyas posibilidades de desarrollo (aumento de tamaño, desarrollo de elementos adicionales complicados, ornamentos) en el transcurso de la evolución, como consecuencia de las circunstancias de vida pelágica, son de limitado alcance. Además las investigaciones filogenéticas quedan muy dificultadas por las frecuentes manifestaciones de convergencia. Por eso es por lo que la tan discutida división de los foraminíferos pelágicos en abundantes géneros es sin duda artificiosa, y no corresponde, en absoluto, a las series filogenéticas, las cuales se pueden reconocer en cierta medida (véase J. Hofker, 1959).

2) Los foraminíferos pelágicos se encuentran retrabajados con mucha más frecuencia que los foraminíferos grandes. Ello puede tener su razón, por un lado en la considerable diferencia en peso y tamaño de las conchas, por otro en la mayor repartición de las faunas pelágicas dentro de sedimentos arcillosos y margosos de más fácil resolución. Esto es de aplicación, sobre todo, para las regiones con sedimentación relativamente más tranquila y próxima a la costa.

3) A pesar de las mencionadas dificultades A. R. Loeblich y H. Tappan (1957, p. 173) han conseguido dividir los sedimentos paleocenos y del Eoceno Superior de la costa atlántica de América del Norte mediante faunas pelágicas, y han podido establecer una sucesión de faunas unitarias en regiones sedimentarias independientes entre sí. Esta sucesión faunística ha sido cubierta mediante nombres de pisos europeos (fig. 28, p. 177). Es lástima que, con excepción del Danés, estos pisos no hayan sido comparados con sus localidades tipo europeas. Sus separaciones han sido trazadas en América, allí donde aparecen grandes variaciones faunísticas, sin profundizar más en esta dificultad.

4) En el mismo trabajo ha dividido H. Bolli la secuencia faunística de Trinidad en una sucesión de zonas esencialmente más apretada. Nos preguntamos si todas esas zonas conservan su valor también fuera de América Central.

Un primer paso para el establecimiento de la correlación de los resulta-

dos estratigráficos según las paleontologías de los foraminíferos grandes y los chicos lo debemos a J. P. Beckmann (1958). Este autor da la repartición estratigráfica de los grandes foraminíferos, individualmente considerados, en relación con las biozonas de las especies pelágicas de foraminíferos de Cuba. Pero todavía no resulta posible el establecimiento de la comparación directa con las faunas europeas del Terciario Bajo.

Moluscos

J. Boussac (1912), en su trabajo acerca de la evolución de los cerithios ha mostrado el camino para una renovación de la agrupación de tipos de las ricas faunas de moluscos del Terciario bajo. Desgraciadamente nadie le ha seguido, que sepamos, en ese camino. Actualmente, cuando consideramos que merced a los grandes foraminíferos podemos datar con seguridad una gran parte de las faunas de moluscos repartidas en yacimientos aislados, se impone la necesidad de una revisión de aquéllos. Especialmente apropiados para esa clase de objetivos parecen las Turrítelas, a menudo de buena conservación y de yacimientos profusísimos. Así es que hay lugar a escasa duda de que, por ejemplo, las Turrítelas *T. figolina* Carez y *T. trempina* Carez son, junto a otras especies, típicas del Ilerdense (al menos en los Pirineos).

Debemos mencionar, en relación con todo esto, que el establecimiento de edad de la fauna de moluscos de Gan, tan cuidadosamente estudiada (al Sur de Pau, por O'Gorman y Cossamann, 1923) ha resultado confirmada por la estratigrafía de grandes foraminíferos. La comparación de esta fauna de moluscos con la del Cuisense de la Cuenca de París permite un valioso control.

Recibido el 20-I-1961.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRARD, R., & FABRE, A. (1944): *Observations sur la Faune de Foraminifères de l'Eocène moyen du Bas-Adour*. «Bull. Soc. géol. France» (5), 14.
- ALMELA, A. (1949): *La fauna del Eoceno inferior de Arén (Huesca)*. NOTAS Y COM. INST. GEOL. MIN. ESPAÑA, 19.
- D'ARCHIAC, A., & HAIME, J. (1853): *Monographie des Nummulites*. Paris.
- D'ARCHIAC, A. (1866): *Faune tertiaire inférieure*. En: DE TCHIHATCHEFF, P.: *Asie mineure*.
- ARNI, P. (1939): *Über die Nummuliten und die Gliederung des Untereocaens*. «Eclogae geol. Helv.» 32.
- AZZAROLI, A. (1950): *I macroforaminiferi della serie del Carcar in Somalia (Eocene medio e superiore) e la loro distribuzione stratigrafica*. «Palaeontogr. Ital.» 47 (N. S. 27).
- BECKMANN, J.-P. (1954): *Die Foraminiferen der Oceanic Formation (Eocæn-Oligocæn) von Barbados, Kl. Antillen*. «Eclogae geol. Helv.» 46.
- (1958): *Correlation of pelagic and reefal faunas from the Eocene and Paleocene of Cuba*. «Eclogae geol. Helv.» 51.
- BIEDA, F. (1933): *Sur quelques Nummulines et Assilines d'Espagne*. «Géol. Pays Cat.» 3, pt. III.

- BIEDA, F. (1938): *L'espèce Nummulina puschi d'Archiac*. «Serv. Géol. Pologne», 3.
- BOMBITA, GH. (1957): *Semifaciatia stratigrafica a citorva specii de Numuliti d.n Transilvania*. «Comun. Acad.» 7.
- BOUSSAC, J. (1907): *Observation sur la Faune des couches supérieures de Bracklesham à Nummulites variolaris*. «Ann. Soc. géol. du Nord», 36.
- (1911): *Etudes stratigraphiques et paléontologiques sur le Nummulitique de Biarritz*. «Ann. Hébert. Strat. Pal. Lab. Géol. Paris», 5.
- (1912 a): *Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin*. «Mém. carte géol. France».
- (1912 b): *Essai sur l'évolution des Cérithidés dans le Mésonummulitique du Bassin de Paris*. «Ann. Hébert» 6.
- BURGER, J. J., CUVILLIER, J., & SCHOEFLER, J. (1945): *Stratigraphie du Nummulitique de la Chalosse de Montfort*. «Bull. Soc. géol. France» (5), 15.
- BUXTORF, R. (1930): *Géologie du front septentrional des Pyrénées au nord de St. Giron (Ariège)*. «Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse» 59.
- CADISCH, J. (1953): *Geologie der Schweizer Alpen*. Basel.
- CUVILLIER, J. (1930): *Révision du Nummulitique égyptien*. «Mém. Inst. Egypte» 16.
- DAGUIN, F. (1948): *L'Aquitaine Occidentale*. Paris.
- DAVIES, L. M. (1927): *The Ranikot Beds at Thal (North-West Frontier Provinces of India)*. «Quart. J. geol. Soc. London», 83.
- (1940): *The Upper Kirthar Beds of North-West India*. «Quart. J. geol. Soc. London» 96, pt. 2.
- DONCIEUX, L. (1903): *Monographie géologique et paléontologique des Corbières orientales*. «Ann. Univ. Lyon» (1), 11.
- (1935): *Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault*. 1^{re} partie: Montagne Noire et Minervois. «Ann. Univ. Lyon» [n. S.] 1, 17.
- (1926): *Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'Hérault*. 2^e partie: Corbières septentrionales. «Ann. Univ. Lyon» [n. S.] 1, 45.
- DOUVILLÉ, H. (1905): *Le terrain nummulitique du bassin de l'Adour*. «Bull. Soc. géol. France» (4), 5.
- (1919): *L'Eocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées*. «Mém. carte géol. France».
- DURAND-DELGA, M., & MAGNÉ, J. (1958): *Données stratigraphiques et micropaléontologiques sur le Nummulitique de l'est des Cordillères bétiques (Espagne)*. «Rev. Micropal.» 1.
- FABIANI, R. (1915): *Il Paleogene veneto*. «Mém. Ist. géol. Univ. Padova» 3.
- FALLOT, P., DURAND-DELGA, M., & MAGNE, J. (1956): *Présence de l'Eocène inférieur dans le Rif septentrional (Maroc)*. «C. R. Acad. Sci. Paris», 243.
- FLANDRIN, J. (1938): *Contribution à l'étude paléontologique du Nummulitique algérien*. «Mat. carte géol. Algérie», 8.
- GIGNOUX, M. (1950): *Géologie stratigraphique*. Paris.
- GILL, W. D. (1953): *Facies and Fauna in the Bhud'ar Beds of the Punjab Salt Range Pakistan*. «Jour. Pal.» 27, 6.
- (1953): *The Genus Assilina in the Laki Series (Lower Eocene) of the Kohat-Potwar Basin Northwest Pakistan*. «Contr. Cushman Found. Foramin. Res.» 4, pt. 2.
- GÓMEZ LLUECA, F. (1929): *Los numulitidos de España*. «Mem. Mus. Nac. Ci. nat. Madrid» 36.
- O'GORMAN, M., & COSSMANN, M. (1923): *Le gisement cuisien de Gan*. «Monogr. Pau».
- HAGN, H. (1955): *Fazies und Mikrofauna der Gesteine der Bayrischen Alpen*. Leiden.
- DE LA HARPE, PH. (1879): *Les Nummulites du Comté de Nice, leurs espèces et leur distribution stratigraphique, et échelle des Nummulites*. «Bull. Soc. vaud. Sci. nat.» 16.
- (1881): *Description des Nummulites appartenant à la zone inférieure des Falaises de Biarritz des environs de la Villa Bruce jusqu'à Handia*. «Bull. Soc. Borda» 6.
- (1883 a): *Monographie der in Agypten und der libyschen Wüste vorkommenden Nummuliten*. «Paläontogr.», Cassel 30.

- DE LA HARPE, P. H. (1883 b): *Etudes des Nummulites de la Suisse et révision des espèces éocènes des genres, Nummulites et Assilina*. «Schweiz. pal. Abh.» 10, 1881-1883.
- HEIM, A. (1908): *Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen*. Schweiz. pal. Abh.» 35.
- HOTTINGER, L. (1958): *Géologie du Mt. Cayla (Aude, Aquitaine orientale)*. «Eclogae geol. Helv.» 51.
- (1960 a): *Recherches sur les Alvéolines paléocènes et éocènes*. «Mém. suisses de Pal.» 75/76, im Druck.
- (1960 b): *Über paleocaene und eocaene Alveolinen*. «Eclogae geol. Helv.» 53.
- HOTTINGER, L., SCHAUB, H., & VONDERSCHMITT, L. (1956): *Zum Stratigraphie des Lutétien im Adour-Becken*. «Eclogae geol. Helv.» 49.
- JEANNET, A., LEUPOLD, W., & BUCK, D. (1935): *Stratigraphische Profile des Nummulitikums von Einsiedeln-Iberg*. «Ber. Schwyz. nat. Ges.» 1932/1935.
- LANTERNO, E., & ROVEDA, V. (1957): *Sur les couples de Nummulites N. incrassatus (B), N. ramondiformis (A) et N. vascus (B), N. boucheri (A)*. «Arch. Sci.» 10.
- LEUPOLD, W. (1937): *Zur Stratigraphie der Flyschbildungen zwischen Linth und Rhein*. «Eclogae geol. Helv.» 30.
- (1938): *Die Flyschregion von Ragaz*. Bericht über die Exkursion der S. G. G. 1938. «Eclogae geol. Helv.» 31.
- LOEBLICH, A. R., TAPPAN, H., BECKMANN, J.-P., BOLLI, H. M., MONTANARO GALLITELLI, E., & TROELSEN, J. C. (1919): *Studies in Foraminifera*. «Unit. Stat. Nat. Mus. Bull.» 215.
- MANGIN, J.-P. (1958): *Le Nummulitique sud-pyrénéen à l'ouest de l'Aragon*. «Thèse Fac. Sci. Dijon».
- (1959): *Données nouvelles sur le Nummulitique pyrénéen*. «Bull. Soc. géol. France» (7), 1.
- MENGAUD, L. (1920): *Recherches géologiques dans la région cantabrique*. Thèse. Fac. des Sciences, Univ. Paris, Toulouse.
- MISCH, P. (1934): *Bau der mittleren Südpirenen*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen», 3. F. 8-13, 1933-34, Nr. 13.
- MOLLET, H. (1921): *Stratigraphie der Schafmatt-Schimbergkette und ihrer Umgebung (Kt. Luzern)*. «Beitr. geol.» Karte Schweiz [n. F.] 47.
- NAGAPP, Y. (1959): *Foraminiferal biostratigraphy of the Cretaceous Eocene succession in the India-Pakistan-Burma region*. Micropal. 5.
- NEUMANN, M. (1958): *Révision des Orbitoididés du Crétacé et de l'Eocène en Aquitaine occidentale*. «Mém. Soc. géol. France» [n. S.] 37.
- NUTTALL, W. L. F. (1926): *The zonal distribution and description of the larger foraminifera of the Middle and Lower Kirthar series (Middle Eocene) of parts of Western India*. «Rec. India geol. Surv.» Calcutta, 59.
- NUTTALL, W. L. F., & BRIGHTON, A. G. (1931): *Larger foraminifera from the Tertiary of Somaliland*. «Geol. Mag.» London 68.
- PAPP, A. (1959): *Tertiär I. Teil. Grundzüge regionaler Stratigraphie*. «Handb. strat. Geol.» 3.
- RENNGARTEN, V. P. (1931): *Les Orbitoides et les Nummulites du versant sud Caucase*. «Trans. Geol. Prosd. Serv.» Russia 24.
- REY, M. (1954): *Comparaison des Micerofaunes du Nummulitique Nord-Marocain et du Nummulitique du golfe de Mexique et de la Mer des Caraïbes*. C. R. 19. Congr. géol. intern. Alger, U. P. J. 19.
- LE ROY, L. W. (1953): *Biostratigraphy of the Maqafi-Section, Egypt*. «Geol. Soc. America» Mem. 54.
- SCHAUB, H. (1951 a): *Über die Zugehörigkeit der paleocaenen und untereocaenen Nummuliten zu Entwicklungsreihen*. «Eclogae geol. Helv.» 43.
- (1951 b): *Stratigraphie und Paläontologie des Schlierenflysches mit besonderer Be-*

- rücksichtigung der paleocaenen und untereocaenen Nummuliten und Assilinen. «Schweiz. pal. Abh.» 68.
- (1955): *Zur Nomenklatur und Stratigraphie der europäischen Assilinen*. Vorläufige Mitteilung. «Eclogae geol. Helv.» 48.
- (1960): *Über einige Nummuliten und Assilinen der Monographie und der Sammlung d'Archiac*. «Eclogae geol. Helv.» 53 (p. 443 dieses Bandes).
- SCHUMACHER, J. (1948): *Zur Gliederung des marinen Lutétien und basalen Priabonien der Schweizeralpen*. «Eclogae geol. Helv.» 41.
- SCHWEIGHAUSER, J. (1953): *Mikropaläontologische und stratigraphische Untersuchungen im Paleocaen und Eocaen des Vicentin (Norditalien), mit besonderer Berücksichtigung der Discocyclinen und Asterocyclinen*. «Schweiz. pal. Abh.» 70.
- SZÖTS, E. (1959): *Note préliminaire sur la véritable position stratigraphique des couches de Ronca (Vicentin, Italie septentrionale)*. CR «Som. Soc. géol. France» 3.
- TELLINI, A. (1890): *Le Nummulitidi della Majella, delle Isole Tremiti e del Promontorio Garganico*. «Boll. Soc. geol. Ital.» 9.
- VARENTSOV, M. J., & MENNER, V. V. (1933): *On the age of some horizons of the Paleogene of the Gorysk region of Georgia (russ.)*. Moskau.
- ZITTEL, K. A. (1883): *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Libyschen Wüste*. «Paleontogr.» 30.



JOAQUIN MONTORIOL POUS y OSCAR ANDRES BELLET

ESTUDIO DE UNA CAVIDAD DE ORIGEN QUIMIOCLASTICO

RESUMEN

La Cova de la Sensada Nova es una pequeña cavidad (recorrido: 300 m., profundidad: — 26 m.) situada 500 m. al S. del kilómetro 12,2 de la carretera de Carme a Santa María de Miralles y a 560 m. de altitud.

La oquedad se halla estructurada sobre un anticlinal de calizas ypresienes con *Alveolinas*. Las características tectónicas (anticlinal de dirección E.-W., buzamiento 15º-25º al N. y 15º al S., diaclasas: N25E y W25N) confieren a la cavidad su desarrollo característico: solución de continuidad a lo largo de la superficie de un cono de gran abertura, penetrándose por el vértice del mismo.

Prescindiendo de una pequeña zona que ofrece una morfología litogénica incipiente, la cavidad presenta únicamente morfología clástica, careciendo en absoluto de signos de erosión.

Se trata de una cavidad de génesis quimiocástica, a la que se han superpuesto hundimientos graviclásticos. El análisis morfológico detallado de la rampa de bloques pone de manifiesto una total ausencia de fenómenos de solifluxión.

RÉSUMÉ

La grotte de La Sensada Nova est une petite cavité (parcours, 300 m.; profondeur, — 26 m.) qui se trouve a 500 m. au S. du km. 12,2 de la route de Carme a Santa María de Miralles. La bouche s'ouvre a 560 m. sur le niveau de la mer.

La cavité s'est développée sur un anticlinal de calcaires ypresiens avec *Alveolina*. La disposition tectonique (anticlinal orienté E.-W.; pendage 15º-25º au N. et 15º au S.; diaclasas N25E et W25N) donne a la grotte son développement caractéristique: cavité développée sur une surface conique a grande ouverture (la bouche s'ouvre dans le vertex).

A part une petite zone avec morphologie lithogénétique, la grotte offre seulement de la morphologie clastique; on n'observe le moindre témoin d'érosion.

La genèse de la cavité est chimioclastique, avec la superposition d'effondrement graviclásticos. L'analyse morphologique détaillée a montré l'absence absolue de phénomène de solifluxion.

SUMMARY

Cova de la Sensada Nova is a small cave (length 300 m., depth -26 m.), located 500 m. S. from Km. 12,2 in the road from Carme to Santa María de Miralles, altitude 560 m.

The cave is situated on an anticline of Ypresian limestone, with *Alveolina*. The structure of the rocks (anticline E.-W., dips 15º-25º N. and 15º S., diaclasas N25E and W25N), give

the cave its characteristic development: cavity extended along a conical surface with large opening (the mouth on the vertex).

Besides a small area with litogenic formations, the cave presents a clastic morphology only, without any signs of erosion whatsoever.

The origin of the cave is chemioclastic, with superimposed graviclastic cave-ins. A close morphologic analysis reveals a total lack of landsliding phenomena.

INTRODUCCIÓN

En 1959 quedó constituida, en el seno del Club Montañés Barcelonés, Sociedad de Ciencias Naturales, la Comisión del Catastro Espeleológico de Barcelona, subvencionada por la Excm. Diputación Provincial. Desde aquel entonces, el Grupo de Exploraciones Subterráneas del Club Montañés Barcelonés colabora activamente en los trabajos de investigación y prospección, que se llevan a cabo en toda la provincia, con vistas a la confección del citado catastro, de la manera más completa posible. Teniendo en cuenta que el resultado de los trabajos que se vayan realizando se publicará en una serie de tomos, la mayoría de los datos adquiridos quedan, momentáneamente, en los ficheros del Grupo de Exploraciones Subterráneas y de la citada Comisión.

Sin embargo, hemos acordado publicar un avance de las investigaciones llevadas a cabo en aquellas formaciones espeleológicas que ofrezcan interés especial (por sus magnitudes o por presentar particularidades de interés geológico). Siguiendo este criterio, se hallan ya en vías de publicación los estudios realizados en la Cova del Patracó (6) y en el Avenc del Llest (1).

La causa que nos ha inducido a redactar la presente nota sobre la Cova de la Sensada Nova es que, ofreciendo unas regulares magnitudes (recorrido, 300 m.; profundidad, -26 m.), su espeleogénesis es exclusivamente clásica, prácticamente sin superposición morfológica alguna, por lo cual el fenómeno se presenta con una claridad esquemática.

SITUACIÓN, GEOLOGÍA

La cavidad se halla situada en el término de Orpi, entre este caserío y Santa María de Miralles (provincia de Barcelona, al SW. de Igualada). Para llegar a ella, hay que seguir la carretera de La Pobla de Claramunt a Carme y Santa María de Miralles, hasta el kilómetro 12,2, de donde parte, hacia el Sur, un camino carretero, que conduce a una casa de campo, situada a escasos centenares de metros. Desde ella, siguiendo la cuerda de un pequeño cerro situado al SE., se alcanza la boca, situada a 560 m. de altitud, en menos de diez minutos de marcha.

La cueva se halla en una franja de calizas ypresienses con *Alveolinas*,

que comienza al W. de la Torre de Claramunt (2). Estas calizas se prolongan un par de kilómetros hacia el S., viniendo limitadas por margas y yesos del Keuper. Hacia el N., a unos 250 m. de la cavidad, aparecen las calizas lutecienses.

La boca de la caverna se abre prácticamente en la charnela de un anticlinal que sigue, con ligeras inflexiones, la dirección E.-W. El flanco N. presenta un buzamiento que oscila de 15° a 25°, mientras que el flanco S. buza 15°.

Las calizas ypresienses se hallan atravesadas por dos sistemas ortogonales de diaclasas, que siguen los rumbos N25E y W25N. Las citadas diaclasas aparecen perfectamente desarrolladas, no existiendo en cambio individuos del sistema en aspa.

En los alrededores de la cavidad no se observan formas kársticas subaéreas.

ESPELEOGRAFÍA Y ESPELEOMORFOLOGÍA

a) Descripción general de la cavidad (ver fig. 1)

La boca, de pequeñas magnitudes, se abre en el techo del punto más elevado de la caverna. Atravesada la misma, se alcanza el piso tras un descenso de 2,5 m. A partir de este punto, la cueva se desarrolla radialmente en todas direcciones, al mismo tiempo que gana profundidad en cualquier sentido. La continuación aparece clara hacia las zonas noroccidentales, mientras que para penetrar hacia el E. y hacia el S., es menester forzar unos estrechos pasos entre materiales clásticos, a veces en precario equilibrio.

La rampa de mayor longitud se desarrolla al NNW. Su longitud, en proyección horizontal, es de 78 m., mientras que su pendiente media es de 18°. Sin embargo, la rampa no se halla constituida por una pendiente regular, sino que aparece cortada por una serie de escalones bruscos, que alternan con zonas de inclinación suave y uniforme. El extremo de esta prolongación se halla a -26 m., constituyendo el punto más profundo de la cavidad.

El piso aparece constituido, sin excepción, por un potente espesor de materiales clásticos. En la zona situada a pocos metros de la entrada, los bloques aparecen algo cementados por exiguas costras litogénicas, sobre las cuales se han desarrollado minúsculas estalagmitas. La capa reconstructiva aparece siempre sin resquebrajadura alguna y las estalagmitas presentan un desarrollo rigurosamente vertical. La exigua cementación desaparece a poco que nos alejemos de la boca, de tal manera que los materiales clásticos más o menos paralelepíedicos que constituyen la rampa, se hallan completamente sueltos.

El techo aparece limpiamente según los planos de estratificación. Como la pendiente general de la cavidad en la dirección y sentido que describimos

es superior al buzamiento de los estratos, la uniforme pendiente del techo, que equidista más o menos del piso, se ve cortada por una serie de escalonamientos bruscos, cuyo plano frontal se encuentra constituido por planos de diaclasa. Los signos de erosión o de corrosión se hallan rigurosamente ausentes, no apareciendo tampoco el menor vestigio de formas litogénicas.

En dirección W, la rampa alcanza también bastante desarrollo (longitud en proyección horizontal, 42 m.; profundidad, -20 m.). Las características

«COVA DE LA SENSADA NOVA» (Orpí, prov. Barcelona)

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

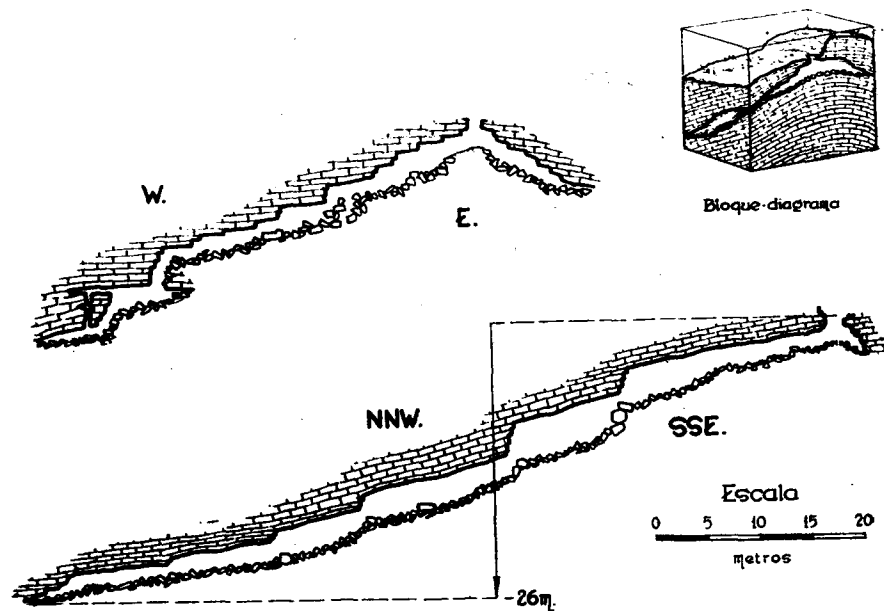


Fig. 1.

morfológicas, son, en general, idénticas a las anteriores, pero con las siguientes particularidades: 1) Formando el buzamiento un apreciable ángulo con la pendiente general de la rampa en tal dirección, la equidistancia piso-techo se mantiene a base de continuados escalonamientos; consecuencia de ello, es que los paquetes de estratos desprendidos son de una longitud mucho menor que en el primer caso (comparar, en la fig. 1, las secciones NNW.-SSE. y E.-W.). 2) En la porción terminal existen estratos semidesprendidos entre los que quedan fisuras penetrables.

En sentido contrario a los anteriormente descritos, la caverna se termi-

na a los pocos metros por acúñamiento de los materiales clásticos contra el techo. Se trata sin embargo, de un sifón pétreo, continuando la cavidad al otro lado de la zona impenetrable. Ello es comprobable directamente por cuanto, penetrando por el NE., se puede alcanzar la rampa W., después de haber dado la vuelta por el E. y por el S., contorneando el obstáculo a una profundidad de unos -10 m. Esta zona es más difícil de recorrer que las anteriores, puesto que, en muchos trozos, el techo se halla a poca altura (0,5 m.) y todas las oquedades aparecen ocupadas por materiales clásticos en precario equilibrio. Tampoco se observa en esta región de la caverna el menor signo de erosión o de corrosión, ni tampoco manifestaciones quimiolitogénicas.

Resumiendo, diremos que se trata de una cavidad que presenta únicamente morfología clástica (la minúscula litogénesis carece de importancia), y que se halla dispuesta de tal manera, que aparece como una solución de continuidad a lo largo de la superficie de un cono de gran abertura, penetrándose por el vértice del mismo.

b) Análisis de algunas formas de detalle

1) Disposición general de los escalones (ver fig. 2).

Tal como ya hemos descrito, la pendiente de la rampa no es uniforme, sino que se halla cortada por una serie de escalones bruscos. Este escalona-

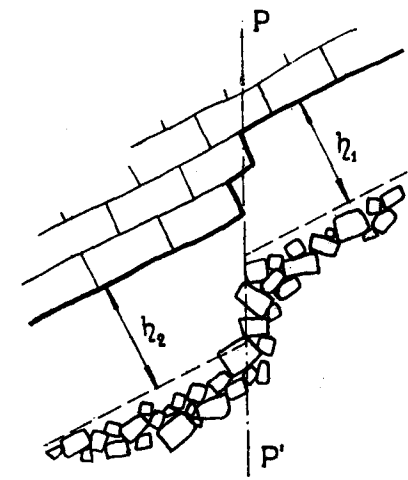


Fig. 2.

miento lo ofrece tanto la bóveda, en donde el frente de cada escalón aparece formado por planos de diaclasa, como los materiales clásticos que forman el piso. El desnivel ganado en cada uno, es aproximadamente igual en

el techo que en el suelo, de tal manera que la altura de la cavidad (en su porción central), aparece más o menos constante ($h_1 = h_2$).

Es interesante hacer notar que existe una perfecta coincidencia en la localización de los accidentes en ambas superficies limitantes, hasta el punto de que prácticamente los frentes formados por los planos de diaclasa y por los escalones de productos clásticos, se hallan contenidos en un mismo plano (P-P').

2) Escalón obturado del extremo NNE. (ver fig. 3).

Hacia la parte terminal de la rampa, en dirección NNE., aparece un escalón en que los materiales clásticos alcanzan el techo de la cavidad, obturando la continuación. Se trata de una disposición puramente local, pudiéndose bordear el obstáculo por el lado. Tal disposición parece contradecir cuanto acabamos de citar en el apartado anterior, puesto que, para que se produzca, exige que el desnivel ganado por los dos escalones (techo, piso),

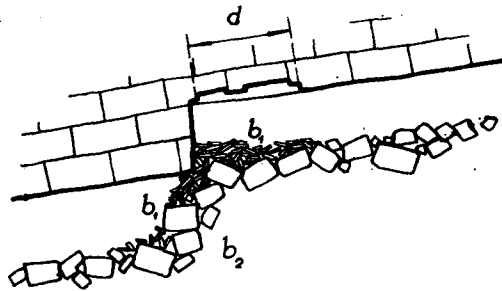


Fig. 3.

sea diferente o bien que los dos frentes no se hallen contenidos en un mismo plano.

Sin embargo, no ocurre ninguna de las dos cosas y la disposición es idéntica a la de los otros casos. En efecto, un examen de los materiales clásticos pone de manifiesto la existencia de dos tipos diferentes: *a*) Bloques de tamaño mediano o grande, paralelepípicos, que constituyen la parte inferior del depósito, y son la continuación de la colada general de la cavidad (b_2). *b*) Cantos de tamaño pequeño, irregulares, aplanados, dispuestos encima de los anteriores (b_1). Encima de esta zona, el techo sufre una ligera elevación y, en vez de aparecer constituido por un plano regular, presenta una infinidad de pequeñas concavidades yuxtapuestas que le dan un aspecto irregular. De esta porción (*d*) proceden, por descamación, los materiales de pequeño tamaño. Si idealmente los suprimimos, el escalón aparece con una constitución idéntica a la de los demás.

3) Sobre las superficies limitantes de los bloques paralelepípicos.

Las caras, formadas en general por superficies regulares, que presentan los bloques, ofrecen tres tipos morfológicos diferentes: *a*) Superficies caradas de arcilla de decalcificación. La caliza aparece lisa, blanca y compacta. *b*) Superficies recubiertas por una capa de arcilla de decalcificación. Si se saca la capa arcillosa, la caliza aparece en un avanzado estado de decalcificación, que penetra bastante en la masa. Amplias zonas se presentan deleznable, pudiéndose arrancar trozos a mano, que presentan un típico color rojizo. *c*) Superficies en las que se aprecia la siguiente sucesión de dentro hacia fuera: 1) Caliza decalcificada, rugosa, rojiza y deleznable. 2) Capa de arcilla de decalcificación. 3) Microestalagmitas asentadas sobre la arcilla (en algunos casos, en vez de las microestalagmitas aparece una masa de microcristales fibrosos que forman un enrejado). 4) Costra estalagmítica estratificada, soldada a los extremos de las formas axiales.

Los tipos *a*) y *b*) constituyen la casi totalidad, el *c*) aparece localizado cerca de la porción terminal de la rampa NNW.

ESPELEOGÉNESIS

La morfología general de la cavidad, así como su desarrollo tridimensional y su estructuración sobre el anticlinal, pone de manifiesto que su origen no es debido a una activa circulación hídrica, sino a las lentas infiltraciones a través de los planos de estratificación y de las diaclasas. Estas infiltraciones dieron lugar a un fuerte proceso de decalcificación, con la consiguiente pérdida de volumen, resultado de la cual fue una neoformación de origen quimioclástico (3) (4). La total falta de signos glyptogénicos, incluso en las partes más profundas y menos evolucionadas de la caverna, viene en apoyo de tal punto de vista. (La boca de la oquedad es un simple hundimiento en el punto más elevado del techo, no representando, por lo tanto, ningún punto privilegiado de absorción).

Una vez creada la solución de continuidad, los hundimientos quimioclásticos fueron cada vez más reducidos al disminuir progresivamente el valor de las infiltraciones (a causa de cambios climáticos o de la topografía subaérea circundante). No obstante, fueron suficientes para que quedaran en falso grandes porciones de estratos (muchos en disposición cantilevar), que se hundieron sin colaborar en ello la decalcificación (proceso graviclástico) (3) (4). Al chocar contra el piso, se fracturaron, dando origen a los bloques paralelepípicos.

La superposición de los procesos de hundimiento produjo una lenta emigración de la cavidad hacia la superficie, al mismo tiempo que un aumento en la potencia del estrato clástico.

Los sedimentos quimioclásticos son diferenciables de los graviclásticos (a pesar de que aquí tienden ambos a la forma paralelepédica) mediante el examen de las caras limitantes. En efecto, en el segundo caso todas ellas serán del tipo (a) (ver apartado correspondiente), tanto si pertenecen a superficies de despegue, como a superficies de fracturación mecánica producto del choque de cada; en cambio, en el primer caso, sólo serán del tipo (a) las superficies de fracturación mecánica, mientras que las demás pertenecerán al tipo (b), ya que se trata de las líneas maestras, sobre las que ha actuado la decalcificación.

La existencia del tercer tipo (c), indica que, en algunos casos, una vez iniciado el despegue, el proceso se detuvo por algún tiempo, dando lugar a un ligero proceso reconstructivo en la recién creada solución de continuidad. El que la litogénesis fuese un fenómeno previo al hundimiento, viene demostrado por el hecho de que la orientación de las microformas axiales depende de la posición del bloque, no guardando la menor relación con la vertical.

La total falta de infiltraciones, debida a su actual situación topográfica, paralizó la evolución de la cavidad, que presenta el mismo aspecto que cuando cesaron los últimos grandes hundimientos (si exceptuamos la minúscula colada superior y las incipientes estalagmitas que en ella se asientan).

La falta de humedad impidió que el piso tomara el estado más o menos plástico que tiene en casi todas las formaciones hipogeas, gracias a lo cual no presenta los fenómenos de soliflucción típicos de las rampas. Esta ausencia de soliflucción es patente en la pequeña zona cementada por costras quimiolitogénicas, ya que, además del desarrollo perfectamente vertical que presentan las pequeñas formas axiales, no se observan cabalgamientos (5) ni porciones de colada invertidas (7).

En el resto de las rampas, totalmente carentes de morfología reconstructiva, es la disposición de los materiales clásticos lo que prueba cuanto acabamos de decir. En efecto, el hecho de que el frente de los escalones del estrato clástico y los planos de diaclasa que constituyen el frente de los escalones de la bóveda, se hallen contenidos en un mismo plano (ver apartado correspondiente), es sólo posible en el caso de que los materiales del piso sean rigurosamente autóctonos. (Tal como ya hemos descrito en el capítulo dedicado a la descripción morfológica de la cavidad, el escalón obturado, que a primera vista parece indicar la existencia de un movimiento de soliflucción de los materiales clásticos que ha provocado la desaparición del plano de coincidencia, es perfectamente explicable por el fenómeno de la descamación del techo, y por lo tanto no contradice cuanto acabamos de decir).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ANDRÉS BELLET, O. y MONTORIOL POUS, J.: *Estudio morfogénico de una cavidad desarrollada en los conglomerados de la Sierra de L'Obac (Avenç del Llest)*, «Speleon», Oviedo (en publicación).
- (2) INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Explicación de la Hoja núm. 391 Igualada*, Mapa Geológico de España a 1:50.000, Madrid, 1947.
- (3) MONTORIOL POUS, J.: *Los procesos clásticos hipogeos*, «Rassegna Speleologica Italiana», anno III, fasc. 4, pp. 119-129, 7 figs., 10 fots. Como, 1951.
- (4) — — *Nuevas observaciones sobre los procesos clásticos hipogeos*, «Rassegna Speleologica Italiana», anno VI, fasc. 3, pp. 103-114, 5 figs., 2 fots. Como, 1954.
- (5) — — y ANDRÉS BELLET, O.: *Estudio geoespeleológico de varias cavidades del borde oriental de la Sierra del Boix*, «Speleon», t. VI, núm. 4, pp. 257-277, 7 figs., Oviedo, 1955.
- (6) — — *Estudio geomorfológico de la Cova del Patracó*, «Speleon», Oviedo (en publicación).
- (7) THOMAS CASAJUANA, J. M.^a y MONTORIOL POUS, J.: *La Cueva del Agua*, «Speleon», tomo II, núm. 1, pp. 5-46, 10 figs., 2 láms., Oviedo, 1951.

JUAN ROSELL SANUY

AFLORAMIENTOS LIASICOS EN EL MONTMELL Y EN PONTONS-TORRELLES DE FOIX (TARRAGONA)

RESUMEN

La confirmación paleontológica de que los afloramientos brechoides calcáreo-dolomíticos de la parte alta del Keuper en el macizo del Montmell y en la zona de Pontons-Torrelles de Foix pertenecen al Liásico, permite un trazado más septentrional del mar jurásico en las Catalánides.

Queda, sin embargo, abierta la posibilidad para ulteriores estudios de que las costas del NE. de España durante el periodo jurásico hayan tenido un trazado análogo a las cretácicas.

ABSTRACT

The paleontological confirmation that the brechoides-calcareous-dolomitic outcrops of the upper part of the Keuper in the massif of Montmell and in the zone of Pontons-Torrelles of Foix belong to Liasic, allows a more northern location of Jurassic Sea in the Catalanides.

However there is a possibility, for some other studies, that the NE. coast of Spain during the Jurassic period had had an analogous disposition to the cretaceous.

La Sierra del Montmell y la zona de Pontons-Torrelles de Foix están situadas en la zona limítrofe de las provincias de Barcelona y Tarragona, respectivamente.

Geográficamente forman parte de lo que Llopis (1947) denominó «Bloque del Gaiá». Están constituidas por materiales del Secundario fosilizados en parte por el Terciario y exhumados posteriormente.

La estructura general es bastante conocida (Llopis, 1943-47; Bataller, 1958), y su estudio detallado se encuentra en vías de publicación, el de Pontons Torrelles de Foix por Llamas y el del Montmell por el autor de este trabajo.

Hasta el momento nadie había señalado la presencia de materiales jurásicos en estas zonas, ni por hallazgos paleontológicos, ni tan siquiera por analogías litológicas o posición estratigráfica de estos niveles. No obstante, Almera (1900) y Faura (1922) lo habían mencionado de Can Pareras entre San Quintín de Mediona y Fontrubí, y posteriormente Almela (1953) estudiando secciones delgadas de los materiales que lo constituían, lo atribuyó

al Cretácico; Almera (1889) describió unos materiales de las Costas de Garraf como jurásicos (Malm?), nivel que más tarde se demostró pertenecía al Cretácico; y Llopis (1947) cartografía la brecha dolomítica basal del Cretácico del macizo de Garraf como Retiense-Lías.

Los niveles más altos del complejo dolomítico de la base del Aptiense se habían considerado como cretácicos (Barremiense?), y los más bajos, brechas dolomíticas basales, como los niveles más altos del Keuper, o como retienses.

ESTRATIGRAFÍA LIÁSICA

En un estudio sobre el Jurásico de la Sierra de Prades (Virgili & Rosell, 1959), se supuso el complejo calcáreo-dolomítico de «Els Mollats» formado por Toarciense, Bajociense y quizás niveles más superiores, como el afloramiento jurásico más septentrional conocido.

La parte basal del Jurásico de Prades, Liásico (Toarciense), está constituida por una brecha calcáreo-dolomítica con multitud de fósiles, silicificados en su mayoría. Estos fósiles tanto se encuentran en los cantos como en el cemento que forman la brecha:

Pentacrinus moniliferus Münster.

Terebratula radstockensis Dav.

» *punctata lata* Dubar.

» *subpunctata* Dav.

» *Davidsoni* Haime.

» *decipiens* E. Desl.

» cf. *Jauberti* E. Desl.

Aulacothyris agnata minor Dubar.

Rhynchonella jurensis Quenst. sp.

» cf. *Linki* Choffat.

Pecten Hehlii D'Orb.

» sp.

Pleurotomaria sp.

Pholadomya sp.

Belemnites sp.

Por su analogía litológica y hasta cierto punto faunística, este Toarciense correspondería a los niveles de la base del Montmell y del cerro de la ermita de Foix.

EL LIÁS DEL MONTMELL

En la base de la Sierra del Montmell, al E. de Canferrer, una pequeña cuña de margas irisadas del Keuper penetra en las dolomías que forman la base de la serie cretácica del Montmell, debido a una fractura NE.-SW. de pocos metros de salto, se ha reconocido una fauna liásica.

Los fósiles están incluidos en una brecha dolomítica, a veces algo arenosa, factor que ha ayudado a su conservación. En ella se han encontrado gran cantidad de pectínidos (*Pecten* sp.) y tallos de crinoideos (*Pentacrinus* sp.). Son ya menos abundantes los braquiópodos (*Rhynchonella* sp., *Terebratula* sp. y *Spiriferina* sp.). Todos estos fósiles son específicamente imposibles de determinar debido a su precario estado de conservación. Dicha asociación faunística nos data estas brechas como liásicas, dada su situación estratigráfica y analogía litológica con los materiales de la Sierra de Prades, posiblemente como Toarciense.

Su potencia aproximada es de unos 30 m.

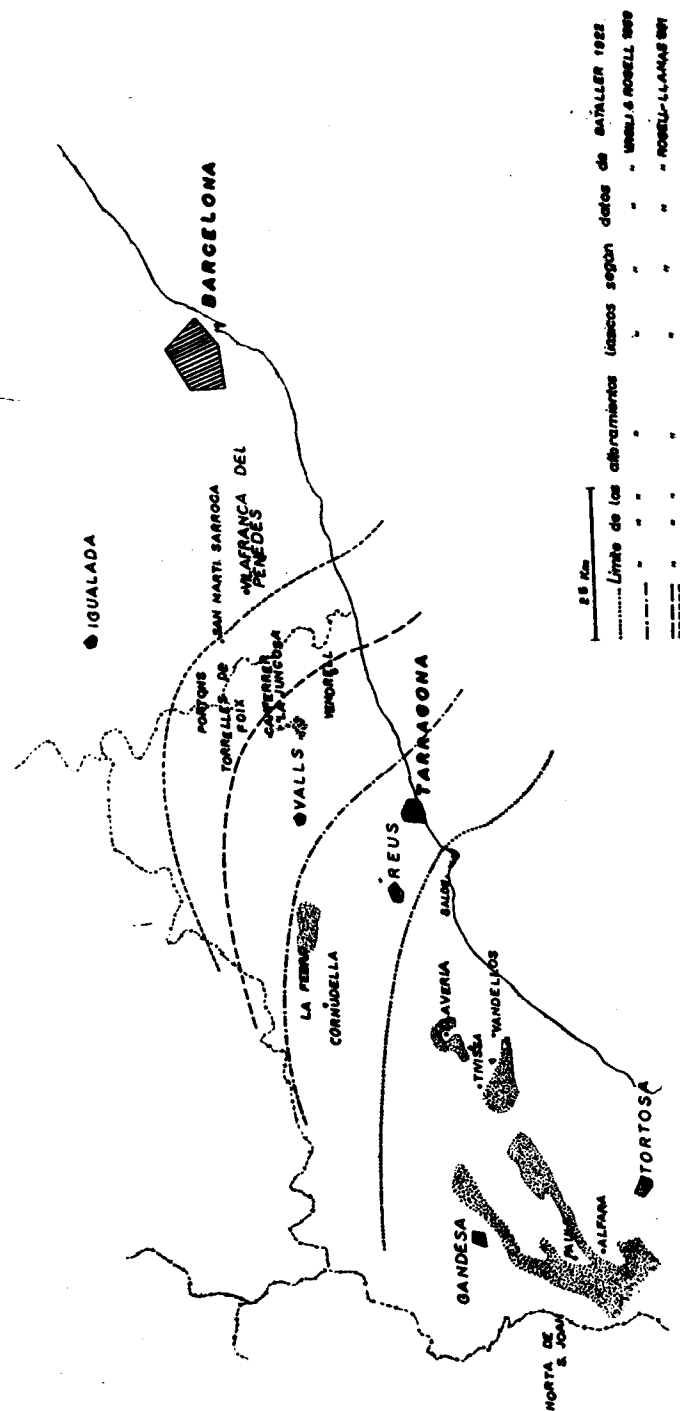
EL LIÁS DE LA ZONA DE PONTONS-TORRELLES DE FOIX

En la base del cerro donde se enclava la ermita de Foix, sobre los yesos y margas irisadas del Keuper, se encuentran las dolomías supratríásicas o infracretácicas. Estratigráficamente, en la parte más baja de estas dolomías se ha reconocido un nivel de unos 5 m. de espesor de una brecha calcáreo-dolomítica con multitud de crinoideos (*Pentacrinus* sp.) y un solo ejemplar de *Terebratula* sp. Ambos fósiles son, como en la zona del Montmell, indeterminables específicamente; no obstante, estos niveles, por su posición estratigráfica, corresponden a los de la base del Montmell y de «Els Mollats» en la Sierra de Prades.

A 3 km. de Pontons, por la carretera de Villafranca del Penedés, la trinchera de la carretera deja aflorar estos niveles dolomíticos con gran cantidad de secciones de crinoideos.

CONCLUSIONES ESTRATIGRÁFICAS Y PALEOGEOGRÁFICAS

La serie jurásica, a medida que nos vamos acercando al N. de los Catalánides, va perdiendo espesor. Mientras en la Sierra de Prades hay un Toarciense, Bajociense y un Calloviense no muy bien diferenciado, con un espesor total de unos 70 m., en el Montmell tan sólo encontramos las calizas dolomíticas del Toarciense (?) con unos 30 m. de potencia. En cambio, más



hacia el N., en la zona de Pontons-Torrelles de Foix, el espesor de este complejo calcáreo-dolomítico con fósiles jurásicos es mucho menor.

Es de interés señalar que al mismo tiempo que disminuye el espesor, aumenta ligeramente el grado de dolomitización, lo que puede justificar la escasez gradual de restos paleontológicos hacia las zonas más septentrionales.

La conclusión más importante paleogeográficamente es la confirmación de que el mar jurásico se extendió mucho más al N. de lo que se había supuesto, ya que estos yacimientos liásicos se hallan a unos 45 km. de los más septentrionales conocidos hasta ahora.

En cuanto a las brechas dolomíticas del llamado «Infracretácico» del macizo de Garraf, atribuidas hasta el momento a un posible Retiense, cabe preguntarse si no sería más lógico desechar dicha hipótesis, atribuyéndolas al Lías medio. Esperemos que algún hallazgo paleontológico corrobore esta nueva hipótesis.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A. (1953): Inst. Geol. Min. Esp. Mapa geológico de España, esc. 1:50.000. Explicación de la Hoja núm. 419, Vilafranca del Penedés (Tarragona y Barcelona). Vol. de 62 pp., 2 figs., 13 láms. fotos, 1 lám. cortes geológicos. Madrid.
- ALMERA, J. (1889): *Descubrimiento del Jurásico (Malm ?) en las costas de Garraf*. «Crón. Cient.», tomo XII, 8 págs
- (1900): Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona, Región tercera o del río Foix y La Llacuna, con explicación somera en la misma Hoja (Topografía de E. Brossa). Esc. 1:40.000. Barcelona.
- ASHAUER, H. & TEICHMÜLLER, R. (1935): *Die Variscische und Alpidische Gebirgsbildung Kataloniens*. «Abhandl. Gesells. Wiss. zu Göttingen, Math. Phys. Kl. III Folge, Heft. 16», pp. 16-98, 48 figs., 3 láms. Berlin. Traducido en «Publ. Extr. Geol. Esp.», t. III, pp. 7-102, 48 figs., de cortes y esqu., 7 láms. plg. con mapas y cortes. Madrid.
- BATALLER, J. R. (1922): *El Jurásico de la provincia de Tarragona*. «Trab. Mus. Nac. Cien. Nat.», Serie geológica, núm. 29, 117 pp., 13 figs., 8 láms. y 1 un mapa pleg. Madrid.
- (1958): *El Cretácico del Macizo del Montmell*. «Mem. R. Acad. Cienc.», 3.ª ép., 664 Vol. XXXII, núm. 16, pp. 495-549. Barcelona.
- FAURA SANS, M. (1922): *Explicació de la fulla núm. 34. Vilafranca del Penedés*. «Ser. Map. Geol. Cat.». Barcelona.
- MALLADA, L. (1890): *Reconocimiento geográfico-geológico de la provincia de Tarragona*. «Bol. Com. Map. Geol. Esp.», vol. XVI, pp. 1-175. Madrid.
- Memoria explicativa de la Hoja núm. 446 Vallès, «Inst. Geol. Min. Esp.», Esc. 1:50.000, 78 págs., varias láms. y figs. Madrid 1934.
- LLOPIS, N. (1943): *Estudio tectonomorfológico de la Depresión prelitoral catalana*. «Est. Geogr.». Año IV, núm. 10, pp. 31-111, 18 figs., 6 lámns. Madrid.
- (1947): *Contribución al conocimiento de la Morfoestructura de los Catalánides*. «Publ del Inst. «Lucas Mallada» de Inv. Geol. del C. S. I. C.». 372 figs., 18 láms., 22 láminas fotos, 1 mapa. Barcelona.
- VERGILI, C. (1958): *El Triás de los Catalánides*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.». T. LXIX, pp. 1-356, 96 figs., 17 láms. Madrid.
- ROSELL, J. (1950): *Fauna toarciense y bajociense en la Sierra de Prades (Tarragona)*. «Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp.», núm. 54, pp. 131-137, 1 fig. Madrid.

Noticias

IV Conferencia Internacional sobre la aplicación del carbón.

La IV Conferencia Internacional sobre la aplicación del carbón se celebrará en Inglaterra, en Harrogate (Yorkshire), del 28 de mayo al 1 de junio de 1962. Los temas que se han de tratar en la misma están agrupados en seis secciones, que son:

- 1.ª Relación entre la composición del bruto, concepción de instalación, y la calidad de los productos.
- 2.ª Clasificación de los productos de calibre inferior a 12 mm.
- 3.ª Tratamiento de los fines.
- 4.ª Verificación de la instalación y de los productos.
- 5.ª Reducción de la ley de humedad superficial del carbón.
- 6.ª Diversos.

Principales productos de importación.

	(En millares de dólares)		
	1958	1959	1960
<i>Primeras materias:</i>			
Hullas... ..	9.199	8.719	3.004
Hierro y acero sin manufacturar... ..	18.689	15.134	12.270
Hojalata	4.072	3.712	3.149
Cobre	7.748	7.216	6.078
Fosfatos	7.576	7.894	7.293
Petróleo y sus derivados	82.345	81.731	66.439
Nitratos... ..	9.788	11.414	11.201
Sulfato amónico... ..	10.852	18.860	9.716

Principales productos de exportación.

	(En millares de dólares)		
	1958	1959	1960
<i>Primeras materias:</i>			
Minerales y piritas de hierro	16.147	10.035	14.966
Productos petrolíferos	21.570	17.509	20.404
Mercurio... ..	3.376	3.826	5.407

	(En millares de dólares)		
	1958	1959	1960
Cloruro potásico	3.770	4.390	4.985
Corcho	7.303	7.733	7.284
Blenda	583	1.112	3.008
Plomo.....	2.078	2.990	3.103
Aluminio	592	324	4.206
Hierro y acero sin manufacturar... ..	1.534	2.303	23.388

XX Congreso Geográfico Internacional.

Durante los meses de julio-agosto se celebrará en Londres el XX Congreso Geográfico Internacional, organizándose simultáneamente excursiones a las más importantes universidades y centros geográficos de Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda.

Coloquio de Geografía Aplicada.

Los geógrafos franceses han organizado un Coloquio de Geografía Aplicada, que se celebrará en Strasbourg los días 20, 21 y 22 de abril del corriente año.

Los temas a tratar son:

- 1.º Aplicaciones de la geografía física.
- 2.º Las ordenaciones rurales en países templados.
- 3.º Las ordenaciones rurales en países tropicales.
- 4.º La geografía y la ordenación urbana.
- 5.º La geografía y los negocios.
- 6.º La geografía y la organización de los transportes.
- 7.º La geografía y el turismo.
- 8.º La geografía y la ordenación rural.
- 9.º Formación de investigadores, organización de las investigaciones, relación con los usuarios, salidas.

Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

Durante los días 9 y 10 de marzo del año en curso, se ha celebrado en París una reunión para constituir la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, discusión de sus estatutos y designación de la Comisión Ejecutiva.

Boletín de Erupciones Volcánicas.

Según el acuerdo tomado en la reunión de la Asociación Internacional de Vulcanología, celebrada en Helsinki los días 26 de julio a 6 de agosto de 1960, se va a proceder a la publicación del Boletín de Erupciones Volcánicas por la Sociedad Vulcanológica del Japón, bajo la dirección del Dr. Hisashi Kuno.

Cada país designará sus respectivos informadores y, por medio de la Sección Nacional de Vulcanología, remitirán los datos al Japón.

Los datos a proporcionar son:

- 1.º Nombre de la erupción volcánica.
- 2.º Referencia numérica del volcán en el «Catálogo de volcanes activos del mundo» si ya está numerado.
- 3.º Posición geográfica del volcán referido a la latitud y longitud.
- 4.º Nombre del país o región del volcán.
- 5.º Descripción de la erupción:
 - a) Precusores, tales como terremotos, basculamiento del país u otros fenómenos
 - b) Momento de comienzo de la erupción.
 - c) Carácter de la erupción de acuerdo con los símbolos del catálogo.
 - d) Material de la erupción y su cantidad (poca, mediana, mucha).
- 6.º Observaciones: Con pocas palabras se describirá la erupción si es necesario.

Informadores españoles de volcanes activos.

En la reunión plenaria de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica, celebrada el 21 de febrero, se acordó designar como informadores españoles de los volcanes activos a los Ingenieros delegados del Instituto Geológico y Minero de España en Las Palmas y en Santa Cruz de Tenerife, al Ingeniero Director del Observatorio Geofísico de Canarias y al Profesor de Geología de la Universidad de la Laguna.

Importación de cok de petróleo.

Con fecha 18 de octubre pasado, el ministro de Hacienda ha resuelto lo siguiente:

- 1.º Que el producto monopolizado denominado cok de petróleo pueda importarse por los industriales consumidores del mismo dentro de las condiciones y bajo el régimen que señale el Ministerio de Comercio.
- 2.º Que las importaciones de dicho producto deberán ser controladas por CAMPSA, a cuyo efecto no podrá verificarse el despacho aduanero del mismo sin la intervención, en cada caso, de CAMPSA, y previo al pago del monopolio a través de esta administradora de una cantidad equivalente al 15 por 100 del costo CIF del producto.

Los productos petrolíferos y la OECE.

La producción de petróleo durante el año 1959 por los países de la OECE, fue de 14.870.000 toneladas, y la importación de crudos durante el mismo año por dichos países fue de 141.852.900 toneladas.

El único país que aventaja a Europa Occidental en capacidad de compra de petróleo y de refino es EE. UU. Los cuatro países de Europa Occidental de mayor capacidad de refino son: Gran Bretaña, con 39.326.000 t.; Francia, con 30.766.000 t.; Italia, con 26.378.000 t., y Alemania occidental, con 21.737.000 t. Los tres de mayor importación son: Gran Bretaña, con más de 40 millones de toneladas; Francia, con más de 27 millones, e Italia, con cerca de 25 millones de toneladas.

La producción de gas natural en Europa occidental durante 1959 fue de 10.330 millones de metros cúbicos; de ellos corresponden 2/3 a Italia y cerca de 1/4 a Francia.

Cotizaciones.

MATERIAS	31-12-58	30-12-59	30-6-60	31-12-60	31-1-61
<i>Cinc</i>					
Nueva York (centavos por libra)	11,50	12,50	13	12,50	11,50
Londres (libra por ton.)...	76-76 1/2	95 1/4-95 1/2	90 5/8-90 3/4	80 1/2-80 3/4	78 1/8-79
<i>Alumina</i>					
Nueva York (centavos por libra)	26-80	28,10	26	26	26
Londres (libra por ton.)...	180	187	186	186	186
<i>Mercurio</i>					
Nueva York (dólar el frasco de 34,5 kgs.)	218-221	212-214	209-212	208-211	208-211
Londres (libra el frasco de 34,5 kgs.)	74	72	70-70 1/2	69-69 1/2	69
<i>Volframio</i>					
Londres (chelines por tonelada)	95-100	147-152	157-162	148-153	141-146
<i>Petróleo</i>					
Nueva York (libra por barril). East Texas, crudo, en pozo	3,25	3,05-3,25	3,05-3,25	3,05-3,25	3,05-3,25
<i>Estaño</i>					
Nueva York (centavos por libra)	98,25	98,75	102,25	101,25	100,50
<i>Cobre</i>					
Nueva York (centavos por libra). Electrolítico	29	26	31	28,50	29
Londres (libra por ton.)...	221-221 1/4	256 1/2-257 1/2	253-253 1/2	230 1/4-230 1/2	217 1/4-217 3/4
<i>Plomo</i>					
Nueva York (centavos por libra)	13	12	12	11	11
Londres (libra por ton.)...	72 1/8-72 1/4	74 1/4-72 1/2	70 7/8-71	64 1/4-64 3/8	63 3/8-63 1/2

Aleación uranio-acero.

Conocidas son las investigaciones sobre la mejora de la resistencia a la fatiga del acero, si se le adiciona uranio. Con este objeto se han realizado una serie de investigaciones por el Ministerio de Minas de Canadá, que ha llegado a una aleación con 0,453 kg./t., la cual mejora considerablemente la resistencia a la corrosión, y las propiedades del acero a elevadas temperaturas.

Renta industrial española de ramas mineralúrgicas.

R A M A S	1958	1959	1960 (avance)
Metalurgia, Siderurgia y Productos metálicos	31.967	33.692	31.800
Construcción y material para la Construcción	28.642	29.786	27.500
Química	15.116	15.945	16.200
Electricidad y Gas	8.572	10.464	11.300
Minería	3.514	3.535	3.750
Carbón	5.637	5.182	4.950

(Las cifras indican millones de pesetas.)

Congresos mineros en los Estados Unidos.

Durante el primer semestre del año 1961 se celebrarán en los Estados Unidos los siguientes Congresos relacionados con las actividades mineras:

Enero: Asociación Nacional de Trituradores de piedras, Miami (Florida). 26-28 febrero: Asociación de Ingenieros especialistas del hierro y el acero, Los Angeles (California). 26 febrero-2 marzo: Sociedad de Ingenieros de Minas de América, e Instituto de Minas de la Metalurgia y del Petróleo, San Luis (Missouri). Marzo: Sindicato Internacional de Obreros de Minas y de Fundición, Tucson (California). 10-12 abril: Instituto Americano de Ingenieros de Minas y de la Metalurgia, Comité de Altos Hornos, Hornos a cok y primeras materias, Filadelfia (Pensilvania). 12-14 abril: Instituto Americano de Ingenieros de Minas, de la Metalurgia y Petróleos, Filadelfia (Pensilvania). Abril o mayo: Asociación Americana de Ingenieros del Hierro y el Acero, Pittsburgh (Pensilvania). Mayo: Congreso Minero Americano, Cleveland (Ohio). 11-14 junio: Instituto Nacional de la Cal, Chicago (Illinois).

Los grandes problemas científicos de los tiempos modernos.

En la conferencia general de la U. N. E. S. C. O., celebrada en París durante el último trimestre del año 1960, se tomaron acuerdos de gran interés para la investigación de los recursos nuevos, con el fin de reemplazar la continua disminución que se observa de las

materias primas indispensables, explorar los océanos y explorar las riquezas marinas de una manera racional, y montar las industrias indispensables.

Se acordó la creación de una sección encargada del estudio y de las investigaciones de los recursos naturales mundiales.

Una de las mayores preocupaciones es la resolución de los problemas de la zona árida, principalmente en la desértica que se extiende por Africa del Norte y el Sureste de Asia, concretándose durante los años 1961 y 1962 a los problemas de aguas subterráneas de Africa del Norte.

Aunque los métodos de predicción seísmicos, no pueden hoy salvar las vidas humanas, los esfuerzos en este campo, principalmente en el Oriente-Medio, Africa y América del Sur, se orientan hacia el estudio de construcciones resistentes a los seísmos.

Sobre la corteza terrestre se proyecta la utilización de todos los métodos geofísicos y geoquímicos conocidos para las proyecciones mineras.

El uranio canadiense.

De las cinco minas productoras de uranio en el Canadá, de la Compañía minera de Riotinto, que son «Stanleigh», «Milliken», «Nordic», «Panel» y «Quirke», dos ya han cerrado y otra se supone cerrará uno de estos días, quedando como únicas productoras la «Milliken» y la «Nordic».

El uranio sudafricano.

En la Unión Sudafricana se han obtenido, durante el periodo 1952-59, 25 millones de kilogramos de concentrados de uranio, de los cuales cinco corresponden al último de dichos años.

El petróleo soviético.

Desde la terminación de la última guerra mundial, se aprecia un continuo aumento en la producción de hidrocarburos líquidos y gas natural, y una disminución de combustibles a base de carbón, madera, etc.

Las producciones logradas o supuestas son:

	1940	1950	1958	1959	1965	1972
Petróleo (mill. t.)	31.1	37.9	113.2	120.5	240	450
Gas natural (10 ⁹ m ³)	1.5	5.7	29.8	37.5	150	330

Las reservas comprobadas de gas natural son de 18,3 bill. de m³ y las de carbón de 7.765 bill. de t., de las cuales más de la tercera parte se pueden explotar a cielo abierto.

La preponderancia de la cuenca del Cáucaso (Bakú) pasó a la de Wolga-Urales, la cual puede que algún día sea superada por la de Siberia.

Esta floreciente situación de la industria petrolífera, hace suponer que pronto se incrementarán las exportaciones, siendo un síntoma muy significativo, el aumento en la construcción de grandes buques cisternas.

Sincrotón de protones.

Si recorremos la continúa carrera hacia las máximas energías de los sincrotrones durante el último año, vemos que el inaugurado en febrero de 1960, en Ginebra, llegó a los 28.000 millones de e. V.; en julio se llegará a acelerar partículas en Brookhavan con 31.000 millones; en Rusia tienen otro en periodo de instalación de 50.000, y se proyecta uno en los Estados Unidos para 100.000 millones de e. V.

El acero en la Gran Bretaña.

De acuerdo con el programa de la industria siderúrgica de la Gran Bretaña, se espera que la producción anual de acero, que es de 25 millones de toneladas, pase a 29 millones en 1962 y a 34 millones en 1965.

Central atómica en Alemania Occidental.

Ya se ha inaugurado la primera central atómica de Alemania Occidental, situada en Kahl, cerca de Aschaffenburg. Consta de un reactor monofásico de agua en ebullición, con una potencia de 15 Mw, en régimen de plena producción. El combustible es 6,6 t. de dióxido de uranio ligeramente enriquecido. Durante el primer trimestre, el reactor funcionará a un medio de su capacidad.

El cemento japonés.

En el ejercicio económico japonés, que cuenta de primero a primero de abril, la producción en el año 1959-60 fue de 18,5 millones de toneladas y en el 1960-61 se espera sea de 21 millones. De la producción se destina el 20 por 100 a la exportación, y el número de empresas destinadas a esta industria mineralúrgica es de 20.

El gas natural italiano.

Las producciones italianas de gas natural fueron de 5.180 millones de m³ en 1958 y de 6.150 en 1959. De estas producciones se destina el 16 por 100 a la industria petroquímica, y algo menos del 5 por 100 como combustible de las centrales térmicas. Los principales establecimientos petroquímicos con gas como materia prima, están instalados en Sicilia.

Comisión de Coordinación Geofísica y Geológica.

En el Congreso Internacional de Geología, celebrado recientemente en Copenhague, se tomó el acuerdo de crear la Comisión de Coordinación entre los trabajos geodésicos y geofísicos. En esta Comisión coordinadora habrá un representante de cada una de las naciones, que será designado miembro titular de la Comisión por medio de la Comisión

de Geología y sus respectivos países. El objeto de esta Comisión, es principalmente el poder llevar a una realización el proyecto titulado «Uper Mantle», cuya realización se acordó en la Asamblea de la U. G. G. I., celebrada en Helsinki. Por otra parte, es verdaderamente deseable que en cada país el enlace más estrecho sea asegurado entre la Geofísica y la Geología, para interpretar los resultados de sus trabajos.

Como función inmediata de esta Comisión se pueden considerar:

a) Asegurar la difusión del programa de investigaciones de la U. G. G. I., entre todos los geólogos, por intermedio de sus Comités Nacionales, y alcanzar así su atención sobre los puntos de este programa, que son directamente de más importancia geológica. Hay interesantes cuestiones que preocupan desde hace largo tiempo a los geólogos, y es muy conveniente un cambio relativamente breve de impresiones en la puesta a punto de resultados y proporcionar indicación para la interpretación por los geofísicos. Hace tiempo que se preveía la necesidad de tener un cambio de puntos de vista entre geofísicos y geólogos, para permitir a los primeros apreciar los datos que les son necesarios.

b) Se podrá ofrecer inmediatamente por la Comisión de los Congresos Geológicos Internacionales los estudios por métodos geofísicos de ciertas estructuras profundas, interesante también para la parte superior del manto y para la base de la corteza, y por ello los geólogos pueden ser llamados a intervenir tanto en un plan nacional como internacional. Los geólogos de los países interesados son los únicos que pueden señalar las estructuras particulares donde debe realizarse un esfuerzo de esta naturaleza.

Recomendación sobre la vigilancia de los volcanes activos.

En la reunión de la Sociedad de Vulcanología, celebrada en Helsinki del 26 de julio al 6 de agosto de 1960, se acordó divulgar entre todos los países miembros de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, las medidas de vigilancia de los volcanes activos:

I. Vigilancia permanente de los volcanes activos

Esta vigilancia supone el estudio previo completo (topográfico, geológico, petrográfico, geofísico, geoquímico e histórico) de los volcanes. En función de estos estudios, la instalación de observatorios vulcanológicos debe ser realizada con un emplazamiento conveniente con relación a la situación, a las circunstancias volcánicas y a la manera de poder continuar el funcionamiento en caso de erupción.

Estos observatorios deben poseer:

A) Principalmente:

1. Una estación seismológica permanente, permitiendo al menos el registro de tres componentes con aparatos de período propio de alrededor de un segundo y de sensibilidad alta.

2. Por lo menos dos estaciones seismológicas auxiliares, poseyendo cada una un seismógrafo (puede ser limitado al registro de la componente vertical) donde el registro se debe efectuar a ser posible en la estación principal.

3. Tres estaciones equipadas con aparatos de medida de variaciones e inclinación del suelo (tilmetros), de dos componentes; estas estaciones están asociadas con las estaciones seismológicas.

4. El material necesario para la toma de gases y medida de temperatura.

B) Eventualmente:

Una estación magnética, gravimétrica y una estación meteorológica.

Estos observatorios deben poseer un personal calificado, en número suficiente para que la permanencia y la interpretación de las observaciones sean aseguradas.

II. Ensayo de previsión de erupciones

Se ha comprobado que en las regiones volcánicas bien estudiadas, la previsión de las erupciones es posible; que la realización de tales previsiones exige un estudio científico permanente para cada volcán activo o cada grupo de volcanes.

Conviene asociar a la interpretación de los seismogramas los resultados suministrados por los aparatos de medir la inclinación del suelo (tilmetros). El empleo de este método combinado fue varias veces coronado con éxito.

Igualmente la experiencia ha mostrado que la composición química de las fumarolas varía en curso del ciclo eruptivo. Es, pues, recomendable intensificar el estudio geoquímico de emisiones gaseosas de los volcanes.

Es aconsejable que los resultados de estos estudios y experiencias de previsiones sean hechos públicos y transmitidos a la Asociación que pueda imprimir al menos un resumen en el «Boletín de Erupciones Volcánicas».

III. Protección de la población y bienes

Es conveniente a los vulcanólogos:

1. Designar (confidencialmente si es necesario) a la autoridad las zonas juzgadas peligrosas en las proximidades de los volcanes, teniendo en cuenta los diversos efectos posibles.

2. Aconsejar la ejecución eventual de obras de protección (presas, fosas, etc.). La posibilidad de intervenir en los efectos de las erupciones de ciertos tipos de volcanes está dentro del dominio práctico, y será conveniente que las autoridades aconsejen y desarrollen experiencias de intervención, bajo la dirección de un personal competente.

3. En caso de evolución crítica de los fenómenos volcánicos, dé la alerta la autoridad responsable; esta última es la única indicada para dar la orden de aplicar las medidas de seguridad previamente decididas.

IV. Utilización de la energía volcánica

Interesa la puesta en valor energético de los yacimientos geotérmicos.

Se ha comprobado que es necesario comparar entre sí los fenómenos que pueden estudiarse en las regiones más diversas, a fin de llegar lo mejor posible a comprender y a interpretarlos, tanto para llegar a la explotación en las mejores condiciones como para asegurar la seguridad de sus operaciones.

Recomendar que sean organizados bajo formas apropiadas los cambios de información más extendidos y en particular que sean publicados bajo una forma más fácilmente accesible, las descripciones más detalladas de los sitios, de trabajo y de las mediciones no solamente cuando una producción de energía pudo ser realizada, sino igualmente cuando

los resultados han sido negativos. Las publicaciones en este último caso, son particularmente importantes, pues con ellas se pueden evitar otros gastos finalmente inútiles.

Es recomendable que las publicaciones den todos los datos útiles sobre los puntos siguientes, donde la enumeración no es limitativa:

1. Constitución geológica y régimen hidrogeológico.
2. Manifestaciones superficiales espontáneas: temperaturas y caudales de los manantiales y de los desprendimientos de vapor, flujos térmicos si pueden ser estimados.
3. Método de prospección utilizados, geofísicos u otros, y resultados.
4. Sondeos, repartición de temperaturas constantes, con indicación detallada de las condiciones de medida, gasto en vapor de agua, temperatura en el fondo y en la superficie según la presión, evolución con el tiempo, composición de fluidos (sales solubles, gases, polvos), observaciones sobre la corrosión o las concreciones, datos de la localización de venidas, detalle de cimentación y cierres realizados, así como verificación de su eficacia.
5. Dispositivos adoptados por la puesta en práctica: equipos de socorro, cimentación y su verificación, sondeos, separadores, canalizaciones, centrales, condensadores, etc.
6. Resultados obtenidos, evolución en el tiempo.
7. Hipótesis formuladas sobre el origen del calor y del agua, sus relaciones eventuales con los volcanes y las rocas intrusivas, etc.

Protección contra erupciones volcánicas.

En la reunión de la Sociedad de Vulcanología celebrada en Helsinki del 26 de julio al 6 de agosto de 1960, se acordó divulgar entre todos los países miembros de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica las normas sobre Protección Contra las Erupciones Volcánicas:

I. Fase preliminar de estudio y de vigilancia

a) *Papel de los servicios vulcanológicos:* Estudio topográfico, geológico, petrográfico, geofísico, geoquímico e histórico lo más completo que sea posible para el volcán a vigilar y de sus alrededores.

Organización de la estación vulcanológica central: instrumental seismológico, inclinométrico, magnético, gravimétrico, meteorológico, químico, geofónico, etc.; formación del personal calificado en que pueda asegurar su funcionamiento permanente, así como la interpretación al menos sumaria de las observaciones y registros (en el caso de carencia de director de la estación por cualquier razón que ocurra).

Organización de estaciones auxiliares fijas, estaciones volantes (sobre todo sismológicas e inclinométricas) enlazadas con la estación central.

Organización eventual de una estación de réplica (en el caso en que una erupción ponga en peligro o disminuya la eficacia de la estación central), organización de laboratorios anexos a la estación central pero perfectamente protegidos (en galerías subterráneas con varias entradas, por ejemplo).

Delimitación de zonas peligrosas, teniendo en cuenta una jerarquía en el grado de destrucción previsible que sea por tanto causa de erupción propiamente dicha, sea por causa de seísmo volcánico o vulcano-tectónico. Determinación de itinerarios de evacuación más favorables. Proposición de trabajos eventuales de defensa activa (presas, rectificaciones de cursos de agua, vaciado de lagos de cráteres, etc.).

Puesta en contacto con las poblaciones interesadas, conferencias y artículos de buena vulgarización en los periódicos locales. Informes humanos e investigación de la confianza de mantenimiento del servicio vulcanológico.

b) *Papel de la autoridad administrativa:* Ayuda financiera al servicio vulcanológico permitiendo la dotación óptima en personal y material, y su empleo máximo. Eventualmente, llamada a las autoridades superiores administrativas y científicas para obtener las realizaciones necesarias.

Establecimiento de plan de alerta y de evacuación, en función de los consejos del servicio vulcanológico (especialmente en función del mapa de las zonas peligrosas y de los itinerarios de evacuación propuestos), así como la disposición de la totalidad de los medios en hombres y en materiales localmente disponibles y según las posibilidades presupuestarias.

Ejecución de trabajos preventivos de defensa, propios para el servicio vulcanológico, que guardará la dirección técnica de su realización.

Difusión entre la población de las consignas y directrices generales en caso de alerta o de evacuación. Estudio de todos los casos particulares, para los cuales la autoridad del servicio vulcanológico es insuficiente. Poder de decisión absoluta.

c) *Comentarios:* Esta fase preliminar, durante la cual la responsabilidad inmediata parece ser menos importante, es sobre todo una gran importancia, puesto que nada serio se puede decidir seguro como la defensa pasiva o defensa activa, si no se conoce perfectamente al «enemigo»; su función es la de decidir los golpes y la hora que se puede elegir para lanzar el ataque. La autoridad administrativa debe ser considerada como «jefe de guerra», y el servicio vulcanológico como su «servicio de información».

Por consecuencia, es indispensable que, ante la inminencia del peligro, el vulcanólogo y la autoridad administrativa que depende localmente han de trabajar en estrecho enlace. Es preciso que en las poblaciones sea asegurado de la existencia de este enlace y de su perfecto funcionamiento.

II. Fases de alerta

a) *Papel del servicio vulcanológico:* Avisos dados por la autoridad administrativa de la probabilidad de una erupción y su carácter presumible (explosiones, nubes ardientes, emisiones de cenizas, coladas de lavas, fundición de glaciares, coladas de lodos, etc.). Dirección en las cuales el peligro parece máximo en función de modificaciones topográficas, de la actividad de las fumarolas, de la localización de los microsismos, de los ruidos internos, etc., así como las condiciones meteorológicas del momento (dirección de los vientos dominantes) En el caso de que varias variaciones han sido sospechadas en los planes de alerta de la evacuación, precisar la variedad a seguir de acuerdo con las condiciones de este momento.

Aumento de la vigilancia de los aparatos en la estación central, desarrollo de estaciones móviles y de los controles de toda naturaleza, encuentra sobre el terreno, y vigilancia aérea por aviones o helicópteros.

Preparación de la eventual evacuación de la estación central y de las estaciones auxiliares, según la estación de réplica o en los laboratorios subterráneos.

Enlace permanente con la autoridad administrativa.

b) *Papel de la autoridad administrativa:* Movilización de fuerzas de policía y de fuerzas militares, de servicios sanitarios y de toda la defensa pasiva.

Requisa inmediata de todos los medios de defensa activa (intimidadores, cañones o aviones para bombardeos, etc.), en el caso de que la medida de su eficacia sea recomendada (sobre todo en volcanes de tipo hawaiano).

Aviso a la población de que debe estar preparada para una eventual e inmediata evacuación, itinerarios y orden de urgencia de evacuación según los lugares y las condiciones del momento, llegando a conocimiento de los interesados por vía de anuncios, radios, bandos públicos, prensa, etc. Movilización de todos los medios de publicidad y privados de desplazamiento (autocares, automóviles, trenes, caballos, etc.).

Organización de centros de refugio en caso de evacuación (alojamiento en viviendas, barracas, campamentos, etc.), aprovisionamiento de víveres y de productos farmacéuticos en los centros de refugio.

Organización de paracaidismo para los víveres y los productos farmacéuticos en la eventual zona bloqueada.

Preparación de la eventual evacuación de servicios dependientes de la autoridad administrativa (una delegación de la autoridad deberá llegar la primera a los centros de agrupación, y otra será la última en dejar la zona a evacuar). Puesta en marcha del servicio de enlace entre las zonas a evacuar, los principales puntos de pasos sobre los itinerarios de evacuación y los centros de agrupación (si es posible por radio, mejor que por teléfono o telégrafo de campaña, eventualmente por correo).

Puesta a la disposición del servicio vulcanológico de todos los medios en hombres y en materiales que puedan dar lugar a una vigilancia cuidadosa.

c) *Comentarios:* La puesta a punto de la fase de alerta es capital por una razón psicológica y por una razón presupuestaria. Dados los gastos, generalmente enormes, causados por una evacuación, el jefe del servicio vulcanológico, así como el representante de la autoridad, no pueden tratar de aconsejar y de dar esta orden de evacuación hasta que estén seguros de que va a tener lugar la erupción. Se conoce de muchos volcanes que no hay signos precursores de certidumbre absoluta: el magma que se aproxima peligrosamente a la superficie, puede no alcanzar la erupción.

No obstante, será extremadamente desafortunado esperar al último momento, que puede ser muy tardío para preparar la evacuación. La alerta permite esta preparación sin gastos exagerados hasta en el caso de que no sea seguido un orden de evacuación, pero ello garantiza que una vez dada esta orden, algunas horas sean suficientes para la ejecución completa.

Importa mucho, para evitar el alojamiento de la población, que estos principios hayan sido perfectamente bien explicados y comprendidos por los interesados. Alerta no quiere decir necesariamente evacuación, y constituye solamente una garantía de seguridad. No obstante, en el caso de que la inminencia de una erupción se muestre casi instantánea, no se puede distinguir esta fase de alerta de la fase de evacuación, tanto más, si su duración es extremadamente breve.

III. Fase de evacuación

a) *Papel del servicio vulcanológico:* Avisos dados a la autoridad administrativa del carácter inminente del peligro, precisando tanto como se pueda su naturaleza probable (tanto en la fase de alerta, pues sin duda como útiles complementarios de información).

Continuación de la vigilancia del volcán (como en la fase de alerta).

Evacuación inmediata de la estación central y de las estaciones auxiliares a la estación de réplica a los laboratorios subterráneos (bien entendido, en el caso en que se ha admitido que las estaciones centrales y auxiliares se encuentran en zonas peligrosas). De todas maneras, importa que la vigilancia y registro se mantengan sin discontinuidades hasta el caso de fuerza mayor absoluta.

Proseguir el enlace permanente de la autoridad administrativa, cualquiera que sea su localización (partida, durante la evacuación, después de su llegada al centro de réplica).

b) *Papel de la autoridad administrativa:* Puesta en ejecución inmediata del plan de evacuación, por escalones sucesivos, conforme a la densidad de las zonas peligrosas confirmadas por el servicio vulcanológico y según los itinerarios impuestos.

Puesta en práctica de los dispositivos de seguridad de la policía, de la armada y de los servicios sanitarios, que deben ser los últimos, y controlar la finalización de la evacuación.

Eventual mantenimiento en las zonas evacuadas de un pequeño elemento de vigilancia (para evitar el pillaje de los bienes no destruidos por la erupción).

c) *Comentarios:* Si los planes de evacuación fuesen impuestos a punto y la población debidamente advertida de la fase de alerta, la evacuación propiamente dicha no debe ser problema verdadero; deberá ser siempre ejecutada en algunas horas después de la orden de ejecución. Importa, sobre todo, insistir en que esta orden sea muy rápidamente conocida, gracias a una señal de anuncio después de la fase de alerta (radios, sirenas, toques de cañón, tam-tam, señales luminosas, cohetes, etc.).

IV. Fase de vigilancia y control de la erupción

a) *Papel del servicio vulcanológico:* Observación de los caracteres y del desarrollo de los fenómenos eruptivos con el objeto de conocer el dinamismo del volcán y de sacar lecciones para los ciclos eruptivos posteriores.

Consejos para defensa activa si tiene lugar (bombardeos sobre el cráter o las coladas de lava, obras destinadas a la desviación de las coladas de lava o de barros fuera de las aglomeraciones importantes de las regiones agrícolas ricas, destrucción de presas accidentales sobre el curso del agua, dando lugar a la provocación de inundaciones graves por una ruptura tardía, etc.).

Si esto parece necesario, consejos para evacuaciones más importantes que han sido ya realizadas, en aplicación de escalones complementarios de plan previsto.

Continuar el enlace permanente con la autoridad administrativa.

b) *Papel de la autoridad administrativa:* Ejecución de las medidas de defensa activa preconizadas por el servicio vulcanológico. Eventualmente dirección de evacuaciones complementarias.

Vigilancia de las poblaciones evacuadas y lucha contra el retorno clandestino mientras que el peligro subsista.

Verificación del buen funcionamiento de todos los servicios, particularmente de avituallamiento y de la salud de conjunto de las zonas de réplica. Vigilar la moral de la población, teniendo muy exactamente al corriente de lo que pasa en las zonas evacuadas.

c) *Comentarios:* Bajo reserva de su funcionamiento normal, en esta fase todavía ningún problema verdadero se pone para el servicio vulcanológico y de la autoridad administrativa, si la erupción ha tenido lugar de la manera prevista y han seguido el tipo de dinamismo previsto. Si la erupción pasa en violencia a todas las previsiones, es evidente que medidas complementarias de este orden deben ser tomadas. No obstante, en el caso más delicado es en el que la marcha normal después de la evacuación no se produce de verdadera erupción (ver los comentarios para la fase de retorno y calma y del fin de alerta, que ofrecen las mismas dificultades, sobre todo psicológicas).

V. Fase de retorno a la calma y fin de la alerta

a) *Papel del servicio vulcanológico*: Advertencia dada a la autoridad administrativa del fin probable del peligro. Esta advertencia supone que todas las observaciones sobre el terreno y del laboratorio concuerdan para probar el retorno a la calma del volcán (disminución regular de microseísmos, derribos volcánicos, evolución de las fumarolas con disminución de temperatura y modificación de la química favorable, etc.). Supone así una encuesta confirmando la ausencia de gases tóxicos, de las aguas contaminadas en los pozos y fuentes, de resícuos vítreos como los cabellos de Pelé sobre los prados y pastizales que debe recuperar el ganado, etc.

Eventualmente, si un peligro atenuado subsiste, aconsejar un retorno parcial de la población (por ejemplo, personal necesario para los trabajos agrícolas urgentes solamente) y aconsejar esperar un aviso ulterior de certidumbre del fin del peligro del retorno integral.

b) *Papel de la autoridad administrativa*: Puesta en ejecución del plan de fin de alerta, sea en una vez (con retornos no obstante escalonados, para evitar el entorpecimiento de vías de comunicación), sea en varias veces en función de los consejos del servicio vulcanológico y de los del servicio sanitario, que igualmente será precedido de una encuesta previa (peligros de epidemia, en caso de mortalidad de hombres o de animales sorprendidos por la erupción y, sobre todo, destrozos de los edificios destruidos por los seísmos).

Como cuando la evacuación, destacamentos precursores de policía, de la armada y del servicio sanitario, así como una delegación de la autoridad, deben preceder al grueso de la población reintegrada y vigilar su reinstalación regular.

c) *Comentarios*: Esta fase de retorno a la calma y el fin de la alerta presenta al menos tantas dificultades como al principio de la alerta, sobre todo si no ha habido erupción. Igualmente, si la erupción se muestra (como es frecuente) de golpe casi imprevisible, alternancias de períodos paroxismales y de períodos de calma, es extremadamente delicado para el servicio vulcanológico reconocer la probabilidad de fin del peligro.

Un retorno prematuro puede ser catastrófico, mientras que un retorno muy diferido puede provocar un gran descontento de la población evacuada; la lucha contra los retornos clandestinos debe ser casi imposible.

El reconocimiento histórico de los «hábitos» de cada volcán, proporciona un papel esencial, a costa de las observaciones efectuadas directamente por el servicio vulcanológico, para orientar los consejos que puede suministrar y para motivar la decisión final de la autoridad administrativa.

III Congreso Internacional de Cibernética.

Patrocinada por la Asociación Internacional de Cibernética, se celebrará en Namur (Bélgica), del 11 al 15 de septiembre de 1961, el III Congreso Internacional de Cibernética.

Los trabajos que estarán comprendidos en las cinco secciones siguientes son:

- 1.º Los fundamentos y los métodos de la Cibernética.
- 2.º Las máquinas semánticas.
- 3.º La automatización: Aspectos técnicos.
- 4.º La automatización: Aspectos económicos y sociales.
- 5.º La Cibernética y la vida.

I Reunión Nacional de Geología.

Patrocinada por la Comisión Nacional de Geología, el Colegio Internacional de Ciencias Naturales y el Instituto de Geología Aplicada de la Universidad de Oviedo, se celebrará del 15 al 27 de julio de 1962 en Oviedo la I Reunión Nacional de Geología.

Los temas que se tratarán en la misma son:

- a) Estratigrafía, Petrología, Mineralogía y yacimientos minerales.
- b) Tectónica hercínica.
- c) Paleontología.
- d) Morfología.

Comité del Neógeno Mediterráneo.

Por acuerdo tomado en la Reunión del Comité del Neógeno Mediterráneo celebrado en Viena en julio de 1959, ratificado en el Congreso Geológico Internacional celebrado en Copenhague en agosto de 1960, tendrá lugar una Reunión del citado Comité en Sabadell y Madrid, del 10 al 20 de septiembre de 1961.

Simultáneamente, tendrá lugar una Reunión de la Unión Paleontológica Internacional, cuyas sesiones se celebrarán en Madrid.

La Reunión se iniciará en Sabadell, donde tendrán lugar varias sesiones científicas y excursiones de corta duración; se realizará luego una excursión general de Sabadell a Madrid, terminando la Reunión en Madrid. A continuación está prevista una excursión facultativa a Levante.

Trabajos de la Reunión del Neógeno Mediterráneo.

- A) Problemas estratigráficos de interés general.
 - 1.º Situación del Aquitaniense en relación con el Neógeno.
 - 2.º Límite entre el Mioceno y Plioceno marinos. Se discutirá la proposición sobre el establecimiento del piso denominado «Messiniense».
 - 3.º Problema de las correlaciones estratigráficas entre cuencas continentales del Mioceno.
 - 4.º Transgresiones miocenas en relación con las formaciones continentales.
- B) Problemas paleontológicos (Unión Paleontológica Internacional).
 - 1.º Evolución de ciertos grupos zoológicos marinos a lo largo del Neógeno y su interés estratigráfico: Foraminíferos (ciertas familias o géneros); Moluscos (Pectínidos, Ostreidos, etc.).
 - 2.º Encuesta sobre la repartición cronológica y estratigráfica del género *Hipparion*.
- C) Posición en la escala estratigráfica del Neógeno de los diferentes países representados.
- D) Otros temas de interés general sobre el Neógeno.

Nueva central geotérmica.

Hace algo más de un siglo descubrió un cazador de osos pardos en el norte de California un angosto cañón, donde de la tierra salían chorros de vapor.

La *Pacific Gas & Electric Company* ha construido en el cañón una central de aprovechamiento, que utiliza el vapor que surge de la tierra como fuente de fuerza motriz para la generación de energía eléctrica.

La nueva central es la única geotermo-eléctrica del continente americano y la primera de este tipo financiada por una empresa privada para atender a las demandas de energía de sus abonados.

Las fumarolas suministran el vapor suficiente para generar 12.500 kilovatios de energía eléctrica. La nueva central, pequeña y sencilla, funciona automáticamente. Como no necesita calderas para la producción de vapor, precisa solamente de una pequeña edificación destinada a las turbinas. Como es natural, se complementa con las convencionales torres de refrigeración, la estación transformadora, y el tendido de conexión con la subestación de la Compañía a unos cuantos kilómetros de distancia.

El funcionamiento de la central es extraordinariamente satisfactorio, y con un rendimiento técnico de producción excelente. En razón de estos resultados, la misma compañía tiene en marcha, para aumentar la capacidad de la central, la perforación de pozos de vapor adicionales.

Se están estudiando las posibilidades de aprovechamiento de las posibles fumarolas existentes en otras regiones de los Estados Unidos, con vistas a su explotación para centrales geotérmicas.

Las ventajas económicas del aprovechamiento de los recursos geotérmicos son inapreciables en aquellas zonas del mundo donde el coste de los combustibles convencionales son prohibitivos a los efectos de las explotaciones productoras de energía eléctrica.

Prórroga de reserva a favor del Estado de minerales de niobio y tántalo en las provincias de Orense y Pontevedra.

Por Orden de 6 de julio de 1960 se ha resuelto:

1.º Prorrogar por dos años, a partir del 15 de julio en curso, la reserva provisional a favor del Estado de minerales de niobio y tántalo en las zonas que se expresan:

Zona «C» de la provincia de Orense, cuya designación fue la siguiente: Extensión superficial, 60.800 hectáreas; se partirá del punto 4º 27' 43" O., 41º 59' 10" N., donde el eje del río Acevedo corta a la frontera portuguesa. Se continuará con los vértices de Quintana, 1.163 m., 4º 29' 55" O., 41º 55' 35" N.; Lorios, 406 m., 4º 23' 50" O., 41º 54' 15" N., y Leires, 502 m., 4º 19' 50" O., 41º 56' 10" N.; Fuente Santa, 1.088 m., 4º 15' 20" O., 43º 3' 50" N.; San Tomé, 1.071 m., 4º 13' 40" O., 41º 13' 30" O., 41º 58' 55" N.; Couto, 973 m., 4º 8' 10" O., 42º 0' 5" N.; Moreiras, 632 m., 3º 59' 5" O., 42º 1' 5" N.; Ginzo, 4º 2' 25" O., 42º 3' 45" N., y vértice de Saa, Iglesia de San Juan, 4º 6' 10" O., 42º 5' 30" N.; Rodela, 502 m., 4º 13' 30" O., 42º 12' 10" N., y Torre de la Iglesia de San Juan de Louredo, 327., 4º 27' 25" O., 42º 13' 20" N.; finalmente, el mojón provincial de Orense y Pontevedra, situado en la carretera comarcal de Ginzo y Villagarcía de Arosa, N. 531 m., 4º 30' 5" O., 42º 12' 50" N. Se cerrará el perímetro por el límite provincial de Orense y Pontevedra y frontera portuguesa hasta el punto de partida.

Zona «C» de la provincia de Pontevedra, cuya designación fue la siguiente: La super-

ficie de esta zona es de 18.400 hectáreas, y su perímetro parte del mojón provincial de Orense-Pontevedra, situado en la carretera de Puente de las Poldras a Pontevedra, 4º 30' 50" O. y 42º 12' 50" N., desde cuyo punto se trazará una recta hasta el mojón provincial de Orense-Pontevedra, situado en la carretera general de Villacastín a Vigo, 4º 32' 50" O. y 42º 14' 10" N.; este punto se unirá a su vez con una recta hasta la iglesia de San Salvador, de Maceira, 4º 39' 45" O. y 42º 15' 55" N.; este punto se unirá con el vértice geográfico de Odrago (592 m.), 4º 40' 05" N., y éste a su vez con la desembocadura del río Cea en el Miño, 4º 38' 10" O. y 42º 06' 05" N., siguiéndose después la demarcación por la frontera portuguesa y río Miño aguas arriba hasta la línea divisoria de las provincias de Orense y Pontevedra, que es el punto de partida. La línea divisoria de las provincias de Orense-Pontevedra es común con la reserva «C» de la provincia de Orense.

2.º Levantar las reservas en las restantes zonas, pudiendo, por tanto, solicitarse con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en los perímetros liberados.

3.º Dejar sin efecto las condiciones especiales que con motivo de la reserva aludida se hubieran impuesto a los permisos de investigación y a las concesiones de explotación concedidas dentro de las zonas liberadas, manteniéndose en las zonas «C» de ambas provincias.

Orden por la que se levanta la reserva de tántalo y niobio en la provincia de La Coruña.

Por Orden del Ministerio de Industria de 5 de diciembre de 1960, se ha resuelto:

1.º Levantar las reservas para minerales de tántalo y niobio, establecidas a favor del Estado por Ordenes ministeriales de 26 de junio y 24 de noviembre de 1958 en la provincia de La Coruña, que corresponden a la zona segunda y zona primera, respectivamente, de la reserva inicial acordada por Orden ministerial de 3 de diciembre de 1947, con lo que quedan íntegramente liberadas las zonas que se expresan en la citada Orden, pudiendo por tanto solicitarse, con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en sus perímetros.

2.º Dejar sin efecto las condiciones especiales que con motivo de las reservas aludidas se hubieran impuesto a los permisos de investigación y a las concesiones de explotación concedidas dentro de las zonas afectadas.

Orden por la que se levanta la reserva de yacimientos de carbón en determinada zona de la provincia de Ciudad Real.

Por Orden del Ministerio de Industria de 14 de octubre de 1960, se ha resuelto:

Levantar la reserva provisional a favor del Estado establecida por Orden ministerial de 9 de mayo de 1952, de los yacimientos de carbón existentes en la zona que partiendo del centro del umbral de la Casa Consistorial de Ciudad Real, se dirigirá una recta al centro del umbral del Ayuntamiento de Fuente del Fresno; desde aquí y en línea recta se unirá con el umbral de la Casa Consistorial de Alcázar de San Juan; desde aquí se unirá con el centro del umbral del Ayuntamiento de Pedro Muñoz; desde aquí con una recta que se unirá con el centro del Ayuntamiento de Socuéllamos; desde este punto se unirá con el centro del umbral del Ayuntamiento de Ruidera; desde aquí, y en línea recta, con el centro del Ayuntamiento de Villanueva de los Infantes; desde este punto se trazará una recta con el centro del umbral de la Casa Consistorial de Alcubillas; desde aquí con el centro del umbral de la Casa Consistorial de Valdepeñas; desde aquí, y en línea recta, con el umbral del Ayuntamiento de Calzada; desde este punto, y en línea recta, con el umbral del Ayun-

tamiento de Aldea del Rey; desde este punto con el umbral del Ayuntamiento de Graná-tula; desde este punto con el centro del umbral del Ayuntamiento de Moral; desde este punto con el del umbral del Ayuntamiento de Almagro, y desde este punto con el centro del umbral del Ayuntamiento de Ciudad Real, quedando así cerrado el perímetro que se libera; pudiendo, por tanto, solicitarse con arreglo a la legislación vigente permisos de investigación y concesiones de explotación.

Dejar sin efecto las condiciones especiales que con motivo de la reserva aludida se hubiese impuesto a los permisos de investigación y a las concesiones de explotación concedidas dentro de la zona afectada.

Orden por la que se levanta la reserva de yacimientos de yeso en determinada zona comprendida en las provincias de Zaragoza y Teruel.

Por Orden del Ministerio de Industria de 5 de diciembre de 1960, se ha resuelto:

Levantar la reserva provisional a favor del Estado acordada por Orden ministerial de 27 de julio de 1945, de yacimientos de yeso existentes en la zona comprendida en el polígono formado por las líneas que unen sucesivamente los centros de umbrales de las puertas principales de entrada a las Casas Consistoriales de Zaragoza, Muel, Belchite, Montalbán, Castellote, Valderrobles, Caspe, Peñalba, Pina, y otra vez Zaragoza, para cerrar el polígono que abarca terrenos en las provincias de Zaragoza y Teruel, quedando, por tanto, liberado el perímetro que se describe.

Orden sobre prórroga de reserva en la provincia de Almería

Por Orden del Ministerio de Industria del 8 de febrero de 1961, se dispone la prórroga de la reserva a favor del Estado de los yacimientos de hierro, plomo, cinc, plata y bario en determinada zona de la provincia de Almería, en los propios términos que se indicaban en la Orden de 20 de enero de 1958, que establecía la misma.

Esta prórroga entrará en vigor a partir de la fecha del vencimiento de la concedida Orden de 6 de febrero de 1960, teniendo validez por dos años, salvo que antes de este plazo haya sido prorrogada nuevamente en forma explícita o transformada en reserva definitiva.

Reserva definitiva en la isla de Mallorca (Balears).

Por Orden del Ministerio de Industria de 11 de febrero, se ha resuelto reservar definitivamente a favor del Estado, para yacimientos de carbón, las áreas comprendidas en los polígonos siguientes:

Area 1.ª Iglesia parroquial de Selva.—En dirección Norte, 0,5 kms. En dirección Oeste, 2 kms. En dirección Sur, 2 kms. En dirección Este, 2 kms., y en dirección Norte, 1,5 kms. hasta llegar a cerrar el perímetro en la iglesia parroquial de Selva.

Area 2.ª Iglesia parroquial de Benisalem.—En dirección Oeste, 1 km. En dirección Norte, 3 kms. En dirección Este, 2 kms. En dirección Sur, 3 kms., y en dirección Oeste, 1 km. hasta llegar a cerrar el perímetro en la iglesia parroquial de Benisalem.

Se levanta el resto de la reserva establecida por la Orden ministerial de 1.º de marzo de 1955, pudiendo por tanto solicitarse con arreglo a la legislación vigente permisos de investigación y concesiones de explotación en el perímetro que se libera.

Se dejan sin efecto las condiciones especiales que con motivo de la reserva aludida se hubiesen impuesto a los permisos de investigación y a las concesiones de explotación concedidas en la zona liberada.

Reserva definitiva de la zona comprendida por el término municipal de Campillo.

Por Orden del Ministerio de Industria de 31 de enero se reserva definitivamente a favor del Estado, para toda clase de minerales, excluidos hidrocarburos líquidos y gaseosos y pizarras bituminosas, en la zona comprendida en el término municipal de Campillo, de la provincia de Huelva.

Se levantan las reservas dispuestas por Orden ministerial de 28 de marzo de 1957 en los términos municipales de La Palma del Condado, Villarrasa, Manzanilla, Villalba de Alcor, Chucena y Bollullos del Condado; Santa Bárbara de la Casa, Paymogo, Puebla de Guzmán, El Almendro, El Granada, Sanlúcar de Gadiana, Sanlúcar de los Castillejos, San Silvestre de Guzmán, Ayamonte, Isla Cristina, Villablanca, Lepe, Cartaya, San Bartolomé de la Torre, Gibraleón, Aljaraque, Huelva, Palos de la Frontera, Moguer, San Juan del Puerto, Trigueros, Beas, Chucena del Puerto, Bonares, Niebla, Rocina, Paterna del Campo, Escacena, Castilleja del Campo y El Madroño, con lo que quedan liberadas las zonas comprendidas por los expresados términos municipales, pudiendo por tanto solicitarse con arreglo a la legislación vigente permisos de investigación y concesiones de explotación en el perímetro que se libera.

Se dejan sin efecto las condiciones especiales que motivaron las reservas aludidas impuestas a los permisos de investigación y a las concesiones de explotación derivadas de los citados permisos dentro de las zonas liberadas.

Reserva definitiva en términos de las provincias de Huelva y Sevilla.

Por Orden del Ministerio de Industria de 31 de enero de 1961, se levanta la reserva definitiva a favor del Estado de los yacimientos de piritas de hierro y ferrocobrizas, dispuesta en 10 de febrero de 1945, únicamente en los términos municipales de Aracena, Higuera de la Sierra, La Granada, Minas de Río Tinto, Nerva y Berrocal, de la provincia de Huelva, y Castillo de las Guardas de la de Sevilla, con lo que queda liberada la zona comprendida por los expresados términos municipales, pudiendo, por tanto, solicitarse con arreglo a la legislación vigente permisos de investigación y concesiones de explotación en el perímetro que se libera, conservándose la reserva definitiva en el resto de los términos municipales que se expresan en la mencionada Orden.

También se dejan sin efecto las condiciones especiales que con motivo de la reserva aludida se hubieran impuesto a los permisos de investigación y a las concesiones de explotación concedidas dentro de la zona liberada.

Notas bibliográficas

ASTROFISICA

PECKER, J. C. y SCHATZMAN, E.: *Astrophysique générale*, Masson & Cie, 756 págs. París, 1960.

Grandes observatorios, satélites artificiales, observaciones a partir de los cohetes, son hoy día la preocupación de la vanguardia de los científicos, que se dedican a la Astronomía. Un estudio de todos estos temas desde un punto de vista astrofísico, era necesario.

La astrofísica es un verdadero conjunto de ciencias: óptica, espectroscopia, electrodinámica, dinámica de fluidos, física de sólidos. Por otra parte, cada noción específica, estrellas, sistema de estrellas, materia interestelar, nebulosas, galaxias, pueden ser abordados desde diversos puntos de vista: edad de la materia, propiedades microscópicas, propiedades de grupo. En esta complejidad de materias científicas, los autores han preparado un libro que lo ponga al alcance de todos.

Comienza la obra por una introducción matemática y física, reuniendo de manera muy condensada un cierto número de resultados y de métodos, los cuales se utilizan continuamente en los temas astrofísicos. Los instrumentos de la Astronomía y de la Astrofísica son objeto de segunda parte, en la cual se describen ciertos instrumentos de la Astronomía de posición y los datos sobre los movimientos estelares considerados como una esencia elemental de la Astrofísica. La tercera parte describe las propiedades de las estrellas normales y las estrellas anormales y da los desarrollos teóricos más importantes para comprender el mecanismo de formación de espectros estelares y la estructura interna de las estrellas. La cuarta parte es consagrada a la Astronomía estelar (cinemática, dinámica del sistema de estrellas, galaxias), y la materia interestelar. Un capítulo trata en síntesis de los problemas de la evolución. La quinta parte trata del sol, de la actividad solar y de los objetos del sistema solar.

La Astrofísica es una ciencia que se desarrolla rápidamente. Resultados nuevos se obtienen cada año, y es necesario estar continuamente estudiando para estar al día en ella.

La primera parte se titula «Nociones físicas fundamentales», y trata del fundamento de la estadística. Cuestiones de mecánica y de hidrodinámica. Nociones de espectroscopia. Problemas de interacciones entre materia y radiación.

La segunda «Instrumentos, Métodos de Observación»: Las limitaciones de las observaciones astronómicas. Fotometría. Análisis espectrales, espectrofotometría. La formación de la imagen objetiva. Accesorios, montura y movimientos de instrumentos astronómicos. Algunos instrumentos importantes de la astronomía moderna.

La tercera «Propiedades científicas de las estrellas»: La clasificación empírica de los espectros estelares. La interpretación de espectros estelares por la teoría atmosférica. La medida de distancias estelares y sus brillos absolutos. Estrellas dobles, radiaciones, estrellas variables, novas, espectros particulares. Estructura interna de las estrellas.

La cuarta «Los sistemas de estrellas»: Estructura de la galaxia. Cinemática estelar. Problemas de evolución. La materia interestelar. Las nebulosas extragalácticas.

La quinta «Sol y el sistema solar»: El Sol, estrella G2 V típica. La actividad solar, los centros activos. La actividad solar y los fenómenos terrestres. Los planetas.—L. DE A.

CARTOGRAFIA

CANDEL VILA, RAFAEL: *Cartografía* (Separata de la Enciclopedia Labor, vol. IV, «El Hombre y la Tierra»), 62 págs., 64 figs., fotografías, dibujos, mapas y láminas en negro y en color. Ed. Labor, S. A., Barcelona, 1960.

Precede una introducción histórica con referencias a las culturas más antiguas, como la de los pueblos precolombianos, los chinos, etc., continuando con la antigüedad clásica, la alta Edad Media, los árabes, todo con un contenido del mayor interés. Al ocuparse de las cartas náuticas primitivas, trata de que a mediados del siglo X, marinos musulmanes del Indico navegaban con portulanos y con cartas náuticas incipientes, que ellos mismos mejoraron notablemente. Alude, también, al uso secreto de la brújula, que no mencionan hasta el siglo XIII. Se ocupa después de las primeras cartas náuticas europeas, con datos interesantes sobre los cartógrafos mallorquines y catalanes, con la influencia de Ramón Llull; mapa de Gabriel de Vallseca, etc.

Pasa a la cartografía del Renacimiento, con los primeros fundamentos científicos en la fijación del rumbo; distancias en la navegación; longitudes y latitudes, dedicando un título especial a los cartógrafos célebres de esta época, y finalizando con el estudio de la aparición de la cartografía industrial. Al tratar de cada uno de estos puntos, se hace resaltar la influencia ejercida por los sabios y navegantes españoles.

Después se ocupa de la Geodesia y de la Topografía, haciendo historia de las mediciones de arcos de meridiano, formación de las primeras cartas, mapas napoleónicos, etc. Bajo el epígrafe «Presencia española», habla de nuestra intervención en este notable periodo histórico y alude a la colaboración de los misioneros en el conocimiento de la cartografía de nuestros vastos territorios de ultramar; jesuitas, montando observatorios astronómicos en todos nuestros dominios; a José Antonio Cavanilles, con sus recorridos peninsulares; a Jorge Juan, Antonio Ulloa y Vicente Maldonado, midiendo el cuadrante del meridiano terrestre en el Perú; y a otros ilustres compatriotas más. Se termina con la gran obra del general Carlos Ibáñez y el mapa topográfico nacional a escala 1:50.000 y los mapas que le han seguido.

La segunda parte de la obra que estamos reseñando está dedicada a la «Representación de la superficie terrestre». Parte de las bases geométricas de las proyecciones, de los distintos sistemas de estas (verdaderas, convencionales, cilíndrica, cónicas, etc.) proyecciones policónicas y poliédricas; globos terrestres, etc., sobre todo lo cual sería ocioso insistir en este lugar.

La tercera parte está dedicada a la «Confección de los mapas», empezando por los levantamientos regulares, de exploración, fotogramétricos, etc., describiendo los procedimientos y los aparatos especiales indicados para cada procedimiento. Trata, igualmente, de la fotogrametría terrestre y de la aerofotogrametría, con sus instrumentos y técnicas especiales.

El libro termina con el capítulo titulado «¿Qué nos enseñan los mapas?», feliz remate del mayor interés, porque se habla de la interpretación de los mapas, su lectura topográfica, dibujo de los bloques diagramas, mapas en relieve, etc., con sendas explicaciones de suma utilidad.

El volumen está bellamente impreso, con muchísimas fotografías, dibujos, mapas y láminas en color y en negro, magistralmente ordenado y escrito por el doctor Candel, y digno de la Editorial Labor.—V. S. B.

CRIADEROS

MOREAU, M.: *Cycles uraníferos et Thoríferos a Madagascar (1960)*, CEA, 1965.

En Madagascar, el primer ciclo uranífero y torífero bien caracterizado, se sitúa alrededor de 500 m. de a.

El torio y el uranio, se concentran preferentemente en las zonas graníticas y carnotíticas bajo la forma de monacita, apatita o circon.

Hacia el fin del Precambriano, se producen granitizaciones metasomáticas, sobre todo en las zonas anticlinales (tipo Andriba u ortita).

Al fin de esta granitización se simultanea la formación de los principales campos pegmatíticos de la Ile o neobiotantalatos uraníferos, uranitita y berilio, que se desarrollan preferentemente en las series sinclinales poco o nada migmatizadas.

En esta misma época se individualiza en el seno de las series calcomagnésicas del sur de Ile, una provincia uranífera y torífera importante, destrozada por el desarrollo de la uranotorianita.

La erosión del zócalo, posterior, en los sedimentos detríticos de Karroo, da grandes cantidades de monacita que fueron recicladas y concentradas por las incursiones marinas sucesivas hasta la época actual.

En la base del Isalo medio, en la región de Fokara, aparece una mineralización uranífera en relación directa con los medios reductores lagunares, caracterizadas por las turbas y lignitos.

Señalamos el uranio depositado en el Pleistoceno en las formaciones arcillo-turbosas del lacustre de Antsirabé en el contacto del zócalo.—L. DE A.

GEODESIA

B. V. SOEIRO DE BRITO, JOAQUÍN: *Estudo do Sistema Tellurometer*, «Ministerio de Ultramar», 144 págs., Lisboa, 1958.

Esta obra está destinada a la utilización del tellurómetro, y proporciona una teoría del instrumento. En la primera parte se estudian los hechos más importantes desde la propagación de las ondas electromagnéticas, y en particular, de la propagación troposférica. Los factores que intervienen están agrupados en dos categorías: factores internos, que dependen del material utilizado, y los factores externos, que dependen del medio con que se efectúa la propagación. El autor describe los fenómenos de reflexión, de refracción y de difracción, que tienen una gran importancia en la precisión de las medidas. Son igualmente destacados algunos factores meteorológicos que influyen sobre la propagación. La segunda parte de la obra da una teoría del instrumento y de las correcciones a aplicar a la distancia medida para obtener la distancia geodésica entre las extremidades de la base de medida. Se establecen las relaciones fundamentales de la modulación de la frecuencia y estudian los fenómenos constantes en la recepción simultánea de las ondas moduladas, que sirven de base al sistema. También se trata de las relaciones existentes entre la distancia medida y las indicaciones del aparato. El autor describe las precauciones a tomar para eliminar los errores internos y externos. Las correcciones instrumentales y las correcciones de propagación son analizadas, y por último, en un anexo se exponen los métodos de determinación barométricos de las altitudes, ya que las altitudes de las estaciones son un elemento muy importante para la utilización del sistema.—L. F.

URMAIEW, N.: *Sphäroidische Geodäsie*, VEB, «Verlag Technik», 210 págs, Berlín, 1958.

Esta obra es la traducción del alemán del original publicado en ruso en 1955 en Moscú. Da las fórmulas de cálculo utilizadas en la URSS. para los trabajos geodésicos sobre el elipsoide de Kraswsky, tal como fueron establecidas por el autor, Profesor Isotov y algunos otros especialistas.

En el primero de sus capítulos, se estudia el esferoide terrestre, y los elementos fundamentales, dimensiones, notaciones, así como la definición de los elementos geográficos de las funciones fundamentales, etc. El capítulo segundo se destina a las líneas geodésicas, la curva geodésica, la integración del arco y la representación sobre una esfera. El tercero trata de las secciones normales y los triángulos esféricos: fórmulas fundamentales, corrección de líneas geodésicas y altitud y teoremas de Legendre. El capítulo cuarto trata del cálculo de las coordenadas geodésicas; desarrollo en serie en función del arco y resolución de los problemas fundamentales de cálculo geodésico en el caso de cálculo de coordenadas geodésicas; desarrollo en serie en función del arco y resolución de los problemas fundamentales del cálculo geodésico en caso de cortes y grandes distancias. El capítulo quinto da las fórmulas diferenciales para la variación de las coordenadas de extremidades de una línea geodésica en función de la variación de las extremidades o de los elementos de definición. El último capítulo está destinado a coordenadas rectangulares. Se encuentran consideraciones generales sobre la representación conforme. La proyección de Gauss-Krüger y las fórmulas de Krasowsky-Isotov, también se presentan en la obra.—L. F.

GEOGRAFIA

SCHMIDT, WALTHER: *Geografía económica*. Traducción y notas de José María Esteve. Separata de la Enciclopedia Labor, vol. IX, «La Sociedad-El Pensamiento-Dios». Editorial Labor, S. A., Barcelona.

En la introducción del libro se hace en primer lugar, una sinopsis de las regiones económicas de la Tierra, basándose en los determinantes geográficos-climáticos y sistematizando las producciones naturales y las industriales.

Después, ya en el cuerpo de la obra, se trata, en capítulos independientes, de la Geografía de las substancias alimenticias; Geografía de las plantas y animales de importancia industrial; y de la Geografía minera. Esta tercera parte es la más extensa del libro, y la de más interés para nosotros en este lugar.

Comprende varias partes, que son: Las fuentes de energía (petróleo, carbón, agua, uranio). Los minerales relacionados con la economía siderúrgica (hierro, acero, metales aleables al acero). Los metales pesados (cobre, estaño, plomo, cinc, cadmio). Los metales ligeros (aluminio, magnesio). Los metales nobles (oro, plata, platino, mercurio). Las piedras preciosas (diamante, corindón, rubí, zafiro, berilos, ópalos, topacios). Las piedras de aplicación práctica (granito, pórfidos, pómez). Las materias terrestres (cretas, cementos, hormigones, materias de cerámicas). Minerales fertilizantes (abonos cálcicos, fosfatados, nitrogenados, potásicos). Y minerales relacionados con la industria alimenticia (sal marina, sal de origen terrestre).

Cada una de estas materias está cuidadosamente tratada por separado, haciendo, primeramente, historia de ellas y, después, estudiando los distintos espacios de mundo donde se hallan localizadas, indicando particularidades y diferencias, señalando los correspondientes índices estadísticos de producciones mundiales por países y por años.

Los datos numéricos son abundantísimos, tomados de las últimas estadísticas. Son igual-

mente numerosos los gráficos comparativos de producciones y particularidades industriales. En todos los casos se acompañan mapas mundiales, o parciales, en negro y en color, haciendo resaltar los centros de producción y sus relaciones con las riquezas, tonelajes, transportes, etc. La parte gráfica de fotografías se abundantísima, con excelente figuras y datos documentales.

Las noticias sobre España figuran en todos los puntos que se tratan, tanto en el texto, en los cuadros de producciones, como en la parte gráfica, acompañando fotografías de localidades y centros españoles, aspecto de gran interés para el lector de nuestra habla.

La edición es insuperable, manteniéndose en las mismas condiciones de los volúmenes precedentes, formato, papel y grabados, tradicional en Labor.

El libro está acertadamente escogido por el autor de la traducción y la editorial. Además, ha sido notablemente mejorado con los numerosísimos datos que se han aportado y la profusión de figuras de interés nacional que se han añadido. Merecen pácemes el autor de la traducción y sus colaboradores que han logrado ofrecer una obra de gran interés general y, sobre todo, indispensable para ser consultada.—V. S. B.

CÓMOS DE CANDEL, JOAQUINA: *Historia de los descubrimientos geográficos* (Separata de la Enciclopedia Labor, vol. 5 (Segunda parte). «El Hombre a través del tiempo»), págs. 777 a 872. Editorial Labor, S. A. Barcelona, 1960.

Se parte del estudio del conocimiento del mundo antiguo, exploraciones más antiguas; incursiones de fenicios y de cartagineses; periplos famosos y expansión del imperio romano. De los tiempos medievales refiere los viajes de los musulmanes, de los judíos y de los cristianos con las peregrinaciones a Tierra Santa y las Cruzadas, pasando después a los albores de la Era de los descubrimientos, indicando como preámbulo las rutas terrestres y marítimas conocidas, las exploraciones de los portugueses y el gran periplo de Vasco de Gama, posterior al descubrimiento de América, pero citado en este lugar porque cierra el ciclo de las expediciones iniciadas por el infante D. Enrique.

El descubrimiento del Nuevo Mundo es objeto de un capítulo especial, precedido de un preámbulo con estudio de las expediciones de los normandos (vikings); de los vascos llegando hasta Terra-Nova, de los portugueses, etc., extendiéndose en consideraciones sobre los descubrimientos precolombianos. Trata de Colón, de su compleja personalidad, de sus viajes, etc.; los errores de Colón en el problema de la determinación de la longitud geográfica; la llamada línea Tordesilla, y la aparición del nombre América.

El libro entra en una copiosa información sobre todos los descubrimientos posteriores en las llamadas Américas: conquistas, guerras, exploraciones, aportaciones de los navegantes, cartografías, libros, etc., que pasamos por alto sin relatar.

En el capítulo V se trata de la vuelta al mundo por Magallanes-Elcano y todas las exploraciones del Pacífico; y el capítulo VI de las exploraciones del continente asiático y del Extremo Oriente, ambos sumamente sugestivos porque muestran el avance del hombre en los conocimientos de los confines del mundo.

El capítulo VII trata de los grandes viajes científicos del siglo XVIII. Es la época en que se pasa a expediciones cuidadosamente preparadas, no de gentes valerosas, mercaderes, buscadores de oro, sino a marinos profesionales y a científicos. Es la época de los grandes españoles Jorge Juan, Antonio Ulloa y Malaspina. Bastará enumerar algunos títulos para darse cuenta de la importancia del contenido. Así: Expedición a la Laponia y al Perú para la medida de un arco de meridiano. El periplo de Bouganville. Viajes de James Cook, La Perouse, penetración española en América del Norte y en el litoral nort-pacífico. Expedición de Malaspina, exploraciones de América del Sur y expedición de Humboldt. En todos

estos epígrafes surgen constantemente nombres de españoles, científicos ilustres en todas las ramas del saber, gloria de la ciencia patria y del acervo mundial.

Entra en la llamada Era Industrial, en la que las exploraciones se orientan hacia la busca de materias primas, y al mismo tiempo hacia la apertura de mercados para colocar los excesos de las producciones fabriles. Las comunicaciones son mucho más rápidas; en los países nuevos se tienden vías férreas y se enlaza con ellos por líneas regulares de navegación. Se abren canales: el de Suez y el de Panamá. De esta época son las exploraciones de África, que fueron poniendo al descubierto la Geografía de este continente. Es la época de Levigton, Stanley, Brazza, etc. Y la de los españoles que ya de antiguo frecuentaron y ocuparon el Norte, de los que se puede recordar Ramón Lull, Argüello, Juan del Prado, etc., a los que siguieron acciones políticas y militares decisivas, compatibles con otras de tipo exclusivamente científico.

A su vez, en el continente americano también tuvieron lugar exploraciones importantes hasta el interior del continente: California, Alaska, Canadá, Méjico, América Central y América Meridional. Del 1862 al 1865 data la famosa expedición al Pacífico, llevada a cabo por los naturalistas Paz, Almagro, Isern, Amor, Jiménez de la Espada y Martínez Sáez. Igualmente los descubrimientos de Asia llevados a cabo por los ingleses en la India, etc., y por los rusos en el norte asiático y en el Cáucaso y el Turquestán; todos descubrimientos muy fecundos. Pone punto en sus relatos, con la llegada a la cumbre del Everest en 1953, por Hillary y el serpa Tensing.

La parte final del libro está consagrada a enumerar las grandes expediciones marítimas más modernas; las expediciones a los países polares, a relatar la hazaña reciente del submarino «Nautilus»; a la ascensión atmosférica de Piccard llegando hasta los 16.000 m. de altura, y al descenso submarino del mismo profesor hasta los 3.150 m., utilizando en ambos casos medios adecuados especiales. Las últimas palabras están dedicadas al mundo extraterrestre.

La obra es de un interés muy grande. Pone de relieve el inmenso esfuerzo que ha tenido que realizar el hombre para poder conocer su propio planeta, poniendo valor, sacrificios, ciencia, heroísmo, y víctimas sin cuento.

Las ilustraciones son muchísimas, muy bien escogidas, con numerosos mapas en negro y en color.

La autora ha puesto a contribución todos sus vastos conocimientos en esta materia, y ha logrado una obra original de excepcional utilidad.—V. S. B

GEOLOGIA

COLCHEN, MICHEL: *Sur l'âge des formations carbonifères de Fresneda (Sierra de la Demanda. Province de Burgos, Espagne)*. C. R. Acad. Scien. Paris 5-12-1910. CCLI, número 23, págs. 2.743-45.

Como consecuencia de los estudios realizados por el autor, llega con el razonamiento que expresa a precisar las edades de las formaciones carboníferas de Fresneda (Westfaliense B y Westfaliense C), y, por otra parte, algunos detalles relativos a la paleogeografía del carbonífero Mesógeno en el Norte de la Península Ibérica.—L. F.

PEYRE, YVES: *La «série du Pedroso», série-type d'une zone paléogéographique dans le Jurassique des Cordillères Bétiques*. C. R. Acad. Scien. Paris, 31-10-1960. CCLI, número 18, págs. 1.883-85.

El fin de esta nota es la descripción de tres series estratigráficas y destacar sus particularidades. Una serie pertenece a la región de Estepa, la segunda entre Archidona y Rute, y la tercera al suroeste de Antequera, en el macizo del Valle de Abdalages, en el roquero de Castellones.

Entre las series septentrionales (Estepa) y meridionales (Castillones) algo parecidas, se intercala la de Pedroso bastante diferente, con las siguientes características esenciales: 1.ª) abundancia de formaciones margosas desde el Lías, todo a lo largo de los tiempos jurásicos; 2.ª) carencia de la facies «brecha falsa» en el Jurásico superior, y particularmente en el Tectónico.—L. F.

RAT, PIERRE: *Sur l'âge et la nature des couches de base du Wealdien dans la province de Santander et à ses abords (Espagne)*. C. R. Acad. Scien. Paris 14-11-1960. CCLI, número 20, págs. 2.207-9.

Las observaciones efectuadas en la Provincia de Santander permiten precisar la existencia en el «Wealdiense» cantábrico, de una serie lacustre o salobre intermedia entre el Calloviense marino y el Wealdiense s-s arenisco-arcilloso. Esta serie, así como el grupo inferior ya conocido en el Wealdiense de Burgos, puede ponerse en correlación aproximada con el Purbeckiano de Inglaterra y la Serpulita de Alemania.—L. F.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE: *La topographie et la géologie des profondeurs océaniques*. 313 págs. Paris 1959.

Esta obra da el texto completo de todas las comunicaciones que se presentaron al 83.º Coloquio Internacional de la C. N. R. S., organizado en Niza y en Villefranche-sur-Mer del 5 al 8 de mayo de 1958. Contiene un resumen de las discusiones a las que dieron lugar las comunicaciones. Se encuentran las comunicaciones sobre la estructura del Mediterráneo occidental de J. Bourcart, L. Solé Sabarís, L. Glangeaud, P. H. Kuenen, y los estudios de G. Castany, A. Segré y P. Muraor sobre la cuenca tirreniana y el estrecho siciliano. Exposiciones por H. Høltedhal, K. O. Emery y A. Guilhaud sobre las plataformas y bordes continentales de Noruega, de Labrador, de California y de Bretaña. La geología y los desplazamientos de los continentes son objeto de un estudio de B. C. Heezen; H. W. Menard trata de los zócalos aplastados alrededor de los archipiélagos oceánicos; R. S. Dietz desarrolla la hipótesis del impacto de asteroides como origen de cuencas oceánicas. Una exposición de T. F. Gaskell da referencias sobre resultados actuales de la estructura sísmica de grandes profundidades oceánicas. A. Cecchini describe el método y los aparatos de registros continuos de la conductividad eléctrica de los fondos del mar. La nomenclatura de las formas profundas de terrenos oceánicos, su representación cartográfica y los sondeos submarinos se tratan en las comunicaciones de L. Damiani y A. Gougenheim. Las cuestiones biológicas, hidrológicas y químicas se exponen por J. D. H. Wiseman, H. Mosby y S. Landregen. Las comunicaciones por J. Y. Cousteau y R. Perrimond-Trouchet son el tema de diversas técnicas de exploración submarina.—L. de A.

GEONUCLEONICA

M. HURLEY, PATRICK: *General geological importance of variations of radiogenic strontium 87*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. and Geoph. Mass. Ins. of Tech., pp. 1-5, 1.º diciembre 1960.

El hecho de existir una diferenciación magmática elemental entre los alcalinos y los calcoalcalinos, da lugar a un fuerte incremento de la relación Rb/Sr en la corteza terrestre respecto al manto. La separación entre el cabeza y fin de serie es más importante que en el caso de U-Th-Pb.

Este hecho da lugar al planteamiento de muchos problemas, referentes a la procedencia de una formación rocosa, si lo es de la corteza o del manto. Para su logro es fundamental el progreso en la precisión de los espectrógrafos de masas, que hoy discrimina con simple valoración las relaciones Sr^{87}/Sr^{86} de una roca, con un error menor de 0,1 por 100.—L. de A.

FAIRBAIRN, H. W.; HURLEY, P. M. y PINSON, W. H.: *Mineral and rock ages at sudbury-blind river, Ontario*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. Mass. Ins. of Tech., págs. 7-41, 1.º diciembre 1960.

Han determinado las edades de 83 rocas de 43 localidades, usando ambas técnicas K—Ar y Rb—Sr, casi todas ígneas y algunas sedimentarias. Forman estas edades una sucesión de 1.000 a 2.000 m. de a. Las de más edad son las rocas de Copper Cliff con 2.200 m. de a., que intruyen en la sección basal de unas potentes series concordantes metasedimentarias y volcánicas del S. E. de Sudbury. El granito de base de Quebec es de 2.050 m. de a. La mineralización del uranio de los sedimentos hercinianos la fijan en 1.700 m. de a. La irrupción de níquel es superior a los 1.700 m. de a. El Keveniano está representado por diques intrusivos de diabasa de olivina de 1.020 m. de a. y la orogenia Killarman tiene una edad de 950 m. de a.—L. de A.

HURLEY, P. M.; BROOKINS, D. G.; PINSON, W. H.; HART, S. R., y FAIRBAIRN, H. W.: *Age studies of illites in Mississippi and other river sediments*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. Mass. Ins. of Tech., págs. 43-71, 1.º diciembre 1960.

Como fuente de información de la génesis e historia de la illita en sedimentos recientes, es muy adecuada la relación A^{40}/K^{40} . Un estudio de los depósitos del delta del Mississippi en las fracciones arcillosas da edades de 166 m. de a. del río Mississippi a 650 m. de a. el Río Red. Esto sugiere que las fracciones final del Río Red fueron detritus más finamente fragmentados del mismo origen que las fracciones gruesas, pero que las fracciones finas del Río Mississippi fueron diluidas por sustancias con potasio recientes.

Los sedimentos detríticos del Mississippi contienen formaciones arcillosas menores en edad que las gruesas procedentes de los escudos paleozoicos, debido a la mezcla con illita monmorillonita de las formaciones cretáceas y triásicas del Este.—L. de A.

FAIRBAIRN, H. W.; HURLEY, P. M., y PINSON, W. H.: *The relation of discordant Rb—Sr whole-rock, mica and k-feldspar ages in an igneous rock to its time of crystallization and to the time of subsequent Sr^{87}/Sr^{86} metamorphism*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. Mass. Ins. of Tech., págs. 73-86, 1.º diciembre de 1960.

Interpretan discordancia de edades por Rb—Sr de ciertas muestras en las rocas ígneas de Sudbury de biotita y feldespato potásico. Si la roca ígnea es un sistema cerrado y una postrecristalización termal circunstancial interrumpe la acumulación de Sr^{87} en la biotita y el feldespato potásico, el análisis total de las rocas dará la edad verdadera, como si no hubiera diferenciación del Sr radiogénico, pudiendo ser la edad aparente de los dos minerales menor que la dada por la roca. La intersección en el diagrama de las tres líneas, da el tiempo del metamorfismo. En las muestras estudiadas llegan a la conclusión de dos posibles orogenias de 1.200 y 1.600 m. de a.—L. de A.

HART, S. R.: *I. Some diffusion measurements relating to the K—Ar dating method*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. Mass. Ins. of Tech., págs. 87-129, 1.º de diciembre 1960.

Mide el autor las pérdidas de argón por difusión en muscovita, hornablenda y piroxeno por medidas con el espectrógrafo de masas, del argón radiogénico natural desprendido durante el calentamiento isotérmico. Las pérdidas por difusión de Ar en un feldespato, son determinadas con un espectrógrafo de masas por un método radiactivo de Ar^{41} . Señala la diferencia entre los dos métodos y expone el límite adecuado para dataciones obtenidas por técnicas de compuestos del argón radiactivo. Establece la existencia de dos o más fases de argón en cada mineral. El radio efectivo de diferenciación del Ar en una hornablenda es una quinceava parte del tamaño físico del grano. El coeficiente del argón en una muscovita calentada bajo una presión de agua de un kilobar es menor que si se calentase en vacío a la misma temperatura.—L. de A.

HART, S. R.: *II. A study of mineral ages in a contact metamorphic zone*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. Mass. Ins. of Tech., págs. 131-154, 1.º de diciembre 1960.

Hizo el autor 24 determinaciones de edad de muestras de biotita, feldespato, hornablenda, roca completa y monacita en las zonas de contacto metamórfico de Laramide en el Front Range Colorado. Las discordancias en la edad, pueden ser causadas por la variación de la temperatura de la zona de contacto, la paragénesis mineral y las variaciones de composición en la biotita. Una baja energía de activación del Sr en la biotita y una elevada energía de activación del Ar en la hornoblenda, pueden ser deducidas por las curvas «edad aparente» con «distancia al contacto».—L. de A.

PICCIOTTO, E.: *Géochimie des éléments radioactifs dans l'océan et chronologie des sédiments océaniques*. «Ciel et Terre», núm. 3-4, Marzo-abril, 1960.

Hemos observado después de las dos últimas décadas, un desarrollo espectacular de los métodos geocronológicos radiactivos, sobre todo en el campo de la geología del precambriano. Este acontecimiento fue precedido de un período de preparación que duró cuarenta

años. Este brusco cambio es debido principalmente a dos razones: 1.ª) Al desarrollo de las técnicas en la química y en la espectrometría de masas. 2.ª) A una comprensión mejor de la geoquímica fundamental de los elementos en juego: uranio, plomo, rubidio, estroncio, etc.

En el terreno de la cronología de los sedimentos recientes, estamos todavía en un estado preparatorio. Son necesarios métodos más precisos y más rápidos para el análisis del ionio, del protactinio y del torio. Es necesario un número mayor de análisis de sedimentos y de agua del mar.

Pero sobre todo nos encontramos faltos de un conocimiento sobre la geoquímica fundamental de sus núcleos. ¿Bajo qué forma química están en el océano? ¿Cuál es el mecanismo de su transporte hacia el fondo? ¿Cómo están una vez precipitados sobre el fondo? La lista de estas cuestiones es muy larga para ser tratada en una comunicación como la del autor.

Termina con una última observación sugerida por la comparación con el dominio de la geología. Nos hemos apercibido que un número de resultados de investigaciones geocronológicas que al principio fueron desechados por no ser interpretables y aparentemente erróneos, tienen hoy un gran interés. Su interés no reside en las edades que han suministrado, pero sí en las informaciones que proporcionan sobre el mecanismo de ciertos procesos geológicos fundamentales, tales como la formación de los granitos, el metamorfismo y las orogenias. Un aspecto importante y corrientemente inatendido de las investigaciones sobre la cronología de los sedimentos oceánicos, será proporcionado por las informaciones sobre los mecanismos fundamentales de la formación y de la evolución de sedimentos de los grandes fondos oceánicos, a partir de resultados que hoy día nos parecen oscuros y contradictorios.—L. DE A.

PICCOTTO, E.; MICROT, J., y MICROT, P.: *Reconnaissance géologique et pétrographique des Monts Sør-Rondane. (Terre de la Reine Maud)*. «Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol., et Hydrol.», LXIX, fasc. 2.º, 1960.

El complejo gnésico está formado a partir de un complejo sedimentario de tipo geosinclinal netamente marcado, constituido inicialmente de psammoquitas, de schamitas arcósicas, de calizas arcillosas y de calizas más o menos puras, sedimentos en los cuales son introducidas las masas de noritas y de dioritas; este complejo fue seguidamente plegado y metamorfeado en una región profunda, en la parte superior de la catazona con retro-morfosis en la mesozona profunda.

Las observaciones del terreno y los estudios petrográficos parecen indicar por otra parte que estos conjuntos sedimentarios han sido el asiento de fenómenos de anatexia granítica, conduciendo en ciertos lugares a la individualización de pequeños macizos de fino granito y por otras a la formación y a la inyección de filones en stockwerk recortando los gneises ya formados. Es preciso destacar que desde nuestro punto de vista estos diques no recortan las masas graníticas consideradas como anactéticas.

La zona de nunatakas corresponde a macizos eruptivos intrusivos más recientes, posteriores al conjunto de los fenómenos que son responsables de la formación de los gneises.

El último episodio intrusivo de cierta importancia está representado por los filones de granito de grano fino, recortando las dioritas de Smahausane.

Esta región, apenas reconocida, posee un gran número de problemas geológicos.

La parte oeste de la cadena, en vías de exploración por las expediciones siguientes, parecen presentar los mismos caracteres, si se juzga por las rocas erráticas recogidas sobre los nunatakas del Oeste (Romnoes, Phoque y Vesthaugen).

Destacamos que en la región estudiada no se han encontrado hasta la fecha rocas típicamente charnockíticas, ni de sedimentos permotriásicos, ni de diques importantes diabásicos, ni de manifestaciones de carácter volcánico, aunque estas formaciones fueron señaladas en diversos puntos de la Antártida oriental. No se han encontrado más concentraciones de minerales, ni de indicios de mineralización importante.

Un estudio más profundo de esta región, sobre terreno y en el laboratorio, es indispensable para tener una idea más precisa del sistema geológico, para comprender la significación de los fenómenos de granitización y el origen de la red filoniana recortando localmente los gneises. Sólo un estudio más detallado de las texturas complicadas de los gneises, nos permitirá retrazar la evolución tectónica de la región y los tipos de deformaciones a las cuales estuvo sometida.

Por analogía con otras zonas conocidas del continente, el complejo gnésico perteneciente al complejo metamórfico de la Antártida oriental, es atribuido al Precámbrico. La edad de las masas intrusivas es totalmente desconocida. Al menos que descubrimientos no considerados de la parte oeste inexplorada, la posición estratigráfica de las diversas unidades descritas en el trabajo no podrán ser conocidas más que por medidas de edad absolutas por los métodos radiactivos.—L. DE A.

HART, S. R.: *IV. The use of amphiboles and pyroxenes for K/Ar dating*. Eighth Annual Progress Report. Dept. Geol. and Geoph. Massach. Inst. Tech., págs. 161 a 165. Diciembre 1960.

Hasta ahora se han considerado las micas como los minerales base para la determinación de edades por relaciones isotópicas $K \rightarrow Ar$ y $Rb \rightarrow Sr$.

Se aprecia una marcada concordancia entre las edades de las hornblendas y piroxenos y las edades originales o metamórficas deducidas por otras técnicas. El bajo contenido en argón de varias de las muestras estudiadas, hace su datación muy sensible a la presencia de errores de argón. No se encuentra fundamento que evidencie la posible existencia de excesos o asimilación de argón radiogénico en las hornblendas y en los piroxenos.—L. DE A.

PINSON, W. H. y SCHNETZLER, C. C.: *Rb/Sr age study of tektites*. Eighth Annual Progress Report. Dept. Geol. and Geoph. Massach. Inst. Tech., págs. 161 a 165. Diciembre 1960.

Del estudio efectuado en 14 muestras de tectitas, la relación Rb/Sr permite establecer alguna similitud, como las de las indochinitas con las filipinitas y las australitas y tectitas de Java. La bediasita, la tectita de Martha's Vineyard y la molcavita analizadas por los autores, quedan fuera de este grupo.

Efectúan el estudio sobre la posibilidad de que algunas tectitas puedan proceder de la fusión de sedimentos, aunque la conclusión definitiva será objeto de otros comentarios.—L. DE A.

BEALL, G. H. y SAUVE, PIERRE: *Age investigations in New Quebec and Labrador*. Eighth Annual Progress Reports. Dept. Geol. and Geoph. Massach. Inst. Tech., págs. 245 a 253. Diciembre 1960.

La sedimentación del proceso del Seno del Norte del Labrador y de la faja de Cabo Smith, puede ser a base de una primera dislocación entre 2.450 y 2.050 m. de a. formada a costa de unas sedimentaciones seguidas de un metamorfismo de alrededor de 2.050 m. de

a, una gran orogenia de unos 1.600 m. de a. y una dislocación de unos 1.400 m. de a. Así como en el Cabo Smith se identifican los dos períodos distintos de sedimentación y extrusión, sólo se conoce uno en el Labrador.—L. DE A.

HART, S. R.: *III. Variation of apparent age with grain size*. Eighth Annual Progress Report. Dep. Geol. and Geoph. Massach. Inst. Tech., págs. 155 a 160. Diciembre 1960.

Parte de la hipótesis de Wasserburg (1954) de que el argón radiogénico puede ser perdido por difusión, y que la proporción perdida es función del tamaño del grano y de la estructura de los minerales potásicos. Por ello la edad aparente resulta ser una función del tamaño del grano. En una muscovita de una pegmatita se obtienen mayores edades que en un grafito, cortado por la pegmatita por el mayor tamaño del grano de la pegmatita. Una post-cristalización metamórfica da lugar a mayor pérdida de argón y estroncio que el de los meteoritos de las rocas de grano fino.—L. DE A.

DARNLEY, A. G., SMITH, J. H., CHANDLER, T. R. D., DANCE, D. F. y PREECE, E. R.: *Ages of uraninite from two British localities*. «Mineralogic Magazine», XXXII, págs. 654-58. Diciembre 1960.

Por un estudio completo de las técnicas del plomo, deducen 290 ± 7 m. de a. para una uraninita de la mina «Geevor» de Cornwall. Estudios análogos dan 230 ± 8 m. de a. para una muestra de uraninita de la mina «Tyndrum» de Perthshire. La edad que se les puede asignar es del Permiano superior.—L. DE A.

FAURE, G.: *The Rb/Sr ratio of crustal rocks and the isotopic composition of strontium in basalt*. Eighth Annual Progress Report. Dept. Geol. and Geoph. Massach. Inst. Tech., págs. 205 a 224. Diciembre 1960.

Esta comunicación tiene por fin ver la homogeneidad del manto superior respecto a la relación Rb/Sr y de la isotópica composición del estroncio del manto y ver si la relación Sr^{87}/Sr^{86} puede caracterizar el origen de las rocas ígneas.

Como conclusión llega a: Las masas continentales tienen 89 p. p. m. de Rb, 440 p. p. m. de Sr y 0,2 de Rb/Sr. El manto de una tierra condritica tiene 4 p. p. m. de Rb, 13,5 p. p. m. de Sr y 0,3 de Rb/Sr.

El valor medio actual del conjunto sedimentario del geosinclinal es de 0,723 para Sr^{87}/Sr^{86} .

Los valores medios de once basaltos olivínicos son $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,7075$, $Rb/Sr = 0,0386$, $Rb = 190$ p. p. m. y $Sr = 491$ p. p. m. y de los continentales $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,7104$ y $Rb/Sr = 0,14$. Suponiendo que el basalto procede de la parte superior del núcleo se llega a que el Rb/Sr en la parte superior del manto suboceánico es de 0,0313 y del subcontinental 0,0465.—L. F.

GEOQUÍMICA

JEDWAB, J.: *Le charbon comme source de Béryllium*. «Bull. de la Soc. belge de Géol. de Paléontol et d'Hydrog.», LXIX, págs. 67 a 76, 1960.

El autor comienza a pasar revista a todos los trabajos anteriores sobre análisis de berilio en los carbones, dando una mención especial de los trabajos realizados por nosotros

en el año 1947, cuando identificamos el berilio en los carbones. Después de esta consideración llega a la conclusión siguiente: Existen carbones con concentraciones notables de berilio.

Los carbones más ricos en berilio son los más pobres en ceniza. La unión con la materia orgánica parece ser realidad. Si esto se verifica podría dar lugar a los procesos de extracción del berilio, evitando la calcinación.

En todos los casos se ha podido estudiar el comportamiento de varios elementos, se ha observado una similitud en lo que al berilio y al germanio, encontrándolos siempre juntos en el mismo grupo.

Las leyes que alcanzan son del orden de 100 a 1.000 partes por millones en los carbones ricos. En casos muy raros se pueden observar leyes de 1.000 a 4.000 ppm.

La diversidad de países en los que se han podido encontrar carbones con berilio en las regiones sin mineralización de berilio reconocido, demuestra que las investigaciones pueden ser conducidas en los países sin manifestaciones graníticas o perigraníticas. Los fenómenos de concentración por compactación natural y calcinación técnica, son generalmente suficientes para explicar las fuertes leyes observadas.

El precio y tendencias de germanio y berilio son aproximadamente las mismas, y los carbones más favorables para uno de los dos metales lo es igualmente para el otro, por ello es posible preveer la extracción de ambos elementos a partir de menas en los mismos materiales.—L. DE A.

JEDWAB, J.: *Présence de Béryllium dans certains charbons belges*. «Bull. de la Soc. de Géol. de Paléontol et d'Hydrog.», LXIX, págs. 77 a 82, 1960.

Como consecuencia del estudio del berilio en las capas de carbón, se hacen las siguientes conclusiones:

1.ª Las capas de berilio abundantes son raras: sobre 376 se han encontrado 18, o sea, en el 4,8 por 100 del conjunto.

2.ª Los carbones más ricos en berilio son pobres en cenizas. Las leyes de cenizas en carbones son regularmente inferiores a la media del yacimiento de que provienen. Esta relación ya observada por Goldschmidt, fue varias veces encontrada por otros investigadores.

3.ª El berilio es raramente ausente. Por lo tanto se puede juzgar después de los desmuestres efectuados (donde el número de minas de carbón de la cuenca de Charleroi es preponderante), que las cuencas carboníferas no se distinguen de momento por leyes muy diferentes.—L. DE A.

MASON, B.: *Principios de Geoquímica*. Traducción del Dr. R. Candel Vila. 333 págs., 48 figs., 43 tab. II apéndices, índices, etc. Ediciones Omega, Barcelona, 1960.

En esta obra, después de los correspondientes prólogos del traductor y del autor, cuyas lecturas no son ociosas, se entra inmediatamente en el contenido cuyos capítulos se suceden con una articulación escalonada perfecta.

En la Introducción se trata de la Geoquímica, de su historia y de su bibliografía fundamental, orientando y predisponiendo el ánimo del lector. Primeramente estudia el Universo; su naturaleza; su edad y origen; el Sistema Solar y su origen; la composición del Universo y la de los diferentes astros, meteoritos, etc., y termina con el estudio de la abundancia cósmica de los elementos y su manera de originarse.

El capítulo que sigue está dedicado a la estructura y composición de la Tierra, naturaleza física y térmica de su interior, densidad, zonas terrestres, composición química, diferencias geoquímicas, etc.

Continúa con unas nociones fundamentales sobre la Termodinámica y la Cristaloquímica donde, después de expuestas las ecuaciones matemáticas fundamentales, se ocupa de los estados de la materia, estado cristalino, estructuras cristalinas, estructuras de los silicatos, energía reticular, isomorfismo y sustituciones atómicas, y otros puntos más.

Como una consecuencia de todo lo anterior, pasa a tratar del magnetismo y de las rocas eruptivas, capítulo del mayor interés para los geoquímicos y muy en especial para el geólogo. Parte de los puntos básicos, conocidos, pero enriquecidos por las nuevas aportaciones, y dedica párrafos especiales a los minerales de sílice, a los feldespatos y feldespatoides, piroxenos y anfíboles, grupo del olivino, micas, etc., con referencias especiales a la formación, constitución de sistemas y modo de comportarse en las cristalizaciones de los magmas, con otras muchas particularidades geoquímicas y magmáticas.

El estudio de la Sedimentación y de las rocas sedimentarias es de gran interés por todos los datos que se refieren, relaciones entre sí y factores químicos importantes, por lo regular descuidados en los tratados, o que, por lo común, no se les suele prestar la atención que se merecen.

La Hidrosfera, tratada geoquímicamente, abarca la naturaleza del agua de mar, la composición, sustancias disueltas, evolución de los océanos, etc. Y de la Atmósfera, de manera similar, estudia el proceso de su formación desde un momento primordial, sus cambios en los tiempos geológicos, sus constituyentes, etc.

Es interesante lo que se dice de sobre la Biosfera, naturaleza, masa, composición, depósitos biogénicos, con atención especial a los orígenes de la hulla, del petróleo, etc.

El capítulo dedicado a Metamorfismo y rocas metamórficas es de gran interés al geólogo y al petrógrafo. Parte del metamorfismo como proceso geoquímico; se fija en la composición química y mineralógica de esta clase de rocas y estudia, a fondo, el ancho campo del metamorfismo, basándose en los más recientes conocimientos sobre tan interesante materia.

La obra destaca por la buena articulación y precisión de todos los capítulos; por la sobriedad con que trata los puntos dedicados, sin que su lectura resulte nunca dificultosa. Todas las cuestiones están expuestas con arreglo a los últimos conceptos logrados por la ciencia y están seleccionados entre las aportaciones de los investigadores más dispares. Los temas fundamentales están entresacados de los tratados más enjundiosos y de numerosos trabajos difundidos por multitud de revistas.

El final de cada capítulo está valcrado por una bibliografía copiosísima, muy bien seleccionada (como advierte el mismo autor de la obra), y cada una de las citas que lleva va enriquecida por una noticia, sobre los libros o artículos que va mencionando, consistente en un breve comentario sobre el contenido, sobre las partes que pueden aprovecharse o sobre cuál es la materia que más destaca y debe tomarse en cuenta. En esta bibliografía se comprueba que se han reunido los trabajos de fechas más recientes.

La traducción del Sr. Candel, como todas las suyas, está hecha con excelente castellano y con gran conocimiento de la materia, dos cualidades primordiales que hacen totalmente inteligible todos los puntos de la obra.

En suma, se trata de un manual de gran utilidad para todo lector, pero en particular para el químico y para el geólogo.—V. S. B.

HIDROGEOLOGIA

Colloque sur la géologie appliquée dans le Proche-Orient. Unesco. Centre de Coopération Scientifique de l'Unesco, 422 págs.

Esta obra contiene las comunicaciones presentadas al coloquio celebrado en Ankara del 14 al 17 de noviembre de 1955 y organizado por el Instituto Turco de Investigaciones y Prospección Minera, con la colaboración del Centro de Cooperación Científica de la UNESCO. Figuran en ella los discursos oficiales y un breve resumen de la sesión de apertura. Las comunicaciones científicas se dividen en cuatro partes: 1.ª Métodos de Geología Aplicada; 2.ª Geología Económica; 3.ª Hidrogeología, y 4.ª Ingeniería Geológica. Se reproduce los informes de los grupos de estudio: 1.º Grupo de Estudio sobre los documentos de base; 2.º Grupo de Estudio sobre la formación de los geólogos; 3.º Grupo de Estudios sobre las relaciones técnicas con las legislaciones mineras. Las comunicaciones presentadas en la Sección de Hidrogeología son las seis siguientes:

M. Sadek, Ingeniero geólogo del Ministerio de Obras Públicas del Cairo, en un artículo sobre *Las investigaciones hidrogeológicas en el desierto occidental de Egipto*. Examina las reservas de agua subterránea en Egipto. En la parte del desierto occidental los estudios anteriores no han dado los resultados previstos hasta el año 1953. Los estudios regionales están en curso. La región entera fue estudiada desde el punto de vista de su aspecto general y de la geología de las aguas subterráneas. Los oasis Kahrja y de Dakhla también fueron estudiados. La conclusión del autor es de que no son todavía satisfactorias las investigaciones de las aguas subterráneas en el desierto occidental de Egipto.

El Prof. A. Desio, del Instituto Geológico de Milán, en una comunicación titulada *Aguas subterráneas y población de las regiones áridas y semiáridas*, considera las condiciones de las que depende la concentración de las aguas superficiales y subterráneas en las regiones áridas y semiáridas. Las condiciones más favorables son los suelos no coherentes y las series de niveles y monoclinales, y sinclinales parcialmente permeables y particularmente impermeables. El Gefara de Trípoli y la región de Misurata son mencionados como ejemplo. Se indica la necesidad de unas investigaciones más activas para la determinación de estas reservas de aguas subterráneas. Dichas reservas pueden ser de una gran importancia para el programa futuro de puesta en valor agrícola y mejoración de las regiones despobladas e insuficientemente pobladas.

El Dr. J. Burdon, geólogo de la FAO en Damas, ha presentado su comunicación sobre *Construcción de Mapas de Investigación para el uso de los servicios de aguas subterráneas*, tratándose de un tipo nuevo de mapas destinados a investigaciones de aguas subterráneas. El mapa indica solamente la parte del agua de precipitación y de superficie, que de acuerdo con la geología, alcanza efectivamente y es aportada a la capa subterránea. Una distinción se hace entre la infiltración de la superficie del suelo y la recarga natural o inducida del agua subterránea. Se describen los métodos de investigación y presentación de datos.

El hidrogeólogo E. J. Harrison, del Instituto del Desierto del Cairo, ha presentado una comunicación sobre *Medidas de conductividad como ayuda a las investigaciones hidrogeológicas*. Según el autor, las medidas de conductividad sobre el terreno revelan de la manera más útil a los geólogos, la manera de registrar la cualidad y variación de la cualidad de los aprovisionamientos acuíferos. Las ventajas y los inconvenientes de los métodos químicos analíticos se discuten, y se da en un resumen los empleos adicionales de

medidas de conductividad para el análisis, la geología, la cualidad, la cantidad y el movimiento de aguas subterráneas.

El Dr. J. P. Stretta, experto de la UNESCO en hidrogeología en la Universidad Técnica de Estambul, estudia en un artículo, *Problemas típicos de hidrogeología aplicada en Turquía*, las dos regiones donde los trabajos hidrogeológicos están en curso: la primera es una zona semiárida de Anatolia (planicie de Diyarbakir en Haute Mesopotamia), y la segunda una zona húmeda de fuerte población agrícola (planicie Bursa, cerca de Estambul). Estos dos ejemplos muestran que toda región situada en clima mediterráneo, netamente en Turquía, debe ser estudiada desde el punto de vista de las aguas subterráneas.

El Ingeniero C. H. Safadi, de la Dirección de Irrigaciones y Fuerzas Hidráulicas de Damas, da una nota sobre *Hidrogeología de los terrenos volcánicos de la serie meridional*. Es un estudio sobre geografía física de la región de Haurane y sobre su geología e hidrogeología. Los resultados de los estudios muestran que las investigaciones hidrogeológicas de Haurane son muy delicadas y que es necesario seguir un método sistemático considerando la parte morfológica, así como las formaciones sedimentarias encajantes con relación al conjunto basáltico, el estudio de su basamento, la permeabilidad de los terrenos y la geoquímica de las aguas.—L. F.

LINSLEY, R. K.; KOHLER, M. A., y PAUHLUS, J. L. H.: *Hydrology for Engineers*. MacGraw-Hill Book Co., Inc., 321 págs. New York, Toronto y Londres, 1958.

Los autores tratan en esta obra diversos aspectos del ciclo hidrológico, y los primeros capítulos estudian los diversos elementos de este ciclo. El estudio se hace destacando la utilización de los diversos elementos para el ingeniero. También el primer capítulo trata de los hechos climáticos que con la geología determina las características hidrológicas de una región. Estos hechos son el valor y la distribución de las precipitaciones, la nieve y los hielos, las acciones del viento, de la temperatura y de la humedad, sobre la evaporación y la fusión de las nieves. El capítulo siguiente está consagrado a precipitaciones, su origen y su clasificación, su medida con las diversas influencias perturbadoras, la interpretación de las medidas. La cuestión de las variaciones en el tiempo y en el espacio las tratan ampliamente. Otro capítulo se ocupa del escurrimiento de los fosos del agua, con las medidas de los niveles y de los gases, y relación entre estos dos elementos. La interpretación de las medidas de los gases medios, de las diversas variaciones en el tiempo y en el espacio; los valores extremos son objeto de estas consideraciones, ilustradas por numerosos ejemplos. La evaporación y la evapotranspiración son el objeto de otro capítulo. La determinación de la evaporación de las superficies de agua es ampliamente expuesta y se acompaña del balance de agua y balance de energía. La medida con la ayuda de recipientes de pequeñas dimensiones es particularmente desarrollada. Un amplio estudio trata de las medidas de evapotranspiración. Un capítulo se consagra a las aguas subterráneas. Las definiciones y medidas relativas a la humedad del suelo encima de los mantos son claramente expuestas. Las consecuencias geológicas e hidráulicas de los mantos acuíferos propiamente dichos se tratan muy rápidamente. La influencia de las aguas marinas salobres se tienen en consideración. Los capítulos que siguen tratan de la utilización de datos cuyas medidas y preparación fueron presentados en los primeros capítulos. Un capítulo es relativo a la hidrografía, es decir, a la variación en función del tiempo de los gastos o de la altura de un río en un punto determinado. La descomposición y especialmente el estudio de la recesión y el escurrimiento de base son claramente expuestos. Siguen el estudio de los arroyos con la retención de superficie y filtración en el suelo, la exposición de métodos para determinar las relaciones entre las precipitaciones y el escur-

rimiento. Se encuentra en seguida una exposición relativa a la hidrografía unitaria, a la hidrografía unitaria sintética y a su utilización. Después, una exposición importante sobre estudio de ondas. Un capítulo se consagra al estudio de las frecuencias y de duración de fenómenos hidráulicos. Utilizando los métodos de la estadística matemática, los autores exponen el análisis de la frecuencia, investigando las curvas de distribución de frecuencia, y dando numerosas aplicaciones hidrogeológicas. Los problemas de la erosión y de la sedimentación son rápidamente expuestos en el capítulo que se refiere a los métodos y resultados de estudios más recientes. El último capítulo trata de algunas aplicaciones a la ingeniería hidrológica.—L. DE A.

ISOSTASIA

ЛЮСТИКН, Е. N.: *Isostasy and Isostatic Hypotheses*. Trudy núm. 38, «Geophysical Institute of the Academy of Sciences», USSR, 150 págs. New York, 1960.

Los problemas que por Isostasia contribuyen a determinar la forma de la tierra, es el tema de esta obra. Las clásicas teorías de Airy, Pratt, Dutton y otros, se discuten, critican y amplían con nuevos datos. El conjunto de los temas tratados en la obra, se encuadran en sus diez capítulos, que son: 1.º Principios de las teorías isostáticas; 2.º Los métodos de estudios isostáticos; 3.º Influencia de los procesos geológicos en isostasia; 4.º Hipótesis isostática; 5.º Estudios isostáticos de la tierra; 6.º Las causas de las anomalías zonales; 7.º Compensación y sobrecompensación; 8.º Errores en el análisis y anomalías isostáticas; 9.º La emergencia de Fenoscandia, y 10. El papel de la isostasia en la Geotectónica.—L. DE A.

MINERALURGIA

Gas natural. Propiedades y aplicaciones. Editado por la Oficina Técnica de Estudios sobre el Gas Natural y sus aplicaciones, del I. N. I., 1960.

Comienza este informe general con el empleo del gas natural en la industria, en él se trata de su utilización como combustible después de la serie de tratamientos previos con objeto de eliminar el sulfuro de hidrógeno, el gas carbónico y los hidrocarburos condensables que pueda contener a su salida del yacimiento.

Entre las ventajas que tiene sobre otros combustibles, examina la disminución de los gastos de primer establecimiento, la reducción de los gastos de explotación, el mejoramiento de la calidad de los productos y el aumento de productividad. En cuanto al empleo de gas natural como materia prima, destaca el gran número de productos derivados que se obtienen, la instalación de las grandes industrias petroquímicas en sus tres grandes grupos: cauchos sintéticos, fibras sintéticas y materiales plásticos, y subraya la importancia cada vez mayor del gas natural en la industria del amoníaco, por constituir el metano la fuente de obtención de hidrógeno más económica. Por último, trata de las principales industrias que pueden beneficiarse del gas natural.

La segunda parte está dedicada a las características del gas natural, dando composiciones, calorías, etc.

La tercera se refiere a la utilización del gas natural en los diferentes sectores industriales, considerando previamente la siderurgia y después la industria metalúrgica en general, la industria del vidrio, la industria de la cerámica y en los materiales de

construcción, como el cemento, cal, yeso y aglomerados, químicas y paraquímicas, frutales y agrícolas, centrales termoeléctricas y usos públicos.

La cuarta parte está dedicada a una información sobre precios.—L. F.

PREHISTORIA

ALMAGRO BASCH, MARTÍN: *Prehistoria* (Tomo I. Manual de Historia Universal). Espasa-Calpe, S. A., 918 págs., 944 figs., VIII láms. en color; numerosos mapas a doble plana; numerosos cuadros sinópticos. Madrid, 1960.

El primer capítulo de esta obra está dedicado a estudiar el marco geológico en el que aparece el hombre haciendo una exposición completa del glaciario, acciones fluviales, playas marinas, formación de «loess», soliflucción, fauna cuaternaria, oscilaciones de la flora, etc.

El segundo capítulo trata del problema del origen del hombre, partiendo de unas consideraciones sobre las dificultades de la cuestión, haciendo historia del primer período de las investigaciones. Razona la posición del hombre en el cuadro general de la evolución de los primates, y pasa a reseñar los primates fósiles más desarrollados: los *Australopithecus*, *Zinjanthropus*, grupo de los *Pithecanthropus* y hombres *preneandertalenses*. Trata de la raza de Neanderthal (y refiere el llamado cráneo de Gibraltar). Trata de los hallazgos fósiles de los *presapiens* (los predecesores del *Homo sapiens*) y termina el capítulo ocupándose del problema de los «eolitos» y de los supuestos restos del hombre terciario.

Pasa después a reseñar los primeros vestigios de la cultura humana de Europa, del Paleolítico inferior y del Paleolítico medio europeo, trazando las subdivisiones en pisos y refiriendo las características especiales de cada uno de ellos. Se detiene a exponer el Paleolítico superior: nomenclatura, marcos climáticos y cronológicos, tipología, diversas culturas y sus correspondientes dispersiones geográficas y orígenes. Se estudian los distintos tipos de *Homo sapiens fossilis*, que corresponden al Paleolítico superior; la vida de este período, etc.

El capítulo V está dedicado al Paleolítico superior de España en sus problemas y particularidades: culturas, periodos, dispersiones geográficas y restos antropológicos.

Pasa después a otra parte importante de la obra, a la del Arte cuaternario, comenzando por unas sugestivas palabras sobre el problema de sus orígenes y sobre el primer arte humano conocido. Hace historia de los primeros descubrimientos a partir del realizado por el español Marcelino de Santuola en 1879, y defendido por él mismo contra toda la ciencia prehistórica de su tiempo. Habla de la dispersión del arte paleolítico, temática, técnica, periodos, etc.

Prosigue con otros capítulos, de los que nos limitamos a consignar únicamente el título: El periodo mesolítico. El arte rupestre levantino español. La prehistoria de Asia. La prehistoria de Africa.

Después entra en la segunda parte del voluminoso libro, que lleva como título «Cultura de agricultores, ganaderos y metalúrgicos», con trece extensos capítulos, de gran interés, que no glosamos porque se salen del marco de lo geológico. Trata del Neolítico, de la Edad del Hierro, de la expansión de todas estas culturas en todo el continente antiguo. Trata también, en especial, de estas edades en la Península Ibérica.

La obra está escrita con una gran desenvoltura, con estilo fácil y ameno, con lectura que fluye sin que el léxico y el contenido científico complejo la entorpezcan. Lleva todas las investigaciones más recientes y nuevas, maneja todos los conocimientos de la Pre-

historia Universal, y muy en particular la prehistoria de nuestra patria. Cada capítulo lleva al final una abundante bibliografía en varios idiomas.

El volumen está primorosamente presentado con profusión de fotografías, dibujos, esquemas, cuadros sinópticos, mapas, etc.—V. S. B.

PROSPECCION

WAIT, JAMES R.: *Overvoltage Research and Geophysical Applications*. Pergamon Press, 158 págs. Londres, New York, Paris, 1959.

Este trabajo contiene el resultado del primer esfuerzo referente a la aplicación del fenómeno sobre voltaje a la prospección geofísica, hecho por los laboratorios de Newmont Mining Company. En él se exponen los conceptos básicos sobre voltaje y polarización inducida, una descripción matemática del fenómeno, fenomenología teórica, resultados del laboratorio y análisis experimentales de datos. Acompaña un extenso resultado de las investigaciones efectuadas en varias partes del mundo. El libro está escrito con fin principal para los prospectores geofísicos, aunque es de interés para cuantos cultivan las ciencias de la tierra. Los temas contenidos son los siguientes: A. A. Brant, «Historical summary of overvoltage developments by Newmont Exploration Ltd., 1946-1955»; H. O. Seigel, «A theory of induced polarization (for step function excitation)»; J. R. Wait, «A phenomenological theory of overvoltage for metallic particles»; J. R. Wait, «The variable-frequency method»; L. S. Collett, «Laboratory investigations of overvoltage»; J. R. Wait, «Criteria from the transient decay curves»; N. F. Ness, «Analysis of the frequency response data»; G. V. Kler, «Analysis of some electrical transient measurements on igneous, sedimentary and metamorphic rocks»; K. A. Ruddock, «Field equipment for prospecting by the overvoltage method»; R. W. Baldwin, «Overvoltage field results»; V. Mayer, «The normal effect».—L. F.



I N D I C E

	PÁGS.
Estudio geológico de los términos de Aledo y Totana (parte Norte) (prov. Murcia), por EMILIO TRIGUEROS MOLINA y AGUSTÍN NAVARRO ALVARGONZÁLEZ	3
Notas para el estudio de la caverna de Peña Roche, por E. NOLTE y ARAMBURU .	21
Le Lias Marno-calcaire des environs de Gaucín (Espagne meridionale), por JEAN DIDON	41
Establecimiento de las épocas de los movimientos tectónicos durante el Paleozoico en el cinturón meridional del Orógeno cántabro-astur, por L. U. DE SITTER	51
La Geología en el Año Geofísico Internacional y en la Cooperación Geofísica Internacional, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	63
El mecanismo plutónico como fenómeno cooperativo: Introducción a la teoría, por J. M. AMORÓS y A. SAN MIGUEL	81
Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega, por J. TRUYOLS SANTONJA y M. CRUSAFONT PAIRÓ	99
Nuevos yacimientos de mamíferos en la subdepresión de Calatayud, por G. H. R. VON KOENIGSWALD y M. CRUSAFONT PAIRÓ	109
El Oligoceno superior del bético de Málaga (Andalucía), por JEAN DIDON, MICHEL DURAND BELGA, JOSÉ MARÍA FONTBOTÉ, JEAN MAGNÉ e YVES PEYRE	115
Sobre la estratigrafía del Cámbrico español, por FRANZ LOTZE	131
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO y ARRILLAGA	165
Estudio de algunos cortes en el límite de las zonas subbéticas y el flysch al este de Alcalá de los Gazules (prov. de Cádiz), por PIERRE CHAUVE y JEAN DIDON	177
La edad y la naturaleza de las capas de base del Wealdense en la provincia de Santander y en sus alrededores (España), por PIERRE RAT	181
Más sobre la matalanita, por ANTONIO BASELGA RECARTE	185
La geología e industrias mineralúrgicas en los atlas nacionales, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	193
División en pisos del Paleoceno y del Eoceno, por LUCAS HOTTINGER y HANS SCHUB	199
Estudio de una cavidad de origen quimioclástico, por JOAQUÍN MONTORIOL PONS y OSCAR ANDRÉS BELLET	235
Afloramientos liásicos en el Montmell y en Pontons-Torrelles de Foix (Tarragona), por JUAN ROSELL SANUY	245
Noticias	251
Notas bibliográficas	273
Astrofísica	275
Cartografía	276

	Págs.
Criaderos	277
Geodesia	277
Geografía	278
Geología	280
Geonucleónica	282
Geoquímica	286
Hidrogeología	289
Isostasia	291
Mineralurgia	291
Prehistoria	292
Prospección	293



SUMARIO

	PÁGS.
Estudio geológico de los términos de Aledo y Totana (parte Norte) (prov. Murcia), por EMILIO TRIGUEROS MOLINA y AGUSTÍN NAVARRO ALVARGONZÁLEZ	3
Notas para el estudio de la caverna de Peña Roche, por E. NOLTE y ARAMBURU ...	21
Le Lias Marno-calcaire des environs de Gaucin (Espagne meridionale), por JEAN DIDON	41
Establecimiento de las épocas de los movimientos tectónicos durante el Paleozoico en el cinturón meridional del Orógeno cántabro-astur, por L. U. DE SITTER	51
La Geología en el Año Geofísico Internacional y en la Cooperación Geofísica Inter- nacional, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	63
El mecanismo plutónico como fenómeno cooperativo: Introducción a la teoría, por J. L. AMORÓS y A. SAN MIGUEL	81
Consideraciones sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega, por J. TRU- YOLS SANTONJA y M. CRUSAFONT PAIRÓ	99
Nuevos yacimientos de mamíferos en la subdepresión de Calatayud, por G. H. R. VON KOENIGSWALD y M. CRUSAFONT PAIRÓ	109
El Oligoceno superior del bético de Málaga (Andalucía), por JEAN DIDON, MICHEL DURAND BELGA, JOSÉ MARÍA FONTBOTÉ, JEAN MAGNÉ e YVES PEYRE	115
Sobre la estratigrafía del Cámbrico español, por FRANZ LOTZE	131
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO Y ARRILLAGA	165
Estudio de algunos cortes en el límite de las zonas subbéticas y el flysch al este de Alcalá de los Gazules (prov. de Cádiz), por PIERRE CHAUVE y JEAN DIDON	177
La edad y la naturaleza de las capas de base del Wealdense en la provincia de San- tander y en sus alrededores (España), por PIERRE RAT	181
Más sobre la matalanita, por ANTONIO BASELGA RECARTE	185
La geología e industrias mineralúrgicas en los atlas nacionales, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	193
División en pisos del Paleoceno y del Eoceno, por LUCAS HOTTINGER y HANS SCHÁUB	199
Estudio de una cavidad de origen quimioclástico, por JOAQUÍN MONTORIOL POUS y OSCAR ANDRÉS BELLET	235
Afloramientos liásicos en el Montmell y en Pontons-Torrelles de Foix (Tarragona), por JUAN ROSELL SANUY	245
Noticias	251
Notas bibliográficas	273