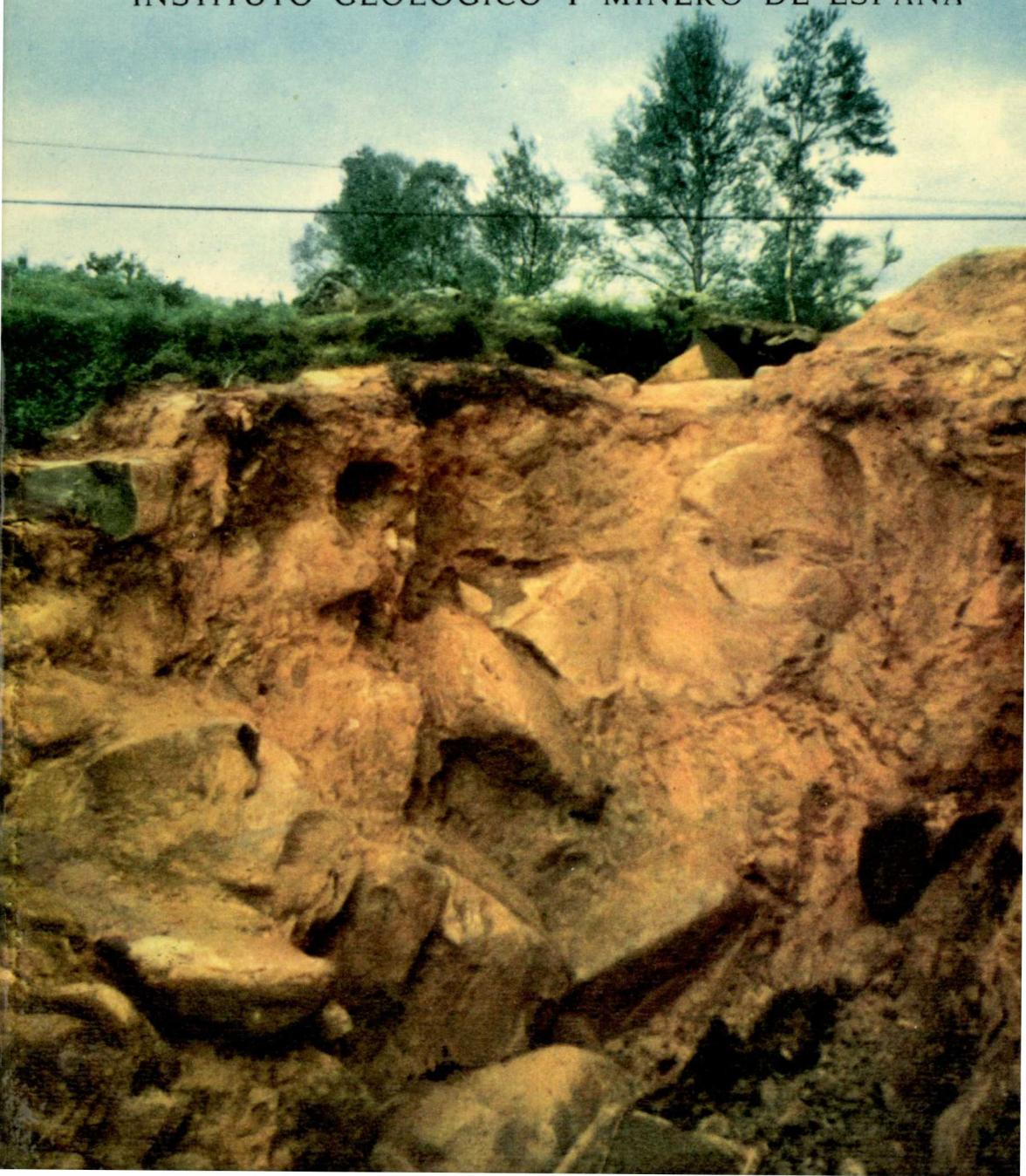


AÑO 1962

III TRIMESTRE

NUM. 67

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

==
67
==

TERCER TRIMESTRE

M A D R I D
1 9 6 2

El Instituto Geológico y Minero de España
hace presente que las opiniones y hechos
consignados en sus publicaciones son de la
exclusiva responsabilidad de los autores
de los trabajos.

Los derechos de propiedad de los trabajos
publicados en esta obra fueron cedidos por
los autores al Instituto Geológico y Minero de
España.

Queda hecho el depósito que marca la Ley

EXPLICACION DE LA PORTADA

Dique de ofita rumbo N. 70.º, subvertical de 30 m. de potencia en granito.

El dique de ofitas retratado rumbo N. 70.º, tiene un recorrido aparente de Sesulfe-Bajoy-Castro. La roca aflorante se presenta como unos bolos característicos rojizos (croyos) enterrados en una arcilla de alteración pardo-rojiza.

En la foto se aprecia la fractura de un bolo de color verde oscuro, los cables y los baldes de la explotación.

La fotografía está tomada con dirección N. 60.º, el 9 de mayo de 1961 y pertenece a la cuadrícula E-4 de la Hoja 46.

Depósito Legal M. 1.882.-1958

M. CRUSAFONT-PAIRO y JUANA M.ª GOLPE

NUEVOS HALLAZGOS DE LUTRIDOS AONICOIDES (*SIVAONYX*, *ENHYDRIODON*) EN EL PIKERMENSE ESPAÑOL (CUENCA DE TERUEL)

R E S U M E

La note présente est destinée à la description de deux types de Lutrinés aonicoïdes du Pikermien de la région de Teruel (Bassin de Calatayud-Teruel), l'un déjà connu, *Enhydriodon lluecai* Vill. et Crus. 1945, duquel on signale des nouvelles pièces provenant de deux gisements nouveaux («Los Mansuetos», Concud) en plus de la localité-type («Los Algezares» à Teruel); l'autre constitue une nouvelle espèce du genre *Sivaonyx* signalé par la fois première en Espagne et proposée comme *S. lehmani*. A la fin de la note, on insiste sur le fait de l'existence d'une série de choroclins le long des bordures de la Théthys à l'époque miocène, fait qui est bien démontré aujourd'hui grâce à des exemples empruntés aux Carnassiers (Mustelidés, notamment), Rhinocéridés et Suidés.

S U M M A R Y

His note is devoted to the description of two new types of aonicoïd Lutrids of the Pikermien levels of Spain (Teruel, in the Calatayud-Teruel basin). The first was previously known, *Enhydriodon lluecai* Vill. et Crus. 1945 and here is interested to signalize two new localities of the same country. The second is a new species of the genus *Sivaonyx*, new in the Spanish Miocene (Pikermian of Teruel, also) proposed like *S. lehmani*. On the end of this note the fact of the existence of a series of choroclins in the ancient area of the Tethys, is apologized by many examples supported by Carnivores (Mustelids, mainly), Rhinocerids and Suids.

En los últimos años, la Sección de Paleobiología del Museo de Sabadell (C. S. I. C.), ha intensificado sus campañas de exploración por los ricos yacimientos de la subcuenca de Teruel, dentro de la Depresión que ha venido siendo llamada por Royo y Gómez como «Cuenca de Calatayud-Teruel». La cuenca, en general y la subcuenca turolense en particular, han venido a demostrarnos sus riquezas en cuanto a nuevos yacimientos de mamíferos fósiles, constreñidos al Pontiense (probablemente sólo el superior o Pikermien-

se) en Teruel, y desde el Burdigaliense al Pontiense (quizás sólo inferior o Vallesiense), en el resto de la Depresión.

Estas campañas se han realizado en colaboración, durante los últimos años, con el Instituto Geológico de la Universidad de Utrecht, en vistas a la realización de varias tesis dirigidas por el Prof. von Koenigswald, con la intervención del primero de los firmantes de la presente nota. Así, por ejemplo, se realizó ya la tesis del Dr. Paul Sondaar (en vías de publicación en «Estudios Geológicos») sobre los *Hipparion* de la subcuenca de Teruel, y están en vías de redacción las de los señores Freudenthal y De Bruyn sobre las faunas de los sectores de Daroca y de Calatayud, respectivamente.

Muy recientemente, la colaboración internacional se ha extendido al Instituto de Paleontología de la Universidad de Montpellier, y de manera especial con el Profesor de Paleontología Dr. Thaler, esencialmente para el estudio de algunos de los elementos de la microfauna de mamíferos de determinados yacimientos de Teruel. Se ha contado desde hace algunos años con la ayuda valiosísima en cuanto a las exploraciones y detección de nuevos yacimientos, de los Hnos. Rafael Adrover y Basilio Angel, del Colegio La Salle de aquella capital aragonesa.

El primero de los firmantes de la presente nota se ha reservado de manera especial el estudio de los Carnívoros e Insectívoros de toda la Depresión de Calatayud-Teruel, grupos ambos que presentan interesantes novedades para la fauna de Mamíferos del Mioceno europeo. Baste citar como antecedentes, la caracterización de la primera especie del género *Canis* de la historia paleontológica (*C. cipio* Crus.) de la cual se han hallado posteriormente nuevas piezas inéditas que completarán su conocimiento (Crusafont, 1950), y la descripción de una nueva especie de *Enhydriodon* (*E. lluecai* Vill. et Crus., 1945) de uno de los yacimientos turolenses.

El descubrimiento de numerosos restos de Hemiciónidos en los sectores de Daroca y de Calatayud, han traído como consecuencia el proyecto de un estudio en colaboración de estos materiales con el Dr. Ginsburg, del Museo de París, especialista en los géneros de este grupo de Cánidos.

La presente nota está dedicada, de manera expresa, a la descripción de nuevos materiales correspondientes a Lútridos aonicoideos hallados en los yacimientos de los alrededores de Teruel, la mayoría procedentes de los nuevos yacimientos que fueron descubiertos hace años por el Hno. Basilio Angel y que fueron explorados intensamente en nuestras campañas, ya patrocinadas por el Museo de Sabadell, ya en colaboración con el Instituto de Geología de la Universidad de Utrecht.

Se trata, en primer lugar, de constatar la presencia, por primera vez en España, de una forma correspondiente al género *Sivaonyx* creado en 1931 por Pilgrim y que constituye una nueva especie de tipo relativamente evo-

lucionado y de extender a otros yacimientos la presencia de la especie *Enhydriodon lluecai*, ya descrita hace algunos años (op. cit.). El presente trabajo tiene su precedente sumario en una nota reciente entregada por los autores a la Academia de Ciencias de París, presentada por nuestro distinguido amigo el Prof. Piveteau, tan interesado en las faunas paleomastológicas españolas (Crusafont y Golpe, 1962, en prensa).

LOS MATERIALES DE LÚTRIDOS AONICOIDEOS

Como sucede con los yacimientos de los Siwaliks medios en la India, tenemos que constatar en las localidades pikermienses de la subcuenca de Teruel, la asociación de dos géneros de Lútridos de tipo aonicoide relativamente vecinos, *Enhydriodon* y *Sivaonyx*, el primero ya conocido con anterioridad, según se ha dicho, y el segundo inédito y objeto de primera descripción en el presente trabajo. Dado el caso de que la nueva especie de *Enhydriodon* descrita del yacimiento de «Los Algezares» en 1945 (op. cit.), se fundaba sólo en la dentición inferior, y dada la gran semejanza de las carniceras mandibulares de ambos géneros, el hallazgo de una carnicera superior de otro Lútrido aonicoide, suscitó nuestras dudas. ¿Se trataba ahora de la dentición superior del nuevo *Enhydriodon* descrito anteriormente o podría ser atribuida al género de Pilgrim? Téngase en cuenta que en el presente trabajo se dan a conocer dos nuevas piezas, ambas carniceras inferiores, que coinciden con la pieza homóloga del ejemplar descrito en 1945, y que, por tanto, parecen poder ser atribuidas al género de Falconer. Sin embargo, habida cuenta de la relativa primitividad de la nueva especie *E. lluecai*, hay que considerar que este hecho acerca aún más las carniceras inferiores de ambos géneros, ya tan parecidas entre ellas. Precisamente la de *Sivaonyx* es más primitiva que la de los *Enhydriodon* conocidos con anterioridad a nuestra especie turolense, pero la del *E. lluecai* lo era más que las de las otras especies del mismo género de Falconer. Ello, no obstante, las características del animal de «Los Algezares» nos inclinaron, creemos que con razón, a incluirlo en este género y no en el de Pilgrim.

Sin embargo, el hecho de que, según se dirá, la especie *E. lluecai* se haya descubierto en tres yacimientos distintos, el hallazgo de una carnicera superior más afin a *Sivaonyx*, nos hizo dudar respecto de su verdadera atribución y situación sistemática. Ello, no obstante, las características de esta pieza parecen no dejar margen para una difinitiva vacilación. Ello siempre que —dado el caso que las denticiones de ambos géneros, superior y inferior, se hallaron siempre separadas en los yacimientos que los contienen— no hubiera habido una confusión del autor (Pilgrim) respecto de la verdadera asociación. Por lo que se refiere a los *Enhydriodon* y *Sivaonyx* de la

India, no obstante, la cosa parece ser clara, puesto que tanto la carnícera inferior como la superior son marcadamente más primitivas en el último de los citados géneros. Aun cuando nuestro *Enhydriodon* de Teruel sea más primitivo que las demás especies del género, ya veremos que la primitividad correspondiente de *Sivaonyx*, por lo que se refiere a la carnícera superior, se concreta a otros caracteres distintos de los de *Enhydriodon*.

En resumen, pues, y como consecuencia de nuestro estudio, nos encontramos con la presencia en Teruel de un *Enhydriodon* (*E. lluecai*) relativamente primitivo en relación con las especies conocidas del género de Falconer, Lútrido bastante ubicuo en la subcuenca estudiada y de un *Sivaonyx* algo más evolucionado que la única especie conocida del género de Pilgrim, es decir, *S. bathygnathus* (Lydekker) (Pilgrim, 1932), y hasta ahora raro en la subcuenca que nos ocupa.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Familia *Mustelidae*.

Subfamilia *Lutrinae*.

Género *SIVAONYX* Pilgrim, 1931.

Especie *Sivaonyx lehmani* nova sp.

Material: Una carnícera superior izquierda.

Yacimiento: Rambla de Valdecebro II (subcuenca de Teruel).

Colección: Museo de Sabadell.

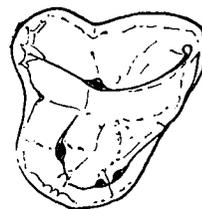


Fig. 1.—*Sivaonyx lehmani* nova sp. Carnícera superior izquierda. Tam. 2/1. Pikermiense de «Los Algezares» (subcuenca de Teruel). Col. Museo de Sabadell.

Se trata de una pieza aislada, de conservación magnífica y sin desgaste alguno, lo que permite la observación afinada de sus caracteres. Dadas nuestras dudas respecto de su atribución genérica por causa de la relativa

ubicuidad del género *Enhydriodon* en Teruel, nos concentramos a estudiar, sobre todo, los caracteres diferenciales entre los géneros de Pilgrim y de Falconer, por lo que se refiere a la carnícera superior. En primer lugar, nos ha parecido oportuno transcribir el fragmento de diagnóstico de ambos géneros dados por el primero de los autores (Pilgrim, 1932), correspondientes a la pieza objeto de estudio:

Sivaonyx.

«Upper P 4 with an approximately quadrate shape, with a moderately trenchant paracone-metacone blade; paracone somewhat stoutly built; metacone very slightly elongate; parastyle well developed but low; with two internal cusps, protocone and hypocone, lower than the other cusps, somewhat stoutened and expanded, so that the basin-shaped area is contracted; with a strong internal cingulum.»

Enhydriodon.

«Upper P 4 in which the inner half of the tooth consists of two cusps (protocone and hypocone) of which the former may be still further divided; well marked paracone and metacone and a progressively strengthening parastyle.»

Sin embargo, para nuestros propósitos, es necesario ampliar las informaciones del ilustre paleontólogo inglés con otras consideraciones referidos a los caracteres diferenciales entre ambos géneros. He aquí transcritos otros detalles informativos dados por el autor:

«In both *Sivaonyx* and *Enhydriodon* the crown consists of four strong cusps in addition to the parastyle, but while in *Enhydriodon* all these cusps are so robust that the space left between their respective bases is negligible, yet some faint trace of an original basin still remains in *Sivaonyx*» (el subrayado es nuestro).

En otro momento añade:

«*Enhydriodon* in thus developing bunodonty, has so increased the transverse diameter that it actually exceeds the antero-posterior diameter, whereas in *Sivaonyx*, the antero-posterior exceeds the transverse».

Con todo ello se quiere indicar que el género *Sivaonyx* resulta ser más primitivo, por sus caracteres, que *Enhydriodon*.

Nuestras observaciones sobre la pieza que nos ocupa son absolutamente demostrativas al respecto, según se verá por el dibujo incluido en el presente trabajo:

La hoja paracono-metacono es más cortante que en el género *Enhydriodon*, donde estas cúspides tienden a hacerse cónicas y robustas, redondeadas, de manera semejante a las cúspides internas (protocono e hipocono): así que por esta particularidad, nuestra pieza coincide perfectamente con los caracteres de *Sivaonyx*. También es cierto que, como en este último género, las dos puntas internas dejan todavía en el interior de la superficie oclusal de la pieza, una área excavada, recuerdo del valle original de los Carnívoros menos especializados. Este valle está completamente obliterado por las expansiones de las puntas internas en *Enhydriodon*. La formación del hipocono, a partir del cingulo, es evidente aquí como lo es en la pieza correspondiente del *Sivaonyx batygnathus* de la India, que es el genotipo propuesto por Pilgrim. Tal como se ha dicho, *Enhydriodon* ha desarrollado una bunodontia que no existe aquí, puesto que, por lo menos en lo que hace referencia a la muralla externa, *Sivaonyx* es mucho más secodonto y cortante. Como en el tipo, y según se verá más adelante por las medidas comparativas, la longitud excede algo a la anchura, al revés de lo que ocurre en *Enhydriodon*. Además, por la porción interna de la carnífera superior, este último género ha desarrollado en el cingulo diversas cúspides accesorias (fenómeno paralelo al bunodontismo) al lado del hipocono, mientras que en *Sivaonyx* casi no existen.

La única comparación posible de nuestra pieza deberá hacerse con la homóloga de la especie-tipo que, según se ha dicho, es *S. batygnathus* (Lidekker) (este autor la había considerado como del género *Lutra* hasta la creación del nuevo género por Pilgrim, 1931) procedente de la localidad de Hasnot correspondiente al nivel de los Dock Patan de los Siwalik medios de la India, pues el *Sivaonyx* (?) *hessicus* (Lidekker) de Eppelsheim y de Wadi-Natrum (este último dado a conocer por Stromer, 1920), sólo está representado por materiales mandibulares.

Así, pues, al lado de la pieza homóloga de la especie ídica, nuestra carnífera es más triangular por no existir la expansión del cingulo por la cara distal como en el tipo. El reborde es menos marcado y el paracono más desarrollado en altura. La pieza es ligeramente más pequeña que la del *S. batygnathus*. El hipocono es bífido, con una cúspide accesoría íntimamente unida al hipocono, mientras que en el tipo existen dos leves puntas situadas equidistantes entre el protocono y el hipocono. En realidad y de acuerdo con estas descripciones, parece tratarse de una forma más evolucionada en el sentido hipocarnívoro por ser *más corta, menos cortante, con parastilo menos desarrollado*, mostrando una *tendencia* semejante a la de *Enhydriodon*, aunque mediante un ensayo por una vía diferente que la de este último género. Véase, por ejemplo, que aquí el hipocono es más débil que el protocono, al revés de lo que sucede en *Enhydriodon*; el reborde basilar, a pe-

ser de ser menos marcado, se observa bien claro a todo alrededor de la pieza, lo que no existe en el *Enhydriodon falconeri*, holotipo del género. El paracono es fuerte como en *Sivaonyx batygnathus*, pero más alto y existe reducción del parastilo y del metacono como en el género de Pilgrim (en *Enhydriodon* el paracono y el metacono son igualmente fuertes).

Parece, pues, que no pueden existir dudas serias respecto de la atribución de la pieza que nos ocupa, al género *Sivaonyx*, según los datos recogidos en las diagnósticos y en las descripciones de Pilgrim. En cuanto a la especie deberemos convenir que se trata de una forma algo más evolucionada que la del tipo, según los caracteres diferenciales indicados. La edad del yacimiento de la «Rambla de Valdecebro II», según su biocenosis, es típicamente pikermiense. El nivel del Dhock Patan, según los últimos estudios llevados a cabo por nuestro ilustre amigo de Helsinki, Dr. Kurtén (1958), parece que sería pikermiense en sus capas inferiores (un Pikermiense superior). (Para el mismo autor, el nivel de Chinji sería nuestro Vallesiense, tal como lo indica en su trabajo citado). El yacimiento de Eppelsheim es posible que sea de un Pontense más inferior, mientras que el de Wadi-Natrum quizás sea homólogo al de nuestro yacimiento turolense.

Las medidas comparativas son las siguientes:

	<i>S. batygnathus</i>	<i>S. nova</i> sp.
P 4 sup. Longitud.....	14,4 mm.	13,0 mm.
Anchura.....	13,2 mm.	12,8 mm.

Por todas las consideraciones expuestas hasta aquí proponemos para el Lutrído aonicoide de la «Rambla de Valdecebro II», un nuevo nombre específico dentro del género *Sivaonyx*, que sería el de *S. lehmani* en homenaje al Prof. J. P. Lehman, del Museo Nacional de Historia Natural de París, al que los firmantes deben gratitud.

Género *Enhydriodon* Falconer, 1868.

Especie *Enhydriodon lluceai*, Vill. et Crus., 1945.

Material: Un M 1 inferior derecho completo.

Yacimiento: «Los Mansuetos» (Teruel).

Un fragmento de M 1 inferior izquierdo (trigónido completo)

Yacimiento: Concul (Teruel).

Colección: Museo de Sabadell.

Ya se ha indicado anteriormente que la presente especie había sido creada por una mandíbula hallada en el yacimiento llamado de «Los Algezares», en las cercanías de Teruel (Villalta y Crusafont, 1945).

Nuestras campañas en los yacimientos turolenses nos han proporcionado nuevos materiales atribuibles a esta especie, procedentes, no obstante, de otros yacimientos que el del tipo: «Los Mansuetos» y Concud, la clásica localidad conocida desde el siglo XVIII. Este hecho nos habla de la relativa ubicuidad de la especie en la subcuenca de Teruel, mientras que el género *Sivaonyx* sería más raro, por lo menos hasta el presente, en las formaciones que nos ocupan.

La primera de las piezas indicadas en la lista del material, presenta un talónido algo más estrecho que la del tipo del *E. lluecai* de «Los Algezares», y por ello mantiene una marcada convergencia con la carnífera inferior de *Sivaonyx* (*S. batygnathus*), por lo que en un principio pudiera creerse que se trata del M 1 de la nueva especie descrita más arriba. Sin embargo, la estructura y arquitectura de la pieza es *exactamente* la misma que la de la carnífera de la especie tipo, ya que no existe igualdad de desarrollo y posición simétrica entre el hipocónido y el entocónido. Por el contrario, el entocónido se halla soldado al metacónido como en aquélla, y el hipocónido está bien desarrollado y en posición igual a la de la pieza descrita en 1945. Sin embargo, la talla es algo inferior, según se desprende de las siguientes medidas comparativas:

	Enhydriodon lluecai (Los Al- gezares)	Enhydriodon lluecai (Los Man- suetos)
M 1 inferior. Longitud.	17,5 mm.	16,0 mm.
Anchura	10,0 mm.	9,5 mm.

Esta pequeña diferencia de talla se puede atribuir, sin vacilación alguna, a la variabilidad individual del Lútrido aragonés.

Por lo que respecta a la pieza fragmentada procedente de Concud (yacimiento del «Cerro de la Garita»), se trata del trigónido completo cuya estructura y disposición de las puntas es absolutamente típica de la especie turolense, mostrando una talla mayor que la de la pieza anterior, semejante por ella a la del holotipo de la especie. Digamos que en ambas piezas el metacónido es casi tan alto como el protocónido.

SIGNIFICACIÓN VICARIANTE DE ALGUNOS MUSTÉLIDOS MIOCÉNICOS ESPAÑOLES

En una nota precedente (Crusafont et Golpe, en prensa), y de acuerdo con ideas expuestas anteriormente por el primero de nosotros (Crusafont, 1961), hemos hecho hincapié en la cuestión de la existencia de toda una serie de formas vicarias que se extienden a todo lo largo de las riberas del Tethys durante la época miocena. Este mundo algo aparte representado por las poblaciones paleomastológicas de la Península Ibérica, revalorizado en los últimos años gracias a numerosísimos y sorprendentes hallazgos realizados en nuestro país, habían enmascarado este hecho singular, hoy perfectamente establecido de una expansión (más que una *migración* en el sentido estricto de la palabra) en una faja más o menos equilatitudinal a lo largo del mar intracontinental, este mar que se suponía separar dos vastos dominios considerados como bastante diferentes por sus biocenosis al N. y al S. del Tethys. Hoy poseemos ya pruebas abundantes y fehacientes (a las que se añaden las aportadas por la presente nota), de la existencia de una fauna o de un conjunto de formas que se disponen de Este a Oeste sobre las riberas téticas, ya sea en los bordes meridionales, ya sea en los septentrionales. Esta repartición peritética se ha confirmado de una manera que podríamos calificar de ubicuista en el sentido de su expansión desde un extremo al otro de las costas o regiones paleomediterráneas, a medida de nuestro conocimiento progresivo de las faunas de mamíferos fósiles de España en los tiempos miocénicos. Una serie de formas muy vecinas, especie geográficas, vicariantes, se suceden de un lado a otro del Tethys, desde los confines asiáticos hasta el «Finisterre» hispánico, lo cual nos demuestra la presencia de condiciones ecológicas o de «habitat» semejantes en el sentido equilatitudinal. Algunas veces nos faltarán algunos hitos seguramente por falta de una documentación completa, cuando es el caso de especies que se hallan sólo en los extremos del antiguo Tethys y no existen las formas geográficamente intermedias.

Una serie de ejemplos los encontramos justamente dentro de la familia de los Mustélidos entre los Carnívoros, y entre ellos entrarán en liza las especies consideradas en el presente trabajo. Dentro del grupo de los Gulónidos poseemos en España (yacimiento de «Los Algezares», en Teruel, Pikermiense) un *Plesiogulo* muy vecino por sus caracteres al *P. brachygnathus* (Schlosser), de China (Zdansky, 1924), según datos de un trabajo en prensa, debido a nuestra distinguida colega de París, Mme. Germaine Petter (in litt.), formando un corocline al que hay que añadir sólo *P. crassa* Teilhard, del Pontense de China y de la India, línea de la cual ha salido una especie de mayor talla, *P. monspesulanus* Viret, del Plioceno de Montpellier y de los depósitos post-pontienses de Yushé en la China.

Una serie más completa la tenemos con la serie coroclínica de los *Eomellivora* (grupo de los Melivórinos) que se extienden desde la China con *E. wimani* Zdansky (1924), por *E. necrophila* Pilgrim y *E. tenebrarum* Pilgrim (1932) de la India (Siwalik), *E. hungarica* Kretsoi (1942), de Hungría, hasta nuestra *Eomellivora* del Pontense castellano (Crusafont et Ginsburg in litt.), considerada por el momento como una nueva especie, *E. liguritor*.

La nota presente se puede referir a dos nuevos ejemplos de coroclínes a lo largo de las riberas del Tethys. Es el caso de los géneros *Enhydriodon* y *Sivaonyx* del grupo de los Lútridos aonicoides.

Así el primer coroclíne se extiende desde la India con las especies *E. sivalensis* Falconer y *E. falconeri* Pilgrim (1932), de los Siwalik en la India, *Enhydriodon* (?) *latipes* Pilgrim (1931), de Pikermi, *E. campanii* (Meneghini, 1963), (este último discutido por Matthew y Zdansky como *Enhydriodon*), y, finalmenté, nuestra especie *E. lluecai* Vill. et Crus. (1945), de España.

El segundo, menos completo, empieza con el *Sivaonyx batygnathus* (Lidekker), de la India, continúa por los bordes meridionales del Tethys con *Sivaonyx* aff. *hessicus* (Lidekker) del Wadi-Natrum en Egipto (con una incursión de esta forma: *S. hessicus* en Eppelsheim) y, finalmente, en el borde N. del Paleomediterráneo, con *Sivaonyx lehmani* nova sp., descrita en el presente trabajo.

Sin embargo, tenemos que hacer resaltar que la existencia de estos coroclínes peritéticos no se demuestra sólo en los Carnívoros, sino también en otros grupos de mamíferos fósiles. Así, el género nuevo de Suidos *Schizochocerus* Crus. et Lav. descubierto por primera vez en España (Vallesiense del Vallés-Penedés, en Cataluña) y vuelto a encontrar por Osanzoy en Turquía. Así la analogía entre los géneros de Rinocerontes burdigalienses, *Plesiaceratherium* Young, de China y *Dromoceratherium* Crus. Vill. et Truy., de España (Vallés-Penedés).

Por lo que parece, tenemos aquí una serie de casos de coroclínes de expansión rápida, de una procoresis expansiva casi sincrónica, mientras que en otros casos la expansión, más bien considerada ya como una verdadera migración, ha permitido el desarrollo de un filum completo con una serie de géneros escalonados en el tiempo, también en un área semejante. Tal el filum de los Prociónidos ailúrinos, empezando con *Schlossericyon* del Burdigaliense de España (accidentalmente en el Vindoboniense de Alemania), *Parailurus* de Hungría y, finalmente, *Ailurus*, el pequeño panda actual del Asia meridional (Crusafont, 1960). Mme. Petter señalará un hecho análogo de un nuevo Mustélido de España, relacionado con una forma actual asiática.

Recibido 23-V-1962 (Oviedo-Madrid).

BIBLIOGRAFÍA

- CRUSAFONT, M. (1950): *El primer representante del género Canis en el Pontense eurasiático*, «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», Sec. Geol., tomo XLVIII, núm. 1, Madrid.
- CRUSAFONT-PAIRO, M. (1961): *Naissance et mort des phyla en Espagne (Mammalia)*, «Colloque de Paleont.», tome XLV.
- CRUSAFONT-PAIRO, M. (1961): *Naissance et mort des phyla en Espagne (Mammalia)*, «Colloques in C. N. R. S. Paléontologie», Paris (sous presse).
- CRUSAFONT-PAIRO, M. ET GOLPE, JUANA M. (1962): *Mustelidés de la communauté téthysique au Miocène espagnol*, «C. R. Acad. des Scienc.» (sous presse).
- CRUSAFONT, M. Y GINSBURG, L. (1962): *Los Carnívoros de los Valles de Fuentidueña* (en preparación).
- KRETZOI, M. (1942): «*Eomellivora* von Polgardi und Csakvar», «Földtani Közlemények», Band 72.
- KURTEN, B. (1958): *A note on the Age of the Dhock Patan Zone of the Siwalik Series* (India), «Stockh. Contrib. in Geol.», vol. II, 2, Stockholm.
- MENECHINI, G. (1963): *Descrizione dei resti di due fiere trovati nelle ligniti mioceniche di Montebamboli*, «Atti Soc. Ital. Sc. Nat.», IV, Milano.
- PILGRIM, G. E. (1931): *Catalogue of the Pontian Carnivora of Europe*, «British Mus. of Nat. Hist.», London.
- PILGRIM, G. F. (1932): *The Fossil Carnivora of India*, «Paleontol. Indica», vol. XVIII, Calcutta.
- STROMER, E. (1920): *Mitteilungen über Wirbeltierreste aus dem Mittelpliocän des Natrontales (Ägypten)*, «Sitz. Ber. Bayer. Akad. Wiss. Math-Phys.», München.
- VILLALTA, J. F. Y CRUSAFONT, M. (1945): «*Enhydriodon lluecai* nova sp., el primer Lútrido del Pontense español», «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XLIII, Madrid.
- ZDANSKY, O. (1924): *Jungtertiäre Carnivoren Chinas*, «Paleont. Sinica», Ser. C., vol. 2, fasc. 1, Peking.

R. H. WAGNER

DISCORDANCIA BRETÓNICA EN EL NE. DE PALENCIA (ESPAÑA)

RESUMEN

Aunque, generalmente, en el NW. de España se aprecian contactos aparentemente concordantes entre el Carbonífero inferior y estratos subyacentes, existen algunos casos bastante raros en que se observa una discordancia angular entre ambos. Aquí se describe uno de aquellos casos, registrándose una discordancia angular entre calizas nodulares del Visense medio y calizas alternantes con areniscas del Devónico que afloran cerca del pueblo de Villabellaco, en la parte NE. de la provincia de Palencia.

SUMMARY

BRETONIC UNCONFORMITY IN NE. PALENCIA, SPAIN

Usually, the *Bretonic* movements in NW. Spain are marked by an apparently disconformable contact between Vissean and Devonian or older Palaeozoic strata, without visible angularity between the two successions. It is consequently supposed that epirogenetic rather than orogenetic movements were responsible for the regional unconformity. In a very few cases, however, some degree of angularity has been recorded from certain outcrops. Probably the best known of these is the unconformity observed between nodular limestone of «Griotte» facies, of Vissean age, and underlying Ordovician sandstone in Mount Ginés, near the Sanctuary of Covadonga, in the Asturias (Delépine, 1943, p. 23). In other cases, where an angular unconformity has been reported, the evidence is either doubtful or even incorrect. For example, the angular unconformity between so-called pre-Devonian and Lower Carboniferous («Kulm») strata mentioned by Quiring (1939, p. 27) in northern Palencia, later proved to be based on a misidentification of rocks, since Carboniferous and Permo?—Triassic strata are involved (Wagner, 1955, p. 156). More recent reports on the presence of a *Bretonic* unconformity in northern Palencia still need confirmation, whilst De Sitter's (1955, p. 119) description of a «massif» of Lower Devonian strata surrounded by unconformable Visseo-Namurian reef deposits in the region north of Verbios (Palencia) refers to exposures which should rather be interpreted as a klippe of Lower Devonian strata on higher Devonian and Carboniferous rocks (Wagner, 1955, 1960).

In view of the paucity of reliable information on the *Bretonic* unconformity in this region, it is of some interest to describe a clear-cut angular unconformity between dated Middle Vissean and Devonian strata, which has recently been found near the village of Villabellaco (Palencia). The field observations were made in 1959 in company with Mr. T. A. Wijmstra. The locality occurs at some 350 metres SE. of Villabellaco, where a short succession of Middle and Upper Vissean goniatite-bearing limestones has been described on pre-

vios occasions (Wagner, 1955; Wagner-Gentis, 1960). These limestones have now been found to rest unconformably on Devonian strata (see figs 1 and 2). The following succession was encountered:

12,50 metres of grey, nodular limestones with goniatites of the *Goniatites striatus-granosus* group (loc. 1010) - Upper Visean (1).

1,50 metres of grey, somewhat marly, nodular limestones with *Merocanites henslowi* (Sowerby), *Goniatites* sp. and *Orthoceras* sp. (loc. 1009) - Middle to Upper Visean.

2,00 metres of grey, somewhat marly, nodular limestones with *Merocanites henslowi* (Sowerby) and *Orthoceras* sp. (locs 1007-8) - Middle Visean (B-zone of Bisat's classification).

— angular unconformity —

4,75 metres of grey, bedded limestone with a mainly brachiopod fauna of Devonian age (locs 1004-6); also conodonts of the genera *Icriodus* and *Polygnathus* were recovered (1).

10,00 metres of cream coloured, massive bedded sandstone.

2,30 metres of grey, bedded limestone.

There is a clear difference in the strike patterns of the Devonian and Carboniferous rocks in the locality SE. of Villabellaco. Also the Devonian strata are less steeply inclined than the Visean nodular limestones. Although the actual plane of unconformity is not exposed, it seems clear from the differences in strike and dip of the two successions, that an angular unconformity is present. Fig. 1 reproduces the relationships as observed in the field. Fig. 2 shows the angularity between the Lower Carboniferous and Devonian successions.

Since this is the first convincing example of an angular unconformity due to the *Bretonic* phase in the entire southern flank of the Cantabric Mountain Chain, it seems to be a rather local phenomenon. It may be argued that northeastern Palencia is possibly situated on the fringe of an area marked by more distinctly orogenic movements of the *Bretonic* phase. On the other hand, there may have been vertical movements with attendant block-faulting and the consequent crumpling of strata on the edge of fault blocks, which may have caused the locally angular unconformity recorded here. These different possibilities may be explored in the future by means of further investigations over a wider area.

DISCUSIÓN GENERAL

Está generalmente admitido que, en el NW. de España, se observan contactos aparentemente concordantes entre el Viseense transgresivo y los estratos subyacentes, los que, según el caso, pertenecen al Devónico o al Silúrico (areniscas ordovicienses). Por lo tanto, se ha venido admitiendo la fase *bretónica* en la zona cántabro-astúrica de España como un período de epirogenesis, sin plegamiento apreciable.

Sin embargo, alguna vez se han encontrado señales de discordancia entre el Viseense y lo que le sirve de basamento. Un caso célebre es la dis-

(1) The author is obliged to Mrs. C. H. T. Wagner-Gentis for identifying the goniatites and to Dr. A. C. Higgins for isolating and identifying the conodonts mentioned.

cordancia observada por Patac (*in* Sancho et al., 1926, p. 91) y Delépine (1943, p. 23) entre calizas nodulares del tipo «Griotte», del Viseense probable, y las areniscas atribuidas al Silúrico, que afloran en el monte Ginés, cerca del Santuario de Covadonga (Asturias). Demuestra que la fase *bretónica* en el NW. de España no actuó únicamente en el sentido epirogenético, sino que, localmente, consiguió plegar o fallar a los estratos anteriormente depositados.

Antes de seguir con este relato, hace falta discutir una observación hecha por Quiring (1939, p. 27; 1943, p. 485) en el Norte de Palencia, donde indicó la presencia de una discordancia fuertemente angular entre estratos atribuidos al Culm y al Antedevónico, respectivamente. En realidad, se trata de una discordancia entre el ¿Permo?-Triásico y una serie de estratos en la que interviene el Carbonífero (cf. Wagner, 1955, p. 156). Por lo tanto, no refleja el diastrafismo de la fase *bretónica*, como se creía, sino que muy probablemente debe atribuirse a una de las fases *sálica* o *urálica*, de edad pérmica. Ya indicó Lotze (1943, p. 80) que la discordancia «*bretónica*» señalada por Quiring parecía atípica para el NW. de España.

Por otra parte, De Sitter (1955, p. 119) y Wagner (1955, p. 156), mencionaron también la presencia probable de movimientos tectónicos de la fase *bretónica* en el Norte de Palencia. Indica el profesor De Sitter que «el contacto entre el Carbonífero inferior y el Devónico es casi siempre un contacto anormal, y se puede constatar que a menudo las líneas estructurales del Devónico y del Carbonífero no coinciden en absoluto o concuerdan malamente». Esta observación puede ser cierta, sobre todo, en la vecindad del pueblo de Mudá, donde las investigaciones todavía inéditas de C. H. T. Wagner-Gentis (realizadas en los veranos de 1951 a 1953) han mostrado la presencia de varios anticlinales del Carbonífero, en cuyas charnelas aflora el Devónico. Según el informe inédito de la Sra. de Wagner (Leiden, 1955), parece que los estratos devónicos en las charnelas de los anticlinales tienen rumbo diferente del de los estratos del Carbonífero sobreyacente. Sin embargo, los anticlinales están fallados longitudinalmente y no pueden considerarse las pruebas completamente convincentes, puesto que los afloramientos no están todo lo claro como era de desear. Las demás localidades citadas por De Sitter dan lugar a muchas dudas acerca de las interpretaciones hechas de las complicadísimas estructuras observadas en el campo. Por ejemplo, los asomos de cuarcita y arenisca cerca del pueblo de Nava de Santullán no han podido ser datados todavía, mientras que tampoco puede ser afirmado con plena seguridad cómo se relacionan con el terreno circundante. En cuanto a las estructuras al Oeste de Cervera de Pisuerga, que han sido objeto de un trabajo de Kanis (1956, 1960), no parece tampoco que debe considerarse enteramente resuelta la cuestión de la discordancia entre el Carbonífero bajo y el Devónico, puesto que Kanis la

cita una vez como discordancia («unconformity») y otra vez como concordancia aparente («disconformity»). En ningún caso puede admitirse la teoría de De Sitter acerca del «Macizo» de San Julián, al Norte de Verbios. Durante las campañas de 1953 y 1955 obtuvimos un mapa detallado a la escala 1 : 10.000 de las estructuras de San Julián, comprobando sin ningún género de dudas que se trata de un resto por erosión de un manto de capas del Devónico inferior, cabalgando sobre Devónico medio a superior y Carbonífero (2). Este mapa se publicará tan pronto como tengamos el resultado del examen paleontológico de varias clases de fósiles que recogimos en estos parajes y que confiamos a los especialistas. Se comprende que este «klippe» tectónico no puede ser utilizado como punto de partida para una teoría que lo supone «un acantilado post-bretónico, alrededor de lo cual se formaron *in situ* los arrecifes costeros del Viseo-Namuriense» (cf. De Sitter, 1955, p. 119).

Más tarde, De Sitter (1957, p. 275) tuvo sus dudas acerca de la validez de las observaciones anteriores mencionadas e indicó que «no angular unconformity or overlap has been clearly recorded», aunque «nevertheless there are locally strong indications of an unconformity between the Visean and the Devonian».

Discutimos con algún detenimiento los datos anteriores sobre la presencia de una discordancia *bretónica* en el NW. de España para hacer destacar la poca nitidez de los fenómenos relacionados con ella. Por eso juzgamos de interés que describamos el hallazgo de unas calizas con Goniátidos del Viseense medio, cortando oblicuamente una serie de calizas y areniscas del Devónico aflorando cerca del pueblo de Villabellaco, en el NE. de la provincia de Palencia. Las observaciones que relatamos a continuación fueron realizadas en compañía con el Sr. T. A. Wijmstra en una excursión hecha durante el verano de 1959.

Agradecemos al Sr. Wijmstra la ayuda que nos prestó en las observaciones de campo y hacemos constar nuestro profundo agradecimiento hacia el Instituto «Lucas Mallada», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que subvencionó la campaña de 1959 en la Cordillera Cantábrica.

DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS AL SE. DE VILLABELLACO

Se trata de unos afloramientos al SE. del pueblo de Villabellaco, situado en la comarca de Barruelo de Santullán, en la parte septentrional de la provincia de Palencia. Constan de una breve sucesión de estratos devónicos truncados por calizas nodulares de facies griota, pero de color gris, que

(2) Así lo indicamos en los mapas a pequeña escala que publicamos en 1955 y 1960

contienen faunas de Goniátidos del Viseense inferior al Namuriense. Ya mencionamos las calizas, así como el conjunto de las faunas en un trabajo anterior (Wagner, 1955), citándose las faunas de Goniátidos más recientemente por C. H. T. Wagner-Gentis (1960, 1962). Estas dos fueron referidas al Viseense inferior (II γ), medio (B) y superior (P), así como al Namuriense más bajo (E₁). Las calizas viseenses forman una serie de estructuras plegadas, así como falladas perpendicularmente (fig. 1), que buzan de 35° a 80°. El rumbo de las calizas viseenses sigue un curso WNW-ESE. Reposan sobre una serie de pizarras de edad incierta, puesto que no han

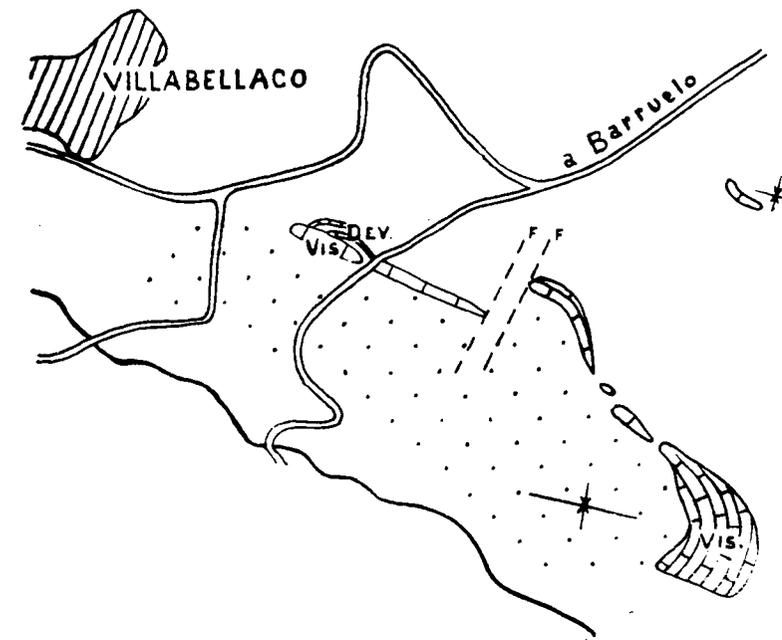


Fig. 1.—Plano geológico 1 : 12.000 de los terrenos devónicos y carboníferos que afloran al SE. de Villabellaco (Palencia). Este fragmento forma parte de un mapa geológico regional a la misma escala, que levantamos en los veranos de 1950 a 1955 y que está todavía inédito. Añadimos a ello los afloramientos del Devónico subyacente al Viseense en el lugar de la discordancia.

podido ser datadas por fósiles en la pizarra misma. Sin embargo, resulta probable que pertenezcan al Devónico, ya que las calizas nodulares del Viseense forman siempre la base del Carbonífero en el NE. de Palencia, mientras que igualmente sabemos que el Silúrico no parece aflorar por ninguna parte. La supuesta edad devónica de las pizarras subyacentes se mantiene por el hallazgo de calizas fosilíferas del Devónico en la misma serie, por debajo de las calizas viseenses.

La localidad exacta se encuentra a unos 350 metros al SE. de Villabella-

co, a unos 100 metros de la carretera que une este pueblo con Barruelo de Santullán. Observamos los estratos siguientes:

- 12,50 metros de calizas nodulares de color gris con restos de *Goniatites* del grupo *striatus-granosus* (loc. 1010) - Visense superior (3).
- 1,50 metros de calizas nodulares, algo margosas, de color gris, con *Merozanites henslowi* (Sowerby), *Goniatites* sp. y *Orthoceras* sp. (loc. 1009) - Visense medio a superior.
- 2,00 metros de calizas nodulares, algo margosas, de color gris, con *Merozanites henslowi* (Sowerby) y *Orthoceras* sp. (localidades 1007-8) - Visense medio (zona B de la clasificación de Bisat).

— discordancia angular —

- 4,75 metros de caliza estratificada, de color gris, con Braquiópodos y Trilobites del Devónico (localidades 1004-6); además Conodontos de los géneros *Icriodus* y *Polygnathus* (4).
- 10,00 metros de areniscas bancadas, de color crema.
- 2,30 metros de caliza estratificada, de color gris.

Las calizas y areniscas del Devónico cambian de rumbo 210° NW-SE a 170° NW-SE dentro del mismo afloramiento. El buzamiento oscila entre 45° y 50° SW. Las calizas nodulares del Visense, al contrario, mantienen un rumbo fijo de unos 210° NW-SE y buzamiento constante de 65° a 70° SW. Por lo tanto, hay una discordancia clara entre los estratos de ambos sistemas, que difieren tanto en el rumbo como en el buzamiento de las capas. Debe hacerse constar, sin embargo, que el contacto mismo no ha podido ser observado, ya que está cubierto por la vegetación. Teóricamente, pues, cabe la posibilidad de que el contacto fuese por falla. Sin embargo, el dispositivo completamente distinto de los estratos devónicos y carboníferos, además del hecho de que el Devónico aparece más finamente plegado, abogan por una discordancia estratigráfica.

Este es el primer ejemplo convincente de una discordancia angular entre Devónico y Carbonífero en todo el borde sur de la Cordillera Cantábrica. Por lo tanto, parece que sea un fenómeno local, cuyo significado es discutible. Si las manifestaciones de la fase *bretónica* en el NW. de España presentan generalmente señales de efectos epirogénicos más bien que oro-

(3) Agradecemos a la Sra. C. H. T. Wagner-Gentís las determinaciones de fauna de Cefalópodos, así como las conclusiones estratigráficas derivadas de ellas.

(4) Según el Dr. A. C. Higgins (Universidad de Sheffield), al que agradecemos las determinaciones de Conodontos que citamos, se destaca especialmente la abundancia de restos pertenecientes a *Icriodus*, género característico del Devónico. El total de la fauna rica de Conodontos encontrados será descrito por Higgins en una futura aportación.

génicos, resulta bastante curioso encontrar un Devónico plegado previamente a la transgresión visense en la parte nororiental de la provincia de Palencia. Tal vez sea que esta región se encontrase en la margen de una zona de plegamiento durante la fase *bretónica*. Por otra parte, sin embargo, podría suponerse que la fase *bretónica*, de efectos más bien epirogénicos y por lo tanto, de movimientos sobre todo verticales, lograra dividir el subsuelo en bloques con pequeños pliegues de arrastre en los bordes de falla más o menos vertical. Es posible que la sugerencia últimamente mencionada sea la más probable, pero la escasez de datos sobre una zona más amplia nos obliga a dejar la cuestión abierta. Retenemos, por lo tanto, únicamente el hecho de la discordancia angular *bretónica* observada en el lugar al SE. del pueblo de Villabellaco, esperando que futuras investigaciones permitan interpretaciones más amplias sobre el carácter de los movimientos *bretónicos* en esta parte del NW. de España.

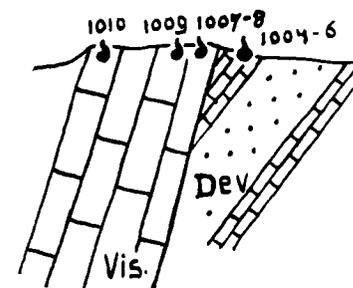


Fig. 2.—Corte de los estratos devónicos y carboníferos en el lugar de la discordancia angular *bretónica* cerca del pueblo de Villabellaco, en la comarca de Barruelo de Santullán (Palencia). Escala 1 : 1.000.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, A. DE & SAMPELAYO, A. H. (1945): *Zona occidental de la cuenca del Rubagón (Datos para su estudio estratigráfico)*. «Bol. Inst. Geol. Min. España», LVIII, p. 1-43. 6 fotos, 2 cortes.
- DELÉPINE, G. (1943): *Les faunes marines du Carbonifère des Asturies (Espagne)*. «Mém. Acad. Sci. Inst. France», 66, p. 1-122, Pls I-VI (trad. extr. P. H. SAMPELAYO, 1946: *Faunas marinas del Carbonífero de Asturias*. «Bol. Inst. Geol. Min. España», LIX, p. 21-127, láms. I-VI).
- KANIS, J. (1956): *Geology of the eastern zone of the Sierra del Brezo (Palencia-Spain)*. «Leidse Geol. Mededeelingen», XXI, p. 377-445, Pls 1-3, Apéndices 1-3 (edición española, 1960: *Investigaciones geológicas en la zona oriental de la Sierra del Brezo*. «Estudios Geológicos», XVI, p. 109-156, láms. I-III, Apéndices 1-3).
- LOTZE, F. (1943): *Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta*. «Geotektonische Forschungen», 6, p. 78-92 (trad. esp. J. M. Ríos, 1950: *Observaciones respecto a la división de los variscidas de la Meseta Ibérica*. «Publ. Extranjeras sobre Geología de España», V, p. 149-166).

- QUIRING, H. (1939): *Die ostasturischen Steinkohlenbecken*. «Archiv f. Lagerstättenforschung», 69, p. 1-66. Tafn 1-3 (trad. extr. A. DE ALVARADO, 1943: *Cuencas hulleras al Este de Asturias*. «Bol. Inst. Geol. Min. España», LVI, p. 453-538, 2 mapas).
- SANCHO, RUIZ FALCÓ, CUETO, JUNQUERA, H. SAMPelayo & PATAC (1926): *Les Asturies*. «Livret Guide Excursion C-1, XIV^e Congrès Int. Géologie, Madrid 1926», p. 1-108.
- SITTER, L. U. DE (1955): *Nota previa sobre la geología de la Cuenca Carbonífera del Río Pisuerga (Palencia)*. «Estudios Geológicos», XI, 26, p. 115-125, lám. XXIII.
- (1957): *The structural history of the SE. corner of the Paleozoic core of the Asturian Mountains*. «Neues Jahrbuch Geol. Pal., Abh.», 105, 3, p. 272-284 (trad. esp. J. M. Ríos, 1958: *Historia estructural del ángulo SE. del núcleo paleozoico de las montañas astures*. «Not. Com. Inst. Geol. Min. España», 49, p. 75-92).
- WAGNER, R. H. (1955): *Rasgos estratigráfico-tectónicos del Paleozoico superior de Barruelo (Palencia)*. «Estudios Geológicos», XI, 26, p. 145-202, láms. XXVIII-XXXII.
- (1960): *Middle Westphalian floras from northern Palencia (Spain) (in relation with the Curavacas phase of folding)*. «Estudios Geológicos», XVI, p. 55-92, figs 1-25.
- (1962): *A brief review of the stratigraphy and floral succession of the Carboniferous in W.V. Spain*. «C. R. 4^e Congrès Carbonifère», Heerlen 1958, III, Pls. 29-33.
- WAGNER-GENTIS, C. H. T. (1960): *On Nautellipsites hispanicus (Foord & Crick)*. «Estudios Geológicos», XVI, 1, p. 43-51, figs 1-4.
- (1962): *Lower Namurian Goniaticites from the Griotte Limestone of the Cantabric Mountain Chain*. «Not. Com. Inst. Geol. Min. España» (en prensa).

Recibido 25-V-1962.

K. W. BUTZER y J. CUERDA BARCELO

NUEVOS YACIMIENTOS MARINOS CUATERNARIOS DE LAS BALEARES

RESUMEN

Durante 1961, fueron estudiados en Formentera, Espalmador, Ibiza y Mallorca varios depósitos marinos pleistocénicos, no mencionados anteriormente. También fueron visitados conjuntamente con don Andrés Muntaner, algunos yacimientos ya conocidos pero no publicados. La fauna en ellos recogida y la geología de estos yacimientos son relacionadas en una detallada estratigrafía del Pleistoceno superior de las costas E. y N. de Mallorca. Esto complementa las primeras secuencias de Cuerda y Muntaner en la Bahía de Palma, y de Butzer y Cuerda en las costas SE. y S. Se proponen criterios sedimentológicos, estratigráficos y paleontológicos para la distinción de las playas del Tyrrheniense II, Tyrrheniense III y Flandriense, sitas a altitudes del orden de los + 0.5-4 m.

SUMMARY

During 1961 various unrecorded marine Pleistocene deposits were studied on Formentera, Espalmador, Ibiza and Mallorca. Several known but unpublished sites were also visited in conjunction with D. Andrés Muntaner. Faunal collections and geology of these sites have been incorporated into a detailed Upper Pleistocene stratigraphy of the Mallorcan E. and N. coasts. This complements earlier sequences of Cuerda & Muntaner in the Bay of Palma, of Butzer & Cuerda on the SE. and S. coasts. Sedimentological, stratigraphical and palaeontological criteria are proposed for distinction of the Tyrrhenian II, Tyrrhenian III and Flandrian beaches in the + 0.5-4 m. elevation range.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Sommer 1961 wurden mehrere bisher unbekannte marin-quartäre Ablagerungen auf Formentera, Espalmador, Ibiza und Mallorca untersucht. Einige bekannte aber nicht veröffentlichte Vorkommen wurden ferner mit D. Andrés Muntaner aufgesucht. Fauna und Geologie dieser Fundstellen wurden in eine detaillierte Stratigraphie des Jung-Pleistozäns der mallorquinischen Ost- und Nordostküsten eingebaut. Hiermit wurden die früheren stratigraphischen Profile Cuerdas & Muntaners in der Bucht von Palma, sowie von Butzer & Cuerda an den S. und SO. Küsten ergänzt. Sedimentologische, stratigraphische und paläontologische Kriterien zur Unterscheidung der Tyrrhen II und III sowie der Flandrischen Küstenbildungen in + 0.5-4 m. werden vorgeschlagen.

El Cuaternario marino de las Islas Baleares está representado por una notable sucesión de depósitos y faunas, los cuales, gracias a una década de intensivos estudios, adquieren cada vez mayor significación para el estudio de la estratigrafía del Mediterráneo Occidental. Es probable que los pisos del Ty

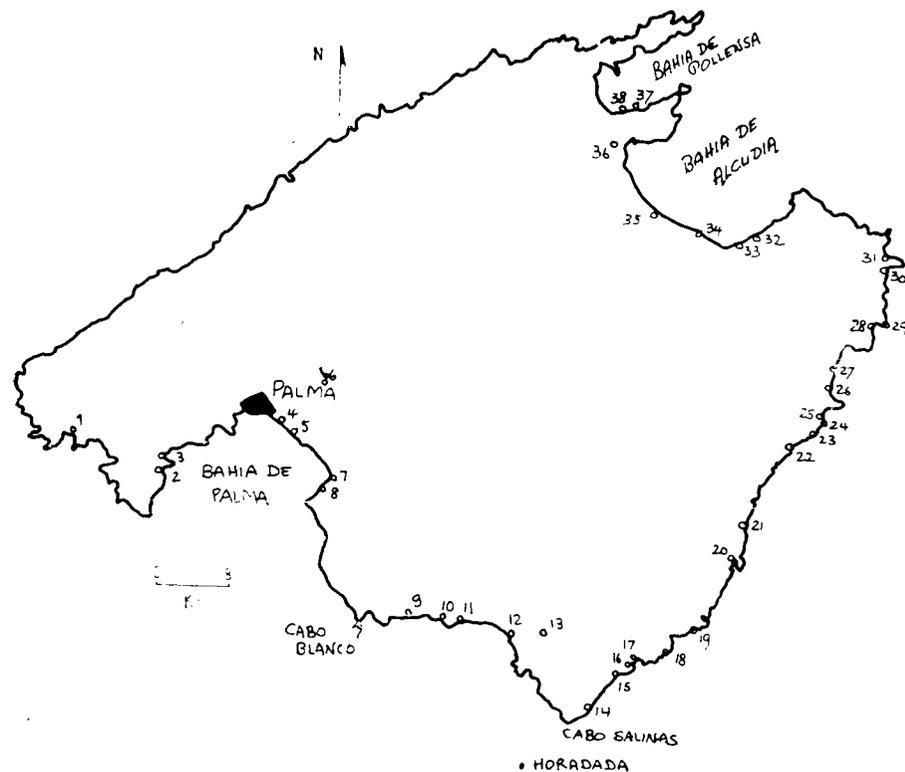


Fig. 1.—Yacimientos pleistocénicos citados en la isla de Mallorca: 1, Paguera. Magaiur. 3, Palma Nova. 4, Molinar. 5, Campo de Tiro. 6, Ca'n Xarpa. 7, Arenal. 8, Cap Orenol. 9, Cala Pi. 10, S'Estalella. 11, S'Estañol. 12, Playa del Trenc. 13, Baños de San Juan. 14, Torrente Socorrada. 15, Cala S'Amonia. 16, Cala Llombars. 17, Caló dels Macs. 18, S'Estret des Temps. 19, Cala Llonga. 20, Porto Colom. 21, Cala. Murada. 22, Porto Cristo. 23, Cala Morlanda. 24, S'Illot. 25, Cala Moreya. 26, Cala Millor. 27, Cala Bona. 28, Canyamel. 29, Cuevas de Artá. 30, Cala Ratjada. 31, Cala Agulla. 32, Cala Estret. 33, Colonia de San Pedro. 34, Colonia de Son Serra. 35, Ca'n Ficafort. 36, Albufera. 37, Mal Pas. 38, Es Moró Vermey.

rrheniense de Mallorca, sean, tanto geológica como paleontológicamente, unos de los más desarrollados del litoral mediterráneo.

Diversos estudios efectuados por Cuerda y A. Muntaner Darder desde 1950, en especial Cuerda (1957 a) y Muntaner (1957) (ambos con literatura anterior); Cuerda (1957 b); Cuerda *et al.* (1959); Solé (1961); Butzer y Cuerda (1961, 1962); Butzer (1961 a, b), han aclarado muchos aspectos del Pleistoceno

de Mallorca. Más recientemente, estudios de análoga índole han sido efectuados en Menorca, siendo los más destacados los de Mercadal (1959); Muntaner (1959); Solé (1961), en tanto que Solé (1961) ha continuado las anteriores e incompletas observaciones en vistas a un esbozo general del Pleistoceno de Ibiza.

Durante 1961 nos ha sido posible verificar un reconocimiento de varios sectores de costa de Mallorca, Ibiza y Formentera, gracias al cual fueron descubiertos cierto número de nuevos yacimientos, descritos los ya conocidos pero no estudiados, y vueltas a visitar otras viejas localizaciones. D. Andrés Muntaner acompañó y colaboró con los firmantes en alguna de aquellas excursiones, por lo que le quedamos muy agradecidos.

El presente trabajo ha sido posible gracias a una generosa subvención del Departamento de Geografía de la Universidad de Wisconsin, Madison (U. S. A.)

REGIÓN ORIENTAL DE MALLORCA

Varios sectores de costa entre Porto Cristo y Artá fueron reconocidos, descubriéndose tres nuevas localizaciones en S'Illot, Cala Moreya y Ses Rotas de Sa Cova, cerca de Cala Bona.

S'Illot.

En el promontorio de S'Illot se observa una plataforma marina bien desarrollada, sobre las hiladas del Mioceno a + 8,5 m., representando una fase inicial del Tyrrheniense II. La superficie de la caliza muestra restos de travertinos limosos, rojo-amarillentos (5 YR 5/6-8) (1) y arena limosa con fragmentos de *Helix sp.* y *Helicella frater* Dhorn et Hey., en su parte superior. Sobre el declive, a + 5,3 m. fueron hallados numerosos fragmentos de moluscos marinos en aquellos limos, los cuales parecen ser más modernos que la terraza.

En el ángulo interior del promontorio, junto a la playa, aparecen a + 2 m. más capas, formadas por arenas limosas consolidadas similares, con elementos detríticos angulares, que contienen, en su parte inferior, una rica fauna claramente marina. En dichos depósitos, de 10-50 cm. de espesor han sido observadas las siguientes especies:

Tritonidea riverrata Kiener.

Patella caerulea L.

Mytilus senegalensis Reeve.

Arca plicata Chemnitz.

Arca Noae L.

Arca barbata L.

Cardium edule L.

Chama gryphoides L.

Lucina lactea L.

(1) Clave numérica de referencias para la clasificación de colores de Munsell Soil Color Charts. Baltimore, 1954.

Esta fauna, de facies litoral, tiene tres formas características: *Tritonidea viverrata*, *Arca plicata* y *Mytilus senegalensis*, la última relativamente abundante. La ausencia de *Strombus bubonius* en una facies limosa es importante, y el limitado desarrollo de los sedimentos depositados sobre el declive de la plataforma, sugiere una breve transgresión, muy probablemente correspondiente al Tyrrheniense III.

La fauna de S'Illot ofrece una gran semejanza con la procedente de las arenas bastas y conglomerados transgresivos estratificados a + 2 m. de Porto Cristo (Cuerda y Muntaner 1957, Solé 1961). La fauna de Porto Cristo es también muy litoral en su carácter, con predominancia de *Cardium edule* L. y conteniendo además:

Tritonidea viverrata Kiener.

Arca plicata Chemnitz.

Cardium edule L.

Chama gryphoides L.

Venus gallina L.

Lucina lactea L.

Desgraciadamente la considerable erosión sufrida en la parte superior de estos sedimentos, debida a los elementos de arrastre propios del área de playa, han dificultado establecer sus relaciones estratigráficas con las adyacentes y mal conservadas dunas regresivas del Würm.

H. Hermite (1879) hace referencia a un yacimiento con *Cardium edule* L. y *Paludestrina* sp. en las cercanías de las cuevas de Porto Cristo. Este debe hallarse en el interior de la cala y fue depositado bajo las condiciones de tipo lagunar análogas a las del último Tyrrheniense III de Cala Llonga (Butzer y Cuerda 1961) e Porto Colom (Muntaner 1955).

Cala Moreya.

A unos 100 metros más al Norte de S'Illot, pasada la desembocadura del Torrente de Ca'n Amer, un interesante corte estratigráfico, sobre la caliza del Mioceno, facilita nuevos datos acerca de la estratigrafía marina:

a) 10 cm. de grava y arena limosa semicementada, color amarillo-rojizas (7.5 YR 6/6), directamente superpuestas sobre una superficie caliza bien meteorizada con restos de un limo rojo (2.5 RY 5/6), y cemento en las grietas. La decoloración penetra hasta 1,5 cm. en la roca y sugiere una fuerte meteorización química y pedogénesis, análogas a las de Cala S'Almonia (Butzer y Cuerda 1961, 1962) y anterior a la sedimentación de (a).

b) 60 cm. de arenas limosas amarillo rojizas en conglomerado basto compuesto por gravas rodadas de playa con restos de moluscos marinos.

c) 40 cm. de arena de playa semicementada amarillo-rojiza (7.5 YR 6/8) con fauna marina rodada conteniendo *Cardium edule* L. y algunos cantos desgastados por el viento (2).

(2) Las expresiones «elementos eólicos» o «duna», con las que en este trabajo se designan los depósitos eólicos de arena caliza, corresponden a la palabra inglesa «eolianite».

d) > 50 cm. de bastos elementos eólicos limosos de color que oscila entre amarillo-rojizo a rojo (7.5 YR 6/8 a 2.5 YR 5/8) (dirección de las capas N 25° O. en la base, N. 55-65° E. en la parte superior) con alguna otra guiija.

La superficie está afectada por la erosión marina con restos de fauna holocena en grietas y hendiduras, con *Cardium edule* L. a + 2,5 m. Todo hace creer que las capas de sedimentos marinos (b) y (c) que alcanzan sobre + 1,5 metros, son coetáneos de la vecina fauna de S'Illot, y se corresponden totalmente con el Tyrrheniense III y Würm inicial de Cala S'Almonia.

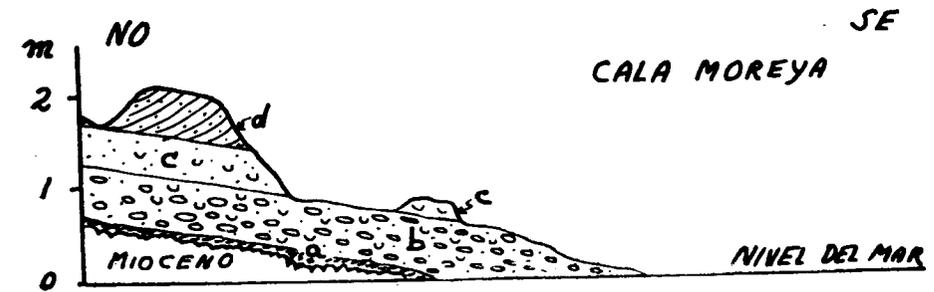


Fig. 2.

Los cantos de las capas (b) y (c) proceden muy probablemente del torrente, y parecidos conglomerados semi-marinos con gruesas costras se observan a lo largo de las riberas del torrente.

Cala Morlanda.

La existencia de fauna mammalógica en Cala Morlanda ha sido comprobada por Bauzá, 1959 (no publicado), aunque no poseemos información geológica ni estratigráfica de utilidad. Un lugar por nosotros visitado consiste en una cueva hundida, excavada por un nivel marino a + 4,5 m. El área está dominada por una extensa plataforma marina a + 8,5-12 m., y la cueva fue posteriormente afectada por erosión marina a + 3 m. Parece pues, cierto, que los depósitos en cuestión son posteriores, es decir, de edad post-Tyrrheniense II. Las paredes de la cueva se presentan bien meteorizadas y rellenas en sus oquedades por una tierra de cueva fósil, decalcificada, roja (2.5 YR 4/8) y limos rojizos (5 YR 5/8) y gruesos travertinos. La tierra de la cueva recuerda la base del yacimiento de Cala de S'Almonia. Los limos pueden ser, en consecuencia, de edad incluida entre el Tyrrheniense III al Würm inicial. Contienen *Hypnomys morpheus* Bate y *Eobania vermiculata* Müll., siendo posible

Para la facies marina designamos con el nombre de «molasa» los sedimentos marinos de arenas calizas procedentes en gran parte de detritus de moluscos; su equivalente en inglés es «calcarenite».

mente de la misma edad un ejemplar, único allí recogido, de *Tudorella ferruginea* Lmk. A pesar del carácter específicamente no marino de esta fauna, hallada a + 4,5 m., la estratigrafía del lugar, especialmente el suelo fósil, es muy significativo en relación con los depósitos de Cala Moreya.

Cala Bona.

El pequeño promontorio al Este del embarcadero de Cala Bona se presenta parcialmente cubierto por arenas limosas y conglomerado marino, cementados, de un color rojizo amarillento (5 YR 6/8), que alcanzan + 1,5 m. La fauna en ellos recogida contiene:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Emarginula cancellata</i> Philippi.
<i>Conus testudinarius</i> Martini (frag.)	<i>Arca Noae</i> L.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Purpura haemastoma</i> L.	<i>Cardita calyculata</i> L.
<i>Triton nodiferum</i> Lmk.	<i>Lucina reticulata</i> Poli.

La presencia de *Conus testudinarius* Mart. nos hace considerar este yacimiento como perteneciente al Tyrrheniense, y tanto por su fauna como por su geología y altitud lo correlacionamos con los de S'Illot y Cala Moreya.

Solé (1961) cita restos de una playa a + 1 m. en las cercanías de Cala Millor. Nosotros únicamente hemos hallado análogos limos, aunque desgraciadamente estériles, como en Cala Bona, sobre bajos promontorios.

Playas de Canyamel.

Las playas cuaternarias de Canyamel, hace ya tiempo conocidas, han sido estudiadas por J. Haime (1855), H. Hermite (1879), A. Muntaner (no publicado) y Solé (1961). No habiendo sido publicada todavía una detallada

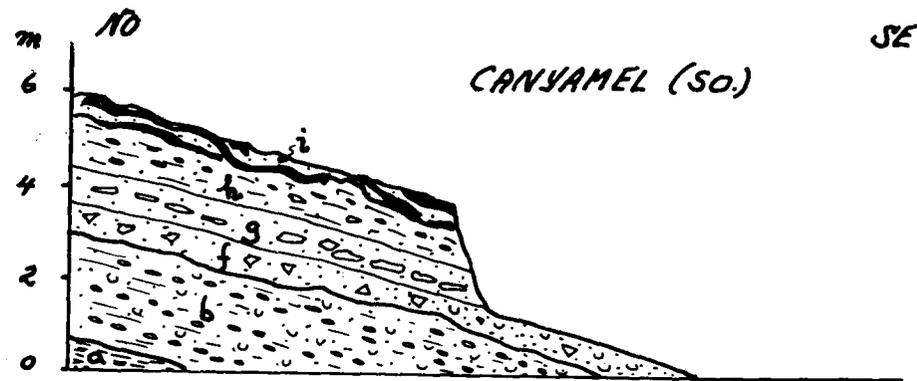


Fig. 3.

estratigrafía, consideramos necesario esbozar con algún detalle su algo complicada geología y su fauna estratigráfica. El yacimiento está constituido por los sedimentos del Pleistoceno, conservados sobre las calizas del Triásico, y situados a uno y otro lado de la desembocadura del torrente de Canyamel. La erosión torrencial ha hecho desaparecer sus vestigios en la parte central, mientras que, en ambos lados, los depósitos coluviales en declive presentan cierto espesor.

La sucesión general es la siguiente:

- (a) 0-70 cm. de limos arenosos semicementados, amarillo rojizos (5 YR 6/6).

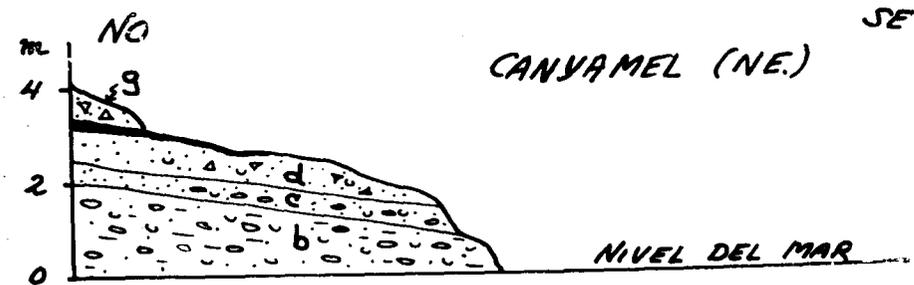


Fig. 4.

- (b) 0-220 cm. de lechos alternantes de conglomerados bastos de playa y arenas marinas eólicas (dirección de las capas N. 45° O., actual dirección del viento tempestuoso: N. 55° O.) con guijarros de playa y fauna rodada o intacta de *Pectunculus violaceus* Lmk. y también algún *Cardium edule* L. y *Dosinia lupinus* L. Este tipo de depósito está idénticamente representado tanto a la base de las series al pie del hotel de Canyamel, como en la parte sudoccidental. El nivel marino que lo produjo correspondía al menos a + 3,3 m.

Al pie del hotel, el horizonte (b) está sucedido en concordancia por:

- (c) 0-50 cm. de limos rojo amarillentos (5 YR 5/4-6), con cantos de playa y fauna compuesta por:

Purpura haemastoma L.
Purpura haemastoma L. var. *aff. laevis*
 Monts.
Strombus bubonius Lmk.

y un ejemplar rodado de *Tudorella ferruginea* Lmk. Fauna típica del Tyrrheniense II.

- (d) 0-100 cm. de arenas marinas semicementadas, limosas, color amarillo (10 YR 6-7/4-6) con algún canto angular de tamaño medio. En la parte sudoccidental se observa la presencia de *Iberellus minoricensis Compayoi* Aler;

en la parte situada bajo el hotel los sedimentos alcanzan hasta + 3 m. y con tienen:

Pectunculus violacescens Lmk.

Cardium tuberculatum L.

Cardium edule L.

Estos sedimentos están recubiertos por una costra cementada de limos arenosos rosados conteniendo innumerables ejemplares de *Vermetus triquetter* Bivona y *Vermetus* sp., en la parte noreste. La deposición de un recubrimiento discordante señala un retroceso del nivel marino.

e) 0-100 cm. de duna consolidada (dirección N. 45° O.) con zona de raíces e *Iberellus*, indicando una regresión marina posterior al Tyrrheniense II.

Esta disposición general está recubierta por las dunas del Holoceno con *Theba pisana* Müller, bajo un suelo de tipo xerorrendina bien desarrollado. Recubriendo en discordancia (e), en la parte sudoccidental lejana de la playa, está el resto de la serie:

f) 70 cm. de arenas limosas semicementadas, amarillo-rojizas (7.5 YR 7/6) con *Pectunculus violacescens* Lmk, en la base a + 1.5 m. (Tyrrheniense III) pasando en su parte superior a una abundante fauna terrestre de *Iberellus* (96 por 100), *Tudorella* (2 por 100) y *Helicella* (2 por 100). Contiene muchos elementos detríticos angulares estratificados. Base de la serie continental del Würm.

(g) 70 cm. de elementos detríticos cementados arenosos, rosados (5 YR 6/4, 7.5 YR 7/4) con numerosas costras y fauna de *Iberellus*.

(h) 100 cm. de arenas limosas semiconsolidadas, amarillentas (7.5 YR 6/6, 10 YR 7/6) con elementos detríticos y estratificación semieólica. Fauna de *Iberellus* (90 por 100) y *Helicella* (10 por 100).

(i) 60 cm. de brecha cementada, rosada (7.5 YR 6/4) con limos traver tinos sin fauna.

Este yacimiento es particularmente interesante, ya que representa la mayor parte de la serie del Pleistoceno superior. Las capas (b)-(d) se suceden concordantes, y teniendo en cuenta *Strombus bubonius* Lmk (primeramente citado por Hermite 1879, y un ejemplar semicompleto y otro fragmentado recogido por Cuerda en 1961) y la típica forma globosa de *Purpura haemastoma* L. en ellas recogidas, corresponden con certeza al Tyrrheniense II final.

A pesar de su bajo nivel, la considerable potencia de esta playa (sobre unos tres metros en algunos sitios) la distingue fácilmente de los débiles lechos del Tyrrheniense III, de mucha más corta duración. La presencia de *Strombus* la atribuimos a una facies limosa local. Considerando el carácter

litoral de la fauna de las capas (b)-(d), el máximo del nivel marino con ellas relacionado no debió exceder los + 3.3 m.

Los sedimentos claramente regresivos intercalados entre el Tyrrheniense II con *Strombus* y la facies marina basal del horizonte (f), tiene mucha importancia. Una comprobación de esto mismo, ha sido también obtenida en C'an Vanrell, cerca del Arenal (según veremos más adelante), donde el Tyrrheniense III se presenta igualmente como un débil depósito de escasa potencia, en concordancia con la base de la serie regresiva del Würm.

Los depósitos de cueva que se observan, a una altitud aproximada de 80 metros, frente a las notables Cuevas de Artá, son en todo análogos a los de las capas (f) y (h). Estos depósitos consisten en brechas limosas, semicementadas, de color amarillo-rojizo (7.5 YR 7/6), con cantos calizos angulares, termoclásticos, de tamaño comprendido entre 0.5-3.0 cm. El limo es de procedencia eólica y el depósito se sedimentó por coluviación y por acción de la gravedad. En esta brecha se encuentran, esparcidos, huesos pequeños de *Myotragus balearicus* Bate, y otros de aves. Cabe la posibilidad de que estos depósitos puedan ser debidos a la acción de las grandes heladas, de los inicios del Würm. En apoyo de ello, se observan, bajo la Cueva, declives de brechas bastas, estratificadas (pero no ordenadas) con limos (7.5 YR 7/6), en ángulos de 30 %-35 %. No obstante, éstos son, en definitiva, de carácter no «periglacial» (comparar Solé 1961).

Cala Ratjada.

El más importante yacimiento de Cala Ratjada fué descubierto y estudiado por A. Muntaner Darder (no publicado) y descrito brevemente por Solé (1961), quien visitó aquel lugar conjuntamente con Muntaner (1956). El yacimiento fué visitado por nosotros en compañía de dicho señor Muntaner y completada la recogida de fauna por Cuerda. En síntesis, los sedimentos del Pleistoceno recubren una caliza pardo-amarillenta con *Cardium* sp., tal como sigue:

(a) 75 cm. de limos arenosos rojizos, fosilíferos, conteniendo:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguière.	<i>Patella</i> sp.
<i>Conus testudinarius</i> Martini.	<i>Spondylus gaederopus</i> L.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Arca Noae</i> L.
<i>Murex trunculus</i> L.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Triton nodiferum</i> Lmk.	<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.
<i>Cerithium vulgatum</i> Brug.	<i>Chama gryphoides</i> L.
<i>Fissurella gibberula</i> Lmk.	

Los sedimentos alcanzan + 2.8 m., con ranura litoral.

(b) 30 cm. de limos terrestres con *Iberellus minoricensis* Mitre y aislados ejemplares de *Tudorella ferruginea* Lmk. Base del Würm.

(c) 50 cm. de duna rosada con *Iberellus* y *Tudorella ferruginea*, sedimentada N 35° O.

(d) 15-60 cm. de arena limosa color rosado con elementos detríticos y concreciones, sin fósiles.

(e) > 55 cm. de elementos eólicos amarillo-rojizos (N. 35° O.).

Las dos dunas ofrecen una interesante semejanza, bajo todos los aspectos, con las series típicas del Würm del Sudeste de Mallorca (Butzer y Cuerda 1961, 1962) y puesto que las capas (a) y (b) son más o menos concordantes, estratigráficamente, es probable que (a) represente el Tyrrheniense III.

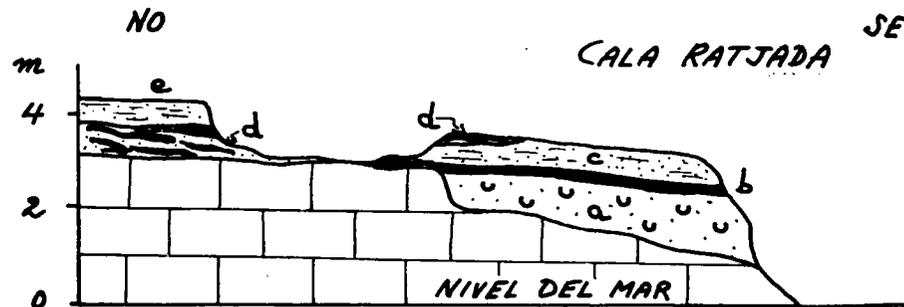


Fig. 5.

La fauna, a excepción de un único y rodado ejemplar de *Triton nodiferum* Lmk., es de un marcado carácter litoral. *Conus testudinarius* Martini, indica una edad tirreniense, ya sea del Tyrrheniense II ó III.

Cala Agulla.

El yacimiento de Cala Agulla fué descubierto por A. Muntaner (1955) y será en su día publicado en detalle por dicho autor. Cuerda (1957) da un adelanto de la lista faunística de este lugar, que con motivo de nuestra visita al citado yacimiento, en compañía del señor Muntaner, fué completada. He aquí las especies recogidas en los estratos inferiores, muy fosilíferos, compuestos por conglomerados marinos:

<i>Gadinia Garnoti</i> Payraudeau.	<i>Triforis perversus</i> L.
<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere	<i>Bittium Latreillei</i> Payraudeau.
<i>Donovania minima</i> Montagu.	<i>Corithiopsis minima</i> Brussa.
<i>Marginella miliaria</i> L.	<i>Cerithiopsis bilienata</i> Hoernes.
<i>Marginella secalina</i> Philippi.	<i>Littorina neritoides</i> L.
<i>Turricola olivoidea</i> Cantraine.	<i>Rissoa variabilis</i> Muhlfield var. <i>braevis</i> Monts.
<i>Nassa Donovanii</i> Risso.	<i>Rissoa Guerini</i> Recluz.
<i>Columbella scripta</i> L.	<i>Rissoa similis</i> Scacchi.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Rissoa violacea</i> Desmarest.
<i>Murex Edwardsii</i> Payraudei.	<i>Rissoa cimex</i> L.
<i>Ocenebrina aciculata</i> Lmk.	

<i>Rissoa lactea</i> Michaud.	<i>Halotis lamellosa</i> Lmk.
<i>Rissoina Bruguieri</i> Payraudeau.	<i>Fissurella nubecula</i> L.
<i>Barleia rubra</i> Adams.	<i>Fissurella graeca</i> L.
<i>Scalaria crenata</i> L.	<i>Patella lusitanica</i> Gmelin.
<i>Eulima incurva</i> Renieri.	<i>Patella caerulea</i> L.
<i>Phasianella pullus</i> L.	<i>Arca Noae</i> L.
<i>Astraliium rugosum</i> L.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Calliostoma exasperatus</i> Pennant.	<i>Arca plicata</i> Chemnitz.
<i>Trochocochlea turbinata</i> Born.	<i>Arca lactea</i> L.
<i>Trochocochlea articulata</i> Lmk.	<i>Arca lactea</i> L. var. <i>Gaimardi</i> Payraudeau.
<i>Clanculus Jussieuvi</i> Payraudeau.	<i>Chama gryphoides</i> L.
<i>Gibbula divaricata</i> L.	<i>Lucina reticulata</i> Poli.
<i>Gibbula varia</i> L.	

Otras recolecciones fueron hechas en playas vecinas, también correspondientes al Tyrrheniense, edad que queda comprobada por la presencia de *Arca plicata* en una de las playas, y de *Purpura haemastoma* L. var. *laevis* Monts (forma globosa) en otra.

Conclusiones.

La descripción que dejamos hecha acerca de los nuevos yacimientos y de los conocidos, pero que no han sido objeto de publicación, correspondientes a la costa oriental, conjuntamente con lo ya publicado sobre los de la costa sudoriental por Butzer y Cuerda (1961-1962)), proporciona ya una satisfactoria visión del Pleistoceno superior de la parte oriental de Mallorca. La importancia de las dunas regresivas, más potentes en los alrededores de Capdepera y Cabo Salinas, registra las dunas wurmienses, particularmente separadas entre sí. Los depósitos marinos ofrecen cierto desarrollo local y son moderadamente abundantes. Lo más importante a lo largo de la parte central del litoral oriental, son las extensas rasas del Tyrrheniense I y II. Con todo, las características especies termófilas del Tyrrheniense han sido halladas en algunos yacimientos, incluido *Strombus bubonius* Lmk. La rareza de esta especie se debe probablemente al carácter rocoso de los sedimentos marinos mejor conservados. En cuanto a la fauna terrestre del Pleistoceno superior, se hace observar que *Iberellus* es elemento dominante en la media parte septentrional de este litoral, y también en las proximidades de Cabo Salinas. Desde Cala S'Almonia hasta más allá de Cala D'Or, *Eobania vermiculata* Mull. es prácticamente el exclusivo *Helix*, con una general predominancia de *Tudorella ferruginea* Lamarck.

Relacionando lo que dejamos expuesto con lo relativo a la parte sudoriental de Mallorca, es posible dar la siguiente visión de conjunto del sector oriental entero:

- (I) Rasas sin fauna + 10,5-12,5 m. Tyrrheniense II a.
- (II) Oscilación negativa del nivel marino en el Mediterráneo.
- (III) Rasas a + 6,0-9,0 m. con frecuentes pero no identificables restos de un Tyrrheniense II b inicial (3).
- (IV) Playas muy fosilíferas a + 1,5-3,5 m. con especies termófilas (*Conus testudinarius* Mart. y *Tritonidea viverrata* Kiener en Cala Santanyí, Butzer y Cuerda 1961; *Strombus bubonius* Lmk. y *Purpura haemastoma* L. var. aff. *laevis* Monts, a Canyamel). Tyrrheniense II b final.
- (V) Dunas regresivas de menor potencia, indicando una clara aunque probablemente moderada regresión del nivel marino mediterráneo. Notable desarrollo de un suelo de *terra rossa*.
- (VI) Limitadas playas fosilíferas de poca potencia, con cinco especies termófilas (*Conus testudinarius* Mart., *Tritonidea viverrata* Kiener., *Purpurea haemastoma* L. var. aff. *laevis* Monts., *Mytilus senegalensis* Reeve y *Arca plicata chemnitz*) halladas por lo menos en cinco localidades desde Cala S'Almonia hasta Cala Agulla. Tyrrheniense III.
- (VII) Limos coluviales con fauna terrestre. Base del Würm inicial.
- (VIII) Importante duna regresiva, subdividida por un horizonte de limos en el área de Cabo Salinas. Würm inicial.
- (IX) Limos coluviales con escasa fauna terrestre. Würm medio.
- (X) Importante duna regresiva. Würm medio.
- (XI) Playas locales a + 4,0 m. con escasa fauna no característica. Holoceno (Flandriense) inicial.
- (XII) Playas locales a + 2,0 m. con escasa fauna no característica. Holoceno medio.
- (XIII) Dunas menores regresivas o litorales. Inicios de la época histórica.

REGIÓN SEPTENTRIONAL DE MALLORCA

Diferente de las acantiladas costas del sector oriental, la costa Norte formando las bahías de Alcudía y Pollensa, es predominantemente plana, con aguas costeras de poca profundidad y extensos campos de dunas hacia el interior. Durante las fuertes galernas (tramontana), las grandes y tempestuosas olas baten las costas y transportan arena hacia los bosques de *Pinus*

(3) Recientemente hemos comprobado la presencia de *Conus testudinarius* Mart., *Tritonidea viverrata* Kiener, *Triton costatus* Born y *Arca plicata* Chemnitz, sobre la plataforma a + 8,5 metros del yacimiento de S'Illot, lo cual evidencia la edad que ya atribuíamos para este yacimiento, como correspondiente al Tyrrheniense II b inicial.

halepensis. No es pues sorprendente que el Cuaternario marino se ha conservado poco en el sector de la costa septentrional. Los depósitos continentales del Pleistoceno se presentan bien desarrollados sobre las potentes series plegadas de la región de Artá y las peninsulares de Alcudía y Formentor. Pero los anteriores, intersedimentados estratos marinos, han sido generalmente destruidos, como puede deducirse de las estériles facies semimarinas, cortadas por posteriores acantilados.

Cala Estret, cerca de la Colonia de San Pedro.

A. Muntaner (1955) descubrió una interesante localización a Cala Estret, con sedimentos marinos intercalados y potentes lechos torrenciales, procedentes de las adyacentes laderas de montaña. El sitio fue vuelto a visitar en compañía del señor Muntaner. Se trata de dos playas discordantes, estéril la inferior y fosilífera la otra más moderna, soportando la serie continental del Würm. La fauna de los sedimentos fosilíferos, que alcanzan + 2 m. (o más), contiene:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Uromytilus triquetus</i> Bivona.
<i>Nassa corniculum</i> Olivi var. <i>varicosta</i> Risso.	<i>Gibbula ardens</i> Von Salis.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Patella caerulea</i> L. var. <i>aspera</i> Lmk.
<i>Cerithium vulgatum</i> Brug.	<i>Cardita calyculata</i> L.

Esta fauna, algo pobre, es de carácter muy litoral y carece de especies termófilas. Esta fauna y la estratigrafía, sobre la que publicará el señor Muntaner una nota, sugiere aparentemente el Tyrrheniense III.

Inmediata al Sur de la Colonia de San Pedro, probablemente existió una similar sucesión, pero ha sido destruida por la acción de las olas, de modo que únicamente se conservan en limos semimarinas restos de moluscos marinos.

Colonia Son Serra.

Tres lechos marinos del Pleistoceno con asociaciones estratigráficas han sido hallados en la localidad de Playa del Carmen o Colonia de Son Serra. El yacimiento ofrece interés estratigráfico y es valioso para el conocimiento de la evolución de la vecina desembocadura del gran torrente de S'Avall, procedente del llano de Manacor. La estratigrafía es la siguiente:

(a) > 30 cm. (la base no se ve) de arena de playa limosa, basta, amarillo-rojiza (5 YR 4-5/8), con *Venus gallina* L. y *Trochocochlea turbinata* Born, sedimentada N. 150° O.

(b) 10 cm. de elementos eólicos bastos, color blanquecino (10 YR 8/4) sedimentados N. 150° O. Discordancia.

(c) > 50 cm. de arena de playa grosera, rojo-amarillenta (5 YR 5-7/8) con conglomerados de playa de tamaño medio, transgresivos en la base. Recubierto por 1 cm. de costra, este depósito de playa alcanza + 1.8 m. La fauna contiene:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Fissurella gibberula</i> Lmk.
<i>Conus</i> sp.	<i>Patella caerulea</i> L. var <i>aspera</i> Lmk.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Arca Noae</i> L.
<i>Ocenebra Edwardsii</i> Payraudeau.	<i>Arca lactea</i> L.
<i>Cerithium</i> aff. <i>vulgatum</i> Brug.	<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.
<i>Cypraea</i> sp.	<i>Cardium tuberculatum</i> L.
<i>Rissoina Brugueri</i> Payraudeau.	<i>Cardium edule</i> L.
<i>Trochocochlea turbinata</i> Born.	<i>Chama gryphina</i> Lmk.

En esta fauna, más bien litoral, el elemento dominante es *Cardium*. El único ejemplar notable es un gran fragmento de *Conus*, posiblemente *C. testudinarius* Mart. en pésimo estado de conservación. Desgraciadamente, es imposible identificarlo con certeza. Discordancia.

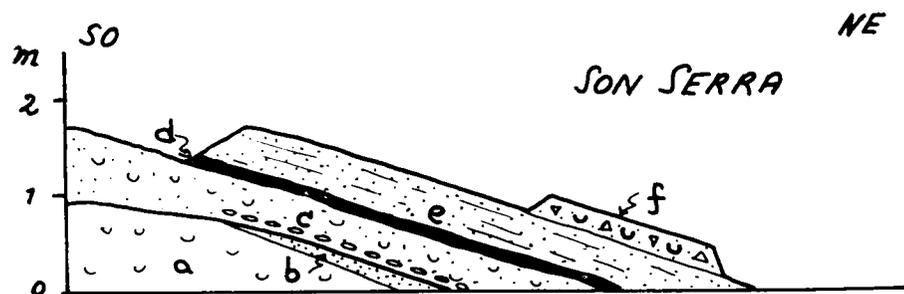


Fig. 6.

(d) 10 cm. de arenas limosas amarillo-rojizas (7.5 YR 7/6) con fragmentos arrastrados de fauna.

(e) 50-80 cm. de duna limosa basta, amarillo-rojiza (5 YR 7/8) con fauna rodada compuesta de *Pectunculus violacescens* Lmk y *Cardium edule* L. Sedimentada N. 135° O.

(f) 20 cm. de depósitos mixtos torrenciales-marinos, amarillo-rojizos (5 YR 6/6) con elementos detríticos limosos y angulares, sedimentados N. 135° O. Alcanzan + 1 m. y contienen una fauna no rodada, *in situ*, de *Pectunculus violacescens* Lmk. y *Cardium* sp. Disconformidad.

(g) 25-30 cm. de duna basta, amarillo-rojiza (7.5 YR 7/), con restos de fauna marina. La sedimentación varía desde N. 110° O. a la base a N. 30° E. y, finalmente, N. 155° O.

(h) 10 cm. de arenas limosas amarillo-rojizas (7.5 YR 6/6).

Todas las capas están semicementadas.

En orden a la fauna, altitud, facies pobremente desarrolladas y general estratigrafía, existen pocas dudas respecto a la significación de la capa (f), a la cual consideramos como Tyrrheniense III, soportando la serie continental del Würm. Es lo más probable que los dos horizontes marinos inferiores (a) y (c) representen los últimos pisos del Tyrrheniense II b. El horizonte (c) parece claramente corresponder al Tyrrheniense II b final, a + 2 m. Son de considerable interés las dunas de débil espesor, regresivas, existentes entre las tres sedimentaciones marinas, indicando pequeñas regresiones de corta duración, por debajo del nivel marino actual, en cada caso.

C'an Picafort.

J. Bauzá (1946) hace referencia a las «playas con *Strombus*» de C'an Picafort. Los autores han examinado enteramente 1 km. de promontorio formado por los sedimentos cuaternarios, que terminan dulcemente en la Bahía de Alcudia, en aquel caserío, sin haber hallado sedimentos marinos fosilíferos. La siguiente serie, procedente del extremo Noroeste, nos da una idea de la estratigrafía del Würm.

(a) > 80 cm. de arenas limosas consolidadas, amarillo-rojizas (7.5 YR 7/6) con *Mastus pupa* Brug. e *Iberellus minoricensis Companyoi* Aler., recubiertas por 2 cm. de costra. Discordancia.

(b) 70-500 cm. de duna basta, consolidada, amarillo-rojiza (7.5 YR 8/6). Sedimentada N. 95° O en la costa y N. 125° O más hacia el interior.

(c) 0-10 cm. de arenas limosas consolidadas, amarillo-rojizas (5 YR 6/6). Más al interior bajo las dunas del Holoceno.

La base de la serie del Würm mencionada, es visible más hacia la parte Sudeste, en forma de limos semicementados con restos de moluscos marinos arrastrados por el viento hasta unos + 2 m. Estos parecen corresponder al Tyrrheniense III.

En C'an Picafort tiene considerable interés una terraza de abrasión con ranura litoral, excavada en las dunas del Würm a + 4 m., que evidencia muy posiblemente el máximo del Flandriense, durante el Holoceno.

Sa Albufera.

No obstante no haberse intentado un sistemático estudio de la extensa laguna de la Albufera, los materiales removidos por excavaciones hechas en las cercanías del Puerto de Alcudia, indican que los depósitos holocenos que recubren directamente la zona orgánica, eran estériles. Ellos consisten en arenas calizas semiconsolidadas, de grano fino a mediano, molasa de color blanco (2.5 Y 8/0). Los bloques de materiales más antiguos procedentes de las reblandecidas capas inferiores se componen de una molasa basta o pequeñas guijas en arenas calizas con una fauna de *Cardium edule* L. y *Lucina*

lactea L. Con un reconocimiento más sistemático de pozos o perfiles de sondeos, se conseguiría ciertamente información de gran valor.

Torrent del Mal Pas.

Una sucesión estratigráfica continental, y en parte de estuario, bastante interesante, fué localizada bajo el puente de la carretera, a la desembocadura del torrente en el Mal Pas. La estratigrafía es muy compleja y detallada, así que únicamente la describiremos brevemente:

- (a) > 20 cm. de arena, travertinos y guijarros rodados.
- (b) 40 cm. de elementos eólicos limosos con algunas gravas.
- (c) 80 cm. de arena y conglomerado semi-marino. N. 160° O.
- (d) 40 cm. de arena limosa y conglomerados detríticos.
- (e) 15 cm. de duna.
- (f) 30 cm. de arena limosa con concreciones.
- (g) 80 cm. de arena limosa con intercalaciones de conglomerados.
- (h) 20 cm. de limos arenosos con algunos elementos detríticos.
- (i) 50 cm. de limos arenosos con concreciones.
- (j) 70 cm. de duna limosa. N. 140-180° O. (actual, N. 140° O.).

Es interesante la capa (g), en la que se observan bandas de gravas angulares o subrodadas únicamente a + 2 m., estratificadas en dirección hacia el mar. Este carácter de estuario semi-marino de la facies, está confirmado por la presencia de una forma de agua salobre, *Truncatella subcylindrica* L. Este gasterópodo vive comúnmente en las lagunas costeras del Mediterráneo occidental y costas atlánticas de Europa, y tiende a ser moderadamente termófilo en su ecología. Identificando (h)-(j) como normal representación de la serie continental del Würm (g), muy probablemente representa el Tyrrheniense III. La ausencia de moluscos marinos, en esta facies de estuario no es sorprendente. Los sedimentos fluviátiles, de estuario o eólicos, más antiguos (a)-(f) probablemente pertenecen, en consideración más amplia, al Tyrrheniense II.

Caló del Mal Pas.

L. Solé Sabarís (1961) tiene ya descrito un yacimiento con *Cardium*, el cual puede ser idéntico al de la localidad estudiada por nosotros, en una pequeña playa adyacente a las últimas casas al Oeste de Mal Pas. La estratigrafía es la siguiente:

(a) 100 cm. de arena fina limosa, semiconsolidada, blanca (2.5 Y 8/2), con concreciones e *Iberellus minoricensis Companyoi* Aler. (de edad desconocida).

(b) 70 cm. de limos arenosos semiconsolidados, pardo oscuros (7.5 YR 5/6) con bastos conglomerados y concreciones, estratificados. Discordancia.

(c) 30 cm. de arena estratificada basta, semicementada, rosada (7.5 YR 6/4) y guijarros aplanados marinos con:

Purpura haemastona L.
Trochocochlea turbinata Born.
Cardium edule L.

Estos sedimentos marinos alcanzan unos + 2,5 m.

(d) 0-20 cm. de duna cementada rosada (7.5 YR 8/4-6, 10 YR 8/3) con zonas de raíces. Discordancia.

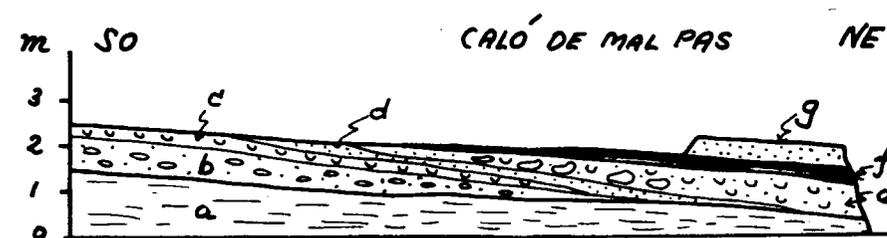


Fig. 7.

(e) 70 cm. de arena de playa limosa y conglomerado marino, estratificados, bastos y semicementados, color amarillo-rojizo (7.5 YR 6/6), en parte con grandes bloques de los horizontes (c) y (d), alcanzando unos + 2.0 m. Abundante fauna, pero pobre en especies:

Purpura haemastoma L. *Venus gallina* L.
Pectunculus violacescens Lmk. *Lucina* sp.
Cardium tuberculatum L.

Tampoco esta fauna tiene valor estratigráfico. Discordancia mayor.

(f) 20 cm. de arenas limosas consolidadas con *Iberellus minoricensis Companyoi* Aler, recubiertas por una costra. Base del Würm. Discordancia.

(g) 50 cm. duna de grano medio, consolidada, color rosado (7.5 YR 8/6) sedimentada N. 95° O. Discordancia.

(h) 100 cm. de duna holocena, basta y no consolidada con suelo.

El yacimiento es importante, pues confirma el carácter regresivo de cada una de las oscilaciones intertirrenienses que acompañan la tendencia en general descendente del nivel marino del Tyrrheniense II/III. Aún no siendo posible saber si las dos capas de sedimentos marinos corresponden al Tyrrheniense II b. o si pertenecen al Tyrrheniense II b y III. la presencia de dunas intermediarias es bien notable. Igualmente significativo es el hecho de no

ser la fauna característica y la pobreza de especies, aparentemente típicas del Cuaternario del sector de la costa norte de Mallorca.

Es Moré Vermey (Els Barquerets).

A. Muntaner (1955) fue quien descubrió y reconoció por vez primera *Es Morer Vermey*, y la fauna por él recogida fué estudiada por Cuerda (1957). La localidad fué visitada rápidamente por nosotros y efectuada una nueva recogida de fauna. Los lechos fosilíferos alcanzan + 1,9 m., recubriendo en discordancia la gran duna del Riss (N. 130° E), soportando a su vez una serie del Würm (una duna sedimentada N. 115-120° O.). En cuanto a la estratigrafía esperamos una detallada publicación por el señor Muntaner. La fauna estudiada hasta la fecha contiene:

<i>Cladocora caespitosa</i> L.	<i>Calliostoma</i> sp.
<i>Conus mediterraneus</i> Erug.	<i>Gibbula ardens</i> V. Salis.
<i>Donovania minima</i> Montagu.	<i>Lima squamosa</i> Lmk.
<i>Nassa costulata</i> Renieri.	<i>Chalmys varia</i> L.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Arca Noae</i> L.
<i>Murex trucus</i> L.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Vermetus</i> sp.	<i>Arca lactea</i> L.
<i>Rissoa cimex</i> L.	<i>Cardita calyculata</i> L.
<i>Phasiarella pullus</i> L.	

Esta fauna es típicamente litoral, correspondiendo a una zona de playa, aunque desgraciadamente no contiene especie alguna característica. Es, pues, imposible asegurar si estos estratos marinos corresponden al Tyrrheniense II b o al III. en edad.

CONCLUSIONES

Estos son los diseminados yacimientos y faunas conocidos hasta ahora del sector de la Costa Norte. Entre las 32 especies recogidas no han sido halladas con certeza especies características, y la estratigrafía costera es interesante, aunque pobremente desarrollada. Antiguas líneas de costa ciertamente existen en forma de altas plataformas marinas (rasas) sobre las alturas (comunicado personalmente por Muntaner) o bajo las series dunares que se extienden hacia el interior tan lejos como, por ejemplo, Petra.

La sucesión estratigráfica del Pleistoceno y Holoceno del sector de la costa norte, puede ser en principio interpretada como sigue:

- (I) Playas fosilíferas (nivel desconocido), Tyrrheniense II b inicial.
- (II) Pequeña duna regresiva, indicando claramente una débil y breve regresión por debajo del actual nivel del mar.

- (III) Potentes playas fosilíferas a + 2.0 m. Tyrrheniense II b final.
- (IV) Pequeña duna regresiva.
- (V) Playas fosilíferas de débil espesor a + 1.0-2.0 m. Tyrrheniense III, a la base de:
 - (VI) Limos coluviales con fauna terrestre. Würm inicial.
 - (VII) Gran duna regresiva. Würm inicial.
 - (VIII) Limos coluviales, Würm medio.
 - (IX) Plataforma de playa a + 4.0 m. Holoceno inicial (Flandriense).
 - (X) Dunas pequeñas, litorales o regresivas, parcialmente correspondiendo a los comienzos de la época histórica.

REGIÓN MERIDIONAL DE MALLORCA

Dos yacimientos nuevos fueron hallados en la costa meridional, en el término de Lluchmayor. Para otros yacimientos puede el lector consultar Butzer y Cuerda (1961, 1962).

Torre de S'Estalella

A unos 100 metros al este del notable yacimiento del Tyrrheniense II b a + 10,5 m. (Butzer y Cuerda 1961, 1962) una nueva localización con rica fauna marina y de edad ligeramente posterior, fué descubierta sobre las hileras de caliza miocénica:

- (a) > 100 cm. de limos arenosos semicementados, amarillo-rojizos (5 YR 6/4-6), presentando frecuentemente costra en su parte superior.
- (b) 50 cm. de limos arenosos consolidados, amarillo-rojizos, con fragmentos rodados de costra calcárea, pasando superiormente a una arena de playa alternando con limos y conglomerados marinos, alcanzando + 4.5 m. La rica fauna presente contiene:

<i>Balanus perforatus</i> Bruguiere.	<i>Ranella scrobiculata</i> L.
<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Cerithium vulgatum</i> Brug.
<i>Conus testudinarius</i> Mart.	<i>Vermetus</i> sp.
<i>Tritonidea viverrata</i> Kiener.	<i>Patella caerulea</i> L.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Ostrea</i> sp.
<i>Purpura haemastoma</i> L. var. aff. <i>nodulosa</i> Monts.	<i>Spondylus gaederopus</i> L.
<i>Purpura haemastoma</i> L. var. aff. <i>laevis</i> Monts.	<i>Arca Noae</i> L.
	<i>Arca plicata</i> Chemnitz.

- (c) 50 cm. de arenas limosas, rosadas (7.5 YR 7/4-6) con mezcla de fauna marina y terrestre y elementos detríticos rodados procedentes de las capas (a) y (b), conjuntamente con guijarros angulosos de tamaño medio.

Las especies terrestres son: *Mastus pupa* Brug., *Tudorella ferruginea* Lmk. e *Iberellus minoricensis*. Mitre. La superficie, poco protegida de todas estas formaciones, ha sido duramente atacada por fuerte abrasión marina, y algo más tarde, probablemente a principios del Holoceno, de forma que grandes bloques han sido acumulados en una zona de playa a casi + 4 m.

La fauna de los sedimentos (b) es muy similar a los del vecino nivel de + 10.5 m., pero los caracteres morfológicos presentados por *Purpura haemastoma*, en ellos recogida, son distintos, de manera que no hay duda de que ambos horizontes están separados por el tiempo. Los ejemplares de *Purpura* de la playa de + 4.5 m. son idénticos a aquellos de las playas de Campo de Tiro, Molinar, Paguera, Canyamel, etc., del Tyrrheniense II b, mientras que los del Tyrrheniense II b a + 10.5 m. presentan las primeras vueltas de la espira de su concha más escalonadas, lo que les da un aspecto más afilado en su parte superior. En gran parte la fauna corresponde a especies características termófilas, incluyendo varios fragmentos de *Conus testudinarius* Mart, abundante *Tritonidea viverrata* Kiener, abundantes formas típicas globosas de *Purpura haemastoma* L., varios fragmentos de *Ranella scrobiculata* L. (en marcada asociación litoral con *Balanus* y *Patella*) y abundante, también, *Arca plicata* Chemnitz.

Cala Pi.

Nuevas localizaciones con fauna marina fueron hallados a ambos lados de la playa en el interior de Cala Pi.

A la parte derecha, o sea en el flanco Noroeste, unos conglomerados marinos arenosos con abundante fauna se presentan depositados a + 3 metros sobre los acantilados miocenos, y concordantes con un recubrimiento de limos arenosos semi-consolidados de un color rosado (5 YR 7/3-4). Estos limos son continentales con *Tudorella ferruginea* Lmk. La fauna marina contiene:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Cerithium aff. rupestre</i> Risso.
<i>Nassa corniculum</i> Oivi var. <i>raricosta</i> Risso.	<i>Trochocochlea articulata</i> Lmk.
<i>Tritonidea viverrata</i> Kiener (frag.)	<i>Gibbula</i> sp.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Fissurella giberula</i> Lmk.
<i>Murex trunculus</i> L.	<i>Patella lusitanica</i> Gmelin.
<i>Ocenebra Edwardsii</i> Payraudeau.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Cypraea lurida</i> L.	<i>Arca lactea</i> L.
<i>Cerithium vulgatum</i> Brug.	<i>Venus verrucosa</i> L.
	<i>Lucina reticulata</i> Poli.

Esta fauna es de facies claramente litoral y contiene una especie termófila (*Tritonidea viverrata* Kien.). Tanto la fauna como la estratigrafía recuerda mucho el Tyrrheniense III de S'Estanyol (Butzer y Cuerda 1961, 1962).

En la parte izquierda, o sea en el flanco sudeste, los depósitos de playa cuaternaria están incrustados en las amplias cavidades y fisuras de la caliza vertical del Mioceno, a una altura de + 2.5 m. Los sedimentos consisten en un conglomerado basto de playa, cementado, en contacto con unos limos arenosos rojos, ligeramente más modernos, con *Iberellus minoricensis* Mitre. El conglomerado contiene *Conus mediterraneus* Brug y *Nassa* sp.

Ambas partes de playa pueden ser, aunque no necesariamente, idénticas.

El nuevo yacimiento de Cala Pi incrementa hasta 35 el número de especies conocidas del Tyrrheniense III, procedentes de la costa Sur entre Cap Blanc y Cap Salines (Cala Pi, S'Estanyol, Playa del Trenc), y el total de la fauna Tyrrheniense a 51. Únicamente el 16 por 100 del total de las especies presentes son comunes al Tyrrheniense II y II, en tanto que el Tyrrheniense II a y II b de Torre de S'Estalella, tiene en común el 44 por 100 de sus 24 especies.

C'an Vanrell, cerca del Arenal.

Este yacimiento, ya citado por Cuerda y Muntaner (1951, 1957), fue visitado nuevamente, especialmente en el tramo comprendido entre C'an Vanrell y Cova de S'Anegat (1961), y estudiada con detalle su geología, fueron hallados restos de sedimentos correspondientes al Tyrrheniense III, en estratigráfica contextura.

La geología inferior está puesta de manifiesto por una serie de antiguas dunas que recubren las hiladas del Mioceno bajo C'an Vanrell.

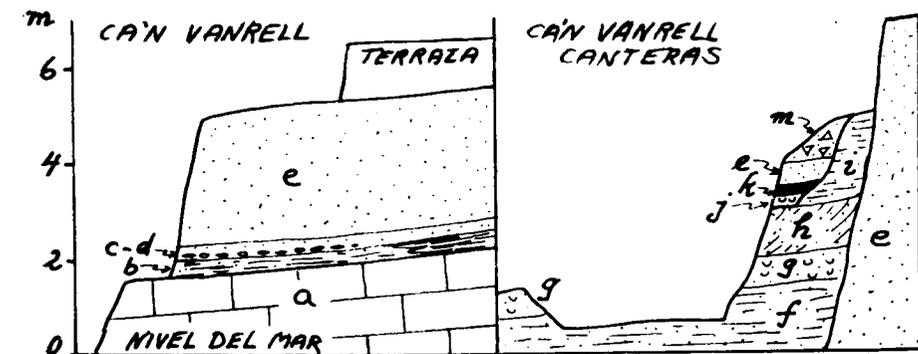


Fig. 8.

(a) > 2 m. de caliza miocénica de facies variante desde conglomerados subangulares, fosilíferos con *Cardium aff. edule* L, a molasa estéril. La superficie está revestida de limos amarillentos (5 YR 6/6) y presenta claros indicios de una meteorización *in situ*, a profundidad de 2-3 cm. (5 YR 6/6) y (5 YR 3/1). Gran discordancia.

(b) 30 cm. de arenas semicementadas, bastas, con concreciones, de un

color pardo muy claro (10 YR 8/3) que pasan a sedimentos coluviales amarillentos-rojizos (7.5 YR 6/6), a un nivel de + 2,3 m. La parte inferior es de facies marina. Estéril.

(c) Banda de un conglomerado de playa basto y subredondeado.

(d) 25 cm. de duna basta, semicementada, color pardo muy pálido (10 YR 8/4), sedimentada S.

(e) > 240 cm. de duna, semicementada en parte (10 YR 8/4) y en parte cementada, color amarillo (7.5 - 10 YR 8/6), sedimentada S., en la costa, cambiando al N. 150° E, hacia el interior. Esta es la Gran Duna o mayor formación eólica del «Riss», en sentido convencional. Ella forma la superficie de terreno comprendida entre el Arenal y Can Enderrocat. (cf. Muntaner 1957).

En las canteras de Ca'n Vanrell se observa la siguiente sucesión estratigráfica, depositada sobre la serie que dejamos mencionada:

(f) > cm. de arenas semicementadas, bastas, de playa, sedimentadas N. 140 E, buzando 6 por 100 hacia el mar. Estériles.

(g) 60 cm. de las mismas, con rica fauna del Tyrrheniense II, con predominancia de *Cardium tuberculatum*, conteniendo:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Conus testudinarius</i> Martini (frag.)	<i>Arca plicata</i> Chemnitz.
<i>Tritonidea viverrata</i> Kiener (frag.)	<i>Arca lactea</i> L.
<i>Nassa costulata</i> Renieri.	<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.
<i>Triton costatus</i> Born.	<i>Cardita calculata</i> L.
<i>Strombus bubonius</i> Lmk.	<i>Cardita senegalensis</i> Reeve.
<i>Natica lactea</i> Guilding.	<i>Cardium tuberculatum</i> L.
<i>Fissurella gibberula</i> Lmk.	<i>Cardium novergicum</i> Spengler.
<i>Patella caerulea</i> L. var. <i>aspera</i> Lmk.	<i>Chama gryphoides</i> L.
<i>Lima squamosa</i> Lmk.	<i>Venus gallina</i> L.
<i>Chamys varia</i> L.	<i>Donax</i> sp.
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lmk.	<i>Corbula gibba</i> Olivi.
<i>Arca Noë</i> L.	<i>Lucina reticulata</i> Poli.

Figuran en la lista anterior seis especies termófilas características: *Conus testudinarius* Mart., *Tritonidea viverrata* Kiener, *Natica lactea* Guilding, *Strombus bubonius* Lmk. *Arca plicata* Chemnt. y *Cardita senegalensis* Reeve, y además *Triton costatus* Born, todas ellas en facies muy litoral. Esta asociación de especies características es bien típica del Tyrrheniense II b. Los sedimentos de playa que las contienen se les ve pasar por debajo de los estratos que los recubren, a una altitud de más de + 2 m.

(h) 0-100 cm. de duna basta consolidada, color pardo muy pálido (10 YR 8/3), sedimentada N. 15° E, con conchas rodadas por el viento.

(i) 200 cm. de duna consolidada de estratificación cruzada (N. 150° E. y

N. 60° E.) con *Ibcrellus*. Las siguientes capas (j)-(l) están adosadas contra (i) y debajo de (m).

(j) 20 cm. de arenas bastas semicementadas y limos con gravas de tamaño medio, amarillo-rojizos (7.5 YR/6), dominando los sedimentos marinos. Contienen fragmentos de moluscos arrastrados por el viento: *Arca plicata* Chemnitz; *Pectunculus violacescens* Lmk y *Cardium edule* L. conjuntamente con *Tudorella ferruginea* Lmk., indicando la inmediata proximidad de una playa entre los 0 y + 3 m. La especie termófila *Arca plicata* Chemnitz. en relación con la estratigrafía sugiere el Tyrrheniense III.

(k) 20 cm. de arena limosa consolidada, amarillo-rojiza con detritus de las capas (i) y (j). Base del Wurm?

(l) 50 cm. de duna limosa consolidada, amarillo rojiza (5 YR 6-7/6).

(m) > 100 cm. de brecha semiconsolidada, amarillo-rojiza, compuesta por arenas limosas y bastos elementos detríticos.

La significación del yacimiento es múltiple: a) desarrollo de un suelo de *terra rossa* sobre el Mioceno, anterior a la sedimentación del Pleistoceno medio; b) un depósito marino, aunque estéril, yaciendo bajo la Gran Duna o mayor formación eólica del Riss, indicando un primer nivel marino a + 2 m; c) un potente depósito de playa del Tirrheniense II b a unos + 2 m. con abundante *Strombus bubonius* Lmk; d) sucediendo a una clara regresión relacionada con una duna de 1 m. espesor, ocurre una transgresión tirreniense final con fauna termófila, probablemente alcanzando 1-3 m. Los últimos horizontes con fauna no característica, se pueden observar también en la vecina Cova de S'Anegat a + 80 cm. apoyados contra depósitos más antiguos.

La primera playa pleistocénica, bajo la Gran Duna, ha sido también hallada en un punto de Cova de S'Anegat, descansando sobre 2,5 m. de molasa.

α) 55 cm. de duna basta cementada amarillo-rojiza (7.5 YR 6-7/6).

β) 15 cm. de arena limosa cementada rojo-amarillenta (5 YR 5/4-6).

γ) 125 cm. de duna cementada amarillo-rojiza (7.5 YR 6-7/6- (sedimentada N. 110-120° E?). Grande discordancia.

δ) 60 cm. de arenas limosas en parte marinas y en parte terrestres de un color rosado variable (7.5 YR 7-8/4) y arenas limosas rojas (2.5 YR 5/6) o conglomerado marino con fragmentos de moluscos marinos. El análisis morfométrico de los guijarros indica un índice medio (Lüttig 1956) de 47.1 por 100, o sea rodados, con un coeficiente de variabilidad de 42,9 por 100. No hay duda de que estos guijarros, detríticos y angulares en su origen, han sido luego rodados por el mar. Los sedimentos alcanzan por lo menos + 5.3 m., donde son visibles. Desgraciadamente no ha sido identificada su fauna.

ε) 300 cm. de basta formación eólica, cementada y sedimentada N. 135° E. «Riss» o Gran Duna.

El horizonte (δ) es, en estratigrafía, completamente idéntico al horizonte

(b) de bajo Ca'n Vanrell, y debe ser relacionado con la playa a + 8.3 m. sedimentada bajo la Gran Duna en Cap Orenol (Cuerda y Muntaner, 1961), que contiene: *Spondylus gaederopus*, L, *Arca Noae* L y *Pectunculus violascens* Lmk. Ambos corresponden al Tyrrheniense I final, cuyo primer esbozo fue hecho por Butzer y Cuerda, en el Sur de Mallorca (1961, 1962).

Recubriendo la Gran Duna en Cap Orenol. Cuerda y Muntaner (1961) hallaron los lechos del Tyrrheniense II a, con *Tritonidea viverrata* Kiemer. *Mytilus senegaliensis* Reve y *Arca plicata* Chemnitz.

La estratigrafía anterior al Tyrrheniense I en dicho Cap Orenol no ha sido aún estudiada con detalle, y por consiguiente la incluimos a modo de complemento. Descansando sobre una base de unos 3.5 m. de molasas horizontales del Mioceno (7.5-10 YR 8/6) se observa:

(I) 125 cm. de calcarenita basta, estéril, color rosado (7.5 YR 8/4) de edad desconocida. La superficie se presenta intensamente meteorizada, mostrando amplias huellas de zonas de raíces y suelo de tubos, indicando la base del horizonte (B) de un suelo del tipo *terra rossa*. Este se conserva ahora a una profundidad de 30-70 cm. con un color amarillo-rojizo (5 YR y 7/6). Discordancia.

(II) 0-15 cm. de elementos eólicos semicementados y bastos, amarillo-rojizos (7.5 YR 8/6). Discordancia.

(III) 30 cm. de limos cementados, amarillo-rojizos (7.5 YR 7/6, debidos a la erosión del horizonte de suelo sobre (I). Pasando en su parte superior a:

(IV) 350 cm. de duna blanquecina semicementada (10 YR-2,5 Y 5/4) sedimentada escarpadamente N 75° E.

(V) 75 cm. de duna horizontal con superficie intensamente meteorizada, amarillo-rojiza (7.5 YR 7/6), y semicementada, revestida de limos rojos, procedentes sin duda de un suelo del tipo *terra rossa* que cubre estas dunas del Tyrrheniense I. Los limos se presentan intersedimentados con arenas marinas del Tyrrheniense I y recubiertos por unos 300 cm. de Gran Duna, sedimentada N 85° E.

Este yacimiento, conjuntamente con otro situado entre Orenol y Cova de S'Anegat, y el estudiado por Muntaner (1957) en Es Furnás, nos facilita una mejor y detallada sucesión estratigráfica para el área Arenal-Orenol, faunísticamente bien corroborada:

(I) Desarrollo de un suelo de *terra rossa*, a unos 4 m. por encima del actual nivel del mar. Pleistoceno inferior?

(II) Limos coluviales mezclados con sedimentos eólicos, indicando una regresión incipiente del Mar Mediterráneo. «Mindel» inicial.

(III) Dos grandes dunas regresivas. «Mindel».

(IV) Mayor desarrollo de un suelo de *terra rossa*. Tyrrheniense I.

(V) Playas a + 2.5-8.5 m. con fauna «banal», es decir, no termófila. Tyrrheniense I final.

(VI) Mayor formación eólica regresiva o Gran Duna «Riss».

(VII) Playas a + 11 m. con fauna termófila. Tyrrheniense II a.

(VIII) Playas a + 7.5-8.5 m. con fauna no termófila (Torrente Son Verri, Cuerda *et al.* 1959), o simple ranura (Cova de S'Agneгат). Tyrrheniense II b inicial.

(IX) Potente playa de espesor 2-4,5 cm. con *Strombus bubonius* Lmk, Tyrrheniense II b final.

(X) Duna regresiva menor.

(XI) Playa a +1.0-2 o 3 m. con algunas especies termófilas. Tyrrheniense III.

(XII) Limos coluviales. Würm inicial.

(XIII) Duna. Würm inicial.

(XIV) Limos coluviales y brecha. Würm medio.

I B I Z A

La geología del Cuaternario de Ibiza fue primeramente descrita de un modo general y con algún detallado corte, por Vidal y Molina (1888), quienes esbozaron tres unidades o zonas: la inferior (conglomerados calizos), la media (calcarenita compacta con mezcla de fauna marina y terrestre), y la superior (margas rojas (= limos) con nódulos calcáreos y costras). La unidad inferior se refería, no obstante, a los bastos conglomerados del Burdigaliense, tectónicamente deformados. Las formaciones eólicas fueron señaladas a los 168 m. sobre el nivel del mar en el Torrente del Valle d'Es Furnás, al NO. de Ibiza y sirvió de base para argüir el origen fluvial, pre-Cuaternario, de aquel valle. Más tarde, Fallot (1922) describió varios pisos marinos, pero un estudio completo de la isla únicamente es posible valiéndose del excelente mapa 1:50.000 de Spiker y Haanstra (1935). Como otros autores de aquel tiempo (v. g. B. Darder 1:50.000 de las Sierras de Levante de Mallorca, 1932), Spiker consideró el *marés* como marino en vez de eólico; pero este error de interpretación no menoscaba la valía de la completa investigación de Spiker.

Una nueva aportación para el conocimiento del Pleistoceno de Ibiza la constituye el acertado estudio de los suelos, de Klinge y Mella (1958).

Una iniciación hacia un seguro y comprensivo estudio de la estratigrafía del Cuaternario de Ibiza fue, no obstante, solamente hecha por L. Solé Sabaris (1957 y 1961). Los resultados de este trabajo han sido publicados únicamente bajo la forma de breve esbozo regional, no siendo citados o descritos yacimientos fosilíferos.



Fig. 9.—Yacimientos pleistocénicos citados en Ibiza y Formentera: 1, Torrente des Furnás 2, Talamanca. 3, Cala Grasió. 4, Punta Chinchó. 5, San Antonio Abad. 6, Espalmador (Cala Boch). 7, Espalmador (Punta Gastabí). 8, Cala Sabinas. 9, Estanque Pudent. 10, Playa Mitjorn. 11, Es Caló. 12, San Fernando.

Entretanto, fue hecha por nosotros en 1961 una breve visita, sin vista a un estudio sistemático.

De esta forma fue comprobada la conservación de depósitos marinos fosilíferos en Ibiza en el área de San Antonio Abad, y recogido algo de fauna cuaternaria en unas pocas localidades. Hablando en general, los resultados fueron decepcionantes. A pesar de que existen depósitos dispersos del Pleistoceno superior, muchos de ellos de facies marina, rara vez conservan sus lechos fosilíferos. Es pues, muy posible que las zonas fosilíferas hayan sido destruidas por la subsiguiente erosión marina. La fauna que todavía se conserva es más bien pobre y realmente no han sido halladas especies termófilas del Tyrrheniense, en la isla.

Dos yacimientos marinos de cierto interés han sido hallados y estudiados:

Talamanca, cerca de Ibiza.

Adyacentes a los ampliamente extendidos depósitos aluviales del Pleistoceno, existen algunos bajos sedimentos terrestres con inclusiones marinas:

a) > 59 cm. de arenas limosas consolidadas, amarillo-rojizas (5 YR 7/6) de origen incierto (posiblemente eólico), recubiertas por 1 cm. de costra limosa rosada (5 YR 7/4). Gran discordancia.

(b) 100 cm. de arenas limosas consolidadas, color amarillo-rojizas (7.5 YR 6/6) con *Helix* sp., escasos moluscos marinos y algunos elementos detríticos de antiguos limos, de tamaño medio. Intercaladas en el horizonte (b) a un máximo de elevación de + 1 m.

(c) 0-15 cm. de arena limosa semicementada amarillo-rojiza (5 YR 6/6) con abundante fauna pobre en especies:

Murex trunculus L. (fragmentos).

Purpura haemastoma L. (fragmentos).

Cerithium vulgatum Brug.

La primera especie citada es la más abundante. En facies y fauna el yacimiento es marcadamente similar al del Tyrrheniense III de Cala Gamba (Bahía de Palma) (Cuerda 1957, Muntaner 1957).

Punta d'En Mari, Cala Grasió.

Existen en la Bahía de San Antonio varias localizaciones que indudablemente tienen el aspecto de Tyrrheniense marino y de los depósitos regresivos del Würm. Uno de estos yacimientos es el localizado cerca de Punta Chinchó, opuesta al faro de San Antonio, donde un depósito de playa semieólica recubre una antigua duna. Pero más significativos son varios depósitos sitios en el área de Cala Grasió, algunos de los cuales han sido breve-

mente mencionados por Solé (1961). En Punta d'En Marí un interesante yacimiento fosilífero fué descubierto. La estratigrafía general se resume a unas arenas de playa semicementadas y limos amarillo-rojizos, recubriendo una antigua duna. Estas arenas de playa contienen una indeterminable macrofauna, estando en discordancia recubiertas por unos limos cimentados, amarillo-rojizos (5 YR 6/6), que contienen una no despreciable fauna de moluscos. Estos limos más modernos no ofrecen una específica plataforma de erosión, sino que se presentan rellenando las hendiduras de las capas más antiguas hasta un máximum de elevación de + 2 m.

La fauna contiene:

<i>Conus mediterraneus</i> Bruguiere.	<i>Spondylus gaederopus</i> L.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Lima squamosa</i> Lmk.
<i>Purpura haemastoma</i> L.	<i>Arca barbata</i> L.
<i>Cerithium vulgatum</i> Brug.	<i>Chama gryphina</i> Lmk.
<i>Patella aff. caerulea</i> L. (frag.)	

En ella predomina *Spondylus* y tiene un carácter litoral. La única especie de interés es *Purpura*, ya que la recogida tiene una apariencia globosa, típica de la de los ejemplares de *Purpura* del Tyrrheniense del último período interglaciar.

Geológicamente los lechos marinos de Punta d'En Marí son típicos del Tyrrheniense III, al igual que los de S'Illot y Cala Bona de la costa oriental de Mallorca.

Conjuntamente con otras varias especies citadas por Spiker y Haanstra (1955) procedentes de Cap Jueu (*Pectunculus* sp., *Cardium tuberculatum* L., *Cytherea chione* L. y *Pecten* sp.), únicamente ha sido recogido hasta la fecha un total de 14 especies cuaternarias.

Hotel Ses Sabines, cerca de San Antonio Abad.

A lo largo de la costa norte del Hotel Ses Sabines, un amplio dispositivo de depósitos del Holoceno (Flandriense) fué descubierto.

(a) > 40 cm. de arena limosa no consolidada pardo-grisácea (2.5 Y 5/2) de facies lacustre-lagunar.

(b) 140 cm. de arena limosa semiconsolidada, pardo-amarillenta (10 YR 6/4) con fauna continental, con *Helicella coroli* Dhorn & Heynemann.

Estas capas son estratigráficamente más modernas que los bien consolidados estratos del Pleistoceno Superior de la Bahía, y tienen, por tanto, cierta significación climática para el Holoceno. Análoga evidencia de considerables limos aluviales de edad holocena, se observa en el grupo de islas de Formentera.

FORMENTERA E ISLAS ADYACENTES

La geología superficial de Formentera y sus islas adyacentes es casi exclusivamente pleistocénica, como ya habían indicado Vidal y Molina (1888). No obstante, el núcleo de las islas está formado por los conglomerados y calizas del Mioceno, sobre los cuales compactas dunas bastas del Pleistoceno alternan con estratos de limos rojizos. Grandes extensiones de sedimentos de *terra rossa* pueden verse en la superficie de Formentera, y no son desconocidos los suelos de *terra rossa* fósil. El mapa de suelos de Kingle y Mella (1958) señala erróneamente, no obstante, que aquella isla únicamente presenta suelos de xerorrendina. Aunque el Mapa Geológico de España (2.ª edición) escala 1:400.000 señala gran parte de Formentera como Holoceno (aluvial), toda, excepto dos pequeñas porciones de dunas litorales en la extremidad norte de Formentera y en el Este de parte de la playa de Mitjorn, es indudablemente Pleistoceno.

Estas breves y generales observaciones sirven para demostrar que muy pocas informaciones exactas pueden ser utilizadas de estas islas. El hecho es que aparentemente ningún geólogo las ha visitado desde hace unos setenta años. Los estudios preliminares llevados a cabo por nosotros en 1961, tuvieron el carácter de amplia exploración. Parece que las islas son restos de una extensión de Ibiza. Los conglomerados burdigalienses forman el basamento de Espalmador y las calizas del Mioceno medio soportan un recubrimiento del Pleistoceno en la mayoría de la isla de Formentera. A juzgar por la anchura de los bajíos submarinos, estos núcleos de roca yacente únicamente representan una parte de los antiguos estratos del Terciario, los cuales han sido casi completamente destruídos por la erosión marina post-miocénica. En el transcurso de varias regresiones marinas del Pleistoceno, la deposición eólica en gran escala añadió repetidamente masas de tierra. Así, por ejemplo, el corredor de 1,5 a 2 km. de anchura que une la parte Este con la Oeste de Formentera, parece que se compone totalmente de dunas. Pero la impresión, aportada por las escasas publicaciones conocidas, de que estas islas son simplemente una masa de dunas fósiles y modernas, es totalmente errónea.

Nuestro trabajo en 1961 se concentró sobre Espalmador y la mayor parte del Norte de Formentera, así como también la zona del «corredor» de esta última isla. Los resultados no son suficientes para hacer una detallada síntesis del Pleistoceno local, pero un número de interesantes secciones, algunas con fauna, fueron halladas. Todas ellas son nuevas para el Cuaternario de las Pithyusas

Espalmador. Costa Oeste.

Una detallada serie pre-Tyrrheniense II está representada en la parte occidental de la costa de la isla y un corte, a unos 300 m. al Norte de Punta Gastabi, puede describirse como sigue:

- (a) > 50 cm. de duna de grano grosero cementada, de color pardo muy claro (10 YR 8/4).
- (b) 55 cm. de bastos detritus estratificados duramente en limos arenosos, amarillo-rojizos (7.5 YR 7/6).
- (c) 160 cm. de duna semejante (a), estratificada N. 30° O. Gran discordancia.
- (d) 30 cm. de limos cementados amarillo-rojizos (5 YR 6/6) con concreciones y claros restos de indeterminable fauna marina (al menos hasta + 3 m).
- (e) 20-40 cm. de limos arenosos rosados (5 YR 8/4) y arenas limosas amarillo-rojizas (7.5 YR 7-8/6) con detritus duramente estratificados. Discordancia.
- (f) 50-250 cm. de duna basta, consolidada, amarillenta (10 YR 8/6) con pequeños estratos de gravas de tamaño medio.
- (g) 160 cm. de duna limosa, basta, no estratificada, semiconsolidada color amarillento-rojiza (7.5 YR 7/6).
- (h) 45 cm. de limos arenosos semicementados, amarillento-rojizos (7.5 YR 6/6).
- (i) 0-90 de duna de grano medio consolidada, amarillo-rojiza (7.5 YR 7/8), estratificada N. Discordancia.
- (j) 70 cm. de bandas alternando de arenas limosas semicementadas, amarillo rojizas (5-7.5 YR 7/6) con considerables restos de fauna marina (*Cardium edule* L., *Pecten* sp.) y limos amarillentos (10 YR 7/3, 8/6).

La superficie de (j) se presenta inclinada desde cerca de 24 m. a la extremidad N. NO. de la Isla hasta el nivel del mar, en su extremidad S. SE. Esta superficie es plana, debido principalmente a la estratificación eólica de las dunas subyacentes, particularmente (i). Durante la transgresión tirreniense del último interglacial, gran cantidad de moluscos marinos fueron arrojados sobre la pendiente por el viento y en parte también por la acción de las olas, y se depositaron en sedimentos esencialmente terrestres. Esta edad estratigráfica fué puesta de manifiesto por el hallazgo local de una serie del Pleistoceno superior, recubriendo la típica superficie de (j). Considerando que los estratos del Tyrrheniense III con fauna (o último Tyrrheniense II (a) son, en todo caso, más modernos, es razonable dar como cierto que (j) es de edad correspondiente al Tyrrheniense II.

Otro horizonte que nos sirve de orientación en esta serie, es el lecho marino (e), el cual alcanza al menos + 2,5 metros, presentándose asociado con

un sedimento de *terra rossa*, y muy probablemente representa el final del Tyrrheniense I, recubriendo una superficie de gran erosión sobre la capa (c). Esta secuencia es análoga a la de la isla Horadada en el grupo de Cabrera.

Espalmador. Punta Gastabi.

Encajados en una pequeña muesca inserta en la arriba mencionada serie, se observan, a + 1.5 m. como 20 cm. de arena de playa, limosa, basta, amarillo-rojiza (7.5 YR 7/6) semicementada, y brecha con:

Pectunculus violacescens Lmk.
Cardium edule L.
Lucina sp.

Además, recubriendo estos lechos del Pleistoceno existen unos 2 m. de arenas limosas semiconsolidadas, amarillo rojizas (7.5 YR 7/6) con *Helix* sp. y *Helicella* sp. La parte basal de estos depósitos continentales, que alcanza los + 2,5 metros, es de origen marino. Análogos limos, alcanzando + 0.5 m., se observan en las cercanías con una fauna marina no característica. Estas formaciones del Holoceno son similares a aquellas del Hotel Ses Sables en Ibiza. El impulso de esta aluviación continental en tiempos en que el nivel del mar era más elevado, es de considerable interés, ya que ni la erosión ni la sedimentación son posibles bajo las condiciones del presente clima.

Espalmador. Costa Este, cerca Cala Boch.

Sobre una amplia extensión de la costa oriental, pudieron ser hallados lechos fosilíferos dispersos, en forma de grandes bloques removidos y escasos restos de playas *in situ*. A unos 400 m. de Cala Boch, un buen corte se conserva todavía.

- (a) > 180 cm. de duna de grano medio, consolidada, de color pardo claro (10 YR 8/3), sedimentada N. 105° O. Discordancia.
- (b) 40 cm. de arenas limosas y semicementadas, amarillo-rojizas (5 YR 7/8) y brecha con una fauna marina bastante rica a + 1.5, conteniendo:

<i>Nassa costulata</i> Renieri.	<i>Arca Noae</i> L.
<i>Columbella rustica</i> L.	<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.
<i>Purpura haemastoma</i> L.	<i>Cardium edule</i> L.
<i>Ocenebra erinacea</i> L.	<i>Chama gryphoides</i> L.
<i>Littorina neritoides</i> L.	<i>Venus gallina</i> L.
<i>Littorina punctata</i> Gmelin.	<i>Lucina lactea</i> L.
<i>Spondylus gaederopus</i> L.	

Discordancia.

(c) 80 cm. de duna consolidada, de grano medio, blanca (10 YR 8/3), estratificada N. 45° O. (viento actual N. 105° O.). Está recubierta por una pequeña costra.

(d) 120 cm. como (c).

(e) 1 cm. de costra o revestimiento de arenas limosas amarillo-rojizas (7.5 YR 8/6).

La única especie que ofrece interés estratigráfico es *Purpura haemastoma*, la cual presenta la típica forma globosa del Tyrrheniense del último interglaciario. La gran abundancia de *Littorina* en conjunción con una fauna litoral, revela, sin duda, la inmediata proximidad de una línea de litoral. La capa (b) que se presenta en estratigráfica contextura en limos a la base de

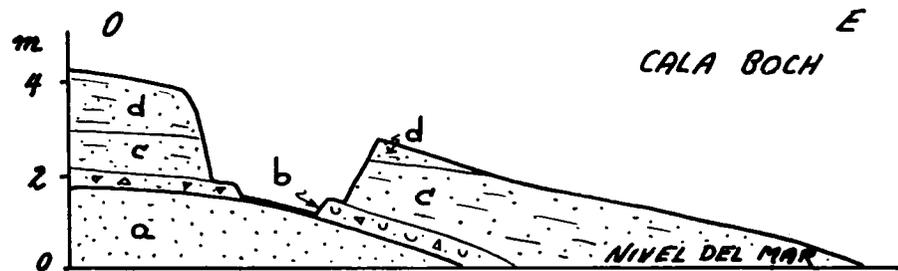


Fig. 10.

la serie continental del Würm, probablemente representa el Tyrrheniense III. La totalidad de los bloques fosilíferos removidos a lo largo de esta costa corresponde a la misma playa.

Pese a la cuidadosa exploración de la Isla, efectuada por nosotros, no fue posible encontrar ninguna playa con *Strombus bubonius* Lmk., ni depósito semejante que contenga este gasterópodo. No obstante, Nolan (1895) se refiere a los estratos con *Strombus* de Espalmador. Es posible que Nolan, simplemente procediese a denominar las formaciones del Tyrrheniense de esta forma, y que no fuesen hallados ejemplares de *Strombus*. El hecho es que no queda aclarado por la descripción dada, si Nolan estuvo alguna vez en la isla, o si quizá la repasó en barca.

Formentera. Cala Sabina.

A lo largo de la costa de Cala Sabina, se observan frecuentes restos de arenas de playa pleistocénica intercaladas con depósitos continentales. La base está formada por dunas del Pleistoceno medio o superior, pero debido a su escasa potencia y deficiente conservación faltan buenos cortes estratigrá-

ficos y las especies presentes no tienen valor paleontológico. Un yacimiento ha sido hallado cerca del embarcadero, junto a las Salinas. El corte puede ser descrito brevemente como sigue:

(a) > 250 m. de duna con muchos moldes de raíces. Sedimentada N. 170° E.

(b) 10-20 cm. de arenas limosas, rosadas (7.5 YR 8/4) con fauna marina arrastrada (*Pecten* sp. *Dosinia lupina* L. *Cardium tuberculatum* L. y *Lucina lactea* L.) conjuntamente con Helicidos. Los moluscos parecen haber sido transportados por el viento, indicando una próxima línea de costa. Tyrrheniense III?

(c) 100 cm. de duna con moldes de raíces. Estratificada N. 160-165° E.

(d) 0-10 cm. de costra limosa semicementada, color rosado (5-7.5 YR 8/2-4).

(e) 20 cm. de duna de estratificación cruzada con costra en su superficie.

Otra sección fue hallada alrededor de 1.2 km. al NE. del Caserío Sabina. Unos 20 cm. de arenas limosas fosilíferas, amarillo rojizas (5 YR 6/6) se extienden aproximadamente a + 2 m. sobre una duna amarillo-rojiza (7.5 YR 7/6) (sedimentada N. 120-140° E.). Estos limos contienen:

<i>Pecten</i> sp.	<i>Chama gryphoides</i> L.
<i>Arca Noae</i> L.	<i>Venus gallina</i> L.
<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.	<i>Lucina lactea</i> L.

Esta fauna es litoral y corresponde a una facies arenosa. Probablemente este depósito representa el Tyrrheniense III.

Salinas de Cala Sabina.

En las salinas de Cala Sabina, un interesante corte pone en evidencia la existencia de un más alto nivel del Estanque Pudent en tiempos históricos.

a) > 50 cm. de duna consolidada, color pardo muy claro (10 YR 8/3) con frecuentes zonas de raíces, estratificada N. 160 E. (idéntica que el horizonte (c) en el corte vecino). La superficie alterada en 15 cm. de color parduzco pálido (10 YR 6/3) indicando el desarrollo de un suelo de xerorrendina holoceno. Discordancia.

b) 8 cm. de margas consolidadas gris clara (5 Y 7/1) con grava fina, e innumerables ejemplares pequeños de *Cardium edule* L., alcanzando + 2,5 m. Interestratificados en el depósito se observan varios fragmentos de teja o cerámica roja desgastada. Discordancia.

c) 20 cm. de arena ligeramente margosa, parduzca (10 YR 5/3) con detritus dunares estratificados. Es un suelo de xerorrendina (horizonte-A) que probablemente requiere varias centurias para su desarrollo.

Playa de Mitjorn.

En la parte oriental de la Playa de Mitjorn, son muy corrientes los bloques rodados con moluscos fósiles. En una localización (a 1 km. al NO. de Caló del Mort,) una porción de playa fue hallada *in situ*.

a) > 250 cm. de duna de grano grosero consolidada, color pardo muy pálido (10 YR 7/3), estratificada N. 65° E.

b) 60 cm. de limo arenoso, semicementado, amarillo-rojizo (7.5 YR 7/6).
Discordancia

c) 30 cm. de duna cementada semejante a (b).

d) 10 cm. de arena de playa, basada y consolidada, con conglomerado marino y abundante fauna pobre en especies:

Spondylus gaederopus L.

Venus gallina L.

Arca Noae L.

Donax trunculus L.

Pectunculus violaceus Lmk.

Lucina lactea L.

La facies es de un marcado carácter litoral y arenoso, y los depósitos únicamente alcanzan + 0.5 — 0.7 m.

e) 50 cm. de duna consolidada, amarillo-rojiza (7.5 YR 7/6) con moldes de raíces, no estratificada.

(f) 70 cm. de arena limosa con *Helicella sp.*, consolidada, amarillo-rojiza (7.5 YR 5/4-6), con bandas de elementos detríticos de tamaño medio. Costura a la superficie.

Esta única playa *in situ* hallada a lo largo de la arenosa Playa de Mitjorn es característica del Tyrrheniense III en su textura estratigráfica. A pesar de los diseminados depósitos del Pleistoceno, existentes en las opuestas costas del «corredor», no fueron hallados sedimentos marinos fosilíferos, no obstante los muchos cortes observados, conteniendo sedimentos de este tipo pero sin macrofauna.

Es interesante observar que los últimos sepulcros cartagineses o los iniciales de los romanos, fueron excavados en las dunas al nivel actual del mar, cerca del Caserío el Caló en las costas nordestes del «corredor». Ello indica que el nivel del mar, en las últimas centurias antes de J. C., debió estar algunos metros más bajo. Esto queda bien corroborado con otras pruebas en el área del Mediterráneo (Hafemann 1959), y con el hecho de que muchas de las dunas litorales del Sur de Mallorca son debidas realmente a una breve regresión de edad aproximada a la primera cerámica romana (probablemente republicana, por ejemplo, última centuria antes de J. C.) (Butzer 1962).

El más importante yacimiento de la Isla, en San Fernando, será luego considerado juntamente con un yacimiento recientemente estudiado en Mallorca del Pleistoceno interior.

CONCLUSIONES SOBRE EL TYRRHENIENSE II B FINAL Y EL TYRRHENIENSE III

La mayor parte de los yacimientos estudiados en 1961, y los que ahora tratamos, pertenecen al postrer periodo de la transgresión correspondiente al último interglaciar. Prácticamente todas estas líneas de costa se encuentran a una elevación relativa, el orden de los + 0.5 m. a 3 m. Con todo, dentro de este margen, se hallan tres pisos principales: El Tyrrheniense II b final (típicamente a + 2-4 m), el Tyrrheniense III (típicamente a + 1-2 m.) y al menos dos niveles del Holoceno a + 2 y + 4 m. El mayor interés del estudio era el conseguir un señalamiento válido de criterio geológico y faunístico, para facilitar la delimitación de aquellos tres niveles. Las relaciones del Tyrrheniense III y la serie «normal» del Würm continental fueron primeramente establecidas por Butzer y Cuerda (1961 y 1962) en la costa SE., en Cala S'Amonia y S'Estanyol. Este último piso con fauna termófila fue hallado inmediatamente precediendo la primera deposición de limos y potentes dunas del Würm. La relación entre el Tyrrheniense II b final y el Tyrrheniense III, parece determinada claramente del todo en C'an Vanrell, Colonia de Son Serra, Campo de Tiro (b) (Cuerda y Muntaner 1957 y observaciones nuestras no publicadas en 1960), y aunque no tanto, también en Canyamel. En cada caso, una verdadera, pero desde luego pequeña duna separa los dos, indicando una moderada regresión a algunos metros por debajo del nivel del mar. Esto queda claramente comprobado en Cala S'Amonia, donde existe un suelo de *terra rossa*, bien formado, desarrollado en una cueva, al nivel actual del mar durante el mismo período. Pero este intervalo de alguna duración no fue ciertamente muy frío, ya que aparentemente sólo las especies más termófilas, v. g. *Strombus bubonius* Lmk., llegan localmente a extinguirse. Esto nos hace considerar el Tyrrheniense III como parte integrante del último interglacial, aunque tardó en la serie, y no como un interestadio del Würm. Finalmente por las incompletas indicaciones de Colonia de Son Serra y posiblemente del Caló del Mal Pás, parece ser que capas dunares muy débiles se depositaron igualmente entre algunas de las fases del Tyrrheniense II.

Los altos niveles marinos del Holoceno (Flandriense) a + 2 m. y + 4 m. no ofrecen dificultades en cuanto a su identificación. Se puede admitir la existencia, al menos, de dos pisos alrededor de los + 2 m., el uno de época prehistórica y el otro de edad histórica con cerámica. Únicamente éstos han sido estudiados en buena textura estratigráfica postwurmiense, en Cala Llombars y Caló dels Macs (Butzer y Cuerda 1961), Colonia de San Pedro (Muntaner, no publicado) Magaluf (Cuerda y Muntaner, no publicado) Palma Nova (Butzer, Cuerda y Muntaner, no publicado) y en las Solinas de Cala Sabina, en Formentera. El nivel de + 4 m. ha sido hallado igualmente, en buena con-

textura estratigráfica postwurmiense, en el Torrente de Socorrada (Butzer y Cuerda, 1961), S'Estret d'es Temps (Butzer y Cuerda, 1962) y C'an P cafort.

Si resumimos los diversos bajos niveles transgresivos del Cuaternario, conforme a sus características geológicas y faunísticas, tenemos: a) Tyrrheniense II b (final). Potentes depósitos de playa, normalmente excediendo 1 m. de espesor, en caso de sedimentación mixta marina y continental. Las más de las veces, la verdadera facies marina consiste en arenas bastas de playa, bien estratificadas. La mayoría de los estratos varían en facies y a menudo se intercalan con lechos semieólicos estériles, y recubren una potente arena estéril de playa.

Un depósito de carácter marino que exceda los 2 m. de espesor y presente marcadas variaciones en facies, es ciertamente no posterior al Tyrrheniense II. En los sedimentos arenosos o limosos, finos, suele hallarse con frecuencia *Strombus bubonius* Lmk., que en tales casos es uno de los elementos dominantes de la fauna. Las demás especies termófilas de menor tamaño se presentan con índices de menor frecuencia. Es indudable que *Strombus bubonius* es el fósil clave para el Tyrrheniense II de Mallorca.

b) Tyrrheniense III. Generalmente presenta débiles depósitos, los cuales rara vez alcanzan los 75 cm. de espesor, y sólo en contadas ocasiones ofrecen dominancia de sedimentación marina. Casi invariablemente los lechos consisten en arrastres procedentes de la sedimentación continental (limos y conglomerados), conteniendo en el nivel de la playa fauna marina o mezcla de ésta con fauna terrestre. En esencia, el Tyrrheniense III fue, pues, un breve intervalo transgresivo, ocurrido en tiempo de los primeros cambios climáticos locales, relacionados con la transición del interglacial a glacial (Butzer 1961 a, b, 1962 a). En cuanto a la fauna de este piso, es de observar que son algo frecuentes en él algunas especies termófilas como las formas típicas globosas de *Purpura haemastoma* L., *Tritonidea viverrata* Kienea, *Mytilus senegalensis* Reeve y *Arca plicata* Chemnitz. Esta última se presenta a veces abundante, con índices de frecuencia parecidos a los del Tyrrheniense II, si bien los ejemplares son más pequeños en tamaño, por lo general. *Conus testudinarius* Martini, que ha sido hallado en algunos yacimientos del Tyrrheniense III de Mallorca, con carácter excepcional (ejemplares aislados, en parte rodados), no se puede afirmar categóricamente que se halle presente en los yacimientos de este piso estudiados en el presente trabajo. Los dos yacimientos de Porto Cristo y cercanías de Cala Bona, no quedan geológicamente datados y la ligera semejanza de la fauna banal que contienen, con la de los yacimientos de S'illot y Cala Moreya, puede ser totalmente engañosa.

Por último hacemos constar que faltan en los yacimientos del Tyrrheniense III otras varias especies termófilas que suelen presentarse en el Tyrrheniense II de Mallorca. Estas son: *Triton costatus* Born, var. *minor* Segre y *Ranella scribiculata* L. var. *trinodosa nodulosa* Bors (ambas en facies litoral);

Natica lactea Guilding y *Cardita senegalensis* Reeve. Formas todas ellas extintas hoy en el Mediterráneo, que tienen valor estratigráfico local, ya que, por lo que dejamos expuesto, nos ayudan a diferenciar el Tyrrheniense II del III.

c) Holoceno (Flandriense). Las señales de abrasiones o deposiciones relacionadas con transgresiones post-pleistocenas, son de poca consideración y sólo se presentan localmente. Si la estimación de duración fuese hecha basándose en el poco desarrollo geológico de las mismas, y si al nivel marino de + 4 m. (siempre de edad prehistórica) se le atribuyese 1 milenio de duración, al Tyrrheniense III le deberían corresponder 2-3 milenios, y a las tres fases mayores del Tyrrheniense II, al menos, 5 milenios para cada una. El nivel posterior + 2 m. se repitió sin duda: una vez en tiempos prehistóricos, y más tarde durante el período post-romano. Toda la fauna recogida en las varias playas flandrienses de las Islas Baleares no llega más que a 11 especies diferentes, todas ellas banales, sin indicación alguna de características termófilas. Rara vez han sido halladas más de 2-3 especies en cada sitio. La falta de consolidación de los sedimentos, por otra parte, facilita su identificación.

PRIMERAS OBSERVACIONES SOBRE YACIMIENTOS CUATERNARIOS MARINOS DE EDAD PRE-TYRRHENIENSE

Sólo muy recientemente (Solé 1961) pudo declararse que no eran conocidos en las Baleares yacimientos marinos cuaternarios pre-tyrrhenienses. Estudios geomorfológicos por Butzer en 1960 (1962b) demostraron que existían claras huellas de erosiones marinas indicando antiguos niveles del mar a + 48-50, 62-65, 72-75 y cerca de + 110 m. en el Sur de Mallorca. Especialmente se presentaban bien conservadas, la plataforma, ranura, cuevas marinas y acantilados de la línea de costa de + 50 m. Un ejemplo particularmente claro de este tipo de antigua costa, fue descubierto en las Covas de Son Morro, cerca de la estación del ferrocarril de Baños de San Juan. En este lugar, una duna caliza, roja y completamente cementada, correspondiente a la regresión pre-Tyrrheniense I («Mindel») recubre un bajío de erosión del nivel de los + 50 m.

En 1961 fueron efectuadas exploraciones más sistemáticas en busca de correspondientes sedimentos marinos, y un primer yacimiento fosilífero *in situ*, fue descubierto conjuntamente con el Sr. Muntaner, quien ya hace varios años había recogido fauna marina en los terrenos de Ca'n Xarpa, próximos a la carretera de Palma-Sineu, si bien no había podido confirmar la edad cuaternaria del yacimiento.

La geología del yacimiento de Ca'n Xarpa fue aclarada por Butzer, Cuer-

da y Muntaner 1961, en la forma que sigue: Los sedimentos recubren una ladera de caliza miocénica muy desgastada, con inclinación del 10 por 100.

a) 50 cm. de arenas calizas marinas, de grano grosero ya consolidadas, ya semicementadas, amarillo-rojizas (5 YR 8/6, con bolsas rojas 2, 5-5 YR 6-6/8) y bandas de limos con apariencia de travertino o costras de un color que oscila entre rosado a amarillo-rojizo (5-7.5 YR 8/4-6).

La fauna recogida, por Muntaner y Cuerda, contiene:

<i>Murex trunculus</i> L.	<i>Cardium edule</i> L.
<i>Cassis</i> sp.	<i>Venus gallina</i> L.
<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.	

El elemento predominante en esta asociación de especies litorales es *Pectunculus*.

Estos sedimentos, algo alterados, alcanzan los + 45-50 m.

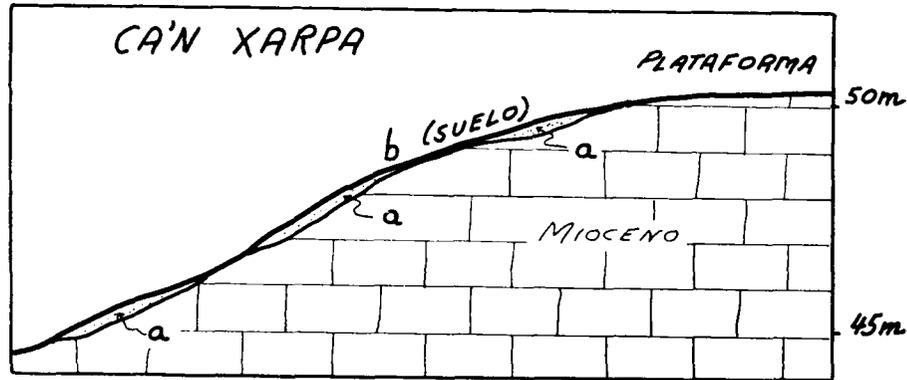


Fig. 11.

b) 20 cm. de *lehm de terra rossa* arenoso, rojo-amarillento & 5 YR 5/6). con estructura poliedral o grumosa y humus mulliforme.

No existe motivo alguno de confusión entre el Cuaternario y las capas del Mioceno. La fauna es relativamente reciente y aparentemente bien conservada. Los sedimentos son característicamente pleistocenos, mientras que los fósiles del Mioceno subyacente están muy mal conservados, difíciles de determinar y generalmente sólo presentan sus moldes o jacillas. La morfología del yacimiento consiste en una suave pendiente bajo una extensa plataforma a + 50-65 m., debida probablemente a la erosión marina de un nivel de detención más alto. Los autores agradecen sinceramente al Sr. Muntaner su valiosa colaboración en el estudio del yacimiento y su amable autorización para publicarlo en este trabajo.

Otro yacimiento casi idéntico, fue descubierto en Formentera, en el case-

rio de San Fernando, en la cisterna de la Fonda Pepe. Como esta cisterna, de nueva construcción, ha sido recubierta y cementada, no es posible ver el corte actual *in situ*, pero unos bloques de allí extraídos fueron estudiados, teniendo en cuenta, además, las explicaciones dadas por el fondista.

Los trozos removidos de la roca de base consisten en arenas calizas cementadas del Mioceno medio, con fauna mal conservada; a menudo sólo aparecen las impresiones de la forma del fósil. Color pardo muy pálido (10 YR 8/4).

Los sedimentos del Pleistoceno deben exceder los 30 cm. de espesor y consisten en arenas calizas relativamente blandas, consolidadas y de color rosado (7.5 YR 8/4). El nivel de los bloques removidos puede calcularse, sin más posible error que 1,5 m., a + 46 m. Relacionados con esta calcarenita existen subyacentes unos limos arenosos semicementados, amarillo-rojizos (5 YR

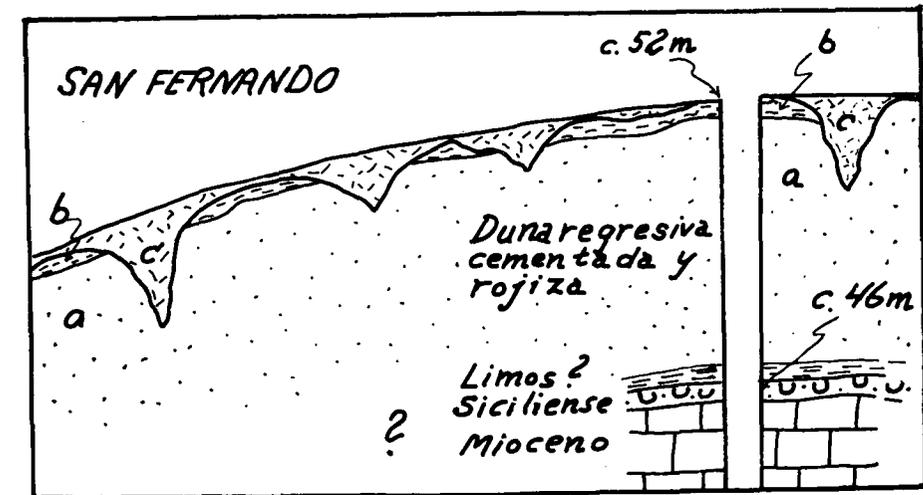


Fig. 12.

7/6). La fauna bien conservada, al igual que en Ca'n Xarpa, es abundante pero pobre en especies:

<i>Pectunculus violacescens</i> Lmk.	<i>Cardium edule</i> L.
<i>Cardium tuberculatum</i> L.	<i>Venus gallina</i> L.

Los sedimentos que recubren los anteriores, según secciones localmente inmediatas, consisten en:

a) Más de unos 2.5 m. de duna caliza cementada con estratificación muy poco visible, color rojo (2.5 YR 6/4-6). Típica duna regresiva pre-Tyrrheniense I intensamente meteorizada y después cementada. La meteorización corresponde probablemente al Tyrrheniense I («Holstein»).

b) 20 cm. de costra taveritosa cementada, color pardo muy pálido (10 YR 8/4).

c) Más de unos 2 m. de suelo relicto de *terra rossa* rojo-amarillento (5 YR 5/6-8) en las grietas. Una arcilla limosa con estructura poliedral sub-rodada media y un humus reciente.

La estratigrafía de este yacimiento, pese al hecho de que no se pueden actualmente ver los sedimentos marinos *in situ*, es totalmente satisfactoria, y sin duda comparable en todo con la playa estéril a + 50 m. de Baños de San Juan o la playa fosilífera a + 45-50 m. de Ca'n Xarpa. Es más o menos inmediato anterior a la mayor fase regresiva, que precedió al Tyrrheniense I, en otras palagras, «Cromer» «Gunz/Mindel» en sentido convencional. Más o menos pertenece ciertamente al nivel de finales del Siciliense (o Milazziense).

Es interesante el hecho de que la transgresión pre-Tyrrheniense I de + 50 m. no presenta fauna termófila. Es improbable no obstante que las aguas fueran apreciablemente más frías que hoy día, ya que *Cardium tuberculatum* L., especie moderadamente termófila y fósil clave del interglacial en el área del Mar Negro, está presente. No obstante, se hace necesario buscar nuevos yacimientos del Cuaternario antiguo en las costas españolas.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUZA, J.: *Contribución a la paleontología de Mallorca. Notas sobre el Cuaternario.* «Estudios Geológicos» IV, p. 199-204 (1943).
- BUTZER, K. W.: *Paleoclimatic implications of Pleistocene stratigraphy in the Mediterranean area.* «Ann. New York Acad. Sci.», 95 p. 449-456 (1961a).
- — *The last «pluvial» phase of the Eurafian subtropics.* «UNESCO-W. M. O. Symposium on Changes of Climate». Roma, el 1-7 oct. de 1961. Unesco, París (en prensa) (1961b).
- — *Climatic-geomorphologic interpretation of Pleistocene sediments in the Eurafian subtropics.* *Proc. Wenner-Gren Symposium «African Ecology and human Evolution»*, F. C. Howell, ed. «Viking Fund Publ. in Anthropological Res» (en prensa) (1962a).
- — *Coastal geomorphology of Majorca, Spain.* «Ann. Assoc. Amer. Geographers» 52 (1962b), pp. 191-211.
- BUTZER, K. W. Y CUERDA, J.: *Nota preliminar sobre la estratigrafía y paleontología del Cuaternario marino del Sur y SE. de la Isla de Mallorca.* «Bol. Soc. Hist. Natural de Baleares», 6 (1960), p. 9-29. (1961).
- — *Coastal stratigraphy of southern Mallorca and its implications for the pleistocene chronology of the Mediterranean Sea.* «Jour. of Geology» 70 (1962), pp. 398-416.
- CUERDA, J.: *Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca).* «Bol. Soc. Hist. Natural de Baleares» 3, p. 3-76 (1957a).
- — *Contribución al estudio de la fauna tirreniense de la isla de Mallorca.* «Actas V. Congr. Int. I. N. Q. U. A. (1957) (en prensa) (1957b).
- CUERDA, J. Y MUNTANER, A.: *Les formations tyrrhéniennes de la Baie de Palma.* «Livret Guide de l'Excursion L. Levant et Majorque. V Congr. Int. I. N. Q. A.», Madrid-Barcelona, p. 25-46. (1957).

- — *Nota sobre diversos niveles tirrenienses localizados en las cercanías de Cap Orenoi (Mallorca).* «Bol. Soc. Hist. Natural de Baleares» (1960), p. 37-48 (1961).
- CUERDA, J. SACARES, J. Y MIRÓ M. DE: *Nota sobre un nuevo yacimiento cuaternario marino.* «Bol. Soc. Hist. Natural de Baleares» 5, p. 31-32. (1959).
- DARDER, B.: *Mapa geológico de las Serras de Llevant de l'illa de Mallorca.* «Excm. Diputación de Baleares». 2 hojas (1932).
- FALLOT, P.: *Etude géologique de la Sierra de Majorque.* Thèse, Paris (1962).
- HAFEMANN, D.: *Die Frage des eustatischen Meeresspiegelanstieges in historischer Zeit.* Abhandl. deut. Geographentags, Berlin, Frankfurt. p. 221-231 (1959).
- HALIME, J.: *Notice sur la géologie de l'île de Majorque.* «Bull. Soc. Géol. France», 2.^a serie, p. p. 734-752 (1855).
- HERMITE, *Etudes géologiques sur les îles Baléares.* Thèse, Paris. (Trad. castellana en el «Bol. Inst. Geol. Minero de España, 1888») (1879).
- KLINGE, H. Y MELLA, A.: *Los suelos de las Islas Baleares.* «Ann. Edafol. y Fisiol. Vegetal» 15, núm. 1, p. 1-26 (1958).
- LUTTIG, G.: *Eine neu einfache gerollmorphometrische Methode.* «Eiszeitalter & Gegenwart» 7, p. 13-20 (1956).
- NOLAN, H.: *Structura géologique d'ensemble de l'archipel Baléare.* «Bull. Soc. Geol. France» 23, p. 76-91.
- MERCADAL, B.: *Noticia sobre la existencia de restos de terrazas del Tirreniense en la costa Sur de Menorca.* «Bol. Soc. Hist. Natural de Baleares» 5, p. 39-44 (1959).
- MUNTANER DARDER, A.: *Nota preliminar sobre nuevas localidades del Cuaternario en la isla de Mallorca.* «Ibid», 1, p. 84-86 (1955).
- — *Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma (Mallorca)* «Ibid» 3, p. 77-118 (1957).
- — *Nota preliminar sobre las formaciones tirrenienses de la isla de Menorca (Baleares).* «Ibid», 5, p. 27-30 (1959).
- SOLÉ SABARÍS, L.: *Le quaternaire marin des Baléares et ses rapports avec les cotes méditerranéennes de la péninsule ibérique.* «Quaternaria VI (en prensa).» Noticia preliminar sobre el Cuaternario de Ibiza en Asoc. Españ. para el Estudio del Cuaternario», Dic. 1957 (1961).
- SPIKER E. T. Y HAANSTRA, V.: *Geologie von Ibiza (Baleares).* «Dissertation Utrecht (Assoc. pour l'étude de la géologie de la méditerranée occidentale)», II, núm. 3, parte 5, Barcelona (1935).
- VIDAL, L. M. Y MOLINA, E.: *Reseña física y geológica de las islas de Ibiza y Formentera.* Bol. «Com. Mapa Geol. de España», VII (1888).

Recibido 28-V-1962.

EXPLICACION A LA LAMINA I

Algunos fósiles característicos y formas típicas del Pleistoceno superior marino de Mallorca.

Fig. 1.—*Natica láctea* Guilding. Yacimiento de C'an Vanrell (cerca de Arenal). Tyrrheniense II.

Fig. 2.—*Strombus bubonius* Lamarck. Idem id. id.

Fig. 3.—*Cardita senegalensis* Reeve. Idem id. id.

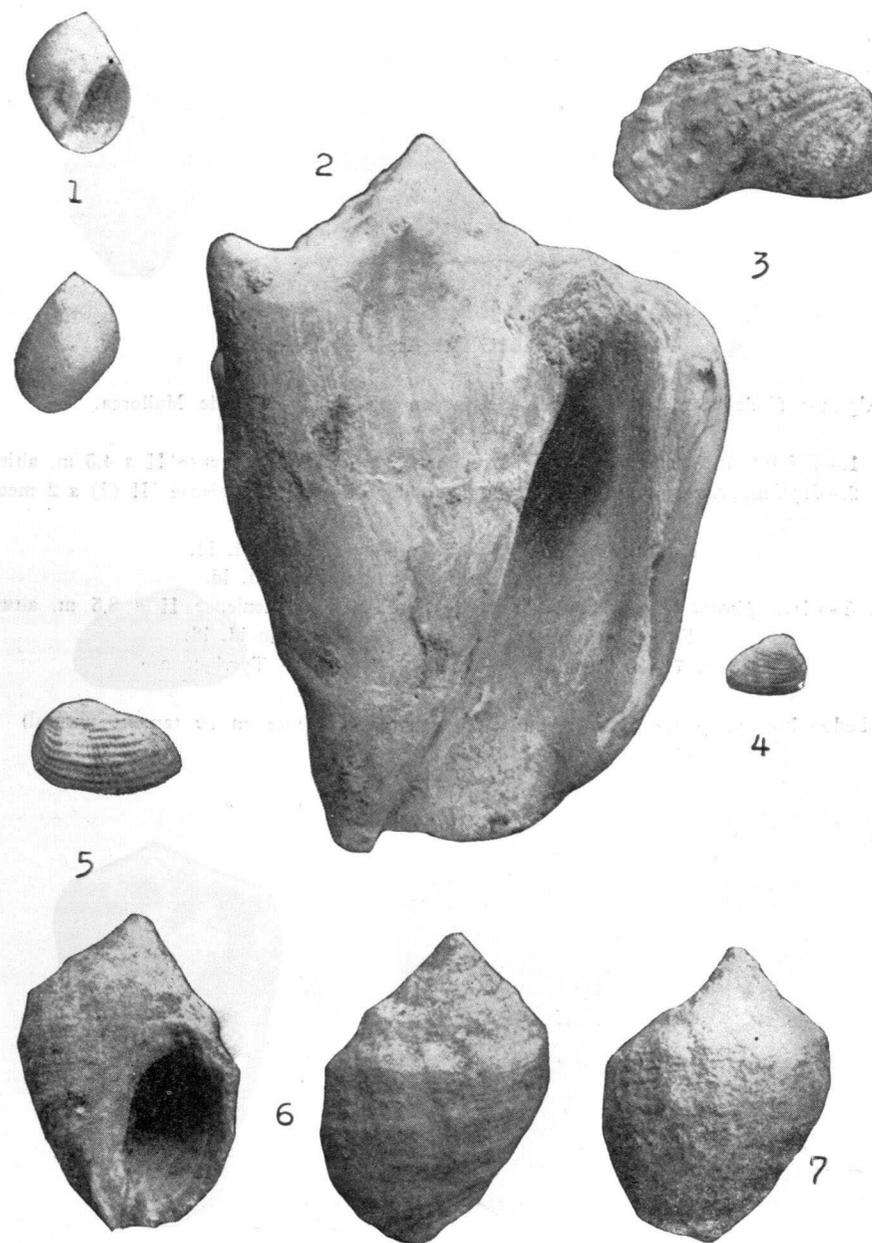
Fig. 4.—*Arca plicata* Chemnitz. (juv.). Idem id. id.

Fig. 5.—*Arca plicata* Chemnitz. Torre de S'Estalella. Tyrrheniense II a 4,5 m. altitud.

Fig. 6.—*Purpura haemastoma* Linné. Forma globosa típica del Tyrrheniense. Torre S'Estalella a 4,5 m. altitud.

Fig. 7.—*Purpura haemastoma* Linné. Torre de S'Estalella. Tyrrheniense II a 10,5 m. altitud. (Obsérvese la diferencia morfológica de la parte superior de la espira de este ejemplar respecto al anterior).

(Todos los ejemplares están reproducidos aproximadamente en su tamaño natural).



EXPLICACION A LA LAMINA II

Algunos fósiles característicos del Pleistoceno superior marino de Mallorca.

Fig. 1.—*Tritonidea viverrata* Kiener. Torre de S'Estalella. Tyrrheniense II a 4,5 m. altitud.

Fig. 2.—*Mytilus senegalensis* Reeve. Yacimiento de S'Illot. Tyrrheniense III (?) a 2 metros altitud.

Fig. 3.—*Tritonidea viverrata* Kiener. Idem id. id.

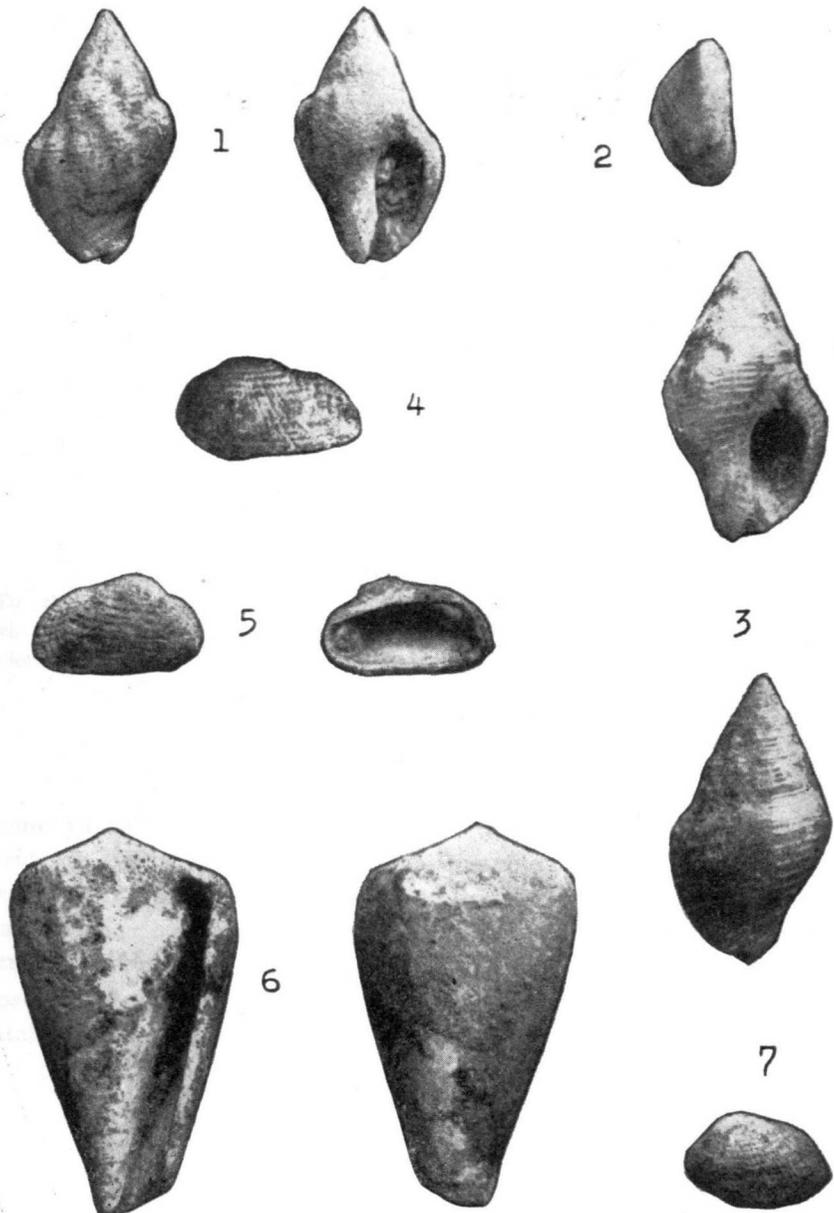
Fig. 4.—*Arca plicata* Chemnitz. Idem id. id.

Fig. 5.—*Arca plicata* Chemnitz. Yacimiento de S'Illot. Tyrrheniense II a 8,5 m. altitud.

Fig. 6.—*Conus testudinarius* Martini. Idem id. id.

Fig. 7.—*Arca plicata* Chemnitz. Cala Agulla. Tyrrheniense

(Todos los ejemplares están reproducidos aproximadamente en su tamaño natural)



VICENTE PASTOR GOMEZ

PROBABLE AREA PRECAMBRIANA AL NO. DE LEON

RESUMEN

En el N. O. de la provincia de León aparece una ancha faja que atribuimos al Precambriano, pese a estar datada de siluriana. Esta breve nota describe las características litológicas de las rocas que la constituyen y las razones que parecen confirmar su edad precambriana.

SUMMARY

To the N. W. from León it appears to outcrop a wide belt of Precambrian which up to date has been dated as Silurian. This brief note gives a lithologic description of its rocks and field evidence which seems to confirm its precambrian age.

I. INTRODUCCIÓN

Como ya ha hecho notar Lotze, en la introducción del artículo *El Precámbrico de España*, hasta 1952 los Mapas geológicos de España incluían en el Arcaico «las pizarras cristalinas que, atravesadas por plutones graníticos, forman grandes extensiones de la Meseta Ibérica, pero que también afloran en los Pirineos y en las Cordilleras Béticas».

Posteriormente, en el Mapa Geológico de España y Portugal de 1952, se establece una distinción entre Arcaico y Estrato Cristalino, dando a este último el significado de rocas metamórficas, de edad variable, mientras

N del A.—Al entregar el presente trabajo para su publicación ignorábamos la nota enviada por el Prof. De Sitter a la Société Géologique de France, motivo por el que en él no se hace referencia a dicha nota, cuya referencia es: «Le Pre-Cambrien dans la chaîne cantabrique». *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, 20 de noviembre de 1961. (Recibida en el Instituto con fecha 3 de marzo de 1962).

N. de la R.—En este mismo número aparece la traducción de la nota del Prof. De Sitter que se menciona en el párrafo anterior.

que el primer término pasa a comprender los terrenos precambrianos propiamente dichos. No obstante, en dicho Mapa no aparece ninguna mancha precambriana pese a que Lotze, ya en 1945, había indicado la existencia de diversos afloramientos precambrianos en el sur de la Península. En el artículo mencionado, cuya traducción por Llarena ha sido publicado en 1960, aunque el original data de 1956, el mismo autor describe nuevos afloramientos de aquella edad en Asturias, Sierra de la Demanda, Montes de Toledo y Sierra Morena.

La secuencia establecida por Lotze en las dos primeras áreas mencionadas, que son las más próximas a nuestro probable Precambriano, es la siguiente:

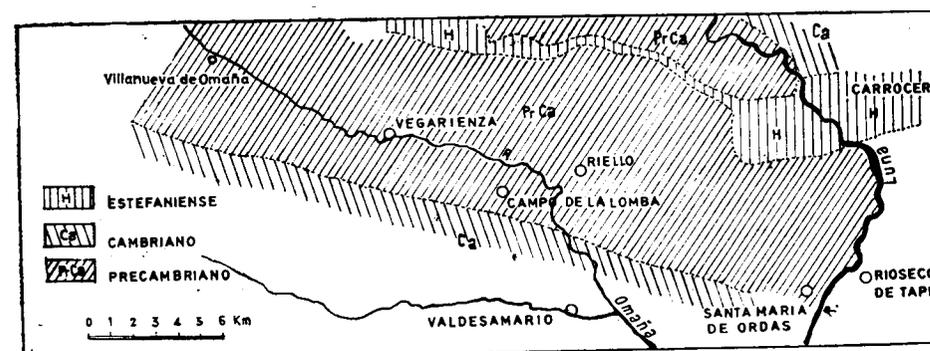
<i>Asturias</i>	
Cámbrico inferior.	Calizas y dolomias.
	Cuarcitas.
Plegamiento asíntico.	◀ Conglomerados de facies «tilita».
Algónquico	Pizarras del Narcea.

<i>Sierra de la Demanda</i>	
Cámbrico inferior.	Calizas y dolomias.
	Cuarcitas.
Plegamiento asíntico.	
Algónquico	Filitas.

Como criterios para establecer la separación entre Precambriano y Cambriano, Lotze ha utilizado bien los signos que permiten reconocer el plegamiento asíntico, bien los que indican el dominio de un clima frío «que ha existido, por doquier en la Tierra, durante el Algónquico superior, próximo a su límite con el Cámbrico». Entre los primeros puede acudir al reconocimiento de una discordancia asíntica clara o al de la secuencia: esquistos satinados (facies geosicinal batial)-flysch (facies orogénica)-molasa (facies post-orogénica). En ellos, como criterios generales, y en otros de carácter meramente local, nos basaremos para deducir la edad precambriana de una zona del N. O. de la provincia de León, cuya situación pasamos a fijar.

II. SITUACIÓN DEL ÁREA QUE SE DESCRIBE

Poco al N. O. de León, los ríos Omaña y Luna unen sus aguas para constituir juntos el Orbigo y sus valles limitan un área que, en el más reciente Mapa Geológico de España y Portugal, a escala 1/1.000.000 del Instituto Geológico y Minero de España, se supone ser siluriana. Hacia el Noroeste, el área se prolonga en forma de una ancha faja que comprende a los pueblos de Riello, Vegarienza, Murias de Paredes y Palacios del Sil. Hacia el N., este mismo terreno se extiende hasta la cuenca estefaniense



Croquis de situación del área descrita en el texto.

de La Magdalena, a la que atraviesa el segundo de los ríos mencionados después de servir, durante varios kilómetros, como frontera entre dos complejos rocosos de aspecto y constitución totalmente diferentes; el de su margen derecha presenta bastantes analogías con el terreno situado al sur de aquella cuenca y en él se encuentra Vega de los Caballeros; el de su margen izquierda es eminentemente arenoso y sus estratos presentan un fuerte buzamiento al N. E. Hacia el Sur, desaparece bajo el Mioceno en las proximidades de Villarrodrigo de Ordás y hacia el E., también queda pronto soterrado por el Mioceno.

III. SU COMPOSICIÓN LITOLÓGICA

La zona más septentrional del área así delimitada, es decir, la comprendida entre el arroyo del Reventón, o de Turcio, y el río Luna, está constituida por areniscas y pizarras esquistosas de color gris oscuro, en general, y frecuentemente verdosas o pardas; el colorido de las segundas es mucho más variado ya que, por meteorización, se tornan claras de los colores mencionados e incluso rojizas, violáceas, amarillentas o argentinas.

Sobre todo en los esquistos, son abundantes las vetillas de cuarzo, y ambas rocas presentan dinamometamorfismo de la zona superior (epizona); crucero en las arcillosas y fracturación en las síliceas. La señorita Argüelles, que ha tenido la amabilidad de examinar al microscopio las muestras que describimos en este artículo, nos ha dado el siguiente resultado de una de arenisca recogida en las proximidades de Vega de los Caballeros:

«Clasificación: Arenisca feldespática; incluso puede denominarse arcosa, ya que la proporción de los fragmentos de feldespato sódico y potásico es bastante elevada.

Textura: Típica de rocas clásticas. La esfericidad y rodado del material detrítico varían de bajos a moderados, dando lugar a secciones angulosas, por lo que se podría considerar, la roca, como una microbrecha desde el punto de vista textual.

Composición mineralógica:

Material fragmentario: Son componentes principales el cuarzo, albita, y microclina. Secundarios, fragmentos de rocas (pizarra, chert, cuarcita, roca hipogénica), circón, apatito y micas.

Matriz: Clorita, sericita, arcilla, cuarzo micro-cristalino, carbonatos y mineral metálico opaco.

Observaciones: El tamaño de grano varía de 0,65 mms. hasta 0,05 mms. El principal material de cemento es clorita, sericita y arcilla. La calcita parece ser de origen metasomático y sustituye, con frecuencia, a los fragmentos de plagioclasa».

Las areniscas predominan hacia el N., en la margen derecha del Luna, pero hacia el S., aun conservando su carácter arenoso, pasan a predominar los esquistos. Si continuamos nuestro itinerario, en dirección S., una vez que hemos atravesado el enclave hullero de Canales-La Magdalena, vuelven a aparecer los esquistos arenosos que, paulatinamente, pasan a ser satinados cloríticos o sericíticos (filitas), de color gris y tonalidades muy variadas, verdosos, amarillentos, azulados, etc. Los filones de cuarzo, a veces de gran tamaño, son aún más abundantes que en la zona mencionada anteriormente.

Rompiendo la monotonía litológica y cromática del macizo, se encuentran varios horizontes que pasamos a describir, de norte a sur de la zona.

Poco al O. de Villapodambre, y en dirección E. O., existe una corrida de cuarcitas que, probablemente se prolongue hacia el O., y al microscopio presenta las siguientes características:

Clasificación: Cuarcita.

Textura: Granoblástica (en mosaico) de grano fino.

Composición: Cuarzo principalmente y sericita-clorita en pequeña proporción.

Desde el cerro denominado Cogorolín, al N. E. de Sorrios de Ordás, y en dirección a Riocastrillo de Ordás, aparece un horizonte de caliza dolomítica cristalina que recuerda mucho a las calizas de la base del Cambriano, al norte de la zona que estamos estudiando. Su color en fresco es azulado, pero el terreno presenta un aspecto pardo achocolatado muy conspicuo. En el cerrete al N. O. de Sorrios, la roca se encuentra marmorizada en parte.

Examinada al microscopio resulta ser una dolomía cristalina o mármol dolomítico, de las siguientes características:

«Su principal componente es dolomita, en cristales irregulares, de tamaño intermedio; éstos presentan, con frecuencia, secciones romboédricas, con escasas maclas polisintéticas, y están cementados por una matriz un tanto arcillosa, recristalizada en clorita y sericita. La textura es granoblástica. Se observan también frecuentes granos de cuarzo y laminillas de muscovita, pero lo más característico de la muestra es la presencia de un mineral que se presenta en agregados criptocristalinos, asociados por lo general a las fracturas, isótropo y con un relieve muy superior al bálsamo.

Para mayor certeza en su determinación, ya que se trata de un mineral isótropo, fue medido su índice de refracción que resultó ser del orden de 1,600, por lo que dicho mineral puede ser considerado como colófana, variedad criptocristalina de apatito. Su cantidad es bastante apreciable. Este mineral de fósforo va asociado a la sustancia arcillosa, incluye normalmente rombos de dolomita y secciones cúbicas de magnetita, y ocupa, junto con el material arcilloso, los intersticios que deja la dolomita».

A unos 700 metros, al N. de Sorrios, y en el arroyo de Rosambre, los esquistos clorítico-sericíticos presentan unas vetillas pulverulentas de óxido de manganeso, probablemente secundario.

Poco por encima del camino de Santa María de Ordás a Adrados, corre un nuevo horizonte de cuarcitas claras, de grandes cristales de cuarzo cementados por sílice, y de areniscas esquistosas sericíticas. Su analogía litológica con el horizonte de Villapodambre, que ya hemos descrito, resulta evidente si se comparan los resultados del examen al microscopio de las muestras recogidas en uno y otro. Con respecto a este segundo, ha sido el siguiente:

«Se trata de una roca metamorfizada de la epizona, de origen sedimentario, que conserva aún la textura detrítica de las areniscas, pero aparece estratificada (textura esquistosa), debido al metamorfismo dinámico. Sus

componentes (material fragmentario), son de composición exclusivamente silícea. El cuarzo se presenta bien en agregados, bien en granos de un solo cristal. Los primeros se deben a la recristalización sufrida.

Tanto unos como otros aparecen orientados paralelamente y cementados por una matriz clorítico-sericítica, en la que las distintas laminillas también se ven alineadas según sus dimensiones longitudinales, bordeando los granos de cuarzo.

La matriz, además de sericita y clorita, también contiene magnetita y pequeños cristales de cuarzo».

Si a esta analogía litológica de los dos horizontes cuarcitosos de Villapodambre y de Adrados de Ordás unimos el hecho de que los pequeños pliegues de arrastre observados en las intercalaciones arcillosas del segundo parecen indicar «anticlinal al N.», pudiera suceder que ambas corridas sean una única capa silícea intercalada en los sedimentos arcillosos y repetida por un anticlinal, en cuyo núcleo apareciese la dolomía de Sorrios-Rioastrillo. En este caso, la secuencia litológica de nuestro Precambriano resultaría evidente y aún más, se podría reconocer en él la influencia de una fase orogénica que, por lo menos, habría producido, durante su deposición, una regresión seguida de transgresión.

Las areniscas cuarcíferas o cuarcitas de Adrados dan, por descomposición, unas arenas varioladas blancas, amarillentas y rosáceas que recuerdan, a primera vista, a las arenas cretáceas de La Robla, que se encuentran relativamente próximas, motivo por el que la existencia de Cretáceo en el área de Santa María de Ordás resulta muy dudosa para nosotros, por el momento.

El cerrete al sur de este pueblo está constituido también por unas areniscas cuarcitosas semejantes a las que acabamos de describir; quizá se trate de la misma corrida de Adrados.

Finalmente, debemos citar el pequeño mogote de cuarcitas bastas de color blanco, rosáceo, que sin continuidad aparente, se encuentra poco al noroeste de Villarodrigo de Ordás.

IV ARGUMENTOS EN FAVOR DE SU ATRIBUCIÓN AL PRECAMBRIANO

Al hablar de la situación del área que estamos describiendo, decíamos que el río Luna, antes de alcanzar el Estefaniense de La Magdalena, sirve de frontera entre dos complejos rocosos diferentes. El de su margen izquierda está constituido por areniscas y cuarcitas claras con glauconia. Si, desde el pueblo de Mora, situado a orillas del río, ascendemos por el camino que conduce a Sagüera, no hay que andar mucho para encontrarse ante una antigua cantera de caliza, cuyo horizonte superior, muy semejante al de

caliza griotta viseano, contiene fósiles típicamente acadienses. Según Almeida, esta caliza «viene prolongándose desde Barrios de Luna, donde su edad no admite dudas por la gran variedad y buen estado de conservación de la fauna fósil que contiene».

Deshaciendo ahora el camino recorrido, desde un horizonte cuya edad geológica conocemos, observamos que la caliza se hace algo dolomítica, hacia abajo, para perder esta característica enseguida y tras unos sesenta metros de caliza gris se pasa, mediante una facies mixta, a una arenisca, con abundantes tramos cuarcitosos de potencia considerable, que se extiende hasta el mismo Mora.

En el espolón que el río Luna forma en Vega de los Caballeros, y ya en la orilla derecha, se encuentra la base de aquella arenisca, que consiste en otra de color rojo, micácea y feldespática; es decir, prácticamente una arcosa. Por debajo, aún, va un tramo relativamente pequeño de calizas dolomíticas y calcoesquistos, que se apoyan en discordancia sobre el complejo situado entre el arroyo del Reventón y el río Luna, que ya hemos descrito.

Así pues, parece existir la siguiente secuencia:

Cambriano medio	Calizas rojas fosilíferas.
Cambriano medio e inferior.	Calizas y dolomías. Areniscas y cuarcitas. (Horizonte dolomítico).
Discordancia	
Precambriano.....	Complejo rocoso donde predominan las rocas arcillosas (pizarras, esquistos y filitas).

Esta secuencia es perfectamente comparable a la establecida por Lotze para Asturias y Sierra de la Demanda.

Existe una discordancia, cuya atribución al plegamiento asíntico no resulta descabellada.

El miembro inferior de nuestro Precambriano está constituido por esquistos satinados (filitas). Hacia arriba aparecen sedimentos arcillosos-silíceos y en la parte superior predominan las areniscas de tipo arcosas; el Precambriano presenta, en su parte superior, una facies de tipo nerítico, con fuerte contenido detrítico; abundan los sedimentos arcillosos y silíceos, las areniscas son micáceas, y todo parece indicar un preludio orogénico. Nos encontramos en una facies sinorogénica que, sin duda, difiere de la considerada como típica facies flysch, pero téngase en cuenta que a esta última solemos atribuirle

todas las características de la orogenia alpina, mientras que en nuestro caso se trata de una orogenia mucho más antigua, cuyas facies pueden presentar ciertas diferencias sobre las alpinas.

Tras la supuesta discordancia asintica viene una etapa de sedimentación (Cambriano inferior), con un predominio total de materiales silíceos en facies post-orogénica o molasa.

En resumen, tenemos dos complejos rocosos, totalmente diferentes, entre los que todo hace suponer la actuación de una fase orogénica. El superior puede atribuirse, sin duda, al Cámbrico inferior y medio; la edad del inferior debe ser precambriana.

Por otra parte, existen una serie de razones, de tipo local, que impiden la atribución de este último, no ya al Siluriano sino, ni siquiera al Paleozoico.

En primer lugar, quien venga hacia el S., descendiendo en la serie estratigráfica cuyos horizontes de desigual dureza dan a la topografía un carácter muy irregular, quedará sorprendido cuando, al cruzar el río Luna, se encuentre ante un paisaje completamente diferente. En efecto, el terreno desciende hacia el S. con una suavidad de penillanura, interrumpida solamente por los arroyos que en él han excavado sus cauces. Es decir, que presenta un estado muy avanzado de denudación al que no parece haber llegado el Paleozoico que se acaba de dejar atrás.

Litológicamente, el Paleozoico es fundamentalmente arenoso; sus tramos arcillosos, incluido el Siluriano superior, no podrían dar, aún admitiendo un muy apretado plegamiento, la monotonía del área cuya edad discutimos y no parece probable una tan tremenda diferencia, por cambio lateral de facies, en la relativamente pequeña distancia que existe entre el Siluriano del norte y dicha área.

La abundancia de vetas de cuarzo, la esquistosidad o crucero, que junto con el diaclasamiento enmascaran a menudo la estratificación, la marmorización del horizonte dolomítico, la presencia de clorita y sericita y la fracturación de las areniscas, parecen señalar la actuación de unas condiciones que no han afectado apreciablemente al Paleozoico que se encuentra más al Norte: concretamente, y en su mayor parte, indican un metamorfismo regional de las rocas afectadas.

Finalmente, a nuestra opinión viene a sumarse la de García Fuente, autor de la Hoja de La Plaza, coautor de la de Proaza y, por tanto, buen conocedor de la región, quien nos asegura que en la de Barrios de Luna, que actualmente tiene en ejecución, se confirma lo erróneo de la atribución al Siluriano de este terreno.

V. PROBABLE EXTENSIÓN DE LA FAJA PRECAMBRIANA

En el Mapa Geológico de España y Portugal, la faja «siluriana», que atribuimos al Precambriano, se prolonga hacia el N. O., limitada por las prolongaciones orientales de las cuencas estefanienses de Villablino, al N., y Fabero, al S., y aún vuelve a aparecer al norte de la primera y al sur de la segunda. No parece aventurado suponer que, en su mayor parte, se trate del mismo terreno que tenemos en la zona de Riello.

Concretamente en esta última, la base del Cambriano aparece de nuevo a lo largo del llamado río Vallegordo y se prolonga, en dirección E.-S.-E., pasando por Trascastro de Luna, Carrizal y Adrados de Ordás. La faja precambriana tiene en las proximidades de Riello una anchura de unos doce kilómetros.

Adjuntamos un croquis de situación del área descrita.

Recibido: 2-VI-1962.

J E A N L O M B A R D (*)

APORTACIONES DEL AÑO 1961 A LA GEOLOGIA EN SUS RELACIONES DIRECTAS O INDIRECTAS CON LA FORMACION DE YACIMIENTOS MINERALES (**)

R E S U M E N

La traducción realizada comprende una serie de interesantes aportes de la Geología en sus relaciones con la formación de yacimientos minerales. Se trata de un resumen muy conciso realizado por el autor, de diferentes trabajos de diversos autores clasificados según las diferentes disciplinas: Petrografía, Metamorfismo, Geología minera en la que resaltan datos del mayor interés referente a yacimientos; Metalogenia, con una serie de referencias a diversas sustancias, para cada una de las cuales se resaltan aportes muy recientes.

R É S U M É

La traduction réalisée comprend une série d'intéressant renseignements de la Géologie dans sa relation avec la formation de gisements minéraux. Il s'agit d'un résumé très concis, réalisé par l'auteur de différents travaux classifiés selon les différents disciplines: Petrographie, Metamorphisme, Géologie Minière dans lesquelles on peut voir des renseignements très intéressants en rapport avec des gisements, métalogénic, avec une série de références sur plusieurs substances pour lesquelles on donne ici de nouveaux. L'investigation minière est traité amplement avec beaucoup de renseignements bibliographiques concernant a reserves, méthodes, prospection géophysique, géochimique, etc.

A B S T R A C T

This translation consist of a series of important contributions of Geology in its connections with formations of mineral deposits. It is a very brief summary carried out by the author from several works of different authors and classified according to various disciplines: Petrography, Metamorphism, Mining Geology in wich it is possible to find many useful dat of the greatest interest in regard to depositis metallogenesis, with a series of references to various substances for wich some recent contributions are given.

The mining research is studied with many bibliographic data in regard to reserves, methods, geophysic prospecting, geochemic, photogeology, etc.

(*) Traducción del francés del artículo publicado en la Revista «Chronique des Mines et de la Recherche Minière», diciembre 1961 29^e Année, núm. 304, por E. RAMÍREZ y A. MARTÍNEZ, con la amable y oportuna autorización de la mencionada Revista.

(**) Golpe de vista selectivo sobre la «Chronique des Mines et de la Recherche Minière», en 1961.

GENERALIDADES

Como en años anteriores, nos vamos a esforzar en las páginas que siguen, en extraer de nuestra «Crónica» las aportaciones del año transcurrido que nos parecen más importantes en la geología minera y en las ramas de la geología más directamente relacionadas con ella.

Hemos señalado particularmente algunas publicaciones en lo que toca a los mismos fundamentos de la geología en sus relaciones ya sea con la Ciencia, ya sea con la psicología humana. Es en primer lugar el estudio consagrado por R. W. Van Bemmelen [242] (1), a el «método en geología». No solamente el autor recuerda el hecho de que los «fenómenos geológicos se desarrollan en sistema abierto, algunos de cuyos factores nos son desconocidos», sino que insiste sobre lo que la investigación geológica debe ser; menos el estudio de los mismos fenómenos en sí, que la investigación de su «interdependencia funcional».

Puesto que cualquiera observa la evolución del pensamiento científico en general, estas últimas palabras son suficientes para mostrar que el pensamiento geológico «sigue el movimiento» que se deja penetrar por conceptos no solamente dinámicos, sino incluso funcionales.

Así se nota, parece, una mayor conciencia del carácter orgánico y evolutivo de los complejos geológicos incluso del substrato energético del mundo mineral, el cual cesa así de ser considerado como «inerte».

Las consecuencias de una mayor conciencia pueden ser considerables, porque solamente se puede dar en el pensamiento geológico el medio de substraerse a la influencia de sus «contenidos alquímicos incoscientés».

Tomamos esta última expresión del estudio de G. C. Amstutz [288] sobre la evolución de los conceptos fundamentales en petrología y en metalogénia. Sobre esta misma cuestión se ha publicado una nueva obra de W. Fischer [289]. Pero ésta se limita a una exposición histórica de teorías, en tanto que la de G. C. Amstutz intenta relacionar esta historia con una evolución psicológica. Esto que él llama «contenidos alquímicos inconscientes», son «las creencias en las profundidades desconocidas con emanaciones y transformaciones mágicas». Franquear estos contenidos inconscientes lo intenta él por «un nuevo progreso en el mismo proceso de maduración», que ha hecho desechar el *deus ex machina* sucesivamente del dominio de la experimentación y de la evolución humana.

La mayor conciencia, así señalada por van Bemmelen y Amstutz, ayudará ciertamente a numerosos geólogos a distinguir mejor entre los hechos de

(1) Los números entre paréntesis corresponden a los títulos cuya bibliografía aparece en la revista citada.

observación y las hipótesis, eliminando de su razonamiento «los contenidos interiores axiomáticos que se envuelven en argumentos de apariencia científica» (G.-C. A.)

T. W. Barth [218] ha aportado una nueva contribución a la destrucción de los dichos contenidos alquímicos, desarrollando un razonamiento en el cual él estima poder concluir que no hay prácticamente materiales «juveniles» en los continentes. Señala, con este motivo, que no se conoce en geoquímica ningún ejemplo de movimiento en sentido único; recuerda la frase de Hutton: «en la economía del mundo no puedo encontrar ninguna traza de un comienzo, ningún índice de un final».

Sin duda, esta frase forma parte de éstas que se han olvidado, lo que daría la razón a P. D. Krynine ([96], cuando nos incita a volver a leer a los clásicos, en los que volveríamos a encontrar muchas anterioridades sorprendentes a nuestros «descubrimientos» modernos... Pero sin remontar demasiado, la lectura de la «Introducción a la Geología» de L. Glangeaud, P. Pruvost y P. Routhier [129], es ya de por sí de una gran utilidad.

Los trabajos precitados parecen señalar una «influencia» de la evolución psíquica del hombre sobre el pensamiento geológico. Pero inversamente, H. y G. Termier han consagrado una obra a «La trama geológica de la historia humana» [131], en tanto que R. Furon [28] trataba de la geología en la economía moderna. La reciprocidad de los dos temas incita a preguntarse, una vez más, si el mismo concepto de «influencia» en un sentido, ¿o simplemente el hombre y la geología no evolucionan en conjunto como el resto?

PETROLOGÍA

Rocas sedimentarias

El conocimiento de los procesos de sedimentación parece formar parte de los progresos realizados en la exploración de los fondos oceánicos. J. Martín [48] y L. Dangeard [40] han comunicado, cada uno por su parte, un cierto número de observaciones hechas con el batiscafo. Ondulaciones del fondo, deslizamientos submarinos, fenómenos de compactación y de turbiedad, esencialmente, forman parte de estas comunicaciones.

La inmersión de aparatos fotográficos especiales ha sido utilizada en el Pacífico oriental; C. S. Shipek [49] señala ripple-marks sobre los relieves submarinos y comenta la formación de nódulos de manganeso que abundan en ciertos fondos.

La naturaleza de los sedimentos profundos del Atlántico ha sido estudiada. D. C. Heezen y colaboradores [43] han hecho notar que las diferencias reflejan las características de las formaciones superficiales de los terrenos

emergidos próximos (donde el mineral dominante es la illita, en tanto que una asociación de illita, de montmorillonita y de caolinita se observa en las regiones ecuatoriales)

El estudio mineralógico de estos minerales arcillosos, ha hecho descubrir minerales «interestratificados» derivando según T. H. Camez y colaboradores [39], de una alteración limitada de las filitas normales.

G. Kibuichi y G. Millot [46] precisan que el examen de tales minerales permite utilizar las arcillas como referencias en las series estratigráficas azoicas, lo que abre igualmente un nuevo campo de actividad para los estudios de facies y paleogeografía.

Un interesante estudio sobre los minerales autógenos, ha sido publicado por G. Masek (bibliografía nueva).

No hemos anotado nada más que muy pocos aportes de interés sobre las rocas de alteración, fuera de un estudio de las lateritas del Vietnam del Norte por V. Mfridlande [283]. Este autor aporta esencialmente interesantes observaciones sobre las tres formas de concreción de las lateritas: Pisolitas, alvéolos y «pseudoconcreciones». Señala, entre otras cosas, la identidad de los minerales no alterados contenidos en las pisolitas y en la roca encajante (lo que permite a veces utilizar la cobertera laterítica a falta de otros afloramientos, para la cartografía geológica) (2).

METAMORFISMO

Las rocas arcillosas han sido objeto de experiencias de laboratorio sobre el metamorfismo. H. G. F. Winckler y H. von Platen [281-282], las han sometido a temperatura y presiones elevadas y han obtenido productos que recuerdan diversas categorías de rocas graníticas y néisicas, según la naturaleza de la roca ensayada y los elementos que le han sido añadidos.

J. Wyart y colaboradores [54] han puesto en presencia, en condiciones análogas de temperatura y presión, calizas y rocas arcillosas con un magma granítico fundido. Indicaciones interesantes se han obtenido en lo que concierne al metamorfismo de contacto. Los autores señalan la persistencia, al final de la experiencia, de dos sistemas de composición química muy diferente.

Pero un estudio particularmente importante, ha sido publicado por G. Guillard y P. Laffitte [215] sobre los skarns de los Pirineos. Los autores, to-

(2) He llamado la atención de los geólogos sobre este hecho en una nota sobre las lateritas de El Oubangui-Chari en 1937, y Bruckner, igualmente, lo ha señalado en los estudios sobre Ghana, en 1955; pero los geólogos africanos siempre han dudado en sacar conclusiones. No está desprovisto de interés demostrar que se trata de una propiedad general de las lateritas pisolíticas y alveolares (J. L.).

mando en consideración la composición química de las rocas, la temperatura y la presión a las cuales han sido sometidas y los potenciales (pH y oxidoreducción), han podido distinguir diversas fases de metasomatosis y precisar sus relaciones con la mineralización (ningún otro fenómeno endógeno se manifiesta después de éstos). Señalan que el equilibrio termodinámico no se consigue siempre establecer, lo que se traduce por una «paragénesis de desequilibrio». Esta observación se relaciona con la conclusión de las experiencias precisadas de J. Wyart y otros.

En diversas regiones de la URSS, I. P. Tikhonenko [217] ha notado igualmente una mineralización, que se sitúa después de los skarns como final de los procesos metasomáticos que describe.

La *granitización* y las rocas graníticas han sido objeto de algunas publicaciones interesantes. Señalaremos particularmente las siguientes:

N. Sondovikov [53] llama la atención sobre los caracteres del ultrametamorfismo en el metaformismo regional. El *carácter anhidro de las reacciones* le parece ser una particularidad bien confirmada. Concluye que no se sabría atribuir al magma granítico en vías de formación, contenidos arbitrarios en productos volátiles, basándose únicamente sobre la disolución del agua en una fusión ácida.

J. H. Brunn [249] ha llamado la atención sobre el hecho de que la granitización exige un transporte de energía del magma hacia las zonas superficiales; y este transporte le parece mejor explicable (y más conforme con las observaciones) por un levantamiento en bóveda (pliegue de fondo) que por hundimiento de la litosfera.

Para el estudio de los macizos cristalinos, B. Choubert [250] emplea los «parámetros genéticos» que le permiten diferenciar, en la Guayana, bandas rectilíneas y sensiblemente paralelas. El emplazamiento por un proceso puramente magmático de los grandes batolitos no le parece razonablemente admisible. También propone una evolución continua y cíclica de las rocas, y no duda en evocar para explicar las modificaciones de sustancia que acompaña a esta evolución, transmutaciones de Mg en Al y eventualmente de Mg en Na o en Si.

Es esta la primera vez que un geólogo invoca estas transmutaciones a las cuales L. Kervran ha consagrado un artículo excepcionalmente revolucionario [31] (3). Pero mientras L. Kervran se refiere a procesos de química infraatómica que forman parte del desarrollo normal de ciertos metabolismos, B. Choubert llama (gratuitamente) a éstos «influencias radioactivas». (Es a lo que L. Kervran, a quien nosotros hemos transmitido las observaciones de

(3) Señalamos que L. Kervran ha publicado, después del artículo referido, otros estudios apoyados sobre nuevas experiencias, que confirman sus primeras conclusiones. No hemos señalado estos estudios porque solamente conciernen a procesos biológicos.

B. Choubert, responde que la intervención de cuerpos radioactivos es inútil y propone, en el cuadro de sus hipótesis, transmutaciones simples).

Hemos evocado los balances anormales que presentan en principio las hipótesis de L. Kervran a propósito de un estudio de R. Perrin [134] sobre el balance del CE en las transformaciones de la litosfera, balance que, de acuerdo con el autor, se opone a la teoría persedimentaria de Nieuwenkamp [Chron.-abril 1957, pág. 123]. La tesis desarrollada por T. F. W. Barth en la nota que hemos citado antes aporta, al contrario, un vigoroso sostén al persedimentarismo. Señalamos entonces de nuevo que «tales oposiciones entre las observaciones incontestables (los balances anormales como los constatados por R. Perrin) y una teoría que aporta una explicación satisfactoria a otras numerosas observaciones, están en contra de las que el lector imparcial se pregunta si no falta un eslabón a la cadena de los razonamientos en presencia». Llamar transmutaciones no es necesario, en el estado actual de la ciencia, a el efecto de uno de los «contenidos alquímicos inconscientes» evocados por G. C. Amstutz.

Por otra parte, se puede preguntar lo que ocurrirá en la frontera entre las transmutaciones por modificación intra-atómica y otras de las separaciones isotópicas que L. Glangeaud y R. Letolle [286] utilizan para diferenciar los ciclos de la historia de la Tierra.

Para volver a los granitoides, señalaremos que sus minerales accesorios han sido objeto de numerosos estudios por geólogos soviéticos, notablemente en cuanto al punto de vista de la concentración de estos minerales. E. A. Severoff y O. V. Verchikovskaia han mostrado que el galio se concentra en el curso de la metasomatosis sódica (granitos albitizados) [158], en tanto que los granitos con amazonitas (4), ofrecen un medio favorable a la concentración del talio [164]. Según V. V. Ivanoff y V. V. Volquine [162] el indio tiene tendencia a concentrarse fuertemente lejos del foco magmático (en relación con las condiciones de concentración del estaño y el cinc). Por fin, V. V. Liakhovitch y A. D. Tehervinskaia [215], han estudiado la redistribución de los elementos raros provocada en un magma granítico por la asimilación de materia extraña. En esta ocasión señalan que las relaciones estrechas, entre la naturaleza de los minerales accesorios, y la de las rocas encajantes, deben tomarse siempre en consideración en las tentativas de correlación de los macizos graníticos con ayuda de sus minerales accesorios.

Una observación análoga ha sido formulada por B. Hitchon (bibli. agosto-septiembre) a propósito de las pegmatitas escocesas, donde la presencia de un mineral en un complejo dado, varía en función de los minerales presentes en las rocas encajantes.

(4) Según K. K. Giroff y otros [132], la coloración de las microclinas amazonitizadas está en relación con su ley relativamente elevada en plomo.

A propósito de las pegmatitas, todavía:

— una clasificación de las pegmatitas de Africa Central, donde N. Varlamoff [278], distingue las pegmatitas graníticas (que propone llamar «ortopegmatitas») de las que son debidas a las acciones de metamorfismo («parapegmatitas»).

— una interesante clasificación textural paragenética de las pegmatitas graníticas propuestas por K. A. Vlasot [213], donde señala que la distinción entre minerales esenciales y accesorios no es fundamental, porque sus proporciones varían en el curso de los procesos pegmatíticos.

En lo que concierne a rocas diversas, P. G. Cooray [214], ha encontrado en Ceylán neises en los que todo indica que provienen de una retromorfosis de charnokitas; la retromorfosis puede llegar hasta la desaparición total de las charnokitas; R. T. Prides [280] ha insistido sobre la ambigüedad de la palabra «greenstones» (o «rocas verdes») y remite al orden en la nomenclatura utilizada en Australia, a propósito de estas rocas (a las cuales están ligadas la mineralización local de oro); Meyer de Stadelhofen ha resumido sus observaciones sobre las kimberlitas de Bakwanga (estudio Chron.-abril) y H. Von Eckermann (bibli. oct.) han señalado la asociación de tales rocas con las carbonatitas en el complejo alcalino de Alnö (asociación ya observada en Africa por P. M. M. Fozzas (5); en fin, J. L. Tane [56], señala las espilitas ortósicas en el Triás del Pelvoux, y recuerda que se agrupan actualmente bajo el nombre de espilitas facies petrográficas convergentes cuyo origen puede ser muy diverso.

GEOLOGÍA MINERA

Yacimientos

Si las utopías paragenéticas de episodios parecen hacerse cada vez más raras en la literatura consagrada a la geología minera, las interpretaciones genéticas continúan prevaleciendo, en cantidad, sobre las descripciones de hechos de observación; y numerosos autores confunden —o mezclan— siempre las observaciones y las hipótesis (evidentemente, sin darse cuenta).

Comencemos por las observaciones:

Desde un punto de vista muy general, Duncan R. Derry [292] hace notar que en los «escudos precámbricos», numerosas mineralizaciones se encuentran en la proximidad de un «núcleo» arcaico que aflora y de un Proterozoico más sedimentario que le sirve de cobertera. Hecho en el origen, sobre el escudo canadiense, esta observación se extiende por el autor a Africa; y allí ve un elemento útil para guiar la prospección a condición de que se considere ha-

(5) Ver «Chro.», nov. 1959, p. 428.

cerlo a la escala continental y no en el interior de las fronteras de cada Estado.

A propósito del Canadá, señalamos el interesante ensayo de A. H. Lang [322] sobre las provincias metalogénicas de este país.

En lo referente a mineralizaciones de la cobertera, H. Pelissonnier [109], ha reunido un gran número de observaciones indicando la presencia frecuente, bajo estas mineralizaciones, de domos del zócalo señalados por los autores, y para los que él ha propuesto, en 1959, el nombre de «paleínsulas» (c. Chron.-jun. 1959, p. 184). Recuerda por otra parte [109], que los pórfidos cupríferos están igualmente situados encima de necks, de domos o de braquianticlinales («ejes de arcos de bóveda» de H. Schneiderhön).

Los pórfidos mineralizados (de la Provincia *Basin and Range*) han sido, por otra parte, el objeto de un estudio muy útil de B. Stringham [150], como conclusión de lo cual presenta una lista de criterios directamente observables distintivos de los pórfidos mineralizados y de los pórfidos estériles.

La zonalidad de las provincias y de los yacimientos es el objeto de numerosas publicaciones, en las que solamente un pequeño número aporta hechos concretos. En medio de estas últimas, una mención particular nos vuelve a V. V. Averev y colaboradores que, a favor de los sondeos en Kamtchatka, han podido estudiar el metamorfismo hidrotermal (¡por una vez *observado!*) en una región volcánica [216]. Se trata evidentemente de rocas y no de depósitos metalíferos; pero los resultados son, a pesar de todo, interesantes, porque muestran la superposición vertical de tres zonas respectivamente caracterizadas (de arriba a abajo sobre 900 m. de espesor) por la arcillización, la zeolitización y la propilitización.

Por otra parte, en el distrito plumbo-cincífero de Illinois, J. C. Bradbury [188], ha observado una superposición vertical de una zona de galena dominante, sobre una zona más rica en blenda.

Al lado de estas dos observaciones, debidamente expuestas sin comentarios genéticos molestos, hemos señalado —en la literatura soviética esta vez— estudios de diverso interés.

V. I. Smirnov (bibl. oct.) ha propuesto una clasificación de zonalidades hipogénicas teniendo en cuenta hechos estructurales y fenómenos de metasomatismo.

V. K. Chaskovskis [259] ha estudiado la zonalidad de las mineralizaciones, perpendicularmente al eje, en un geosinclinal. La distribución de diferentes «intrusiones metalíferas» que «determinan» las zonalidades, le parece reglada por la evolución del geosinclinal.

E. A. Radkevitch [192] propone cuatro categorías de zonalidad, afectando conjuntos que van de las grandes provincias metalíferas a campos mineralizados o filones aislados. Pero su estudio ganaría al ser despojado de una cantidad *a priori*.

J. A. Bilibin [01], mostrando con numerosos ejemplos, que ni la zonalidad «pulsátil» de Smirnov, ni la zonalidad geotérmica de Emmons son generalmente aplicables, propone sustituirlas por una «zonalidad de depósito», que le parece mejor adaptada a los hechos. El mismo autor (bibl. jul.) trata de clasificar las zonas orogénicas en tres tipos geoquímicos, según el carácter de su magmatismo, función del desarrollo por etapas de los geosinclinales.

Pero es violentamente atacado por K. I. Satpaev y colaboradores [193], porque las teorías de Bilibin aplicables al Ural, no lo son al Khazakstan, que atribuyen a las fracturas un papel determinante en las particularidades de las zonas metalíferas estructurales, y que rechazan ciertas concepciones de Schneiderhöhn (como la regeneración) como implicables a numerosas regiones de la URSS.

En cuanto a M. N. Al'Egauzen (bibl. jun.), ataca a la vez a Smirnov y Bilibin, cuyas teorías metalogénicas están «caducadas» y no responden a las exigencias de la prospección.

En toda esta literatura no sale nada muy positivo, sino una desconfianza aumentada hacia las teorías genéticas y, por consiguiente, hacia la extensión a la naturaleza de las experiencias de laboratorio, las cuales son frecuentemente el origen. Volvamos, pues, a los hechos.

Algunas observaciones han sido expuestas concernientes a las relaciones entre mineralizaciones y rocas acompañantes.

En una serie liásica, C. Jamond [07] ha constatado una concentración selectiva de algunos metales en las capas calizas.

En Cerro de Pasco, H. J. Ward [230] ha distinguido algunos tipos de pirita determinados por la naturaleza de la roca acompañante. H. Michei y G. Scolari (bibl. agost-sept.) señalan que en el yacimiento Cu-Pb-Zn de M'Passa (Congo), las mineralizaciones están ligadas a lechos calizo-bituminosos en una serie monótona calizo-dolomítica. En dos importantes notas, R. P. Fischer y J. H. Stewart [114] [285] establecen una ligazón entre mineralizaciones en cobre, vanadio y uranio, y el ciclo sedimentario al que pertenece la roca encajante; el Cu se encuentra en las arkosas del primer ciclo (derivando directamente de rocas graníticas), el V, en areniscas cuarzosas del segundo ciclo (derivando de sedimentos) y el U, indiferentemente en las rocas de uno u otro ciclo. L. Bryner (bibl. oct.) ha intentado una síntesis de diversos tipos de «columnas bréchicas» que acompañan a los depósitos mineralizados. Estas de Cananea (Méjico), han sido objeto de un estudio de V. D. Perry [225].

P. M. Tatarinov [194] concluye en un estudio sobre la influencia de las rocas encajantes en la formación de yacimientos endógenos, aconsejando el estudio del papel de las rocas encajantes que pueden eventualmente representar la fuente de la mineralización. En este orden de ideas, G. Tischendorf

[223] da cuenta en un estudio espectroquímico detallado del yacimiento de Tilkerode, donde se percibe que numerosos elementos han emigrado de la roca encajante para concentrarse en el filón.

Se puede añadir aquí una nota donde R. H. Carpenter (bibl. agos-sep.) señala que en Questa la sericitización está estrechamente asociada a la mineralización en molibdeno —la cual se continúa después que «la actividad hidrotermal» cesó—. Eso se puede relacionar al hecho que, según M. N. Goldlevskij (bibl. agost-sept.), las «intrusiones» cuproniquelíferas son, en la URSS, esencialmente tardías o post-tectónicas. En fin, J. Thiebaut y M. Weppe [195], citan un caso (yacimiento de oligisto de Milhas), donde el fenómeno metalogénico está ligado a una asociación cuarzo-albita-clorita que, según los autores, resulta de una retromorfosis de los gneis próximos. Por el contrario, el estudio espectrográfico comparado de una serie metamórfica de rocas «que podrían ser» el origen de la serie no ha vuelto a dar, según J. Desarmenien [102] enriquecimientos en metales en las rocas metamórficas.

METALOGENIA

Ciertos autores han invocado fenómenos físicos para explicar la génesis de las mineralizaciones. E. A. Noble [102] estima que más bien que buscar el origen de numerosas mineralizaciones estratiformes en soluciones introducidas a lo largo de canales desconocidos, a partir de una fuente ígnea hipotética, es más simple suponer que los metales han sido traídos por migración lateral, de *agua de compactación* (ver N. Oulianoff, Chron. jun. 1960, página 175). W. S. White y J. C. Wrigth [116], explican así el origen del cobre contenido en los yacimientos de Nonesuch y de White Pine. N. P. Jushkin [187] muestra el efecto, en ciertos casos, de una *flotación natural* de los minerales, y J. Prouvost [191], después de interesantes experiencias, admite la posibilidad de transformaciones de sulfuros metálicos por *electrolisis en medio sólido*.

Pero es la materia orgánica la que parece haber retenido más la atención de los metalogenistas. Hemos señalado más arriba la presencia selectiva del asfalto en las mineralizaciones de P'Passa (Congo). H. P. Eogster [06] ha señalado la influencia de la materia orgánica sobre la concentración de dieciocho elementos en sedimentos metamórficos. V. Marmo [291] ha insistido sobre el hecho que los cuerpos mineralizados en sulfuros están frecuentemente en la vecindad inmediata de pizarras negras, fuente probable de minerales ulteriormente concentrados por efecto del metamorfismo y de los plegamientos. L. G. Love y D. O. Zimmermann [290] han mostrado el papel de micro-organismos en el origen de la pirita de primera generación de Mount Isa (Australia) lo que, según los autores, milita en favor de un ori-

gen sinérgico de esta mineralización. N. H. Fischer [260] extiende esta conclusión a los otros depósitos del mismo yacimiento (calcopirita, blenda, galena), bien que la paragénesis sea del tipo considerado habitualmente como «mesotermal». M. K. Roy y colaboradores [261] insisten igualmente, a propósito de los yacimientos B. P. G. C. del Himalaya occidental, sobre sus caracteres incompatibles con un origen hidrotermal, no obstante la interpretación tradicional de la paragénesis. (Resaltemos que en reproduciendo artificialmente ciertos medios bacteriológicos, L. G. M. Baas Becking y D. Moore (bibl. jul.) han podido obtener la blenda y la galena, pero no la calcopirita).

A propósito de pizarras negras, todavía, recordemos a K. C. Dunham [05] que, a propósito de estas rocas y de las evaporitas que acompañan a los minerales de hierro estratiformes del Yorkshire, hace intervenir al lado de la sustancia orgánica, factores físico-químicos y la paleogeografía.

En conjunto, los autores atribuyen a la materia orgánica un papel sea sinérgico, sea diagenético. Para los casos complejos, V. Marmo en su nota precitada [291] añade al metamorfismo y a la tectónica minera la posibilidad de concentración de yacimientos explotables al curso de movimientos tectónicos intensos elevando la temperatura y la presión, si bien la mineralización puede presentar finalmente caracteres hidrotermales.

Señalemos al fin, por lo que es de la metalogenia, un estudio en el que H. Erhart [224] ha completado su presentación anterior (Chron. enero y abril 1956) de una metalogenia pedogenética de orden «Rhexistaxica».

SUSTANCIAS DIVERSAS

Aluminio.

H. R. Hose [293 bis], después de haber emitido la opinión de que las condiciones de formación de la bauxita son mucho más estrictas que las de las lateritas en general, propone una clasificación genética de las bauxitas. Admite bauxitas formadas «a partir» de calizas. A esta hipótesis se opone la de V. A. Zans y colaboradores [263] — al menos en lo que concierne a Jamaica—, según los cuales se trata allí de formaciones autóctonas. Entre calizas y bauxitas, B. Peronet [262] reconoce, en los Apilles, una capa particular, que él domina «pseudo-bauxita». V. T. Allen [293] admite que la bauxita puede derivar de rocas arcillosas por eliminación de la sílice. E. F. Wolfenden (bibl. oct.), describe las bauxitas de Sarawak: piensa que el pH ha jugado un importante papel durante su génesis. A. I. Ataer y E. C. Gutkin [110] notan que tres niveles bauxíticos en el Devónico del norte del Ural, tienen por carácter común el corresponder a lagunas estratigráficas importantes.

J. A. S. Adams y K. A. Richardson [165] han estudiado las leyes en uranio y torio en bauxitas de diversas procedencias. Ellos concluyen:

1.º Que la investigación de las bauxitas por radioactividad es posible.

2.º Que el torio debe poder ser recuperado en el tratamiento del aluminio.

Por último, ha sido efectuado en California [127] un ensayo de extracción del aluminio contenido en las anortositas.

Arcillas.

C. Camors [226] propone utilizar la prospección por polarización espontánea para la investigación de materias primas para cerámicas, gracias a las fuerzas electromotrices engendradas por el frotamiento de las aguas al circular a través del suelo (fenómenos de electrofiltración).

Berilio.

La presencia del berilio ha sido estudiada:

— En las rocas graníticas, por B. J. Rushton [11] y por I. J. Nekrasov [355], en condiciones no denunciadas a simple vista.

— En los carbones, por J. Jedward [111, 112], que ha denunciado concentraciones apreciables en regiones desprovistas de manifestaciones graníticas o perigraníticas.

— En los yacimientos de tungsteno y molibdeno, donde las leyes de estos dos metales de una parte, y de Be, por otra, están a veces netamente en razón inversa, según T. V. Butkevich y S. I. Gurvich [196].

— En asociación geográfica con fluorina, por M. H. Staatz y W. R. Griffiths [295], que atribuyen a los dos minerales el mismo origen.

Ha sido publicado bajo la dirección del Instituto Battelle y bajo la firma de W. L. Smith (bibl. nov.), un manual destinado a los prospectores de berilio.

Boro.

T. Watnabe [197] describe skarns dolomíticos en los que la concentración en boro puede ser interesante industrialmente.

Cromo.

Recordemos un Symposium sobre minerales de cromo (netamente del Oriente Medio), cuya memoria ha sido hecha por W. G. Waylett [153].

Cobalto.

M. H. Carr y K. K. Turrekian han estudiado las leyes en cobalto de un gran número de rocas [227], así como las condiciones físico-químicas de su

presencia. Han advertido que las acumulaciones de Co en los sedimentos de mares profundos se explica mejor por aportes de agua superficiales que por exhalaciones volcánicas.

Mineral Trade Notes [113] ha publicado reseñas geológicas sobre los yacimientos de cobalto de la URSS.

Cobre.

Algunos yacimientos de cobre han sido objeto de interesantes descripciones. Son netamente:

— El yacimiento de Boleo, por I. F. Wilson y V. S. Richa [266].

— La prolongación en Polonia de los Kupterschieter alemanes, por K. Deete [229].

— Los depósitos estratiformes de la cordillera chilena, por W. D. Carter [264].

— El conjunto de las mineralizaciones cupríferas de Marruecos, por R. Moussu [199].

Pero la atención debe ser atraída sobre un estudio de D. C. Fraser [198], sobre una turbera cuprífera de New-Brunswick, donde la ley en metal alcanza el 10 por 100 del peso de la turba seca.

Mining Journal [115] ha analizado un estudio alemán sobre las reservas de cobre de la URSS. Allí son señalados diversos tipos de yacimiento, entre los cuales los de Jeskegan, de estructura análoga a la Copperbelt africana, contienen tres millones y medio de toneladas de metal en mineral de 1,62 por 100 en Cu.

Diamante.

Los estudios de N. N. Sarsadskikh y V. S. Rovcha [267] y A. A. Arsenjev [296], han sido seleccionados por nuestros comentaristas como aportando las informaciones más interesantes sobre las kimberlitas de Yakoutie y sus diamantes. La primera trata de la paragénesis y sus conclusiones genéticas; la segunda, de la localización de las kimberlitas en la intercesión de dos sistemas de disyunción.

Algunos datos geológicos y geomorfológicos referentes a los placeres diamantíferos de la Siberia media han sido aportados por J. A. Galushko (bibl. agost-sept.)

Sobre los diamantes de Kasaï, se han dado útiles informaciones por C. Fiermans [14] que distingue dos períodos de formación de los placeres, y propone una tabla de correlación entre las formaciones diamantíferas.

Señalemos aún que la gorceixita, satélite del diamante en numerosos yacimientos, ha sido encontrada «in situ» en un macizo granulítico francés por J. Nicolás y A. de Rosen [211].

Estaño.

La célebre región estannífera de Kinta ha sido descrita por F. T. Ingham y E. Bradford [117].

Para la prospección de yacimientos de casiterita, J. S. Tooms y S. Kaembaidhon [232], describen un método geoquímico utilizando las anomalías superficiales. Para la investigación de yacimientos primarios, K. W. Stanley [201] expone el razonamiento que le ha conducido a preconizar, en Alaska, la prospección de zonas de contacto caliza-granito. M. P. Materikov [359] ha consagrado un estudio a las rocas carbonatadas estanníferas, y mostrado que ellas contienen casi la mitad de las reservas mundiales de estaño.

Pero el estudio más importante es la síntesis propuesta por M. I. Ickson [358], donde este autor distingue los yacimientos de los escudos de los geosinclinales y de sus zonas de borde. Estudiando particularmente este último grupo, el autor comprueba que el 70 por 100 de las reservas mundiales provienen de la fase media de la evolución geosinclinal, gracias a sus grandes intrusiones ácidas y ultra-ácidas «potásicas».

Por último, no es sin interés, de recordar que otras investigaciones han conducido a la elaboración de procedimientos de recuperación de la casiterita pura:

- En Malasia, conforme H. Dalton-Brown [16].
- En Nigeria, según F. A. Willians [17].

Hierro.

De los estudios publicados sobre los minerales de hierro, no recogeremos aquí más que aquel que G. A. Gross [156] ha consagrado a la influencia del metamorfismo sobre el valor económico de estos minerales. El metamorfismo, favoreciendo el crecimiento de los granos, no es sorprendente que, en el caso de formaciones de tipo Keewtin, por ejemplo, los minerales más apreciados son aquellos que han sufrido el más fuerte grado de metamorfismo.

Niobio-Tántalo.

A. A. Bens y A. A. Sitnin han publicado dos estudios muy documentados [328 y 363], sobre los comportamientos del tántalo y del niobio en los complejos granito-pegmatíticos. Y son particularmente señalados:

- La mayor movilidad del tántalo.
- Sus correspondencias con el fluor y el litio.
- La relación íntima de las concentraciones del niobio con el estado de albitización de granitoides alcalinos.
- La variabilidad de la razón Ta/Nb, cuyos valores están dados para diversas circunstancias del yacimiento.

A. A. Kukharenko y colaboradores [329] han publicado un estudio análogo concerniente a las intrusiones ultrabásicas de la península de Kola.

De otra parte, E. I. Seménovg y colaboradores [238], han señalado un nuevo mineral niobífero, la baotita, descubierta en filoncillos de cuarzo en Mongolia. Su génesis está probablemente ligada a una metasomatosis alcalina.

Oro.

Hemos analizado un importante estudio de R. Woodtli [302] sobre los yacimientos auríferos de la región de Moto, completada por una nota sobre los de Kilo (Gongo) [301]. En ella se señala que en Moto, la misma roca impregnada es la verdaderamente rica.

Fosfatos.

En un estudio sobre los fosfatos marroquíes, H. Salvan [205] señala la nueva riqueza que constituye el «fosfato podsolizado», cuya ley pasa del 80 por 100.

Platino.

V. Belezkij y D. Guimaraes [364] han señalado la presencia de pepitas de platino paladiado en formaciones detríticas del Brasil y propone un origen *per ascensum* de esta mineralización.

Plomo-Cinc

De un estudio efectuado sobre un yacimiento plumbocíncífero, S. R. Title [303] cree poder concluir la importancia posible de complejos sulfurados como agentes de transporte de cationes metálicos y como disolventes de minerales silicatados preexistentes.

Desde el punto de vista del prospector, V. Z. Fursov [239] señala que las aureolas de dispersión del mercurio pueden jugar un papel más importante que aquéllas del plomo, porque es más móvil.

Tungsteno.

Describiendo dos provincias mineralizadas de Rwanda, I. de Magnee y B. Aderca [123] distinguen aquella que tiene afinidades graníticas evidentes de aquella que parece estrictamente ligada a un horizonte de pizarras grafitosas. Los hechos de observación tienden todos a imponer la idea de un depósito sedimentario singenético en niveles grafitosos con transporte y concentración ulterior, epigenética, cuyo control es enteramente estructural.

Metales raros.

Hemos señalado dos artículos concernientes al cesio:

— Uno describe algunos criterios simples que permiten identificar la polucita, único mineral en el que el cesio es un constituyente esencial (K. F. Hosking, bibl. jul.).

— El otro, en el que R. Mulligan (bibl. jun.) indica los yacimientos minerales de los que se puede extraer el cesio en el Canadá.

Un importante estudio sobre el *germanio* en los carbones, ha sido publicado por I. P. Lomashov [298]. El análisis de 458 muestras de hulla ha mostrado que la concentración de germanio está ligada a la diagénesis de la materia orgánica, y que el metal desaparece a medida que se eleva el grado de metamorfismo del carbón.

V. V. Ivanoff [270] ha presentado un importante estudio del comportamiento del *indio*; a través de las edades geológicas comprueba que ascendiendo de los «ciclos metalogénicos» antiguos hacia los más jóvenes, las concentraciones de indio en los yacimientos aumentan, al mismo tiempo que se modifican sus tipos de yacimiento. En colaboración con A. A. Rozbianskaja, el mismo autor [36] insiste sobre el parentesco geoquímico del indio y del hierro, señalando que las más fuertes concentraciones de indio se encuentran en los minerales donde el hierro tiene un débil número de coordinación.

Los tipos de yacimiento del *escandio* han sido cuidadosamente descritos por A. D. Kalenov [370]. Este metal se concentra en las rocas greisenificadas, de preferencia en las pegmatitas, lo que corrobora la observación expuesta por L. N. Komissarova [206]. Se hace notar la asociación frecuente del escandio con un feldespato potásico y la moscovita. El metal aparece sobre todo en los minerales de tungsteno.

V. V. Ivanoff y V. I. Volguine [164] han indicado las formas de yacimiento preferentes del *talio*.

Tierras raras.

Interesantes precisiones son aportadas por V. V. Liakhovich y R. L. Barinskij [372], relativos a la repartición de tierras raras en los productos de la granitización. Las tierras céricas predominan en los minerales de las rocas alcalinas; las tierras ítricas en los de las rocas ácidas.

LA INVESTIGACIÓN MINERA

Generalidades

Si los métodos empleados en la investigación de yacimientos minerales fueron el objeto de numerosas publicaciones, los aspectos generales de la investigación, su organización, sus fases, sus factores técnicos y humanos continúan no inspirando más que a raros autores en el mundo occidental. Del otro lado del «telón de acero», por el contrario, la sistematización de la investigación está tan desarrollada, hasta un grado tal que la literatura correspondiente aparece fastidiosa en las columnas de nuestra revista. Esta tiene una diferencia fundamental de óptica que separa los dos «mundos». Esta diferencia aparece claramente en la respuesta que finaliza una discusión abierta por mí en un coloquio sobre la evaluación de las reservas minerales organizada por el Servicio Geológico de la República Alemana en enero de 1959. Un antiguo ministro de la Geología de la URSS, termina la discusión diciendo en esencia lo siguiente: «En economía socialista, la noción de yacimiento pierde su importancia. Sólo cuenta el hecho que en función del «Plan», la economía nacional deberá disponer de X toneladas de tal metal en tal año. El problema es, entonces, de saber dónde y cómo este tonelaje podrá ser obtenido en las mejores condiciones. Es evidente que este problema será por otra parte mejor resuelto cuando se haya adquirido *su conocimiento más completo de la totalidad de las reservas*». En esta proposición reside la justificación de las energías considerables (financieras y humanas), reunidos sobre todos los aspectos de la investigación minera en los países socialistas y el esfuerzo de sistematización que determina la ejecución de esta investigación.

Un ejemplo nos ha sido dado este año por F. Metura [22] a propósito del petróleo en Polonia. La descripción precisa de las fases de la investigación es completada por una definición no menos precisa de los objetivos, de los medios y *del término* de cada fase.

En Occidente dos ejemplos se han dado de una aproximación de la geología económica y de la geología general. Es en primer lugar la creación de una sección de geología económica en la Universidad de Witwatersrand (Chronique agos.-sep., p. 12). Después la reorganización del Servicio geológico de los Estados Unidos, donde la cuarta parte de la organización está consagrada, bajo la forma de sección especial, a la geología económica (ver Chron.-junio, pág. 16), dejando al Bureau de Minas su papel propio, más especialmente minero, industrial y económico.

En nuestro estudio del número de abril, he reunido algunos principios anotados en el curso de años, relativo a la fase preparatoria de la exploración mineral. No se trata de un ensayo de sistematización, sino de consideracio-

nes de orden técnico y sicológico. Un lugar ocupa el mapa mineral provisional en el que habla del mundo entero, pero en el cual esfuerzos importantes parecen limitados a algunos países, notablemente Canadá, Francia, Marruecos y la URSS. Los esfuerzos soviéticos han sido descritos por U. A. Radkevitch [09], lo mismo que la aplicación de los principios de J. A. Bilibin y de H. Stille a la repartición de los yacimientos minerales de Bulgaria, bajo la firma de S. Dimitroff [04], y del Ural por N. W. Kakliu [189]. El Servicio geológico de Marruecos ha difundido los principios de establecimiento de una mapa metalogénico de los yacimientos de hierro del país, bajo la firma de J. Destombes y A. Jeannette [03].

De otra parte, hemos dado cuenta de diversas reuniones que se han realizado para la elaboración del mapa metalogénico de Francia y el de Europa (Cron. julio, p. 28 y agost.-sept, p. 14).

Los trabajos correspondientes son por otra parte más interesantes que la elección de los factores geológicos a representar sobre un mapa metalogénico y su modo de representación, quedan sujetos a controversias.

Habríamos podido recordar antes el importante artículo consagrado por R. Woodtli [86] a la investigación minera y al papel que debe ser adjudicado al geólogo.

Esta nota está llena de importantes juicios que conciernen especialmente a la repartición de las responsabilidades, la elección del personal... y las relaciones del geólogo y el minero. Un tema parecido ha sido desarrollado por P. R. Eakins [84], porque «la cartografía geológica debe ser parte integrante de todo programa moderno de explotación técnica..., programa en el cual el geólogo debe ser *el planificador y el coordinador*».

Pruebas de la validez de las ideas expuestas en los dos trabajos anteriores son aportados frecuentemente en América del Norte. Hemos citado este año los artículos de A. Baker III y W. Scott [82 y bibl. agosto-sept.) y de E. P. Shea [85 y bibl. julio), precisando en lo que son deudores a la geología las minas de Pitch y de Butte, respectivamente. «Sin el trabajo del geólogo de la mina», escriben los primeros de estos autores, «la vida de éstas habría sido reducida a la mitad».

Por último, M. Vantrin [124] ha consagrado un destacable artículo al empleo de los geólogos franceses en un próximo futuro. Para él es preciso mantener el equipo que está constituido alrededor de la investigación del petróleo «reforzando aún la calidad a la vista de tareas más complejas a las cuales sería necesario hacer frente». Esto plantea el problema de la conservación de la tecnicidad del geólogo en armonía con la complejidad, no solamente de las tareas, sino de la misma ciencia. Recordamos entonces lo que hemos escrito en nuestra revista anual de diciembre de 1959 bajo el título de «La profundidad en el pensamiento geológico», justificando los esfuer-

zos de nuestra revista para tener precisamente a nuestros colegas al corriente de la evolución de nuestra Ciencia.

Métodos

Como en los años precedentes, nuestro esfuerzo analítico se ha concentrado, sobre todo, sobre la *prospección geoquímica*. Un tratado en ruso de T. T. Quinzburg sobre los principios de este método, ha sido traducido al inglés [94]. El autor resalta la integración de los métodos de prospección, de lo cual señala los resultados sorprendentes en la URSS. En su estudio sobre las tendencias actuales de las técnicas geoquímicas, J. E. Riddell [25] ha insistido, por otra parte, sobre la importancia excepcional que los geólogos soviéticos le dan. El mismo autor ha descrito los métodos empleados sobre los terrenos precambrianos de la zona glaciario canadiense [26], en tanto que H. E. Hawkes y M. L. Salmón [225], han dado cuenta de las investigaciones hechas en las áreas pantanosas del mismo país y han sacado conclusiones de orden general.

V. V. Aristov [209] ha reunido algunos principios generales sobre la utilización de las aureolas de dispersión, recomendando particularmente el estudio de las aureolas supergénicas que se forman en los horizontes inferiores de los aluviones e insistiendo sobre el examen comparativo de las aureolas de dispersión de los *minerales* y las de los *elementos*.

Conclusiones interesantes resumidas en 10 «reglas», nuevas, se han expuesto por J. S. Tooms y J. S. Webb [306] de la experiencia adquirida en Rodésia; insisten sobre el papel del movimiento de las aguas profundas sobre la formación de aureolas. Tales son los trabajos que nos han parecido más importantes desde el punto de vista de la prospección geoquímica. entre de los que hemos tenido conocimiento en el curso de este año.

En lo que concierne a la *prospección geofísica* en general, una mención especial merecen los comentarios por F. E. Romberg [307], en los cuales la geofísica es considerada sucesivamente como ciencia, como industria y como «arte». Nota que los límites actuales de «el arte» no reside en la observación de los hechos, sino en su interpretación, donde mucho queda que hacer. Aunque la interpretación de las medidas sísmicas queda, según F. E. Romberg, en un estado particularmente primitivo, L. Migaux [27] ha podido señalar que se debe a la separación sísmica lo esencial de los conocimientos adquiridos sobre la geología y las reservas del Sahara.

Entre los resúmenes de detalle, recordamos aquí la aplicación de los métodos geofísicos a la investigación de las arcillas [C. Camoros, 226], de las bauxitas (V. Fritsh y F. Mosetti, bibl. ag.-sept.) y a la prospección de las carbonatitas (G. S. Vakhromeev, bibl. ag.-sept.).

A. Guilcher [24] ha formulado observaciones útiles sobre los servicios que la geomorfología puede proporcionar al prospector. P. Mitchel [23], saca de un estudio de cuencas africanas la importante conclusión que las concentraciones aluvionares no están necesariamente ligadas a las capas de gravas, lo que incita a no despreciar sistemáticamente los depósitos arenosos limosos. Los geomorfólogos soviéticos llevan su atención especialmente sobre las relaciones de su disciplina con la localización de yacimientos minerales. T. V. Zvoukova [257] habla de su experiencia, todavía actualmente limitada a la localización de mineralizaciones en los terrenos sedimentarios, donde, según el autor, los yacimientos se forman principalmente en las regiones de clima húmedo y templado o cálido, en la periferia de las regiones de fuerte erosión o en relación con las formas negativas del relieve.

Se sabe que la *fotogeología* es utilizada ampliamente en la prospección de zonas estanníferas de Nigeria. P. E. A. Allum [335] ha sacado en este país un cierto número de ejemplos, con los cuales ilustra un artículo en el que reivindica para la fotogeología una consideración mayor y desarrolla ocho principios de interpretación aplicables especialmente a las regiones de metamorfismo regional.

Pero todas estas técnicas especiales no deben hacer olvidar el papel fundamental de la geología en la prospección, de lo cual J. P. Devigne, G. Gay y P. Nicolini [83] han dado un ejemplo demostrativo. Aún es preciso que ésta sea buena geología..., porque parece existir también la mala si se creen las violentas críticas formuladas por A. I. Giuzburg y G. G. Rodionov [252] sobre ciertas teorías de K. A. Vlasov sobre las pegmatitas [213], teorías que «desorientan» a los prospectores. (Señalamos este artículo porque las críticas son la ocasión de exponer útiles observaciones).

No hay duda que en ciertos compartimentos de la geología, su aplicación a la exploración mineral se encuentra «sumergida en un mar de hechos incoordinado», según la expresión de B. B. Brock. Este geólogo, consejero de una gran compañía minera de África Austral, nos ha propuesto una «filosofía de la exploración mineral» [124]. Para él «en un universo bien ordenado, donde los movimientos de los cuerpos celestes son previsibles, sería inconsecuente que los caracteres superficiales de nuestro planeta estén repartidos al azar», y para poder predecir es preciso investigar las organizaciones perceptibles. B. B. Brock nos propone un *orden tectónico*, una fragmentación de la corteza terrestre, ligando las grandes alineaciones a estructuras regionales por paralelismo u homotecnia, y de cuyos ejemplos hace salir una relación con la repartición de ciertos recursos minerales.

Pero si se trata de precisar, no podemos apenas escapar a leyes estadísticas. De los fenómenos geológicos, cada vez más numerosos, son estudiados con éxito bajo este ángulo: como testimonio, un estudio reciente de T. T. The-

bault [253]. También es preciso agradecer a R. Masard [30] haber presentado un esquema simplificado de los métodos estadísticos. R. Derval [308, 352], nos aconseja, sin embargo, a renunciar a una mística de leyes generales que puede conducir, por la aplicación automática de ciertas leyes al estudio de los yacimientos mineros, a graves errores de estimación.

P. R. Geffroy [208] llamando P a la probabilidad para que un sondeo corte un yacimiento en un área dada, nota que $P = Q \cdot R$, siendo Q la probabilidad de presencia de un yacimiento en el área considerada y R la probabilidad de caer sobre este yacimiento. Desarrollando esta fórmula, el artículo pone en evidencia la influencia de la información geológica sobre el valor de R. Es lo que nos remite a la geología.

No es entonces sorprendente, a fin de cuentas, que T. B. Nolan [374], después de muchos otros, exponga en el American Mining Congress, cómo podríamos hacer frente en el porvenir al crecimiento de las necesidades en primeras materias minerales, y relaciona una parte importante de la investigación fundamental a tres cuestiones esenciales, que ellas mismas se reducen a la necesidad de mejorar nuestros conocimientos en geología minera.

Es razonable pretender, dice T. B. Nolan, que el volumen de los yacimientos no descubiertos todavía es al menos diez veces superior al valor de la producción acumulada actual; ésto muestra la posibilidad de descubrir reservas de un valor alrededor de un trillón de dólares.

Por otra parte, F. Blondel cita, en nuestro estudio del número de julio, una duplicación de la producción mundial en los 25 ó 30 próximos años, lo que, de acuerdo con sus cálculos, implica que 12 a 15 billones de dólares sean consagrados a la investigación minera.

A través del conjunto de estas cifras, la investigación minera no aparece como una mala colocación. Y esto debería incitar a los responsables —dirigentes e industriales— a mostrarse más generosos en este dominio.

Pero esperando una evolución favorable de la política en la materia, los mismo *geólogos se deben* esforzar en elaborar bien su ciencia. En primer lugar, según G. C. Amstutz (ver más arriba, p. 8), se debe esforzar de distinguir mejor los hechos de observación de las hipótesis eliminando los «contenidos interiores axiomáticos que se envuelven en argumentos de apariencia científica».

Se reprocha a veces a nuestra revista de estar «orientada», únicamente porque se esfuerza, precisamente, de hacer una separación severa entre los hechos y las hipótesis —porque preconiza una «yacimentología» de preferencia a una «metalogenia». No somos por tanto los únicos en Francia que obramos de esta manera—, el estudio de P. Routhier publicado en nuestro resumen de mayo da fe.

Esta no es estar «orientado»; poner en duda, con R. W. Van Bemmelen,

la transposición a la Naturaleza de las experiencias de laboratorio ; no olvidar jamás que ningún geólogo ha *visto* una solución hidrotermal depositar una mineralización en un filón precámbrico o en un horizonte triásico ; no querer a toda costa, en el nombre de una teoría, tener razón contra la evidencia o simplemente contra lo verosímil.

«¿Por qué yo comercio finalmente de preferencia con la Naturaleza?», escribía Goethe a Eckermann. «Porque ella tiene siempre razón y el error sólo puede estar de mi parte» (6).

Recibido 11-6-62.

(6) «Warum Ich schliesslich am liebsten mit der Natur verkehre? Weil Sie immer recht hat, und der Irrtum nur auf meiner Seite Sein Kann».

P. CHAUVE (*)

LA UNIDAD DE PATERNA EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE CÁDIZ

RESUMEN

En el Norte de la provincia de Cádiz, aparece, en ventana bajo el Triás que sirve de basamento a la Subbética, una ciudad estratigráfica y tectónica bien definida: la Unidad de Paterna. Se la puede observar en afloramiento a lo largo de una gran distancia de Jerez de la Frontera a Grazalema. Es actualmente la Unidad más profunda observada en el Oeste de las Cordilleras Béticas.

RÉSUMÉ

Dans le Nord de la province de Cadix, apparaît, en fenêtre sous le Trias qui sert de soubassement au Subbétique, une unité stratigraphique et tectonique bien définie: l'unité de Paterna. Celle-ci peut s'observer en affleurement sur une grande distance de Jerez de la Frontera à Grazalema. C'est actuellement l'unité la plus profonde observée dans l'Ouest des Cordillères bétiques.

En un trabajo reciente (1), definí en el Norte de la provincia de Cádiz una nueva unidad tectónica: la Unidad de Paterna. Se mostró su existencia al pie del Cerro Tajo, unos cientos de metros al Suroeste de Paterna. A este respecto, se puede observar el corte siguiente (fig. 1):

1. En la base, arcillas azules con pequeños lechos de cuarcita ferruginosa, negros, encerrando una microfauna de Arenáceos con *Glomospira*, *Haplophragmoides*, *Trochammmina* y *Bathysiphon*.
2. Por encima, una masa de yeso estratificado, del Triás, buzando 10° hacia el Noroeste.
3. Encima, margas blancas y arenisca caliza blanquecina de edad oligocena, con todas las características de la Subbética.

En este punto, se puede por lo tanto observar la superposición anormal de las dos series oligocenas de facies diferentes. La unidad inferior ha sido llamada «Unidad de Paterna». Esta unidad se hunde de nuevo al Sur, bajo el Triás margo-yesífero (fig. 1). Aparece por consiguiente en ventana.

* Traducción del francés por M.^a Concepción López de Azcona Fraile, Doctora en Ciencias Geológicas.

Las facies de la unidad inferior se pueden observar en un cuadrilátero delimitado por los pueblos de Paterna, Medina Sidonia, Alcalá de los Gazules y San José de Valle. Es en esta región donde la serie estratigráfica de la Unidad de Paterna ha sido precisada. En efecto, se encuentran al Norte de la ramificación de la carretera del Santuario de Alcalá, las calizas margosas blancas, con *Pithonella ovalis*, de edad Cretáceo medio. Por otra parte, a lo largo del Río Alamo, 100 m. al Norte del puente de la carretera Medina-Alcalá, las calizas brechosas encierran nummulites que han sido observados en las arcillas rojas.

Se trata por consiguiente de una serie esencialmente margosa y arcillosa donde la potencia medible (no se conoce en la base, porque es el lecho más profundo observado en la región) es del orden de 200 metros como mínimo. De momento, sólo han sido encontrados de Cretáceo medio, el Eoceno y el Oligoceno.

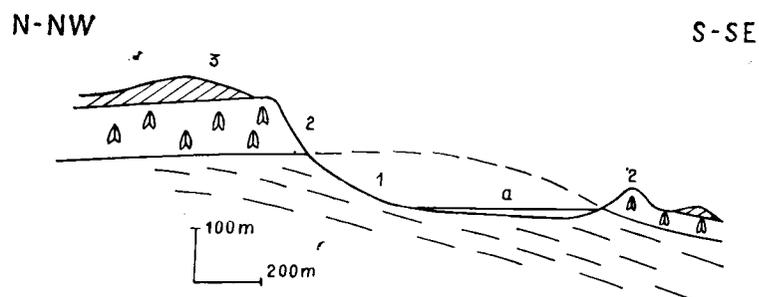


Fig. 1.—Corte de Cerro Tajo. 1, arcillas oligocenas de la Unidad de Paterna; 2, Trías margoyesífero; 3, margas y areniscas del Oligoceno subbético.

Los trabajos efectuados en 1961 han permitido volver a encontrar los afloramientos de esta unidad en numerosos puntos, tanto en el Oeste (2) como en el extremo Este (3) de la provincia de Cádiz. Los afloramientos que van a ser examinados se reparten pasado Jerez de la Frontera al Oeste, hasta Graza-lema al Este (fig. 2).

1.—Al Oeste de Paterna, a lo largo de la carretera que va de Medina-Sidonia a Jerez de la Frontera (hoja en el 50.000, n.º 1062: Paterna de Rivera), se puede observar de Oeste a Este, entre los kilómetros 20 y 21, el corte siguiente, mostrando tectónicamente esta superposición:

- en la cumbre, margas y margo-calizas del Cretáceo superior subbético.
- más abajo, una lámina de Trías margo-yesífero, de algunas decenas de centímetros de espesor en el borde oeste, y extremadamente potente en el borde este:
- en la base, arcillas y areniscas de la Unidad de Paterna.

2.—En el Sur de Medina-Sidonia (hoja en el 50.000, núm. 1069: Medina Sidonia), a un lado y otro de la carretera de Navero (fig. 3), afloran las arcillas azuladas y rojas con plaquetas de cuarcitas negras. Estas arcillas han dado la microfauna siguiente, amablemente determinada por J. Magne, lo mismo que las microfaunas citadas en esta nota: *Glomospira*, *Haplophragmoides*, *Trochammina* y *Bathysiphon*. Esta fauna de Arenáceos no ha sido encontrada hasta el presente más que en el Oligoceno. Encima de estos lechos reposa

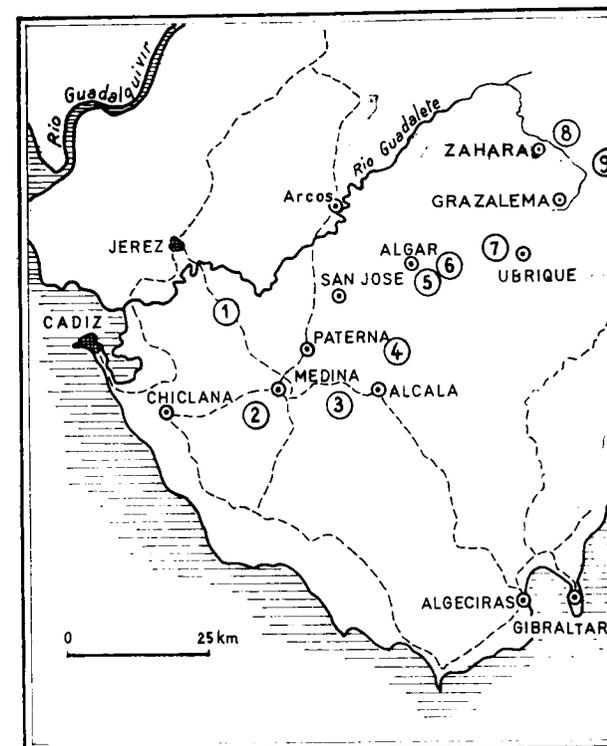


Fig. 2.—Esquema geográfico mostrando los principales afloramientos de la Unidad de Paterna (los números se indican en el texto).

el Trías, él mismo sobremontado directamente por las arcillas y las calizas eocenas (facies de Bernaiza), encima de las cuales se colocan a su alrededor las areniscas del Aljibe.

3.—Más al Este (hoja en el 50.000, núm. 1070: Alcalá de los Gazules), al Sur de la carretera Medina-Alcalá (10 km. al oeste de Alcalá), se observa un gran afloramiento de Trías que deja aparecer por debajo de él, en ventana, las arcillas azules idénticas a las descritas en el pie del Cerro Tajo. Estas arcillas han dado la microfauna siguiente: *Haplophragmoides* (AF), *Bathysiphon* (AF), *Ammodiscus* (AF), *Trochammina* (AR), es decir, la mis

ma asociación de Arenáceos. Notemos que el descubrimiento de esta ventana confirma la hipótesis que yo había emitido sobre el carácter flotante de esta masa de Trias sobre las margas de la Unidad de Paterna. Estos niveles habían dado ya por otro lado una fauna de Arenáceos idéntica (*Glomospira*, *Bathysiphon*, *Trochammia*, *Haplophragmoides*).

4.—Al Nor-Este, en la hoja del 50.000, núm. 1063: Algar, además del corte del Cerro de los Espertales ya descrito (1), pude encontrar en dos puntos bajo la Subbética, dos ventanas de la Unidad de Paterna. En el Norte del macizo de Espertales, a unos 200 metros del Río de Fraja en $x = 2^{\circ} 02'$ y $y = 36^{\circ} 30' 30''$, bajo el Nummulítico subbético, aflorando sobre una superficie reducida —algunas decenas de m²— las arcillas y areniscas azuladas; el contacto con la unidad superior está marcado por los montones de derribos, pero se observan bloques de Trias, lo que permite suponer su presencia entre las dos series.

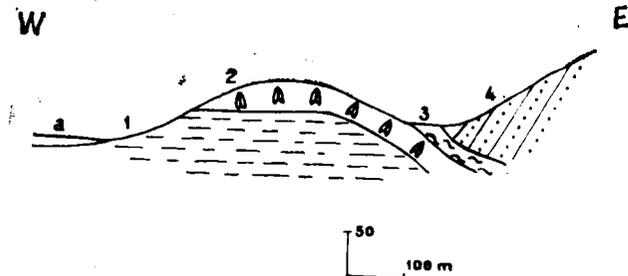


Fig. 3.—Corte al Este de la carretera de Medina-Sidonia a Navero. 1, arcillas oligocenas de la Unidad de Paterna; 2, Trias margoyesífero; 3, Eoceno tipo Benaiza (flysch); 4, arenisca del Aljibe.

5.—El segundo afloramiento, más estudiado, se sitúa al Nor-Noroeste de la Sierra de Las Cabras, cerca de la Casa de Picado Alto en $x = 36^{\circ} 36' 30''$ y $y = 1^{\circ} 58' 30''$. Bajo el Trias que forma el basamento de la serie jurásica de las Cabras (2), se observan aún las arcillas grises y azules y la arenisca de facies «Unidad de Paterna».

6.—Al Norte del Pantano de Los Hurones, unos cientos de metros al Norte del portazgo, se observa una masa de Trias en forma anticlinal que deja ver en su interior las arcillas y las areniscas de facies idéntica.

7. Más al Este, en la hoja de Ubrique en el 50.000, núm. 1050, el Trias está ampliamente representado; se hunde bajo los macizos montañosos formados de calizas jurásicas subbéticas (Sierra del Pinar, Silla Alta...). Unos cientos de metros al Oeste del cruce de las carreteras Ubrique-El Bosque y Ubrique-Algar; en el Norte de la Silla, se observan aún bajo el Trias las arcillas análogas, que no han proporcionado más que algunos Radiolarios, pero que no tienen analogía con los afloramientos precedentes.

8.—Más al Este, en el curso de las visitas comunes con P. Hoppe, hemos vuelto a encontrar la Unidad de Paterna en los alrededores de Zahara, al sur de este pueblo y en el valle del río de los Volcanes. Aquí, son arcillas grises y azules con niveles ferruginosos que se hunden bajo el Trias, base del macizo subbético.

9.—En la región de Grazalema, se puede aún observar la Unidad de Paterna en dos puntos. Al principio, a lo largo de la carretera de Grazalema a Sevilla, afloran las arcillas multicolores con pequeños lechos de cuarcitas que han proporcionado algunos Arenáceos. Estas arcillas se hunden al Oeste bajo el Trias que está él mismo sobremontado por las calizas del Lías subbético del Norte del Corridor de Boyar, y al Este bajo el Flysch. El segundo afloramiento se extiende ampliamente al Sur de Montecorto.

En el conjunto de formaciones que afloran en el Norte de la provincia de Cádiz, se puede distinguir una serie arcillosa, alguna vez margosa, de colores variados (verde, azul, rojo o de diversos colores mezclados) asociada a las cuarcitas, o a las areniscas, más raramente a las calizas margosas blancas o a las calizas detríticas. Esta serie muy uniforme en cuanto a su facies ha suministrado siempre una microfauna de Arenáceos que parece característica del Oligoceno: *Bathysiphon*, *Trochammia*, *Haplophragmoides*, *Ammodiscus*.

Esta serie, en la que los caracteres litológicos y micropaleontológicos son muy particulares, aparece siempre en ventana bajo el Trias, formando la base de la Subbética. Se trata, por consiguiente, de una unidad estratigráfica y tectónica bien definida, donde los afloramientos se reparten en más de 2.000 m.²

Es actualmente la zona más profunda conocida en el Oeste de las Cordilleras béticas. Recordemos a este propósito que no se conoce aquí la Prebética. La cuestión es, por consiguiente, saber a qué conjunto se debe unir. Para esto, es necesario esperar al estudio de los afloramientos neógenos más septentrionales. Notemos, sin embargo, que en los sondeos del Norte-Oeste de Andalucía (Chiclana, El Asperillo, Carmona...), E. Perconig (4) describe series margosas análogas, caracterizadas por una fauna de Arenáceos similares. Las ha agrupado en una capa de deslizamiento (capa de Carmona). Se puede entonces preguntar si estos niveles no serían parte también de la Unidad de Paterna, ahora bien conocida en afloramientos.

Como en los sondeos, se ha reconocido que las formaciones diferentes, de edad diversa, separadas por láminas de Trias, se encuentran bajo la Unidad de Paterna: esta última constituiría, por consiguiente, una gran capa de deslizamiento, que serviría al Oeste de las Cordilleras béticas de soporte a la Subbética y tal vez incluso a la Prebética.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CHAUVE, P. (1961 a): *Structure géologique de la région centrale de la Province de Cadix (Espagne)*. «Livres Mém. P. Fallot», t. I, p. 257-264 (fig. 8).
- (2) CHAUVE, P. (1961 b): *Sur l'extension de l'Unité de Paterna dans la Nord-Ouest de la province de Cadix (Cordillères bétiques)*. «C. R. Somm. C. G. F.», n.º 9, p. 271-272, (fig. 1).
- (3) CHAUVE, P. y HOPPE, P. (1962): *Sur l'existence d'affleurements de l'unité de Paterna dans la région d'El Bosque-Zahara (Province de Cadix, Espagne)*. «C. R. Acad. Sc.» Paris, en prensa.
- (4) FERCONIG, E. (1961): *Sur la constitution géologique de l'Andalousie occidentale, en particulier du bassin du Guadalquivir*. «Livres Mém. P. Fallot», t. I, p. 229-256.

Recibido 3-VII-1962.

A. HOYOS (*) y L. J. ALIAS (**)

MINERALOGIA Y GENESIS DEL YACIMIENTO DE ALUNITA DEL CERRO DE SAN CRISTOBAL, MAZARRON (MURCIA)

I. DIFRACCION DE RAYOS X, ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL Y ESTUDIO MICROSCOPICO DE LOS MATERIALES MAS ALUNITIZADOS

RESUMEN

Como parte integrante del estudio genético y mineralógico del yacimiento de alunita del Cerro de San Cristóbal, Mazarrón, (Murcia), se estudia en el presente trabajo la composición mineralógica de las muestras en grado más avanzado de alunitización, haciendo uso de las técnicas de difracción de rayos X, análisis térmico diferencial y microscopio petrográfico.

Los minerales más abundantes son alunita, jarosita y soluciones sólidas jarosita-alunita, acompañados por pequeñas cantidades de yeso, fenocristales muy alterados de sanidina, cristales de cuarzo, y tal vez mica o illita y haloisita.

La complejidad mineralógica de las muestras hace difícil el cálculo de las constantes reticulares de alunita y jarosita. Según los valores obtenidos para los parámetros a y c , no existe reemplazamiento de Al^{3+} por Fe^{3+} en las alunitas, pero sí de Fe^{3+} por Al^{3+} en las jarositas, así como cierta sustitución en ambas de K^+ por Na^+ ó H_3O^+ . Cuando el principal componente es la jarosita, las curvas de A. T. D. poseen un pico endotérmico a 807-829° C, cuya marcada asimetría puede ser debida a la existencia de solución sólida jarosita-alunita.

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'une étude génétique et minéralogique du gisement d'alunite du Cerro du San Cristóbal, Mazarrón (Murcia), ce travail est consacré à la composition minéralogique des échantillons qui montrent un stade d'alunitisation plus avancé. On y a employé les techniques de diffraction aux rayons X, de l'a. t. d., et du microscope de polarisation.

Les minéraux les plus abondants sont: l'alunite, la jarosite et des solutions solides

(*) Catedrático de Geología Aplicada. Facultad de Farmacia. Madrid.

(**) Profesor adjunto encargado de la Cátedra de Geología Aplicada. Facultad de Farmacia. Granada. Colaborador científico del C. S. I. C. Estación Experimental del Zaidín. Granada.

jarosite-alunite. Ils sont accompagnés par des petites quantités de gypse, des fénocristaux de sanidine, des cristaux de quartz, et, peut-être, du mica ou bien de l'illite et de la halloysite.

La complication minéralogique des échantillons rend difficile le calcul des périodes principales de la maille de l'alunite et de la jarosite. D'après les valeurs obtenues pour les paramètres a et c le Al^{3+} ne serait pas remplacé par le Fe^{3+} dans les alunites, mais celui-ci serait par contre remplacé par l' Al^{3+} dans les jarosites; dans les deux espèces, le K^+ pourrait être partiellement remplacé par le Na^+ ou bien par le H_3O^+ . Là où la jarosite est le principal composant, les courbes de l'a. t. d. montrent un sommet endothermique à 807-829° C, dont l'asymétrie très apparente peut être en rapport avec l'existence de solution solide jarosite-alunite.

S U M M A R Y

As a part of the genesis and mineralogy of the alunite deposit of Cerro de San Cristóbal, Mazarrón (Murcia), we study by X-ray diffraction, differential thermal analysis and the polarising microscope the mineralogical composition of the most strongly alunitized samples.

Alunite, jarosite and jarosite-alunite solid solutions are the abundant minerals with small amounts of gypsum, very altered sanidine phenocrysts, quartz, and probably mica or illite and halloysite.

The complex mineralogical composition of samples makes difficult the calculation of the lattice constants for alunite and jarosite. According to the values obtained for the a and c parameters, there is no replacement of Al^{3+} for Fe^{3+} in the alunites, but Fe^{3+} is replaced in some extent for Al^{3+} in the jarosites, as well K^+ for Na^+ or H_3O^+ in both minerals. Samples with jarosite as the main component give d. t. a. curves with an asymmetrical endothermic peak at 807-829° C; the asymmetry may be due to the existence of jarosite-alunite solid solution.

Las rocas de las provincias volcánicas de Cartagena-Mazarrón, Sierra de Gata (S. E. de España) y de la Guelaya (N. de Marruecos), han sufrido varios procesos post-volcánicos de alteración que han conducido a la formación de bentonitas, caolines y minerales del grupo alunita-jarosita, en ocasiones asociados en un mismo yacimiento.

Martín Vivaldi (1962), describe ampliamente los depósitos de arcillas de las provincias volcánicas de Sierra de Gata y de la Guelaya. En algunos estratos del yacimiento de haloisita del monte Maaza encuentra Girela (1961) alunita asociada a montmorillonita.

Las formaciones de bentonitas están ampliamente representadas en la Sierra de Gata y, especialmente, en la Serrata de Níjar. En estos mismos depósitos hemos encontrado en ocasiones jarosita, asociación que resulta bastante extraña dadas las condiciones de formación de estos minerales, enteramente distintas. El estudio de estas jarositas y minerales acompañantes, actualmente en vías de experimentación, aparecerá en otro lugar.

Fuera de la región volcánica de Sierra de Gata están citados por Calderón (1910) los minerales calafatita en Benahadux y Gádor y almeriíta en Adra.

también de la provincia de Almería, yacimiento este último que no hemos visitado. Ambos minerales han sido estudiados por Hoyos y Alías (1962 a, 1962 b), quienes ponen de manifiesto su identidad con alunita y natroalunite, respectivamente.

Conocida es la existencia de jarosita en el barranco que le da nombre, Barranco Jaroso, Sierra Almagrera.

En la Sierra de Mazarrón hemos visitado el yacimiento de alunite del Cerro de San Cristóbal, antiguamente en explotación, citado por Pilz en 1905. En este yacimiento no hemos observado la existencia de depósitos de bentonita y existen principalmente alunite y jarosita en distintos grados de formación. Parte del estudio mineralógico y genético de dicho yacimiento es esta primera comunicación, en la que se estudian las muestras más puras de alunite y jarosita, dejando para otro lugar el estudio de las rocas en distinto grado de alunitización.

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

Muestra 1.—Formación localizada de jarosita, a juzgar por el color amarillo, algo oscuro. Existen abundantes grietas ocupadas por yeso. La pared de la grieta presenta en una extensión de 2-3 cm. una coloración más clara que el resto y se ha separado como muestra 1b para el estudio químico y de A. T. D., denominando 1a a la parte más oscura, alejada de la grieta principal. En ambas zonas se observan finas grietas rellenas por yeso, así como cristales incoloros, posiblemente de cuarzo.

Muestra 2.—Material muy blanco, ligeramente compacto, que se presenta relleno de una grieta de unos 6-8 cm. de anchura en un zona en que la roca —traquita— se presenta no muy alterada. Puede tratarse de alunite o de caolín.

Muestras 3, 4 y 5.—Materiales compactos de color amarillo, más o menos intenso, probablemente compuestos por alunite y jarosita. Los cristales incoloros —cuarzo o feldespatos— son bastante escasos, salvo en la muestra 5, que parece la menos rica en minerales del grupo alunite-jarosita.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Difracción de rayos X.—Método de Debye-Scherrer. Aparato Philips de la Sección de Mineralogía de Arcillas de la Estación Experimental de Zaidín. Cámara Philips de 114,5 mm ϕ . Capilar Lindemann. Radiación $K\alpha$, Cu, $\lambda = 1,54050 \text{ \AA}$.

Análisis térmico diferencial.—Aparato de registro fotográfico de la citada

Sección de Mineralogía de Arcillas. Peso de muestra: 0,5 gramos. Atmósfera: aire. Sensibilidad: 8 cm. = 0,1 mV.

Estudio microscópico.—Con microscopio petrográfico standard Carl Zeiss. se han estudiado en lámina delgada las muestras 1, 3, 4 y 5; no así la 2, por su fácil delezabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) *Difracción de rayos X*.—En la tabla I se dan los valores de espaciados e intensidades de las líneas de los diagramas de polvo de las distintas muestras y se comparan con los de alunita y jarosita del índice A. S. T. M.

El mineral más abundante de la muestra 1 es la jarosita, como se deduce de la intensidad de las líneas a 5,06, 3,05-3,10, 1,97 y 1,82 Å, juntamente con el cuarzo (líneas a 4,21, 3,35, 1,82, 1,54, y 1,38 Å). La alunita, de existir, debe encontrarse en una cantidad muy pequeña, pues incluso la línea más intensa a 2,98 Å aparece muy débil y puede deberse en parte a jarosita; la línea a 4,94 Å, característica de alunita, no aparece en el diagrama. Existe también una pequeña cantidad de yeso (líneas a 7,69 y 4,27 Å). Aparece, como en los otros diagramas, una línea muy débil y de difícil lectura, a aproximadamente 10 Å, que podría corresponder a un silicato laminar, mica o ilita, que es imposible identificar. A fin de identificar más exactamente algunos minerales que acompañan a la jarosita, se ha obtenido el diagrama de rayos X del residuo blanco insoluble en ClH 2N, tras cuatro horas de calentamiento al baño de vapor; efectivamente, existe cierta cantidad de alunita, como indica la intensificación de algunas de sus reflexiones; la línea a 3,35 Å del cuarzo aparece muy intensa, y existen además líneas muy débiles a 3,78, 3,46, 2,73 y 2,57 Å, que corresponden a las reflexiones fuertes y medias de la sanidina; se conserva la línea a aproximadamente 10 Å y desaparecen las de yeso.

La muestra 2 contiene principalmente alunita y una pequeña cantidad de cuarzo y tal vez de haloisita.

Los diagramas de las muestras 3, 4 y 5 son muy análogos. Muestran la presencia de alunita y jarosita, con cuarzo y algo de yeso. Según las intensidades de las reflexiones, el contenido de cada uno de estos minerales en dichas muestras responde al siguiente orden: a) alunita: 4 > 3 >> 5; b) jarosita: 3 ≥ 5 > 4; c) cuarzo: 3 ≥ 5 > 4, y d) yeso muy pequeña cantidad en todas ellas, pero mayor en la 1.

Teniendo en cuenta la precisión de una medida visual del ángulo 4θ (aproximadamente de 0,25°), resultan bastante exactas las medidas de las reflexiones 2240 de alunita y jarosita, que, según Brophy, Scott y Snellgrove (1962) se presentan para valores de 4θ iguales a 104,8° y 100,0°, respectivamente, en muestras sintéticas, y a partir de dichas reflexiones puede calcularse el parámetro $a = 4 \cdot d_{2240}$, que, por otra parte, no varía sensiblemente en la serie

TABLA I

Espaciados e intensidades de líneas de diagramas de polvo

1		2		3		4		5		Alunita 1-0879		Jarosita 2-0602	
dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I								
10	md												
7.69	md												
		7.37	md										
5.94	d			5.90	d	5.90	d	5.90	d			5.90	40
5.68	md	5.71	dm	5.71	dm	5.71	dm	5.71	dm	5.71	25		
5.06	dm			5.09	d	5.04	d	5.0	d			5.0	40
		4.95	m	4.94	m	4.95	m	4.95	m	4.94	50		
4.27				4.28	md	4.31	md	4.29	md				
4.21	d	4.25	md	4.21	md	4.21	md	4.23	md				
3.66	d			3.65	md	3.63	md	3.63	md			3.60	40
3.49	md	3.48	dm	3.50	dm	3.50	dm	3.50	dm	3.49	41		
3.35	m	3.35	md	3.35	d	3.35	md	3.35	d	3.34	3	3.38	50
3.10								3.13					
3.05	mf	3.07	md	3.07	m	3.08	dm	3.08	m			3.06	100
2.98	md	2.98	mf	2.98	f	2.98	mf	2.98	f	2.98	100	2.94	20
2.87	d	2.87	d	2.88	md	2.87	d	2.87	md	2.88	6	2.83	40
2.53	d			2.51	d	2.54	md	2.54	d			2.52	60
2.47	md	2.47	d	2.49	md	2.48	d	2.48	md	2.47	9		
2.30	d	2.30	m	2.29	dm	2.28	m	2.28	d	2.29	50	2.27	80
2.24	md							2.24	md				
		2.20	dm	2.21	md	2.21	d			2.20	19		
2.13	md	2.10	d							2.13	3	2.16	20
		2.04	md							2.02	3		
1.97	dm			1.98	md	1.96	d	1.98	dm			1.96	80
1.90	md	1.90	m	1.90	dm	1.90	m	1.90	dm	1.89	59		
1.82	dm	1.81	md	1.82	md	1.81	d	1.83	d			1.81	80
		1.74	m	1.75	d	1.75	dm	1.75	dm	1.74	50	1.76	20
		1.65	md			1.65	md	1.65	md	1.64	6	1.65	20
		1.57	md	1.57	md	1.57	md	1.57	md	1.56	6	1.55	40
1.54	md			1.54	md	1.54	md	1.54	md	1.54	3	1.53	60
1.51		1.51		1.51		1.51		1.50				1.50	80
1.48	dm	1.49	dm	1.49	dm	1.49	d	1.48	d	1.49	50	1.48	40
1.43	md	1.42	6										
1.38	d	1.39	d	1.39	md	1.39	md	1.38	d	1.38	6	1.37	20
		1.37	md	1.37	md	1.37	md						
1.34	md			1.34	md	1.34	md					1.33	70
		1.32	md	1.32	md	1.32	md			1.32	3		
		1.29	d	1.29	d	1.29	d	1.29	d	1.28	25	1.24	70
		1.20	d	1.21	md	1.21	d	1.21	d	1.20	25	1.22	20
1.19	md	1.16	md	1.17	md					1.16	6	1.19	50
1.15	md			1.15	md	1.15	md					1.15	60
		1.14	md	1.14	md	1.14	md			1.13	6		

Intensidades: md = muy débil; d = débil; dm = entre débil y media; m = media; fm = entre fuerte y media; f = fuerte y mf = muy fuerte. Las llaves indican formación de bandas.

alunita-natroalunita (Parker, 1962). No obstante, puede haber una causa de error en la determinación de este parámetro como consecuencia del ensanchamiento de la línea correspondiente a la reflexión 2240 de alunita y jaro-

sita por la presencia de jarosita (reflexiones $1\bar{3}41$ y $2\bar{0}28$ para ángulos 4θ próximos a $104,8^\circ$) y de cuarzo (reflexión para $4\theta = 100,5^\circ$), respectivamente. La presencia de cuarzo en todas las muestras puede ser una causa de error en la determinación del parámetro a de la jarosita, especialmente cuando la cantidad de ésta es pequeña. Como quiera que todas las muestras, salvo la 2, contienen jarosita, tampoco es posible una determinación totalmente exacta del parámetro a de la alunita. Efectivamente, todos los diagramas presentan las líneas correspondientes a ángulos 4θ de aproximadamente $100,0^\circ$ y $104,8^\circ$ bastante anchas. No operando con equipo difractométrico, de mayor poder resolutivo, sólo es posible una determinación del parámetro a relativamente exacta cuando en una muestra existe sólo uno de los minerales y preferentemente en ausencia de cuarzo. Los valores obtenidos para este parámetro se dan en la tabla II.

TABLA II

Valores de los parámetros a y c

Muestra	Alunita		Jarosita	
	a	c	a	c
1	—	—	7.28	17.23
2	6.98	17.24	—	—
3	6.98	17.29	7.29	17.29
4	6.98	17.23	7.26	17.23
5	7.00	17.23	7.29	17.23

Algo similar ocurre en la determinación del parámetro c . La variación que éste experimenta en la serie alunita-jarosita es mucho menos acusada que la del parámetro a . Brophy y colaboradores (1962) dan los valores de 17,26 y 17,17 Å para muestras sintéticas de alunita y jarosita, respectivamente, que corresponden a valores de 4θ iguales a $62,14^\circ$ y $62,48^\circ$ de las reflexiones 0006, las más adecuadas para el cálculo de $c = 6.d_{0006}$. Esto hace que las líneas correspondientes a estas reflexiones se presenten como una sola, relativamente ancha, y sean de mayor utilidad los valores de a para el estudio de las soluciones sólidas alunita-jarosita. Mayor es la variación del parámetro c en la serie alunita-natroalunita; según Parker (1962), los valores son de 17,32 Å para alunita y 16,68 Å para natroalunita sintéticas, correspondiendo a ángulos 4θ de $61,92^\circ$ y $64,36^\circ$, respectivamente, de las reflexiones 0006. Mitchell y Giannini (1958) dan los valores de $a = 7,34$ Å y $c = 16,72$ Å, con una relación $a : c = 1 : 2,278$, para una natrojarosita. Estos valores parecen indicar que, análogamente a lo que ocurre en la serie alunita-natroalunita y como

era de esperar, no existe variación sensible en el parámetro a de la serie jarosita-natrojarosita, mientras que la variación del parámetro c es del mismo orden de magnitud que en la serie alunita-natroalunita. Tanto si existe alunita y jarosita en la misma muestra, como si hay sólo uno de los minerales, se presenta una sola línea, cuya medida conduce a los valores de c de la tabla II.

De acuerdo con estos valores y teniendo en cuenta las posibles causas de error anteriormente discutidas, las jarositas de Mazarrón parecen ser, en general, deficientes en Fe^{2+} , en parte sustituido por Al^{3+} , a juzgar por los valores del parámetro a , menores de 7,29 ó 7,34 Å dados por Brophy y colaboradores (1962) y Mitchell y Giannini (1958), respectivamente; considerando los valores del parámetro a , puede concluirse que la alunita de las distintas muestras no contiene Fe^{3+} reemplazando al Al^{3+} , salvo quizás en la muestra 5, que puede contener una cantidad muy pequeña. Por lo que respecta al contenido en elementos alcalinos, los valores del parámetro c , más sometidos a error y comprendidos entre 17,23 y 17,29 Å, indican que se trata esencialmente de términos potásicos del grupo, en que parte del K^+ puede estar reemplazado por iones Na^+ ó H_3O^+ ; las alunitas de las muestras 2, 4 y 5 deben ser las más deficientes en K^+ , ya que los valores del parámetro c se alejan más de 17,32 Å, asignado por Parker (1962) a la alunita sintética.

El estudio químico puede arrojar más luz sobre las posibles sustituciones isomórficas.

2) *Análisis térmico diferencial.*—Las curvas de A. A. D. (fig. 1), muestran los efectos térmicos de los minerales identificados por rayos X.

Las curvas 1a, 1b, 3 y 4 presentan dos pequeños efectos endotérmicos en el intervalo de temperatura de $145-170^\circ$ C, que ponen de manifiesto la presencia de una pequeña cantidad de yeso, mayor en las muestras 1b y 4.

El efecto endotérmico que presentan las curvas 1a, 1b, 3, 4 y 5 a temperaturas comprendidas entre 451 y 464° C, corresponde a la destrucción de la estructura de la jarosita con liberación de agua procedente de los iones OH^- ; según Kulp y Adler (1950), este efecto se presenta a 460° C, y está seguido de un pequeño efecto exotérmico a unos 500° C, debido a la cristalización de Fe_2O_3 que se produce inmediatamente después de la destrucción de la red de jarosita, a diferencia de lo que ocurre en el comportamiento del Al_2O_3 procedente de alunita. Este efecto exotérmico solamente parece estar presente en las curvas 1a y 5; el que no aparezca en las otras puede deberse al efecto endotérmico que inmediatamente sigue al de jarosita. La destrucción de la red de jarosita tiene lugar, pues, a temperatura inferior en unos 100° C a la de alunita, y Kulp y Adler (1950) atribuyen este hecho a una menor estabilidad de la red de jarosita con enlaces Fe-OH más débiles que los de Al-OH, como consecuencia del mayor radio iónico del Fe^{3+} (0,67 Å) con respecto al del Al^{3+} (0,57 Å). La intensidad del efecto endotérmico indica un contenido en jarosita, que decrece en el siguiente orden: $1a > 1b > 5 > 4 > 3$,

en buena concordancia con el obtenido por rayos X, salvo para las muestras 3 y 4.

Las curvas 1a y 1b no presentan efecto endotérmico correspondiente a la destrucción de la estructura de la alunita, y aparece en su lugar un pequeño efecto endotérmico a 573° C, debido a la inversión $\alpha - \beta$ cuarzo; la 1b presenta además una ligera inflexión a 531° C, tal vez debida a la presencia de una pequeña cantidad de alunita o de un mineral del grupo de la caolinita;

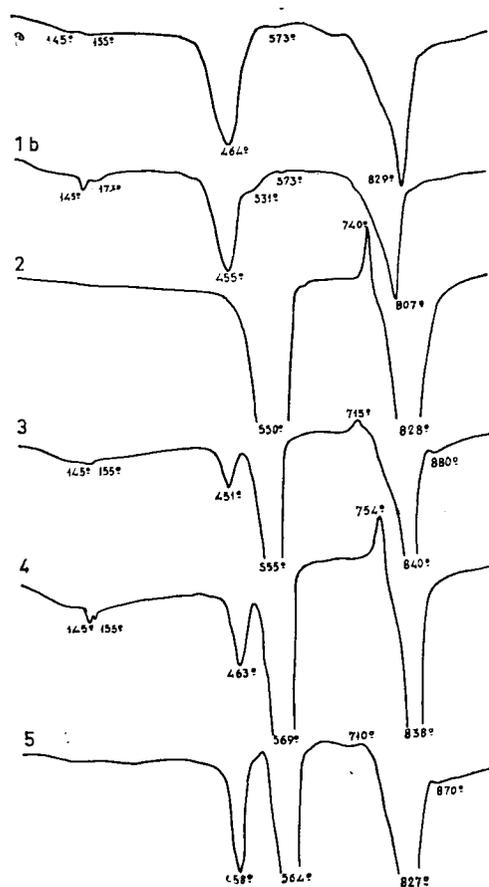


Fig. 1.

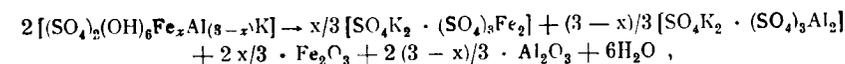
de acuerdo con los resultados de rayos X, es más lógico suponer la existencia de algo de alunita.

En el intervalo de temperatura de 550-569° C presentan las curvas 2, 3, 4 y 5 un gran efecto endotérmico, que coincide bastante bien con el asignado a la destrucción de la estructura de la alunita, con pérdida de agua a partir de los iones OH^- (Fink y col., 1931; Gad, 1951; Tzvetkov y Valiashikhina, 1953; Kashkai y Guseinov, 1955; Bayllis y Kock, 1955; Hoyos y Alías,

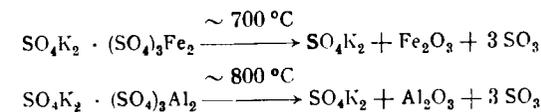
1962a, 1962b). Sigue a éste un efecto exotérmico más o menos intenso a 710-754° C, correspondiente a la cristalización de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, precedido de un pequeño efecto endotérmico próximo 573° C, que prueba la existencia de cuarzo. La intensidad de los efectos a 550-569° C y 710-754° C refleja un contenido en alunita que decrece en el siguiente orden: $2 > 4 > 3 > 5$, en concordancia con el obtenido por rayos X.

No se manifiesta el efecto exotérmico debido a la cristalización de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ en las curvas 1a y 1b, aunque parece querer iniciarse en la 1a a unos 715° C.

Todas las curvas presentan un fuerte efecto endotérmico a temperaturas de 807-840° C, debido a la liberación de SO_3 . Es digna de destacar la forma totalmente asimétrica de este pico en las curvas 1a y 1b. Ku'p y Adler (1950) asignan una temperatura de 700° C a la liberación de SO_3 procedente de la descomposición de $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Fe}_2$ formado en la destrucción de jarosita a 460° C. Ambas muestras presentan este efecto a 807-829° C, y corresponde más bien a la liberación de SO_3 a partir de $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Al}_2$. La manifiesta asimetría del pico, cuya aparición se inicia a una temperatura de 700-715° C, parece indicar la liberación SO_3 a partir de ambos alumbres anhidros; se pierde en primer lugar el procedente de la descomposición de $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Fe}_2$, lo que hace que no aparezca o sólo se inicie el tipo de cristalización de $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, y esta reacción exotérmica se yuxtapone a la descomposición de $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Fe}_2$; antes de finalizar la descomposición de este alumbre se inicia la liberación de SO_3 a partir de $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Al}_2$, que culmina a 807-829° C; con ello, la primera parte del pico presenta un descenso lento y una ligera inflexión a unos 800° C y la segunda asciende rápidamente. Todo ello parece indicar que el mineral presente responsable de tales efectos no es jarosita, sino una solución sólida jarosita-alunita, que se descompone de acuerdo con el siguiente esquema: A unos 460° C se produce la reacción:



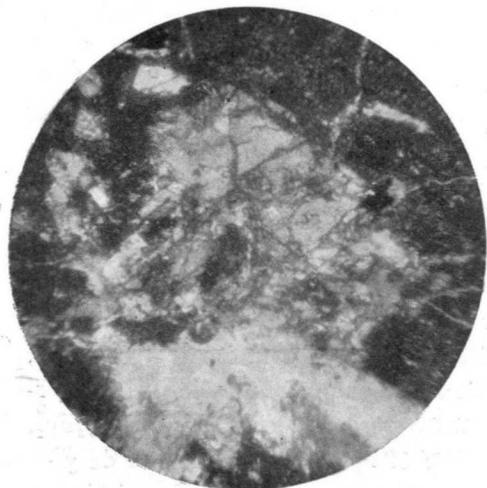
formándose alumbres anhidros de hierro y de aluminio que se comportan como independientes:



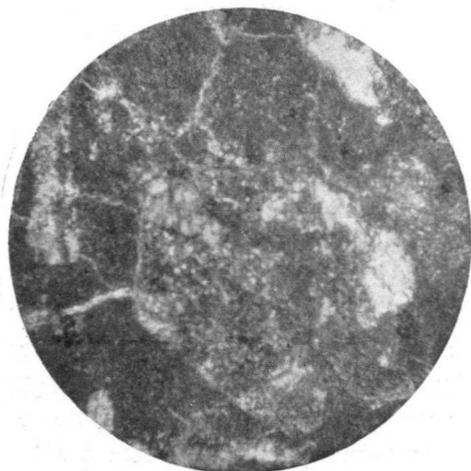
El pico endotérmico correspondiente a la descomposición del alumbre anhidro $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Al}_2$ es totalmente simétrico en la curva 2 y presenta ligera asimetría en las curvas 3, 4 y 5, debido a la presencia de jarosita juntamente con alunita y quizás también a la existencia de soluciones sólidas jarosita-alunita.

Débiles efectos endotérmicos de difícil interpretación presentan las curvas 2 y 5 a temperaturas de 870-880° C.

3) *Estudio microscópico.*—La masa fundamental está constituida por microcristales de color amarillo más o menos intenso de jarosita o alunita o



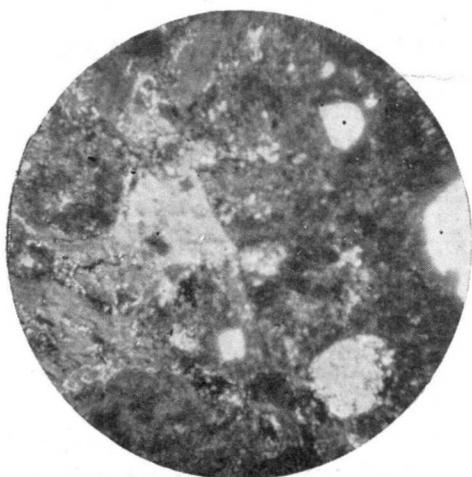
Microfotografía 1.



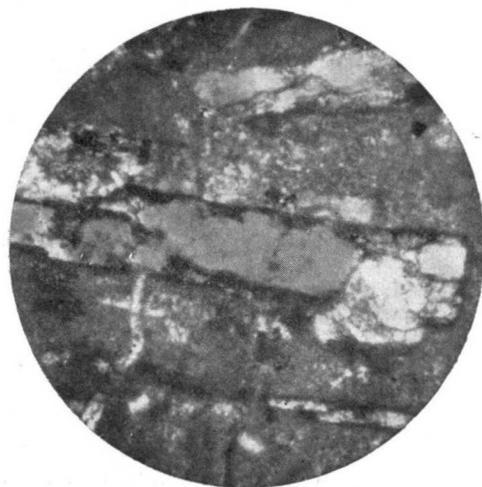
Microfotografía 2.

de una mezcla de ambas; en ocasiones es posible poner de manifiesto su carácter uniaxial: son fuertemente birrefringentes.

Muy escasos son los fenocristales de sanidina, especialmente en las muestras 3 y 4, así como los de cuarzo. La sanidina se encuentra, en general, muy

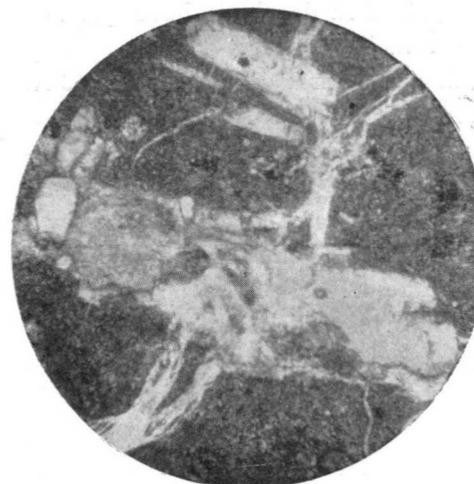


Microfotografía 3.

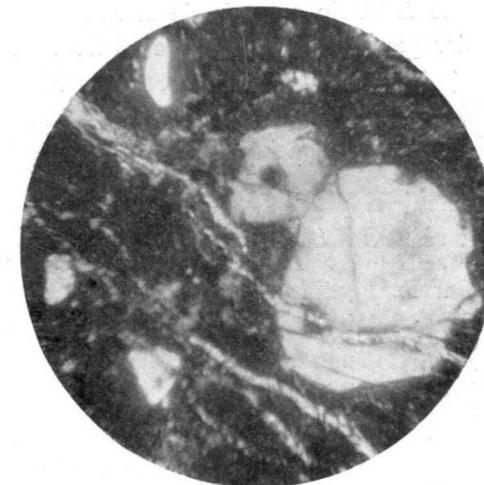


Microfotografía 4.

alterada a alunita y jarosita. La microfotografía 1 muestra un fenocristal de sanidina bastante alterado (gris) en una masa de microcristales de alunita y jarosita con una gran grieta rellena de yeso (blanco). En un grado de alteración más avanzado se encuentra el fenocristal de la microfotografía 2; incluso el núcleo del cristal presenta signos de profunda alteración. Los cristales de sanidina son a veces totalmente reemplazados por jarosita y alunita, como muestra la microfotografía 3, en la que existen también dos cristales



Microfotografía 5.



Microfotografía 6.

de cuarzo de alta temperatura. Tanto en la microfotografía 1 como en la 2 se observan pequeñas grietas rellenas de yeso y más frecuentemente de alunita y jarosita, por las que pudieron penetrar las soluciones o gases sulfúricos responsables de la alunitización. Más claramente se observan estas grietas en la microfotografía 4, que muestra un fenocristal de sanidina (centro) casi totalmente reemplazado por jarosita, y otro totalmente reemplazado por este mineral (parte superior), a los que llegan algunas de estas venillas; más abundantes son en la microfotografía 5, cuyos fenocristales de sanidina están totalmente reemplazados por jarosita en microcristales agrupados de tal forma que recuerda la del fenocristal inicial de sanidina. Los cristales de cuarzo corresponden, por su morfología, a la forma de alta temperatura, y frecuentemente están atravesados por las mismas venillas de jarosita, como se muestra en la microfotografía 6.

CONCLUSIONES

De las anteriores consideraciones, puede concluirse:

1.º Los materiales del Cerro de San Cristóbal (Mazarrón) en grado más

avanzado de alunitización, están constituidos por alunita, jarosita o ambas a la vez.

2.º Restos de las rocas que sufrieron el proceso de alunitización son los escasos fenocristales de sanidina y cuarzo de alta temperatura. Los primeros suelen estar muy atacados por las soluciones mineralizantes, llegando al reemplazamiento total de los mismos por microcristales de jarosita y alunita.

3.º Existen algunas formaciones de yeso, identificado por los distintos métodos de estudio, cuyo origen es bastante oscuro. No parece probable que el calcio proceda de la sanidina, sino más bien de plagioclasas que han desaparecido por completo en las muestras estudiadas.

4.º Los diagramas de rayos X presentan una línea de espaciado a 10 Å, que parece indicar la existencia de mica o ilita.

5.º El espaciado a 7,37 Å del diagrama de alunita más pura indica la existencia de una pequeña cantidad de haloisita.

6.º Los resultados de rayos X conducen a valores de los parámetros a y c de alunita y jarosita, según los cuales no existe reemplazamiento de Al^{3+} por Fe^{3+} en la primera, mientras que gran parte del Fe^{3+} de las jarositas debe estar sustituido por Al^{3+} ; dichos minerales corresponden a términos potásicos del grupo alunita-jarosita, en los que parte del K^+ puede estar reemplazado por Na^+ ó H_3O^+ .

7.º Las curvas de A. T. D. ponen claramente de manifiesto la existencia de soluciones sólidas jarosita-alunita, lo que se refleja en una marcada asimetría del pico endotérmico correspondiente a la liberación de SO_3 , como consecuencia de la evolución independiente de los compuestos SO_4K_2 , $(SO_4)_3Fe_2$ y $SO_4K_2 \cdot (SO_4)_3Al_2$ formados en la destrucción de la red de jarosita-alunita a aproximadamente 460° C.

BIBLIOGRAFÍA

- BAYLLIS, N. S. y KOCH, D. F. A.: *Thermal decomposition of alunite. I. Differential thermal analysis and weight loss study*, «Australian Jour. Appl. Sc.», 6, 298-305, 1955.
- BROPHY, G. P., SCOTT, E. S. y SNELGROVE, R. A.: *Sulfate studies II. Solid solution between alunite and jarosite*, «Am. Min.», 47, 112-126, 1962.
- CALDERÓN, S.: *Los minerales de España*. Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas, 2, págs. 205 y 561, 1910.
- FINK, W. I., VAN HORN, K. R. y PAZOUR, H. A.: *Thermal decomposition of alunite*, «Ind. and Eng. Chemistry», 23, 1248, 1931.
- GAD, M. G.: *Thermal and chemical behavior of alunite*, «Trans. Brit. Ceram. Soc.», 50, 328-338, 1951.
- GIRELA, F.: *Estudio del yacimiento de haloisita del Monte Maaza (Morruecos)*. Tesis doctoral, 1-187.
- HOYOS, A. y ALÍAS, L. J.: *Identidad de calafatita y alunita*. Est. geol. (en prensa), 1962 a.
- —: *The identify of almerite with natroalunite*. Min. Mag. (en prensa), 1962 b.
- KASHKAI, M. A. y GUSEINOV, F. G.: *Mineralogy of the alunitic pyrophyllitic bed of Kyrvakar*

mount (Deshkesousk ore area). *Uchenge napiski Azerbaidzhan Gosudarst. Uni, im Si Mi Kirova*, 1, 33-51. («Chem. Abst.», 1959, 17. 788d), 1955.

MARTÍN VIVALDI, J. L.: *The bentonites of Cabo de Gata (South-East Spain) and of Guelaya volcanic province (North Marocco)*, (en prensa). Comunicación personal.

MITCHELL, R. S. y GIANNINI, W. F.: *Natrojarosite from near the Montana-Wyoming line*, «Am. Min.», 43, 1205-1210, 1958.

PARKER, R. L.: *Isomorphous substitution in natural and synthetic alunite*, «Am. Min.», 47, 127-136 1962.

PILZ, R.: *Die Bleiglanzlagerstätten von Mazarrón in Spanien*, «Zeitschrift für praktische Geologie», 385-409, 1905.

TZVETKOV, A. I. y VALIASHIKHINA, E. P.: *Thermoanalytical characteristic of the alunite group*. «Doklady Acad. Sci. USSR», 89, 1079-1081. (Min. Mag. Abst., 1950, 450), 1953.

Recibido 3-VII-1962.

A. HOYOS(*) y L. J. ALIAS(**)

MINERALOGIA Y GENESIS DEL YACIMIENTO DE ALUNITA DEL CERRO DE SAN CRISTOBAL, MAZARRON (MURCIA)

II. ESTUDIO QUIMICO DE LOS MATERIALES MAS ALUNITIZADOS

R E S U M E N

La interpretación de la composición química de las muestras estudiadas, con ayuda de los resultados obtenidos en el estudio de las mismas por difracción de rayos X, A. T. D. y microscopio petrográfico, conduce al establecimiento de fórmulas que corresponden a alunita, jarosita y soluciones sólidas de jarosita y alunita que muestran sustituciones isomórficas de K por Na, H₃O y Ca. Acompañan a éstos cantidades menores de yeso, sanidina, cuarzo y, ocasionalmente, silicatos laminares de tipo mica o illita y halloisita.

R É S U M É

L'interprétation de la composition chimique des échantillons étudiés avec le concours des résultats obtenus des méthodes de diffraction aux rayons X, a. t. d., et du microscope de polarisation, ont amené à l'établissement de formules corresponsant à de l'alunita, de la jarosite et à des solutions solides de jarosite et alunita. Celles-ci montrent la substitution isomorphe du K par le Na, H₃O et Ca. Ces minéraux sont accompagnés par des petites quantités de gypse, sanidine, quartz et, occasionnellement, des silicates laminares du type mica ou bien illite et halloysite.

S U M M A R Y

The interpretation of the chemical composition of samples here studied, on the light of the studies previously carried out by X-ray diffraction, D. T. A. and microscopic techniques, leads to formulae which show the existence of jarosite, alunite and jarosite-alunite solid solutions with isomorphous substitution of K. by Na, H₃O and Ca in some extent. Minor amounts of gypsum, sanidine, quartz, and, occasionally mica or illite and halloyite are present.

(*) Catedrático de Geología Aplicada. Facultad de Farmacia. Madrid.

(**) Profeso Adjunto Encargado de la Cátedra de Geología Aplicada. Facultad de Farmacia. Granada. Colaborador Científico del C. S. I. C. Estación Experimental de Zaidin. Granada.

En un trabajo anterior (Hoyos y Alias, 1962), dimos cuenta de los resultados de estudio por difracción de rayos X, análisis térmico diferencial y microscopio petrográfico de los mismos materiales a que se refiere el presente. Tanto en la interpretación de los diagramas de rayos X como de las curvas de análisis térmico diferencial indicamos la existencia de soluciones sólidas entre jarosita y alunita, que de una manera especial se reflejaban en una elevación del efecto endotérmico de liberación de SO_3 a partir del alumbre anhidro formado en la destrucción térmica de la estructura de la jarosita y en la acusada asimetría del pico correspondiente. Como minerales acompañantes de alunita y jarosita se identificaron sanidina, en fenocristales muy alterados; cuarzo, en cristales de alta temperatura; yeso, como relleno de grietas, y, dudosamente, mica o ilita y haloisita. Ya indicamos allí el interés que podía tener un estudio químico de las mismas muestras, a fin de establecer las posibles sustituciones isomórficas existentes.

El carácter abierto de la estructura de la jarosita (Hendricks, 1937), permite ciertas sustituciones isomórficas. La estructura consta de tres posiciones catiónicas principales, que en la jarosita propiamente dicha están ocupadas por potasio, hierro y azufre. En la tabla I damos los posibles reemplazamientos en cada una de las posiciones, tomando como base los radios iónicos (Kulp y Adler, 1950):

TABLA I

Reemplazamientos posibles en la estructura de la jarosita

Posición del potasio		Posición del hierro		Posición del azufre	
Ión	Radio iónico	Ión	Radio iónico	Ión	Radio iónico
Na^+	0,98 Å	Fe^{2+}	0,67 Å	S^{6+}	0,29 Å
K^+	1,33	Al^{3+}	0,57	P^{5+}	0,34
Rb^+	1,48	Cr^{3+}	0,65	As^{5+}	0,47
Ag^+	1,20	Co^{3+}	0,65		
Pb^{2+}	1,32				
Sr^{2+}	1,18				
Ba^{2+}	1,36				
Ca^{2+}	1,01				
Au^{2+}	1,37				
Hg^{2+}	1,11				
Ce^{2+}	1,10				

a la que cabría añadir los iones NH_4^+ y H_3O^+ .

Con estos datos a la vista y con los resultados del estudio previo de la composición mineralógica de estas muestras, intentaremos en este trabajo una interpretación cristalocímica de los resultados de análisis químico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante la presencia de yeso en algunas muestras, puesta de manifiesto por difracción de rayos X, A. T. D. y microscopio petrográfico, hemos partido para la realización del análisis químico de muestra desecada a 50°C . Los métodos seguidos son los descritos por Kolthoff y Sandell (1949). Los resultados obtenidos vienen reflejados en la tabla II.

TABLA II

Resultados de análisis químico (tanto por 100)

	1a	1b	2	3	4	5
SiO_2	17,88	37,13	9,07	12,90	7,44	21,27
SO_3	25,10	19,82	32,48	30,01	33,45	26,70
Al_2O_3	17,31	13,81	35,17	30,06	33,50	26,72
Fe_2O_3	21,93	13,30	1,05	5,02	4,20	6,65
TiO_2	1,20	1,60	0,09	0,85	0,11	0,22
K_2O	5,18	4,02	6,47	6,87	6,63	5,33
Na_2O	1,38	1,10	0,58	1,11	0,54	1,15
CaO	0,87	0,95	—	0,07	0,15	0,27
H_2O	9,31	8,35	14,96	12,87	13,89	11,43
Total.....	100,16	100,08	99,87	99,76	99,91	99,74
$\text{SO}_3 : \text{R}_2\text{O}_3$	1,02	1,13	1,15	1,15	1,21	1,10
$\text{SO}_3 : (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$	4,11	4,10	5,20	4,13	5,30	4,44
$\text{SO}_3 : \text{H}_2\text{O}$	0,61	0,53	0,49	0,52	0,54	0,52

Los valores de la razón molar $\text{SO}_3 : \text{R}_2\text{O}_3$, menores en todas las muestras del valor teórico de 1,33 para la alunita o jarosita puras, indican ya un exceso de R_2O_3 , que debe encontrarse bajo la forma de silicatos o de óxidos más o menos hidratados. Según muestran los valores de la razón molar $\text{SO}_3 : (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$, existe en todas las muestras un exceso de SO_3 frente a los elementos alcalinos: ya indicamos en otro lugar (Hoyos y Alias, 1962) la existencia de yeso en algunas muestras, y puede que en otras los iones alcalinos K^+ y Na^+ de alunita y jarosita estén parcialmente reemplazados por Ca^{2+} ó H_3O^+ , reemplazamiento este último bastante frecuente (Kubisz y Michalek, 1959; Jarkovský y Cicel, 1959) y equivalente a la sustitución de K^+ o Na^+ por H_2O , compensada por la de OH^- por H_2O (Hendricks, 1937): la existencia de pequeñas cantidades de sanidina no afecta los resultados de una manera sensible. Que la alunita y jarosita de las muestras estudiadas sean deficientes en elementos alcalinos, en parte sustituidos por ión H_3O^+ , parece

venir indicado también por el exceso de H_2O que muestran los valores de la razón $SO_3:H_2O$, aunque parte puede intervenir en la formación de otros minerales.

A fin de conocer la cantidad de CaO presente en forma de yeso y calcular el tanto por 100 de este mineral, hemos realizado el análisis de la parte soluble en agua destilada en frío, cuyos resultados damos en la tabla III, en la que (.) representa indicios.

TABLA III
Soluble en agua en frío (tanto por 100)

	1a	1b	2	3	4	5
SO_3	0,25	1,61	(.)	0,15	0,15	0,07
CaO	0,13	1,00	(.)	0,06	0,19	0,01
K_2O	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)
Na_2O	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)
Yeso.....	0,4	3,1	—	0,2	0,5	—

La presencia de yeso, puesta de manifiesto por rayos X, A. T. D. y microscopía, se confirma por análisis químico en las muestras 1a, 1b, 3 y 4, y muy dudosamente en la 5. El tanto por ciento de este mineral está en buena concordancia con la intensidad de los picos correspondientes en las curvas de A. T. D.

Una vez formado el mineral yeso a partir de la cantidad de CaO soluble en agua, con las cantidades correspondientes de SO_3 y H_2O , la diferencia en SO_3 con respecto al total debe corresponder a los minerales alunita y jarosita, ya que no existen sulfatos alcalinos solubles en agua. Para el cálculo de dichos minerales damos en la tabla IV el número relativo de los distintos átomos, deducido del análisis químico, con excepción de TiO_2 y descontados ya los correspondientes al yeso.

TABLA IV
Número relativo de átomos

	1a	1b	2	3	4	5
Si.....	0,296	0,619	0,151	0,215	0,124	0,354
S.....	0,311	0,228	0,406	0,374	0,415	0,333
Al.....	0,339	0,271	0,689	0,589	0,637	0,524
Fe.....	0,274	0,166	0,013	0,063	0,052	0,083
K.....	0,110	0,085	0,137	0,145	0,141	0,113
Na.....	0,045	0,035	0,019	0,035	0,017	0,037
Ca.....	0,912	—	—	—	—	0,008
H.....	1,022	0,848	1,662	1,426	1,537	1,266
O.....	3,044	3,057	3,482	3,119	3,372	3,329

Todo el Ca de las muestras 1b, 3 y 4 se encuentra bajo la forma de $SO_4Ca \cdot 2H_2O$ y sólo en las muestras 1a y 5 parece existir una pequeña cantidad reemplazando a K y Na en alunita y jarosita. Supondremos que esta pequeña cantidad de Ca se reparte proporcionalmente entre ambos minerales.

Para conocer en qué relación aproximada se encuentran los minerales alunita y jarosita, hemos medido en las curvas de A. T. D. el área del pico endotérmico correspondiente a la pérdida de agua de estos minerales. La relación así obtenida (tabla V) sólo puede tomarse como aproximada caso de existir un miembro del grupo de la caolinita, ya que su efecto endotérmico se sumaría al de la alunita haciendo que los valores de la relación alunita: jarosita fueran más altos de los reales; prácticamente puede despreciarse esta causa de error, pues la cantidad de dicho mineral, caso de estar presente, debe ser extraordinariamente baja a juzgar por los resultados de difracción de rayos X y A. T. D.

TABLA V

Área en mm^2 del primer pico endotérmico de alunita y jarosita en las curvas de A. T. D. y relación alunita: jarosita

Muestra	Alunita	Jarosita	Alunita + Jarosita	Alunita - Jarosita
1a	—	859,6	859,6	0:100
1b	—	563,2	563,2	0:100
2	1.808,0	—	1.808,0	100:0
3	1.343,6	336,0	1.679,6	80:20
4	1.877,0	177,8	2.054,8	91:9
5	988,0	390,2	1.303,2	71:29

La suma de áreas está en buena concordancia con el contenido en SO_3 , lo cual indica la existencia de éste bajo la forma de alunita y jarosita.

A partir de la relación en que se encuentran ambos minerales, se puede calcular el número de átomos de S , Al , Fe , K , Na , Ca , H y O correspondientes a cada uno de ellos. Partiremos para ello de las siguientes suposiciones: a) el total de S se reparte de acuerdo con la relación alunita: jarosita; b) el número de átomos de K , Na y Ca necesarios para la formación de jarosita y alunita con la cantidad correspondiente de S se distribuye por igual entre ambos minerales; c) se combina el número de átomos de Fe y Al necesario con el total de S de cada mineral; d) dada la analogía de radios iónicos de Fe^{3+} y Al^{3+} y la existencia de soluciones sólidas sintéticas entre jarosita y alunita (Brophy, Scott y Snellgrove, 1962), se consideran reemplazables isomórficamente y se utiliza el número de átomos de Al necesario para el cálculo de jarosita, caso de que no fuera suficiente el de Fe , y viceversa; e) se combina

el número de átomos de H y O de acuerdo con el de S, y f) el exceso de carga negativa creada por deficiencia de cationes alcalinos y alcalino-térreos, se compensa introduciendo iones de H_3O^+ . Con estas hipótesis se llega a la distribución de átomos de la tabla VI.

TABLA VI

Distribución de átomos entre jarosita y alunita

	S	Fe	Al	K	Na	Ca	H_3O^+		OH^-	
							H	O	H	O
1a. Jarosita	0,311	0,274	0,193	0,092	0,039	0,012	—	—	0,933	2,177
1b. Jarosita	0,228	0,166	0,176	0,081	0,033	—	—	—	0,674	1,596
2. Alunita	0,406	—	0,609	0,137	0,019	—	0,141	0,047	1,218	2,842
3. Jarosita	0,074	0,063	0,048	0,029	0,007	—	—	—	0,212	0,518
Alunita	0,300	—	0,450	0,116	0,028	—	—	—	0,900	2,100
4. Jarosita	0,038	0,052	—	0,013	0,001	—	0,015	0,005	0,114	0,266
Alunita	0,377	—	0,566	0,128	0,016	—	1,132	0,044	1,131	2,639
5. Jarosita	0,096	0,083	0,061	0,033	0,011	0,002	—	—	0,288	0,672
Alunita	0,237	—	0,356	0,080	0,026	0,006	—	—	0,711	1,659

Según la anterior distribución de átomos, la fórmula de jarosita y alunita de las distintas muestras, es como sigue:

JAROSITA	ALUNITA
1a $(SO_4)_2(OH)_6Fe_{1,82}Al_{1,18}K_{0,59}Na_{0,25}Ca_{0,08}$	
1b $(SO_4)_2(OH)_6Fe_{1,46}Al_{1,54}K_{0,71}Na_{0,29}$	
2	$(SO_4)_2(OH)_6Al_3K_{0,67}Na_{0,07}(H_3O)_{0,26}$
3 $(SO_4)_2(OH)_6Fe_{1,69}Al_{1,31}K_{0,80}Na_{0,20}$	$(SO_4)_2(OH)_6Al_3K_{0,80}Na_{0,20}$
4 $(SO_4)_2(OH)_6Fe_3K_{0,68}Na_{0,08}(H_3O)_{0,24}$	$(SO_4)_2(OH)_6Al_3K_{0,68}Na_{0,08}(H_3O)_{0,24}$
5 $(SO_4)_2(OH)_6Fe_{1,78}Al_{1,27}K_{0,68}Na_{0,22}Ca_{0,05}$	$(SO_4)_2(OH)_6Al_3K_{0,68}Na_{0,22}Ca_{0,05}$

Las fórmulas anteriores concuerdan bastante bien con los resultados obtenidos por difracción de rayos X. Cuando se representan los valores de los parámetros a y c de la jarosita de las distintas muestras en función del contenido en Fe y Al en el diagrama dado por Brophy, Scott y Snellgrove (1962) para soluciones sólidas entre alunita y jarosita (fig. 1), se encuentra una buena correspondencia de los valores del parámetro c de las muestras estudiadas con los de soluciones sólidas sintéticas; los valores del parámetro a tienden a aproximarse a los dados por dichos autores para muestras sintéticas, pero no a los de naturales. La existencia simultánea de dos tipos de sustituciones

isomórficas, la de Fe por Al y la de K por Na, H_3O y Ca, dificulta extraordinariamente la interpretación.

Como indicamos en el estudio por rayos X, la alunita de las distintas muestras no parecía contener Fe sustituyendo al Al, y sí algo de Na o H_3O reemplazando al K. Representando los valores de los parámetros a y c en función del contenido en K, según el diagrama dado por Parker (1962) para la serie alunita-natroalunita (fig. 2), se obtiene una buena correspondencia en los valores del parámetro a ; los valores del parámetro c , más adecuados para la interpretación de la sustitución isomórfica K-Na, se aproximan mucho a la lí-

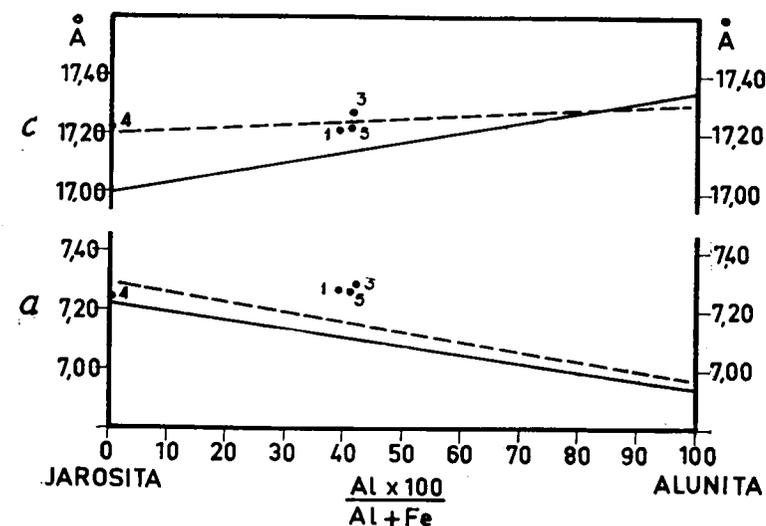


Fig. 1.—Variación de a y c en soluciones sólidas alunita-jarosita, propuesta por Brophy, Scott y Snellgrove (1962), en productos sintéticos (línea de trazos) y naturales (línea continua). Los puntos (.) corresponden a las muestras 1, 3, 4 y 5 del presente trabajo.

nea correspondiente a productos naturales; la mejor correspondencia se encuentra para la muestra 3, que, según los resultados de análisis químico, no contiene más que K y Na en las posiciones catiónicas correspondientes al potasio en la estructura de la jarosita. El que los puntos correspondientes a las muestras 2, 4 y 5 se alejen algo de la línea propuesta por Parker, se debe indudablemente a que en la alunita de dichas muestras no sólo existe sustitución K-Na, sino que en las mismas posiciones catiónicas entran, de acuerdo con la fórmula deducida, los cationes H_3O^+ y Ca^{2+} , de radio iónico algo mayor que el del Na^+ ; esto hace que los valores del parámetro c sean ligeramente mayores que los que corresponderían al contenido en K de las fórmulas, y menores que los correspondientes al contenido en Na.

Según Brophy, Scott y Snellgrove (1962), los minerales alunita y jarosita pueden formular soluciones sólidas naturales, aun cuando los términos de com-

posición intermedia son raros. Pocos son, en efecto, los ejemplos dados de soluciones sólidas en el que el reemplazamiento Fe-Al tenga lugar en considerable extensión. Sin embargo, las jarositas del Cerro de San Cristóbal presentan un reemplazamiento de Fe por Al que alcanza hasta el 50 por 100 del número de átomos de Fe; estas soluciones sólidas se comportan como jarositas en la liberación de iones OH^- de su estructura, mientras que el efecto térmico correspondiente a la liberación de SO_3 se traduce en un pico muy asimétrico co-

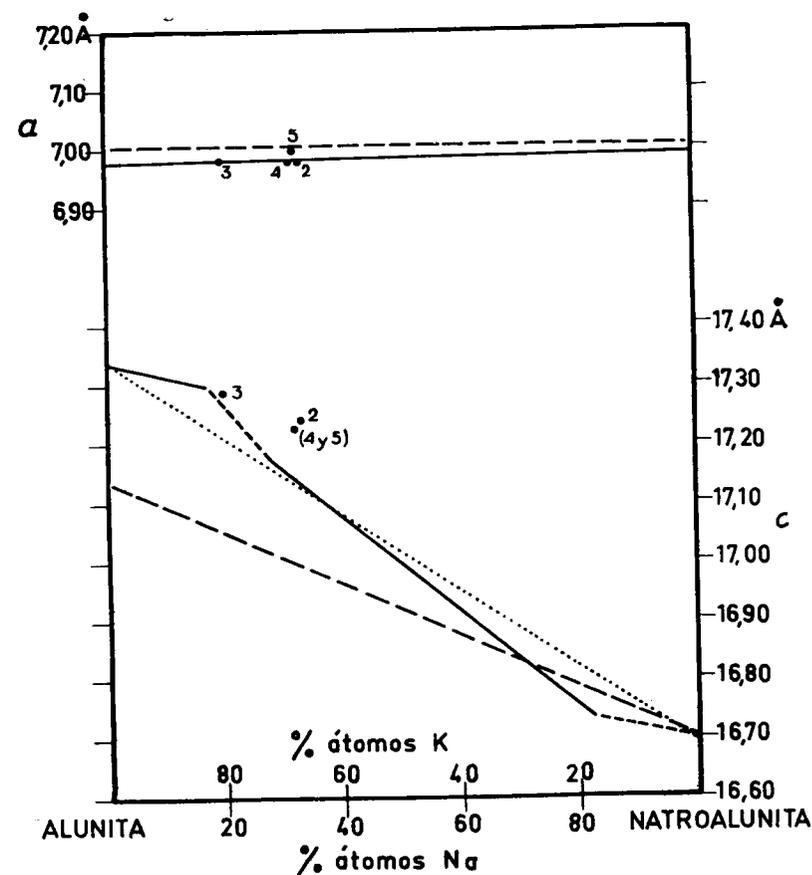


Fig. 2.—Variación de los parámetros a y c en muestras naturales (línea continua), productos sintéticos (línea de trazo discontinuo) y productos sintéticos calentados una hora a 300°C (línea de puntos), según Parker (1962). Los puntos (.) corresponden a las muestras 2, 3, 4 y 5 del presente trabajo.

mo consecuencia de la intervención de los compuestos $\text{SO}_4 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{F}_2$ y $\text{SO}_4\text{K}_2 \cdot (\text{SO}_4)_3\text{Al}_2$, que se descomponen a temperatura distinta.

La curva de A. T. D. de la muestra 1b presentaba una ligera inflexión a

531°C ; como ya indicamos, puede contener algo de alunita, con lo que el número de átomos de Al reemplazando al Fe sería menor.

Las alunitas de las distintas muestras no presentan sustitución Al-Fe, y solamente de K por Na, H_2O y algo de Ca.

Una vez que se han combinado los átomos necesarios para la formación de alunita y jarosita, queda un exceso de determinados elementos para la formación de otros minerales (tabla VII).

TABLA VII

Número de átomos existentes después de la formación de yeso, alunita y jarosita

	1a	1b	2	3	4	5
Si.....	0,296	0,619	0,151	0,215	0,124	0,354
Al.....	0,146	0,095	0,080	0,091	0,071	0,107
Fe.....	—	—	0,013	—	—	—
K.....	0,018	0,004	—	—	—	—
Na.....	0,006	0,002	—	—	—	—
H.....	0,089	0,174	0,303	0,283	0,145	0,266
O.....	0,867	1,461	0,593	0,494	0,428	0,998

El exceso en K y Na de las muestras 1a y 1b puede corresponder a una pequeña cantidad de sanidina (6,7 y 1,7 por 100, respectivamente). El que no exista suficiente cantidad de estos elementos para la formación de sanidina en las otras muestras no significa ausencia total de este mineral; en el estudio

TABLA VIII

Composición mineralógica (tanto por 100)

	1a	1b	2	3	4	5
Yeso.....	0,4	3,1	—	0,2	0,5	—
Jarosita.....	71,1	51,5	—	17,0	9,3	21,4
Alunita.....	—	—	83,1	61,6	76,1	48,2
Sanidina.....	6,7	1,7	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Cuarzo.....	+	+++	+	+	+	++

al microscopio petrográfico se encontró un contenido en sanidina muy bajo en dichas muestras, y hay que tener en cuenta que un 1 por 100 de este mineral representaría un exceso de elementos alcalinos menor de 0,003 átomos.

La razón Si:Al, una vez formada la sanidina, es en todas las muestras mayor de la unidad, lo que indica que juntamente con algunos silicatos lami-

nares de dudosa identificación puede existir Si en forma de cuarzo, en cantidades mayores en las muestras 1b y 5.

De las anteriores consideraciones, puede establecerse la composición mineralógica de las distintas muestras, prescindiendo de los silicatos laminares (tabla VIII), en la que el número de + expresa la cantidad relativa de cuarzo; las muestras 2, 3, 4 y 5 pueden contener una cantidad de sanidina menor de 1 por 100; como ya indicamos, la jarosita de las muestras 1a, 1b 3 y 5 es, en realidad, solución sólida de jarosita-alunita.

CONCLUSIONES

1.º Los materiales más intensamente alunitizados del Cerro de San Cristóbal, Mazarrón (Murcia), están constituidos principalmente por alunita y jarosita en un tanto por ciento global que oscila entre 51 y 85, acompañadas de cantidades menores de yeso, sanidina y cuarzo.

2.º Se comprueba la existencia de soluciones sólidas jarosita-alunita en las que el número de átomos de Al oscila entre 40 y 50 por 100. Sólo una de las muestras contiene jarosita sin Fe reemplazado por Al.

3.º Las alunitas de las distintas muestras no contienen Fe sustituyendo al Al.

4.º Tanto en las alunitas como en las jarositas y soluciones sólidas de jarosita y alunita, parte del K está reemplazado por Na, H₂O y Ca.

BIBLIOGRAFÍA

- BROPHY, G. P., SCOTT, E. S. y SNELGROVE, R. A.: *Sulfate studies II. Solid solution between alunite and jarosite*, «Am. Min.», 47, 112-126, 1962.
- HENDRICKS, S. B.: *The crystal structure of alunite and jarosites*, «Am. Min.», 22, 773-784, 1937.
- HOYOS, A. y ALÍAS, L. J.: *Mineralogía y génesis del yacimiento de alunita del Cerro de San Cristóbal, Mazarrón (Murcia). I. Difracción de Rayos X, análisis térmico diferencial y estudio microscópico de los materiales más alunitizados*. En Prensa, 1962.
- JARKOVSKÝ, J. H. y ČIČEL, B.: *Jarosite from Banská Béla*, «Geol. pracézpravy», 15, 155-158. («Chem. Abst.» 1959, 13.898i). 1959.
- KOLTHOFF, I. M. y SANDELL, E. B.: *Tratado de Química Analítica Cuantitativa*, edit. Níger Buenos Aires p. 881, 1943.
- KUBISZ, J. y MICHAŁEK, Z.: *Minerals of the oxidized zone of the merilite beds in the Carpathians*, «Bull. acad. polon. sci., chim., géol. et géograph.», 7, 765-771 («Chem. Abst.» 1960, 9.615e), 1959.
- KULP, J. L. y ADLER, H. H.: *Thermal study of jarosite*, «Am. Jour. Sci.», 248, 475-478, 1950.
- PARKER, R. L.: *Isomorphous substitution in natural and synthetic alunite*, «Am. Min.», 47, 127-136, 1962.

Recibido 3-VII-1962.

YVES PEYRE (1) (2)

EL «SUBBETICO CON JURASICO MARGOSO» O «SUBBETICO MERIDIONAL» COMO UNIDAD PALEOGEOGRAFICA Y TECTONICA DE LAS CORDILLERAS BÉTICAS

RESUMEN

Hace algunos años, la transversal situada sobre el meridiano de Málaga podía ser considerada como una de las mejor conocidas en el conjunto de las cordilleras béticas. Sin embargo, y gracias a nuevas investigaciones, han sido puestas en evidencia en esta zona series estratigráficas particulares. Si bien los autores anteriores no habían podido caracterizar dichas series, señalaron algunos de los caracteres que permiten, en espera de un estudio más completo, hacerse una idea sobre el área que ocupan.

Estas series constituyen una unidad paleogeográfica, por lo menos en lo que a los tiempos jurásicos se refiere; pero los datos sobre su extensión vertical, son aún poco numerosos para poder ampliar al Trias y al Cretáceo el esbozo paleogeográfico planteado para el Jurásico. Por el momento, este problema queda forzosamente sin solución.

Es probable que esta unidad paleogeográfica, constituya al mismo tiempo una unidad tectónica independiente; aunque por el momento esto no pueda ser asegurado, ya que es desconoce casi todo sobre su situación y su verdadero papel en el edificio de las Cordilleras béticas.

RÉSUMÉ

Dans les cordillères bétiques, la transversale axée sur le méridien de Malaga pouvait être considérée il y a quelques années comme l'une des mieux connues. C'est pourtant dans cette zone que des séries stratigraphiques particulières ont été mises en évidence à la suite d'études nouvelles. Si les auteurs antérieurs n'ont pu les caractériser ils ont noté quelques uns des caractères qui permettent, en attendant une étude plus complète, de se faire quelque idée sur l'extension de la zone qu'elles occupent.

Au moins en ce qui concerne les temps jurassiques ces séries constituent une unité paléogéographique distincte; mais les documents sont encore peu nombreux sur leur extension verticale. La paléogéographie ainsi esquissée au Jurassique est-elle aussi valable pour le Trias et le Cretacé? Ce problème n'a pas encore été résolu.

(1) Laboratorio de Geología del Institut National Agronomique de Paris y Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

(2) Traducido del original francés por B. García-Rodrigo.

Cette unité paléogéographique est-elle aussi une unité tectonique distincte? C'est probable mais tout ou presque reste encore à préciser sur sa place et son rôle dans l'édifice des Cordillères bétiques.

INTRODUCCIÓN

Una primera serie de estudios en la región situada al norte de Málaga, entre el macizo de los Montes de Málaga y la cuenca del Guadalquivir, me ha permitido aportar nuevos datos sobre la geología de este sector, no obstante haber sido escritos sobre la misma numerosos trabajos. Los hechos nuevos por mí observados y de mayor importancia, corresponden a una región que había sido dejada a un lado por mis predecesores. Este aparente olvido queda sin duda justificado por diversos motivos: de un lado la monotonía de estas colinas margosas cubiertas de olivares y de campos de trigo; quizás también, por la falta de suficientes vías de comunicación; pero sobre todo por la ausencia de microfósiles, salvo en los niveles inferiores del Jurásico. Tan sólo la paciente recolección de innumerables muestras, y el subsiguiente estudio en el laboratorio de sus microfácies y microfaunas, permite, gracias a las modernas técnicas impulsadas de la investigación petrolífera, dar a este sector su verdadero aspecto sobre el mapa.

Al N. y NW. de Archidona, entre la vía férrea de Bobadilla a Granada y el río Genil, abundan las margas y margocalizas entre las que destacan, aquí y allá, pequeños macizos calcáreo-dolomíticos, tales los del Pedroso, Arcas, y Cuevas Altas. Los geólogos de la Misión de Andalucía (1889, pl. III), señalan un Nummulítico sobre su mapa, en el lugar correspondiente a esta región. M. Blumenthal (1931), que la vió a distancia, piensa que esta región está integrada fundamentalmente por Cretáceo. Las únicas observaciones precisas de que disponemos, se deben a P. Fallot, quien en 1928 describe una fauna del Lías procedente de la Sierra del Pedroso (cf. infra). Efectivamente, en esta región el Lías cubre grandes extensiones.

I. LA SERIE DEL PEDROSO

El macizo del Pedroso está compuesto por calizas blancas, bien estratificadas en general. Al pie del macizo, sobre su borde oriental, aparecen sobre las anteriores, calizas de color crema, silicificadas y bastante fosilíferas localmente. En las proximidades de la carretera de Archidona a Villanueva de Tapia, P. Fallot (1928-1932), descubre una fauna caracterizada por Ammonites del género *Tropidoceras* que le confieren una edad Pliensbaquense inferior. Al SW. del macizo he encontrado la misma disposición de las capas, y faunas semejantes.

En la Sierra de Arcas, situada una docena de kilómetros al W. de la Sierra del Pedroso, se encuentra una serie análoga de calizas blancas seguidas de caliza con sílex. En el límite entre ambas formaciones existe un nivel bastante delgado con amonites silicificados, bien visibles en el corte de la carretera de Villanueva de Algaidas a la estación de Archidona; debido a su posición, se trata probablemente del mismo nivel fosilífero que el del Pedroso. En este mismo corte, a la altura del kilómetro 11, en la serie de las calizas con sílex que, hacia arriba, se enriquecen paulatinamente en margas, una capa endurecida con amonites mal conservados ha permitido datar el Domerense inferior.

Más al Norte ha sido localizado un nivel estratigráficamente más alto, en el kilómetro 24,2 de la carretera de Villanueva de Algaidas a Cuevas de San Marcos. En este lugar, una pequeña cantera corta las calizas arcillosas azuladas, con pátina pardusca, que muestran frecuentemente lamelibranquios y belemnites silicificados. La serie, que en este punto buza al Norte, parece bastante espesa. En dicho lugar he encontrado huellas de amonites en mal estado, que han permitido identificar la parte final del Domerense. El mismo nivel ha sido hallado unos tres kilómetros al NW. de este punto, al pie de la cota 601, llamada Montenegro.

En los alrededores del macizo del Pedroso han podido ser localizados niveles más elevados. En el kilómetro 10 de la carretera de Archidona a Villanueva de Tapia, afloran bancos de calizas blancas con pátina amarillenta, bastante margosas, y cuya facies recuerda mucho la del Cretácico medio de los alrededores de Estepa. La formación, de unos 20 metros de potencia, corresponde al Aalenense medio (zona con *I. opalinum*), y constituye un excelente nivel-guía estratigráfico. Si bien su espesor es reducido (alrededor de 20 m.), su facies y la presencia constante de Ammonites, permiten distinguirla sin confusión. La he encontrado, además, en numerosos puntos alrededor del macizo.

Sobre el Aalenense medio blanco, se encuentra en general un nivel poco espeso de margas rojas acompañadas de capas calcáreas. Al S. del Pedroso (E. del Cortijo del Endrinar), estas margas parecen pasar lateralmente a una caliza nodulosa del tipo de «falsa brecha», de color violáceo, bastante margosa, donde se ha recogido una fauna que data la parte superior del Aalenense.

La serie liásica se continúa por una espesa serie margosa, bien visible en las vertientes meridionales de las Sierras de Arcas y del Pedroso, donde se halla cortada por el ferrocarril de Bobadilla a Granada, y por diferentes carreteras y caminos. Dicha serie se extiende hasta la Sierra de Archidona, y se la vuelve a encontrar en las proximidades de Villanueva de Tapia. Se trata de margas de tonos claros, blanquecinas, amarillentas, rosadas. En los niveles más bajos se observan abundantes lechos de radiolari-

tas, y algunos de calizas en microbrechas que apenas contienen otra cosa que Radiolarios y esos organismos enigmáticos («filamentos» *auctorum*), que, con dudas, pueden ser considerados como pequeños Lamelibranquios. El único argumento que permite datar la serie que nos ocupa, como correspondiente al Dogger, es el de la posición estratigráfica.

En los niveles más altos se encuentran, en el seno de formaciones margosas frecuentemente de color rojizo, bancos de calizas en microbrechas, a menudo muy ricas en *Aptychus*, que el Sr. Durand Delga ha tenido la amabilidad de estudiar.

A lo largo de la vía férrea de Bobadilla a Granada, las asociaciones de *Aptychus* han permitido caracterizar el Jurásico superior.

Kilómetro 37,2 *Lamellaptychus* gr. *aplanatus*.

L. gr. *beyrichi*.

Punctaphychus gr. *punctatus*.

Kilómetro 38,5 *L.* cf. *bourdети*.

L. gr. *beyrichi*.

Los bancos inmediatos de microconglomerado muestran, en lámina delgada, las calpionelas del Titónico superior-Berriasense.

La base del Cretáceo presenta la misma facies de margas calcáreas, frecuentemente de color rojizo. Aquí, también los *Aptychus* han servido de guía, y el Hauterivense-Barremense ha podido ser datado gracias a:

L. gr. *atlanticus*.

L. gr. *angulicostatus*.

L. vecino de *angulicostatus*.

En lo que se refiere a pisos más recientes, faltan datos en el momento actual de este estudio. Sin embargo, debe señalarse que, al Oeste de la Sierra del Pedroso, han sido halladas las margocalizas claras con facies idéntica y los mismos innumerables *Nannoconus*, que el Barremense de Estepa (Y. Peyre, 1958).

Conclusiones sobre la serie del Pedroso

Los principales caracteres estratigráficos que se desprenden de la descripción precedente, son los siguientes:

- 1) Continuidad desde el Lías inferior hasta el Cretáceo.
- 2) Presencia, en la base de la serie, de niveles calizos.
- 3) Importancia de las formaciones margosas, a partir del Pliensbaquense; las cuales se hacen rápidamente predominantes, continuándose hasta el Cretáceo inclusive.
- 4) Ausencia en el Jurásico superior, de niveles de falsas brechas del

tipo «Knollenkalk». Si bien éste es un hecho negativo, no por esta razón es menos importante; ya que tales niveles se encuentran abundantemente extendidos, tanto al Norte como al Sur, y pueden ser considerados entre los más característicos, lo que les hace fácilmente localizables, a la observación menos atenta.

Debo subrayar, no obstante, que estos caracteres a los que actualmente califico de esenciales, pueden ser discutidos el día en que el desarrollo de las investigaciones rellene las lagunas actualmente existentes en este conocimiento.

La continuidad en la sedimentación, que ha sido puesta de relieve, bien podría ser más aparente que real, debido al hecho de que es difícil distinguir claramente en las formaciones margosas las lagunas o las interrupciones de la sedimentación. En la región del Pedroso existen ciertos indicios a este respecto, de los que aún no me es posible deducir conclusión definitiva en tal sentido.

Como sólo poseo ciertos datos fragmentarios y aislados, no puedo aún tratar del Cretáceo de esta zona.

Por último, creo que debe insistirse en el estudio de los niveles inferiores de la serie.

II. LAS SERIES PRÓXIMAS

En las inmediaciones de la Sierra del Pedroso, al S. y SE de la misma, se sitúan dos macizos de importancia diferente, los cuales presentan sendas series comparables a la del Pedroso. Se trata de la Sierra de Archidona, y de la Sierrecilla de Salinas.

A) La Sierra de Archidona

Es un macizo aislado, de naturaleza caliza, con las laderas abruptas, y que ofrece a primera vista el aspecto de un anticlinal con la bóveda hundida. No lo he estudiado todavía en detalle, por lo cual me veo obligado a atenerme a las observaciones de M. Blumenthal (1931, p. 29). A pesar de que las observaciones locales, resultan un tanto confusas, el autor logra extraer algunos caracteres esenciales, que resumo.

La Sierra de Archidona está constituida por calizas y margocalizas que M. Blumenthal agrupa en varias series, pero que atribuye en conjunto al Lías. Los niveles más elevados que ha podido observar, pertenecen al Toarcense (Toarcense inferior y medio, margoso, en el núcleo de sierra; Toarcense superior, calizo margoso, en su flanco NW.).

Esta descripción resulta muy imprecisa; pero la existencia de niveles

calizos seguidos de un Toarcense margoso, y la superposición directa, según Blumenthal, del «Cretácico» al Lías superior, son caracteres que asemejan esta serie a la del Pedroso.

El Cretáceo del contorno de la sierra de Archidona, merece que se le dedique una cierta atención. He aquí lo que dice Blumenthal (1931, p. 34):

«En las suaves colinas que se alargan al NW. de la Sierra de Archidona..., los afloramientos naturales poco numerosos, descubren las margas y margo-calizas del Cretáceo, las cuales se presentan en su aspecto corriente de las cadenas subbéticas, y que es el mismo bajo en el que se hallan representadas en la Penibética. Se trata de una alternancia de calizas de grano muy fino y de color blanco mate, con margas claras; el tono de la formación, pasa con frecuencia al blanco verdoso, debido a delgadas hojillas arcillosas; no son raras las margas o margo-calizas rosadas. Intercalados entre estos depósitos se encuentran capas de facies más detríticas (brechas finas o de elementos medianos y bancos de arenisca): algunos bancos más macizos se asemejan a las calizas jurásicas; como de ordinario, se encuentra sílex, la cual se concentra sobre todo en las calizas inferiores...

»Si se exceptúan algunos belemnites indeterminables, el Cretáceo de la comarca no ha suministrado más que *Aptychus*, los cuales se encuentran con bastante frecuencia en las capas inferiores, ricas en sílex... Aunque las formas sean mediocres, bastan para indicar de un modo general el Neocomiense inferior, Valanginense-Hauterivense.»

Esta región, situada entre las sierras de Archidona y del Pedroso, es la misma que ha mostrado una serie en la que, aparte el Cretáceo, se ha revelado la existencia de Lías superior y de Jurásico medio y superior, todo ello representado por materiales con facies margosas. La sucesión aparente, Lías calizo, Lías margoso, Cretáceo, comprende de hecho una serie mucho más completa.

Es, por el contrario, un pequeño afloramiento calizo muy poco importante, rodeado por las margas abigarradas del Lías. Las observaciones de los geólogos de la Misión de Andalucía y de M. Blumenthal, todos los cuales se han detenido en este rincón, son de un gran interés. El macizo está compuesto por calizas blancas, macizas, cristalinas, con pátina clara, las cuales soportan una formación más margosa que se enriquece en sílex. Los últimos bancos de caliza compacta emplazados sobre el flanco oeste de la Sierrecilla, me han suministrado una fauna correspondiente a la parte alta del Domerense (zona del *Dactylioceras tenuicostatus*) (G. Dubar y otros... 1960). La fauna descrita por la Misión de Andalucía y que M. Blumenthal no pudo encontrar, es de una edad vecina, posiblemente algo menos elevada desde el punto de vista estratigráfico. Por encima, y más allá de las formaciones calizomargosas con sílex, se sitúan las margas que Blumenthal atribuyó al Cretáceo, pero que corresponden, sin duda, al conjunto margoso jurásico-cretáceo del flanco sur del Pedroso.

Esta serie, realiza un esquema análogo a la del Pedroso, con esta diferencia: que la masa calcárea se eleva más en la serie liásica. Lo mismo parece suceder también en Archidona.

Al lado de esta serie, que he denominado del Pedroso, se pueden estudiar aquellas que se presentan más al Norte y al Sur, y en las que he efectuado observaciones en ciertos puntos.

III. LA SERIE DE ESTEPA

Al Norte, en la región de Estepa, la serie reconstruída a través del estudio de las pequeñas sierras que constituyen este macizo, se establece como sigue, de abajo arriba:

1. Masas bastante importantes de dolomías, atribuídas sin absoluta seguridad al Lías inferior.

2. Una serie de calizas (200-300 m.), más o menos bien estratificadas, frecuentemente oolítica, ricas en *Encrinus* y en braquiópodos, las cuales han permitido reconocer muchos niveles, desde el Lías inferior al Aalenense medio.

3. Calizas oolíticas, bien estratificadas, las cuales admiten hiladas de calizas rojas; la más antigua ha sido datada como Bajocense medio, gracias a los braquiópodos asociados a numerosos *encrinus*: las restantes presentan una facies de caliza nodulosa roja, conocida con el nombre de «falsa brecha» o «facies andaluza». Estas hiladas de caliza nodulosa son extraordinariamente fosilíferas, sobre todo en cefalópodos; hacen su aparición en el Argoviense, y se las vuelve a encontrar en el Titónico y en el Berriasense, definidas gracias a las calpionelas.

4. Una potente serie margosa, que hacia arriba se enriquece en margo-calizas. Las faunas de Ammonites señalan para estos materiales una edad Hauterivense-Barremense. Esta serie es muy rica en *Nannoconus* (Y. Peyre, 1958).

5. La serie margocaliza se continúa sin cambios apreciables de facies durante el Cretáceo medio (Vraconense-Cenomanense), identificado gracias a las microfaunas y también a algunos cefalópodos.

6. El Cretáceo superior vuelve a hacerse más margoso; tan sólo las microfaunas han permitido aclarar la estratigrafía. A partir del Turonense, aparecen las margas rosa-salmón características.

7. El paso del Cretáceo al Eoceno, que tiene grandes probabilidades de estar representado en esta región, aún no ha podido ser hallado.

IV. LAS SERIES MERIDIONALES

Los estudios realizados al Sur, lo han sido principalmente en las sierras del Valle de Abdalagis. En la peña de Castellones se encuentra la siguiente serie:

1. Unos 50 metros de potencia de dolomías, que probablemente pertenecen al Lías inferior (base «retiense?»).

2. Calizas poco potentes (unos 30 m.); su base se halla señalada por un conglomerado de 3 m. de espesor, con elementos dolomíticos. Un poco más arriba del conglomerado, la caliza, rica en *encrinus*, ha suministrado una fauna de ammonites y braquiópodos de edad Pliensbaquense (G. Dubar y otros, 1960).

2' Algunos metros de calizas con sílex.

2'' Menos de diez metros de margas calcáreas bastante areniscosas.

3. Una masa importante de calizas bien estratificadas, en la cual han sido señalados el Batonense (por la Misión de Andaluía) y el Calloviense (unos 150 m.), y que se termina por un nivel de calizas nodulosas claras, que pertenecen al Titónico superior-Berriasense, datado por calpionelas.

En la sierra vecina y más septentrional, la Sierra de Huma, la serie del Jurásico superior es más espesa y más variada: incluidos en una masa importante de calizas oolíticas, aparecen lentejones de caliza nodulosa roja del tipo de «falsa brecha». Existen muchas hiladas de ella, y la primera de ellas ha sido atribuida al Argoviense, debido a las faunas de ammonites. Se vuelve a encontrar el nivel de falsas brechas claras del Titónico superior-Berriasense, datado gracias a las calpionelas. A continuación se encuentra:

4. Un espesor variable de margocalizas y calizas margosas, ricas en *Nannoconus*, del Cretáceo inferior.

5. El Cretáceo medio, que se halla inmediatamente encima (M. Durand Delga y otros, 1959), está constituido por formaciones siempre de muy pequeño espesor, pero cuyas facies son muy variables. Es transgresivo sobre el Cretáceo inferior, e incluso en ocasiones, sobre las calizas jurásico-berriasenses. En la vecina sierra, y homóloga, del Torcal, la base del Cretáceo medio da lugar a que se desarrolle un karst, semejante al del Palo de Málaga.

6. Potente formación de margocalizas blancas y rojo-salmón, las cuales suceden el Cretáceo medio, encontrándose esta misma facies hasta el Eoceno inferior.

Esta última serie posee un Jurásico comparable al de Estepa: en particular se observa que se hallan las mismas hiladas de calizas nodulosas rojas, en el Jurásico superior. Por el contrario, las formaciones cretáceas son netamente distintas.

V. INDIVIDUALIZACIÓN DE UNA UNIDAD PALEOGEOGRÁFICA

Las series centrales (Pedroso) presentan algunos caracteres opuestos a los que se encuentran tanto en las series septentrionales (Estepa) como en las series meridionales (Valle de Abdalagis). Los cuales son:

1. Ambulancia, a partir del Lías y durante todo el Jurásico, de formaciones margosas.

2. Ausencia de la facies «falsa brecha» en el Jurásico superior, en particular en el Titónico.

Estos dos caracteres principales constituyen la base sobre la cual se establece esta nueva unidad paleogeográfica, la cual será llamada provisionalmente «Subbético meridional» o Subbético con Jurásico margoso.

Dichos caracteres son aquellos que aparecen con mayor relieve en el momento actual de los estudios. Pero se debe tener en cuenta, que estas series son conocidas tan sólo de un modo parcial y sin profundizar en los detalles. Los niveles más inferiores aún no han sido estudiados; y en cuanto al Cretáceo y Terciario de estas zonas, son pocos los datos que poseo sobre sus materiales. En cambio, a los conglomerados de la serie jurásica y a los indicios de transgresión, sólo puede decirse que han sido reconocidos, sin que puedan, por el momento, ser descritos e interpretados. Por tanto, se hace patente la necesidad de completar el esquema aquí presentado, mediante estudios más cuidadosos.

VI. EXTENSIÓN DEL «SUBBÉTICO SUR»

Esta unidad se extiende, sobre la transversal de Málaga, en la región de las sierras de Pedroso, Arcas, Cuevas Altas, donde como se acaba de ver ha sido definida. Se encuentra igualmente más al Oeste (Sierras de La Camorra, del Humilladero, de los Caballos), tal como he podido observar. La Sierrecilla de Salinas y la Sierra de Archidona, situadas al SE., deben ser incluidas en esta unidad.

Por lo que respecta al resto de las Cordilleras Béticas, no se dispone todavía de los resultados de los trabajos emprendidos en numerosas zonas; pero las observaciones, ya antiguas, de M. Blumenthal, suministran algunos preciosos indicios.

Aunque este autor señaló como pertenecientes al Cretáceo, los sedimentos margosos flanquean por el NW. la Sierra de Archidona, no fue sin notar algunos de los caracteres particulares de esta serie, la cual imita de un modo extraño el Cretáceo del Subbético de Estepa.

Al Oeste del Macizo del Gibalto, situado a una decena de kilómetros al SE de Archidona, describe Blumenthal y señala sobre su mapa, un Cretáceo que compara precisamente al «Cretáceo de Archidona»: pero falta com-

probar en el campo, si este «Cretáceo», comporta toda la serie margosa jurásica, tal como sucede en el Pedroso. Por el contrario, a algunos kilómetros al Este de Antequera, en la fábrica de azúcar «San José», lo que para Blumenthal constituye un Cretáceo del mismo tipo que el de Archidona, es realmente un Jurásico, probablemente medio, idéntico al de la vertiente sur de Pedroso. Tal ha podido ser comprobado, merced al estudio al microscopio de reparaciones con abundantes radiolarios y conchas de moluscos lamelibranquios («filaments» *auctorum*).

Aún se pueden ampliar los límites de esta unidad si abandonamos la transversal de Málaga y, en espera de nuevas observaciones en el campo, incorporamos a la citada unidad la ancha faja de terrenos jurásicos señalados ya por la Misión de Andalucía. Dichos terrenos, señalados en los mapas a escala 1:1.000.000 como pertenecientes al Lias y el Cretáceo, se sitúan al norte de la depresión de Granada-Loja y de la Sierra de Arana.

Hacia el Oeste, donde los terrenos se hallan mucho más dislocados, la incertidumbre se acentúa: pero según los datos de Blumenthal, y sus frecuentes referencias a la región de Archidona, permitirían atribuir al «Subbético meridional» la Sierra del Tablón, así como las del Pinar y de Zafalgar, al norte del Corredor de Boyar, en la provincia de Cádiz.

En todos los casos, las series parecen incompletas: el Jurásico superior prácticamente no existe, y el Cretáceo margoso parece superponerse a un Lias superior, margoso a su vez.

CONCLUSIÓN

La síntesis clásica de las Cordilleras Béticas, mediante la cual P. Fallot había señalado el avance de sus propios trabajos y los de M. Blumenthal, está siendo desde hace algunos años, si no puesta en duda, sí al menos revisada en ciertos puntos. Lo anteriormente expuesto, siempre dentro del marco clásico, no pretende más que constituir uno de los materiales que contribuirán a edificar una nueva síntesis.

BIBLIOGRAFIA

- BERTRAND, M. y KILIAN, W. (1889): *Etudes sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et de Malaga*. In *Mission d'Andalousie*, «Mémoires Acad. des Sciences Paris», tomo XXX.
- BLUMENTHAL, M. (1931): *Géologie des chaînes pénibétiques et subbétiques entre Antequera et Loja et les zones limitrophes (Andalousie)*. «Bull. Soc. Géol. de France». (5). I. págs. 23-94.
- DUBAR, G., PEYRE, N. y Y. (1960): *Observations nouvelles sur le Jurassique inférieur et moyen dans les Cordillères bétiques sur la transversale de Malaga*, «Bull. Soc. Géol. de France», (7). II. p. 330-339.
- DURAND DELGA, M., MAGNE, J. y PEYRE, Y. (1959): *Découverte du Crétacé moyen dans le Bé-*

tique Malaga et Pénibétique d'Antequera (Andalousie), «C. R. Ac. Sciences», tomo 249, páginas 2796-2798.

FALLOT, P. (1928): *Sur des gisements de Lias*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XXVIII, páginas 105-110.

FALLOT, P. (1932): *Essais sur la répartition des terrains secondaires et tertiaires dans le domaine des Alpes Espagnoles, II: Le Lias*. «Géologie de la Méditerranée occidentale», vol. IV, número I (parte II).

PEYRE, Y. (1958): *Premières observations sur le Crétacé de la région d'Estepa (Andalousie)*, «C. R. Ac. Sciences», tomo 246, págs. 2137-2139.

Recibido 3-VII-1962.

LAMORAL U. DE SITER

EL PRECAMBRIANO DE LA CADENA CANTABRICA (1)

La excelente descripción de la serie paleozoica antigua de la cadena cantábrica meridional por Pierre Comte, recientemente publicada (2), nos da detalles de la sucesión estratigráfica desde el Cambriano hasta el Visense. Desde hace varios años, la escuela de Leiden se ha ocupado de la cartografía detallada de este territorio, y la estratigrafía establecida por Comte, sobre todo la del Paleozoico inferior no nos ha sorprendido. El Cambriano es datado principalmente por los trilobites del Acadiense, presentes en las grietas rojas llamadas de «Láncara». Debajo de estas grietas se encuentran primero dolomías y calizas, después una potente serie de arenisca cuarcífera, llamada arenisca de Herrería, con algunos Trilobites, que representan al Georgiense (3). Hasta ahora la base de esta arenisca de Herrería era desconocida en la región de León. Comte calcula su espesor en más de 1.400 metros, pero la sección estudiada por él presenta ciertamente repeticiones tectónicas.

Nuestra cartografía provisional del terreno alrededor del lago de Los Barrios de Luna nos ha demostrado de una manera cierta que la base de esta arenisca reposa en discordancia muy clara sobre una serie de pizarras o esquistos no metamórficos, probablemente idénticos a los observados por Lotze en el valle del Narcea, que se pueden dar como representantes del Precambriano superior. El espesor de la arenisca de Herrería parece no pasar de los 800 metros.

Dos excelentes afloramientos de esta discordancia se encuentran a lo largo de la carretera de Magdalena a Los Barrios de Luna, cerca del kilómetro 4, pasado la Magdalena (Hoja núm. 102). Mejor aún, es un afloramiento frente al pueblo de Irede, en una pequeña garganta, y otro alrededor de 1.5 kilómetro al N. de los pueblos de Curueña y La Urz, al S. de la Sierra

(1) Traducción del francés por María Concepción López de Azcona Fraile, Doctora en Ciencias Geológicas. Del «C. R. de la Soc. Geol. de F.», 1961, fase 9.ª, pág. 253.

(2) COMTE, P. «Mem. Inst. Geol. y Miner. de España», tomo LX (1959).

(3) LOTZE, F.: «Zur Stratigraphie des spanischen Kambriums. Geologie», Bd. 7 (1958), página 727-750.

de la Filera (Hoja núm. 102). Podrá fácilmente seguirse este contacto hacia el Oeste probablemente en una gran distancia. Todos estos afloramientos tienen los mismos caracteres.

La base de la arenisca de Herrería consiste en un microconglomerado cuarífero de un espesor de 40 centímetros a un metro (cantos hasta de un centímetro de diámetro), reposando en discordancia angular (hasta 90°), sobre las pizarras negras o gris oscuro. Los 5 ó 10 metros superiores de estas pizarras han sido decolorados en rojo-violeta por una descomposición pre Herrería, formando así una banda roja que se puede seguir fácilmente sobre el terreno cuando la vegetación no es muy espesa. Las pizarras precambrianas tienen una exfoliación (esquistosidad) bien desarrollada, haciendo un ángulo variable con la estratificación, y que se muestra como exfoliación de plano axial en los pliegues del afloramiento, más abajo del kilómetro 4 en la carretera de Magdalena. En tres de los afloramientos (el de Irede es excepción), la arenisca de Herrería tiene una posición vertical, y las pizarras precambrianas tienen una inclinación débil, o están más fuertemente plegadas. La superficie inferior del conglomerado de base de las areniscas de Herrería muestra los caracteres típicos de una discordancia, es una superficie globulosa y muy irregular.

Es interesante notar que el afloramiento de las pizarras precambrianas, con una anchura de cerca de dos kilómetros, se encuentra entre dos discordancias: en el Sur, la de la cuenca estefaniense de Magdalena, y en el Norte, la de las areniscas de Herrería. Sería interesante seguir hacia el Oeste el desarrollo de este Precambriano, que está representado, en el Mapa Geológico del 400.000 (Hoja de León), como Siluriano.

Recibido 11-VII-1962.

JACQUES PAQUET (*)

OBSERVACIONES GEOLOGICAS EN LA LOMA DE SOLANA (SUR DE CEHEGIN, PROVINCIA DE MURCIA)

R E S U M E N

El autor estudia los diferentes términos estratigráficos de la Sierra de la Peña Rubia y de la Sierra de Quipar. Numerosas determinaciones paleontológicas permiten precisar ciertos pisos: presencia verosímil de un Dogger con sílex, paso progresivo del Titónico al Neocomiense con cambio del tipo de sedimentación, que de caliza en el Jurásico pasa a margas en el Berriasiense; el Aptense no ha podido ser definido de manera segura. El Albense aparece bajo forma de margas azules micáceas con una fauna de Ammonites piritosos.

Estas dos sierras son estudiadas en detalle desde el punto de vista estructural. Sobre el Trias basal que constituye en el Norte el frente de cabalgamiento de la Subbética sobre la Prebética, reposan dos unidades en las que las series estratigráficas difieren poco. La unidad de Cehegin, constituida de Cretáceo inferior (Barremiense) al N. de la Peña Rubia, de Cretáceo superior al E. se enriquece de su Jurásico hacia el SW. Esta unidad reposa sobre el Trias basal (Trias del valle del Río Burete). Viene después otra unidad, la Unidad de la Loma de Solana, constituida de terrenos que van del Lias inferior dolomítico al Oligoceno margoso. En una hipótesis, el autor enlaza el Campanario y la Sierrécica de las Cabras (dolomías grises del Lias inferior) con la serie de Quipar.

S O M M A I R E

L'auteur étudie les différents termes stratigraphiques de la Sierra de la Peña Rubia et de la Sierra de Quipar. De nombreuses déterminations paléontologiques permettent de préciser certains étages: présence vraisemblable d'un Dogger à sílex, passage progressif du Tihonique au Néocomien avec changement du type de sédimentation qui de calcaire au Jurassique devient marneuse dès le Berriasien, l'Aptien n'a pu être défini de façon certaine. L'Albien lui est sous forme de marnes bleues micacées avec une faune d'Ammonites pyriteuses.

Ces deux Sierras sont étudiées en détail du point de vue structural. Sur le Trias basal qui constitue au N. le front de chevauchement du Subbétique sur le Prébetique, reposent deux unités dont les séries stratigraphiques diffèrent peu. Tout d'abord, l'unité

(*) Traducción del francés por María Concepción López de Azcona Fraile, Doctora en Ciencias Geológicas.

de Cehegin constituée de Crétacé inférieur (Barrémien au N. de la Peña Rubia, de Crétacé supérieur à l'E. s'enrichit de son Jurassique vers le SW. Cette unité repose sur le Trias basal (Trias de la vallée du Rio Burete). Vient ensuite une autre unité, l'Unité de la Loma de Solana constituée de terrains allant du Lias inférieur dolomitique à l'Oligocène marneux. Dans une hypothèse, l'auteur relie le Campanario et la Sierrecica de las Cabras (dolomies grises du Lias inférieur) à la série de Quipar.

La estratigrafía de las Sierras de la Peña Rubia, al S. de Cehegin y de su prolongación meridional, la Sierra de Quipar, ha sido ya objeto de estudios minuciosos (ver bibliografía). Estas sierras pertenecen a un vasto sinclinal, la Loma de Solana, y soporta los terrenos que van del Lias inferior al Oligoceno (ver fig. 1).

Al W. de este sinclinal, los potentes relieves de la Sierra del Buitre dominan el pueblo de Caravaca y la llanura del río Argos que ocupa el fondo de la Loma de Solana. Las relaciones tectónicas entre la Unidad de la Loma de Solana y las unidades del Buitre están aún mal definidas.

En el N., cerca de Cehegin, los relieves jurásicos de la Sierra de la Peña Rubia forman el flanco sur del valle del río Argos que, corriendo de W. a E., cambia de dirección al nivel de Cehegin, para dirigirse hacia el N. E. Al pie de la Peña Rubia, una línea de contacto anormal está jalonada por un «filón» de Trias margoso y yesífero que se puede seguir de una manera bastante continua hacia el Sur (hacia la Sierra de Quipar). Al nivel del cementerio de Cehegin, las dolomías acompañan estas margas triásicas; ocupan una posición cabalgante sobre las calizas blancas con *Globotruncana* del Cretáceo superior. Debajo de la Unidad de la Loma de Solana (Sierras de la Peña Rubia y de Quipar), aparece una unidad con material cretáceo que se puede seguir hacia el SW. Lo trataremos después.

Hacia el E., la Sierra de Quipar (flanco E. del sinclinal de la Loma de Solana) domina la vasta depresión triásica de Burete, que la separa de los relieves jurásicos de la Sierra de Burete.

ESTRATIGRAFÍA (1)

Los estudios minuciosos de R. Nicklés (1896-1904), de Jiménez de Cisneros (1911-1918) y de P. Fallot (1931-1945), han permitido diferenciar numerosos pisos. Antes de estudiar los diferentes términos, se debe hacer notar que se siguen con mucha dificultad, en la Sierra de Quipar, los lechos definidos paleontológicamente en la Sierra de la Peña Rubia.

(1) Los Ammonites han sido amablemente determinados por R. Enay los del Jurásico y por R. Busnardó los del Cretáceo inferior (Facultad de Ciencias, Lyon, Francia).

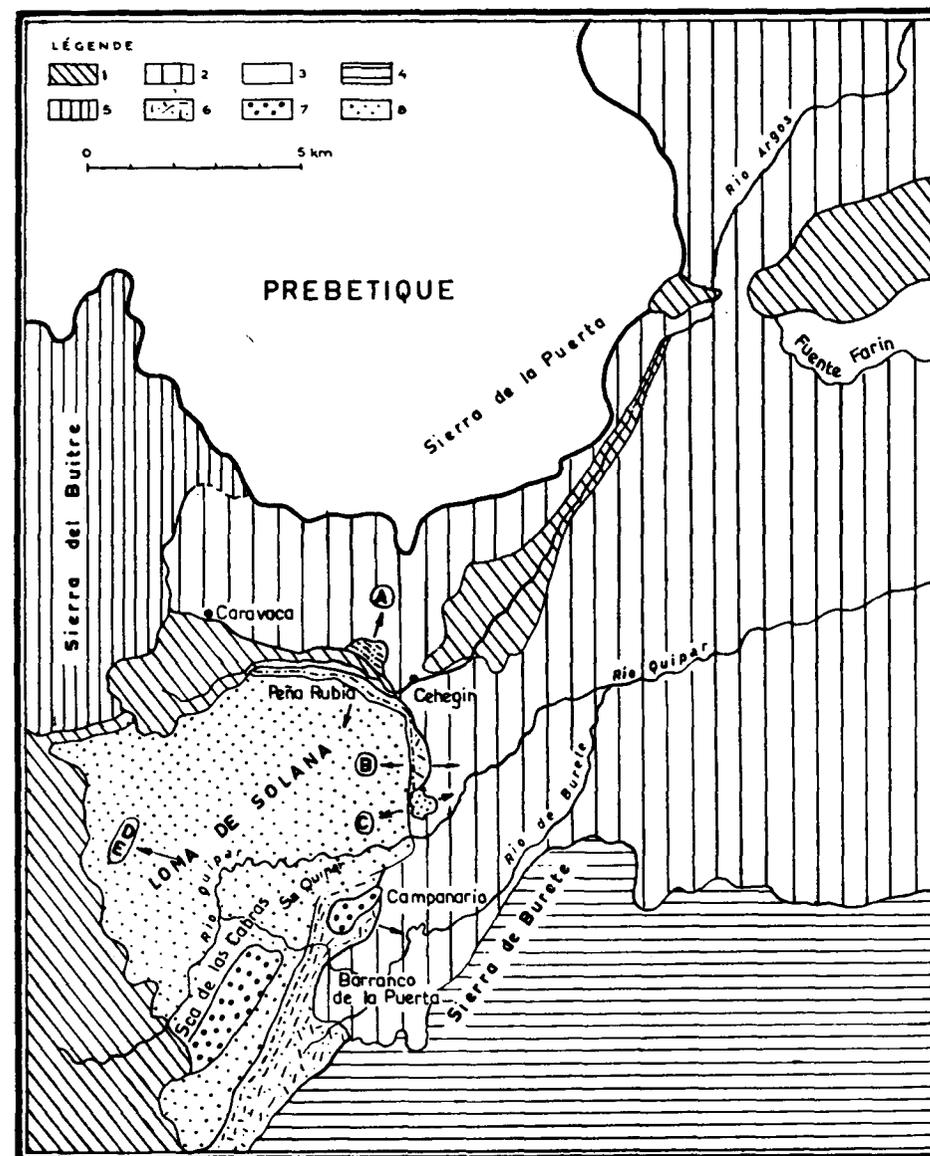


Fig. 1.—Bosquejo geológico de la región de Cehegin (provincia de Murcia).

Interpretación: 1. aluviones y terrenos post-orogénicos; 2. Trias basal; 3. Prebética; 4. Sierra de Burete; 5. unidades del Buitre; 6. unidad de Cehegin; 7. macizos de dolomía liásica del Campanario y de la Sierrecica de las Cabras; 8. unidad de la Loma de Solana.

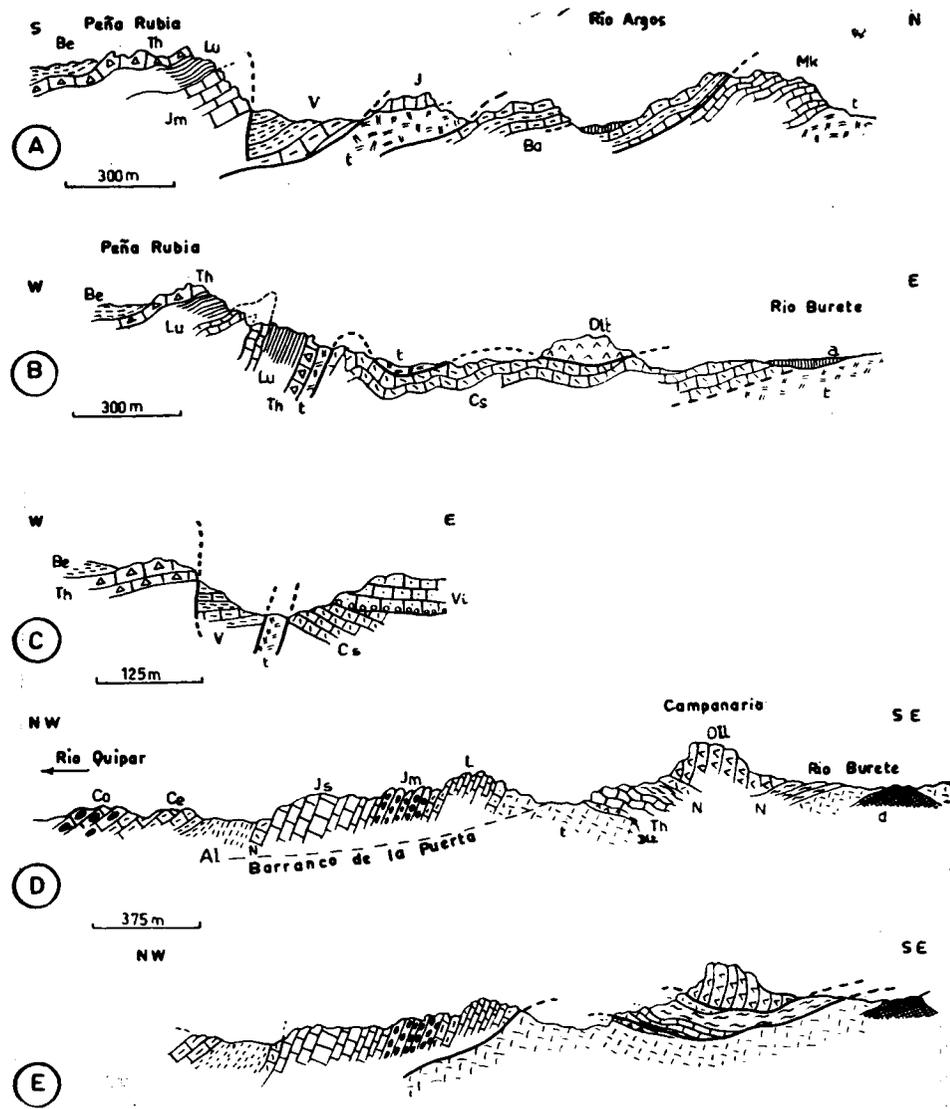


Fig. 2.—Corte A: Norte de la Sierra de la Peña Rubia. Ba: Barremiense; V: Valanginiense; Be: Berriasiense; Th: Titónico; Lu: Lusitaniense; J: Jurásico indeterminado; Mk: Muschelkalk; t: Trias margoso.—Corte B: Este de la Sierra de la Peña Rubia, al nivel del cementerio de Celhegin. a: aluviones; Cs: Cretáceo superior; Be: Berriasiense; Th: Titónico; Lu: Lusitaniense; Dll: Dolomía triásica; t: Trias margoso.—Corte C: Confluencia del Barranco de Cañada Lengua y del Río Quípar. Vi: Vindoboniense; Cs: Cretáceo superior; V: Valanginiense; Be: Berriasiense; Th: Titónico.—Corte D: Barranco de la Puerta. Co: Coniaciense; Ce: Cenomanense; Al: Albense; N: Neocomiense; Js: Jurásico superior; Jm: Jurásico medio; L: Lías calizo; Dll: Dolomía triásica; Dll: Dolomía triásica; t: Trias margoso; d: Dolerita.—Corte E: Intento de interpretación del corte D.

Lías

La base de la serie jurásica es visible al N. de la Sierra de Quípar. Son dolomías grises y masivas. Reposan en contacto anormal sobre el Triás abigarrado (margas coloreadas yesíferas del valle del río Burete). En continuidad con estas dolomías, se observan calizas grises en potentes bancos atribuidas al Lías inferior.

Al N., en la Sierra de la Peña Rubia, los primeros términos observables son las calizas gris-herrumbre ligeramente arenosas. El techo de esta formación está destacado por una superficie endurecida ferruginosa. Además, una fauna de Braquiópodos indica la zona con *Amaltheus margaritatus* (P. Fallot, 1931), estas calizas suministraron *Harpoceras subplanulatum* Opp., forma del Toarciense inferior y medio.

Lías superior-Jurásico medio

La Sierra de la Peña Rubia revela en seguida una serie bien estratificada y monótona de margas y margo-calizas (escasos Ammonites) representan el Aalenense (?) y el Dogger (P. Fallot, 1931). Esta atribución no puede ser confirmada por ninguna prueba paleontológica. Al Dogger hace seguir el Lusitaniense bajo forma de lechos nodulosos rojos con Ammonites.

En la Sierra de Quípar, el Barranco de la Puerta (ver fig. 2, corte D) ofrece un corte diferente de este Lías superior y de este Dogger. Sobre un Triás yesífero (t), reposan, en contacto anormal, las calizas grises con puntos negros (Lías inferior) a las que siguen las calizas (L) rosas o grises en bancos (Lías superior). Sobre estas formaciones reposa una alternancia de calizas margosas rojo-violeta y calizas del mismo color con lechos muy importantes de sílex de color crema. Pude recoger en la parte alta de estos lechos: *Lytoceras tripartitum* (Raspail) y *Phylloceras cf. hommairei* (D'Orb.), fauna indicadora del Bajociense superior o del Bathoniense inferior. En la Sierra de la Peña Rubia, no se encuentran trazas de estos lechos con sílex. Por otra parte, los lechos nodulosos lusitanienses de la Peña Rubia corresponderían a la base de las calizas compactas superiores de la Sierra de Quípar.

En la Sierra de Ricote, al E. del sector estudiado, J. M. Ríos y A. Almela (1954), han puesto en evidencia un Jurásico inferior, compuesto de calizas margosas con sílex que pasa insensiblemente, hacia la base, a las calizas del Lías. Este Jurásico inferior está separado de un Jurásico superior por un nivel de radiolarites. El Lías superior y el Jurásico medio con sílex de la Sierra de Quípar puede ser a primera vista, semejante a los niveles inferiores definidos por J. M. Ríos y A. Almela.

Oxfordiense

Son las calizas compactas gris-descolorido (Sierra de la Peña Rubia).

Lusitaniense inferior y medio

Son calizas nodulosas rojas con Ammonites (ver las determinaciones paleontológicas en P. Fallot, 1931). En la Sierra de Quipar, el carácter noduloso se atenúa y el Lusitaniense inferior y medio está representado por las calizas compactas rosas soportando un nivel noduloso en la base.

Lusitaniense superior y Kimmeridgiense

Son calizas compactas en bancos, pobres en fósiles.

Titónico

En las Sierras de la Peña Rubia y de Quipar, el Titónico mantiene de una manera constante la facies llamada «andalou». Son calizas rojas más o menos nodulosas y brechosas con *Calpionella alpina* Lorenz, *C. elliptica* Cadisch. P. Fallot (1931) ha descrito una fauna rica en la Peña Rubia. Pude igualmente recoger un poco más al S., una rica fauna de Equinodermos y de Ammonites: *Barriasella* sp., *Haploceras* cf. *elimatum* Op., *H.* cf. *carachteis* Zeuschner, *H.* cf. *staszycii* Zeuschner, *Himalayites* cf. *rhodanicum* Mazonot, *Phylloceras ptychoicum* Qu., *Ph. silesianum* Opp., «*Perisphinctes*» *fischeri* Kilian.

Berriasiense

En la Sierra de Quipar, del Barranco de Cañada Lengua al Barranco del Garranchal, se puede seguir un nivel, descansando en las calizas rojas titónicas, constituido de margas y de margo-calizas, invadidas por un tinte rojo u ocre de una manera más o menos regular. En este nivel recogí: *Berriasella diphyoides* D'Orb., *B. gr. picteti* Jacob, *B. privasensis* Pict., *Neolissoceras grasi* (D'Orb.), *Pygope diphyoides* D'Orb. Esta fauna es típica Berriasiense. P. Fallot (1943) atribuye a estas calizas amarillentas con Equinodermos y a las margo-calizas violáceas con Equinodermos de la fauna de Stramberg, una edad titónica superior. El paso entre Titónico superior y Cretáceo inferior es por lo tanto muy continuo. Se observa sencillamente un cambio progresivo de la sedimentación, que siendo esencialmente caliza en el Titónico superior, tiene

predominio margoso en el Berriasiense. Se vuelven a encontrar fácilmente estos términos margosos hacia el SW., sobre el flanco NW. de la Sierra de Quipar. Estos niveles rojos de paso tienen algunos metros de espesor. Se nota en el extremo sur de la Peña Rubia, la presencia de bloques de todas dimensiones, hasta de 1 m³, probablemente jurásicos, descansando en las margas de la base del Cretáceo.

Valangiense

El Valangiense inferior está representado por la parte superior de los niveles margosos rojos. He recogido *Holcophylloceras calypso* (D'Orb.), *Neolissoceras grasi* (D'Orb.), *Thurmaniceras pertransiens* Sayn, *Th.* sp. El Valangiense superior está bien desarrollado en el Barranco de la Casa del Garranchal; son calizas gris-azul y gris-crema en alteración, de cerca de 50 m. de potencia con: *Neolissoceras grasi* (D'Orb.), *Neocomites neocomiensis* (D'Orb.), *Kilianella roubaudi* (D'Orb.), *Leopoldia biassalensis* Karak.

Se nota la presencia de un banco con fenómenos de «slumpping» en la base de esta serie. Se ve claramente desde la Casa del Garranchal hasta el extremo sur de la Peña Rubia.

El Valangiense está por lo tanto representado principalmente por cerca de 50 m. de margo-calizas gris-crema. Parece que sufre una reducción notable de espesor hacia el SW.

Hauteriviense y Barremiense

Estos dos pisos están bajo la facies de margo-calizas gris-crema. Se nota la aparición de granos de cuarzo detríticos en estos sedimentos margosos. El Barremiense (P. Fallot, 1943) está representado por dos niveles margosos, un poco areniscosos con *Desmoceras difficile* (D'Orb.) y una gran cantidad de *Cancellophycus* en la superficie de los bancos.

Di a conocer un Barremiense bajo forma de margo-caliza gris-azulada en la Unidad de Cehégín, que es probablemente una unidad inferior a la Unidad de la Loma de Solana (ver más lejos). Al NW. de Cehégín, este Barremiense aflora directamente sobre el Triás. Vuelve a contener: *Barremites strettostoma* (Uhlig), *Pulchellia* gr. *compressissima* (D'Orb.), *Pseudothurmanina* aff. *angulicostata* (D'Orb.).

Aptense

El Aptense subbético está definido en muy pocos puntos. Se le asigna generalmente un carácter profundo. En efecto, está bajo forma de margas con Ammonites piritosos del Neocomiense y de margas con Rosalinas del Cre-

táceo superior. Se encuentra en el corte del Barranco de la Puerta (ver corte D, fig. 2), que bajo un Albense inferior muy bien datado por los Ammonites piritosos y sobre un Barremiense probable se intercalan algunos metros de arenisca rojiza en plaquetas micáceas con pistas alternando con margas arenosas micáceas. No se puede datar este depósito detrítico, pero podría ser que se tratara de areniscas aptenses. Este nivel puede igualmente ser del Barremiense superior.

Albense

Encima de la arenisca roja citada anteriormente, reposa una serie esencialmente margosa constituida de 80 m. al menos de margas azules, micáceas, con una fauna piritosa: *Kosmatella* gr. *agassizi* (Pictet), *Latidorsella latidorsata* Mich., *Puzosia quenstedti* Par. y Bonar., *Phyllophacyceras baborense* (Coq.), *Salfeldiella aptiense* (Sayn), *Tetragonites timotheanum* (Pictet). El Albense, y particularmente el Albense inferior, está por consiguiente representado. Como el Aptense, el Albense ha sido definido en muy pocos puntos en el dominio subbético. Un poco más al W., en la Sierra de Ricote, J. M. Ríos y A. Almela (1954) han encontrado un yacimiento fosilífero que les ha proporcionado una fauna muy buena de Ammonites de pequeñas dimensiones indicadora del Albense. Como estos autores hicieron notar, el hecho de encontrar un Albense fosilífero en España es bastante raro. La facies con Ammonites piritosos, encontrados generalmente en el Neocomiense, se observa en esta región hasta el Albense, como en las Islas Baleares. Recordemos que en la Fuente Farin, ocho kilómetros al S. de Calasparra, es decir, veinte kilómetros al NE. del sector estudiado, P. Fallot (1948), sin embargo, puso en evidencia las margas verdes albenses con *Kosmatella agassizi* Pictet.

Cretáceo superior

Sobre esas margas albenses reposa una serie bastante monótona constituida de calizas margosas gris-azul y de margo-calizas del mismo color, en las que la parte superior ha suministrado una microfauna del Cenomanense medio y superior (P. Fallot, 1958). Directamente sobre el Cenomanense, se encuentra el Coniaciense: calizas con sílex negros. La serie se continúa hasta el Oligoceno, conservando un carácter margoso muy pronunciado (M. Durand Delga y J. Magné, 1959).

ESTUDIO ESTRUCTURAL

Las Sierras de la Peña Rubia y de Quipar se extienden en el S. de una vasta región triásica situada al N. de Cehegín, que encuentra su continuidad

hacia el S. en el Triás del valle del río Burete. Este Triás, unos kilómetros al N. de la Peña Rubia, cabaiga la serie de la Sierra de la Puerta (Prebética), constituyendo el frente de la Subbética.

Sierra de la Peña Rubia

Hemos visto que está constituida de terrenos que van del Lias inferior al Oligoceno. Hacia el W, sus relaciones con las unidades de la Sierra del Buitre son aún mal conocidas. Un hecho es por tanto cierto: estos dos conjuntos están separados por una línea de contacto anormal muy importante.

La Sierra de la Peña Rubia revela ser, en detalle, de una gran complejidad tectónica. Pusimos en evidencia un cabalgamiento, importante (?) al poner en contacto dos términos del Cretáceo inferior por intermedio de un «filón» de Triás (ver fig. 2, corte A). El Cretáceo inferior del pie de la Peña Rubia, vuelto a traer al nivel del Jurásico por la acción de un débil accidente tangencial, cabalga claramente, a su giro, las calizas margosas grises del Barremiense de la Unidad inferior o Unidad de Cehegín.

Unos kilómetros al S. de Cehegín, los relieves de la Peña Rubia cambian claramente de dirección, que de E.-W. pasan a N.-S. La estructura general de la Sierra, unos kilómetros al S. de este cambio de dirección, es decir, al nivel del cementerio de Cehegín, es la siguiente (ver. fig. 2, corte B): bajo las calizas margosas neocomienses, se observa la serie jurásica completa, plegada en pliegues tumbados, donde el flanco está vuelto al revés. Las calizas brechosas titónicas con *Calpionella alpina* Lorenz, reposan por el intermedio de una banda de Triás margo-yesoso sobre las calizas margosas blancas con *Globotruncana*, representando al Cretáceo superior de la Unidad de Cehegín.

La Sierra de la Peña Rubia está alternada hacia el SW. por la Sierra de Quipar, en el punto de confluencia del Barranco de Cañada Lengua y del Río Quipar. En este punto, los términos jurásicos están reducidos a las calizas nodulosas rojas titónicas, en las que pude recoger la fauna citada en un apartado anterior. Además, hacia el E. estas calizas titónicas están en contacto con una banda de Cretáceo inferior (calizas margosas gris y margo-calizas del mismo color), pertenecientes siempre a la Unidad de la Loma de Solana, pero vueltas a traer a este nivel por el juego de un pliegue-falla de débil amplitud (ver fig. 2, corte C). Un poco más al E. aún, se vuelve a encontrar el «filón» de Triás margo-yesoso ya señalado al N. y al E. de la Peña Rubia. Este Triás pone en contacto el Cretáceo inferior de la Unidad de la Loma de Solana con el Cretáceo superior de la Unidad de Cehegín.

En este nivel, se observa igualmente una formación post-orogénica asimilada al Vindoboniense por P. Fallot (1945); son calizas margo-areniscosas amarillentas, en losas sonoras, soportando en su base un conglomerado con

cantos de Trias rojo y de Cretáceo superior con *Globotruncana*. Estas calizas contienen: *Elphidium* sp., *Cipicides* sp., diversos Arenaceos y restos de Equinidos y de Briozoos.

Sierra de Quipar

La serie jurásica de la Sierra de la Peña Rubia encuentra su continuidad en la orilla derecha del río Quipar. La mayor parte de los niveles definidos más al N. se vuelven a encontrar en el flanco noroeste de la Sierra de Quipar. Además, se enriquece de términos inferiores, a saber: las dolomías grises del Lías inferior que se pueden observar en varios kilómetros. Constituyen la base de la Sierra de Quipar y reposan en posición cabalgante sobre un Trias margo-yesoso coloreado, acompañado de su Muschelkalk calizo clásico. Es necesario resaltar que la Unidad inferior (Unidad de Cehegín), se hunde y desaparece bajo los relieves jurásicos de la Sierra. El Trias subyacente es la «semelle» general de todas las unidades estudiadas.

Prolongando las observaciones hacia el S.-W., se levanta un elemento importante: el Campanario, que se eleva entre un macizo dolomítico (dolomías grises subverticales del Lías inferior) colocado por intermedio de una lámina de Trias sobre un Cretáceo inferior (Barremiense), asignado a la Unidad de Cehegín. De W. a E., la estructura del conjunto puede ser definida de la manera siguiente: la serie jurásica de Quipar cabalga sobre una lámina de Trias que la separa de un Cretáceo margoso muy tectonizado (Unidad de Cehegín). Sobre este Cretáceo, hacia el E., reposan, por intermedio de esta misma lámina de Trias, las dolomías grises del Campanario. Esta disposición se observa en varios kilómetros. En el extremo sur del macizo del Campanario, las dolomías verticales reposan entonces directamente sobre el Jurásico superior (Titónico: calizas compactas blancas con *Calpionella alpina* Lorenz y *C. elliptica* Cadisch pertenecientes a la Unidad de Cehegín) (ver fig. 2, corte D).

Relación entre la Sierrecica de las Cabras, el Campanario y la serie de Quipar

La Sierrecica de las Cabras, situada en el extremo sur-oeste de la Sierra de Quipar y constituida de dolomías grises subverticales del Lías inferior como las del Campanario, reposa, sobre diferentes términos del Cretáceo inferior de la Sierra de Quipar, bien directamente, o bien por intermedio del Trias yesoso. Aunque esta Sierrecica está situada al W. del contacto anormal limitando al E. la Sierra de Quipar, se la puede considerar hipotéticamente como la homóloga del Campanario. Su posición anormal sobre el Cretáceo de Quipar se explicará por la acción de un movimiento tardío consecutivo

al levantamiento del borde E. del sinclinal de la Loma de Solana (ver figura 2, corte E).

Así, el Campanario y la Sierrecica de las Cabras pueden ser considerados como el Lías inferior de la serie de Quipar, aislado y disociado después del golpe del frente E. de la Loma de Solana. En una segunda hipótesis, se les puede volver a enlazar con una unidad superior. Es necesario, sin embargo, notar que estos dos macizos de dolomías no tienen equivalentes en la zona estudiada.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A. y JOSÉ DE LA REVILLA: *Fósiles piritosos del Cretáceo de la Sierra de Ricote*, «Bol. Inst. Geol. y Min. España», t. LXVIII, págs. 47-83, XI láminas (1958).
- CISNEROS, J.: *Excursiones a las Losillas y al Collado de la Plata en el término de Caravaca*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Natural», p. 187-199, (1911).
- DURAND DELGA M. y MAGNE, J.: *Données stratigraphiques et micropaléontologiques sur la Nummulitique de l'Est des Cordillères Bétiques*, «Rev. Microp.», París, núm. 3, páginas 155-175 (1958).
- FALLOT, P.: *Contribution a l'étude du Jurassique supérieur subbétique*, «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», p. 113-131 (1931).
- —: *El sistema cretácico en las Cordilleras béticas*, Madrid, Cons. Sup. Inv. Cient., Mem. «Lucas Mallada» (1943).
- —: *Estudios geológicos en la zona subbética entre Alicante y el río Guadiana Menor*, ibid (1945).
- —: *Les Cordillères Bétiques*, «Est. Geol.», núm. 8, p. 83-172. (1948).
- —: DURAND DELGA, M., BUSNARDÓ, R. y SIGAL, J.: *El Cretáceo superior del S. de Caravaca (provincia de Murcia)*, NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MIN. ESPAÑA, núm. 50, p. 283-298, 1 lámina (1958).
- FOUCAULT, A.: *Sur le Tithonique et le Crétacé inférieur dans la région de Huescar*, «B. S. G. F.» (7), II, p. 227-229 (1960).
- RÍOS, J. M. y ALMELA, A.: *Estudio geológico de la Sierra de Ricote en la región de Mula (provincia de Murcia)*, «Bol. Inst. Geol. y Min. España», t. LXVI, p. 19-83 (1954).

SERAFIN DE LA CONCHA

NUEVOS YACIMIENTOS FOSILÍFEROS DEL OLIGOCENO LACUSTRE DE LA PROVINCIA DE GUADALAJARA

En los trabajos de campo, de la Hoja núm. 486 de Jadraque (Guadalajara), que estamos efectuando, hemos encontrado varios yacimientos fosilíferos que creemos constituyen una aportación interesante a la debatida cuestión de la clasificación de los estratos inferiores de la cuenca terciaria del Tajo.

Los yacimientos que a continuación se reseñan, se encuentran en las calizas suprayacentes a los yesos que, en la región considerada, forman la base visible del Terciario. Yesos y calizas aparecen concordantes entre sí y con los conglomerados al techo. El estudio y clasificación de los fósiles recogidos, realizado por el Laboratorio de Paleontología del Instituto Geológico y Minero de España, permite clasificar las calizas en cuestión como sannoisienses.

TÉRMINO DE COGOLLUDO, al NO. del Vértice Estepa, en la margen izquierda del río Alendre y a dos kilómetros de su desembocadura en el Henares. La estratificación sigue una dirección N. 50° E., buzamiento 30° al E. 50° S.

Planorbis cornu, Brong. *Limnaea* sp. Sannoisiense (fig. 1).

Limanea longiscata, Prog. Sannoisiense (fig. 2).

TÉRMINO DE MEDRANDA, al NO. y 1,8 Km. de la cabecera del término. El croquis adjunto, está trazado por este yacimiento, en dirección NO.-SE. y



1= Caliza cretácica. - 2= Brecha. - 3= Conglomerados oligocenos. - 4= Calizas Sannoisienses
5= Yesos oligocenos. - 6= Terraza cuaternaria.

se ha prolongado hacia el NO., fuera ya de la Hoja de Jadraque y dentro de la de Hiendelaencina, hasta encontrar el Cretáceo. Las calizas siguen una dirección N. 40° E. y buzamiento de 15° al N. 50° O.

Planorbis oligyratus, Edw. Oligoceno.

Hydrobia dubuisonii Broill. Oligoceno (fig. 3).

Planorbis *aff.* *amblytropis*, Sandb. Oligoceno (fig. 4).

Glandina costellata, Sow. Oligoceno.

Megalostoma formosum, Boubée. Oligoceno (fig. 5).

Melania laurae, Math. Oligoceno (fig. 6).

Limnea longiscata, Brong. Sannoisiense.

TÉRMINO DE MEDRANDA, monte Alcarria, a 1,6 Km. al N. de la cabecera del término. Abundantes moldes de limnaeas, difíciles de clasificar.

Limnea longiscata? Sannoisiense?

TÉRMINO DE TORREMOCHA, a tres kilómetros al NE. de Medranda y tres kilómetros al NO. de Cendejas de Enmedio.

Limnaea *cf.* *longiscata*, Brong. Sannoisiense.

Megalostoma formosum, Boubée. Oligoceno.

Melania laurae, Math. Oligoceno.

TÉRMINO DE CENDEJAS DE ENMEDIO, a 1,5 Km. al S., de la cabecera del término y junto al límite con el de Cendejas de la Torre. El banco calizo sigue en este punto una dirección N. 30° E. y buzamiento de 10° al N. 60° O.

Planorbis depressus, Nyst. Sannoisiense.

Planorbis *cf.* *declivis*, A. Braun. Sannoisiense.

Limnaca *cf.* *longiscata*, Brong. Sannoisiense.

Recibido 15 VII-1962.

FIG. 1.—*Planorbis cornu*, Brong. y
Limnaea sp., Sannoisiense.

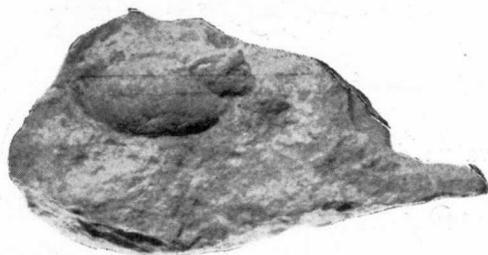


FIG. 2.—*Limnaea longiscata*, Brong.
Sannoisiense.

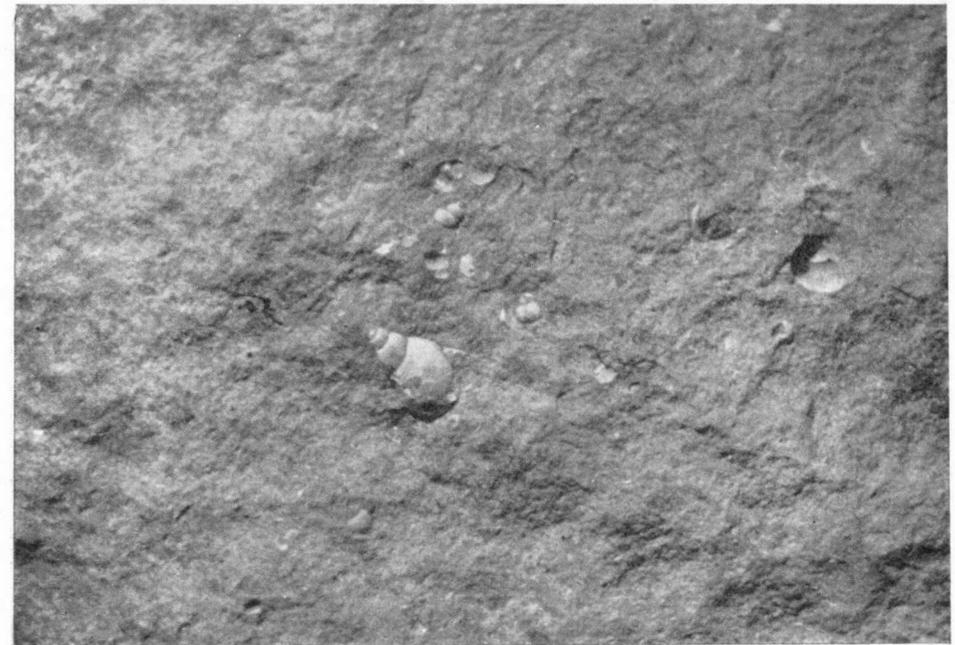


FIG. 3.—*Hydrobia dubuisonii*, Bouill. Oligoceno, ×, 4.

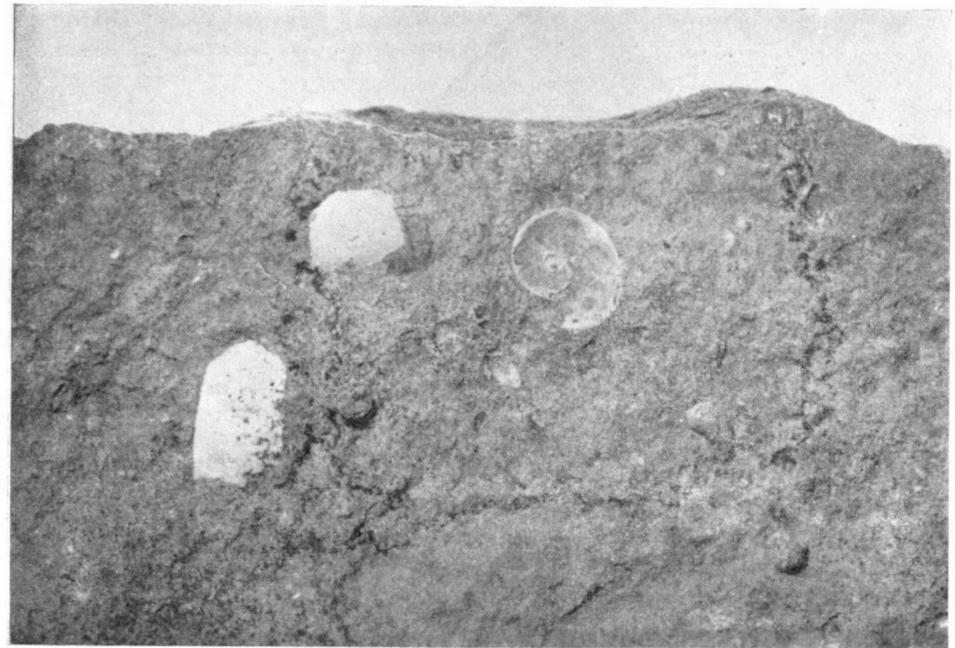


FIG. 4.—*Planorbis* *aff.* *amblytropis*, Sandb. Oligoceno, ×, 3, 5.

GEOLOGIA DEL FONDO DEL MAR

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

RESUMEN

El estudio e investigación del fondo de los mares ha experimentado recientemente un vigoroso impulso, que se manifiesta así en la extensión rápidamente creciente de las exploraciones submarinas, como en la perfección de sus métodos, alcance y exactitud de las medidas y valor científico de los resultados técnicos obtenidos. En este trabajo se reseñan estos progresos y resultados y se discuten interesantes cuestiones que relacionan tales datos con importantes problemas geológicos y geofísicos.

SUMMARY

Investigations of the sea at its very bottom has experienced a great recent increase both in the extension of oceanic exploration and in the technical perfection of modern methods of measuring and collecting data. In this paper such advancements and results are collected, accordingly to many reports of named oceanographers, and are also discussed many interesting questions about the relationship of deep-sea exploration with important geological and geophysical problems.

Se insiste hoy mucho sobre las trascendencia de los problemas oceánicos y sobre la preferencia que debería dárseles respecto de los del espacio exterior, menos importantes bajo el punto de vista científico y menos urgentes bajo el de la utilidad práctica; porque en el fondo del mar se halla, como vamos a ver, un doble «tesoro» escondido que conviene descubrir a toda costa: el de no pocos secretos interesantes de dilucidar para la geología teórica (formación y constitución primitiva de la corteza terrestre y su ulterior evolución), y el de copiosos recursos útiles para un mundo evidentemente necesitado de aprovisionarse más abundantemente (fauna y flora submarinas, yacimientos minerales en buenas condiciones de explotación, cuales son actualmente los de petróleo junto a las costas, de manganeso extraído directamente del mar, magnesio de las conchas de moluscos, recogidos en el fondo de la bahía de Galveston, Texas, etc.).

Recientemente la exploración abisal se ha desarrollado a un ritmo muy rápido y vivo, aunque todavía no lo suficientemente según opiniones muy

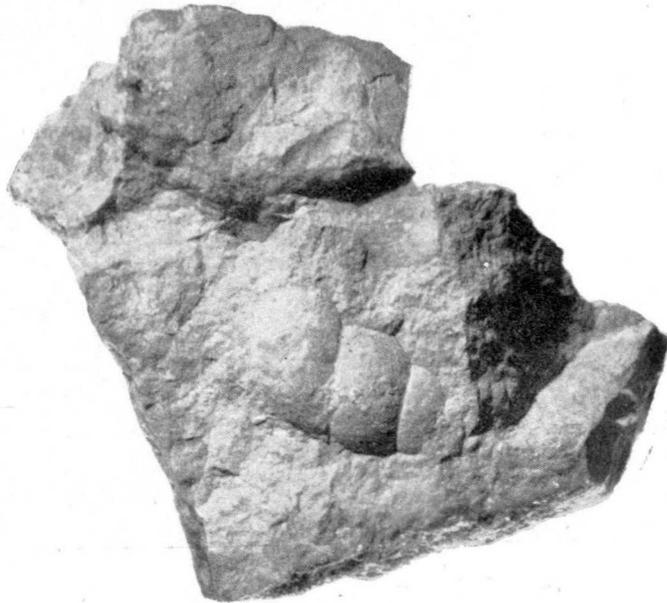


FIG. 5.—*Megalostoma formosum*, Boubée. Oligoceno, \times , 1, 5.

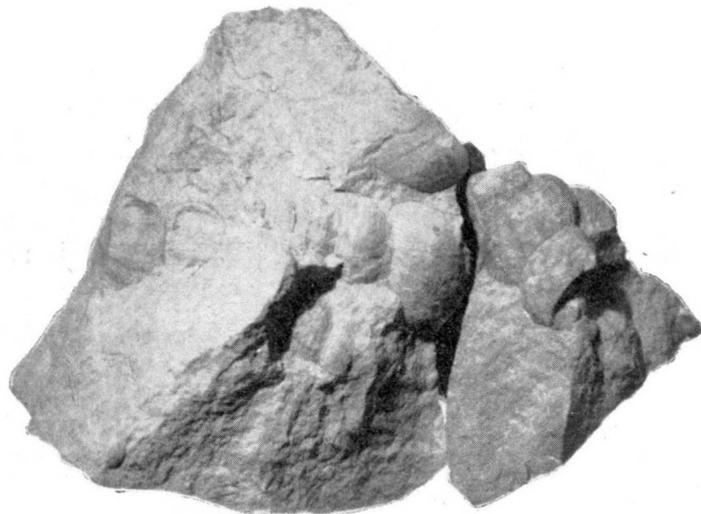


FIG. 6.—*Melanix laurae*, Math. Oligoceno, \times , 1, 5.

autorizadas; se puede resumir semejante progreso presente y futuro en una sola palabra: autonomía. A ella tienden las atrevidas técnicas actuales, algunas de las cuales vamos a reseñar aquí, y que pronto dejarán anticuadas las más perfeccionadas plataformas de sondeo, las exploraciones del fondo practicadas «a ciegas» desde navíos de superficie, etc.; en su lugar se aspira a poseer una activa flota de submarinos capaces de resistir las más fuertes presiones y de operar con amplitud y libertad en las hasta ahora casi inaccesibles profundidades marinas.

Solamente así será dado resolver satisfactoriamente multitud de problemas geofísicos, que las medidas gravimétricas, magnéticas, eléctricas y sísmicas, entre otras, practicadas «sobre el terreno» en el mismo fondo, contribuirán eficazmente a esclarecer: tales son los de la estructura y relieve, índices de la evolución geológica; la mecánica de las corrientes abisales; las alteraciones térmicas y la constitución química de las aguas, a los que hay que añadir otros problemas prácticos secundarios, como lo fue antaño el tendido del cable atlántico submarino, realizado gracias al mapa abisal de Maury (8).

Aquel cuadro de serenidad estática que fingía el pensamiento de los geólogos no hace muchos años respecto del fondo de los océanos, sin corrientes submarinas ni erosión, reservada aparentemente para los mares poco profundos, se ha perturbado mucho durante la última década; el cuadro actual, descubierto por la oceanografía moderna, está lleno de dinamismo, con corrimientos de tierras, furiosas corrientes de turbidez, mareas internas, roces violentos debidos a verdaderos ríos abisales y disolución relativamente rápida de materiales, sedimentados antes y alterados después; de ahí los cambios de configuración topográfica, de los caracteres físicos, químicos y biológicos en aquellas grandes profundidades que se creían dotadas de una tranquilidad ultramilenaria; más bien que ideas nuevas y definidas sobre el particular, lo que hoy prevalece es un estado crítico de opinión entre los geólogos, nacido del conflicto entre puntos de vista diferentes y hasta contradictorios en cuanto a los procesos allí desarrollados y su respectiva trascendencia: parecen evidentes las líneas generales de tal evolución hoy vagamente vislumbrada, pero queda mucho por averiguar hasta la reconstrucción completa de estos procesos (12).

EL CENTRO NACIONAL DE DATOS OCEANOGRÁFICOS

Tal puede decirse que ha sido la razón de ser de una importante entidad oficial fundada en 1961 en los Estados Unidos, y que significa una nueva concepción y cooperación en el ámbito nacional e internacional para las investigaciones oceanográficas: el National Oceanographic Data Center

(NODC). Se trata de un depósito centralizado de datos, exigido por el tremendo volumen que ha llegado a alcanzar lo recogido hasta hoy y sobre todo lo que se espera recoger en un futuro próximo. Algo parecido se hace en el Weather Bureau y se hizo con motivo del Año Geofísico Internacional, así como también en la UNESCO, con el fin de facilitar la recolección, ordenamiento e intercambio de datos útiles; pero en oceanografía es algo nuevo, no tanto en la idea cuanto en los medios completamente modernos que se emplean o van a emplearse para ello. Otras entidades oficiales de los Estados Unidos han acogido con entusiasmo la iniciativa y se prestan a fomentarla por el bien de todos y propio: al WB evidentemente le interesa ese estudio intensivo del mar, no solamente en la superficie, sino también en el mundo nuevo que se está descubriendo de las corrientes abisales y evolución térmica a escala mundial, tan importante para la climatología; a la USCGS igualmente, en todo lo relativo a temperaturas, salinidad, batimetría, etcétera, le hace falta conocerlo y desde luego ella contribuirá a ampliar esos conocimientos; la Oficina Naval de Hidrografía, a partir de la Segunda Guerra Mundial, se dedicó activamente a estos estudios, y la investigación Naval subvenciona por otra parte desde hace tiempo algunos aspectos de tales trabajos; la National Science Foundation está interesada en ésta como en otras ramas científicas, especialmente en la parte geológica y geofísica de los mares; el Bureau of Commerce Fisheries lo ha estado siempre, pero cada día la pesca extiende su dominio mar adentro y a mayores profundidades; y por último la Comisión de Energía Atómica desea conocer la solución de dos de sus problemas: el de los efectos radiactivos en las aguas a diferentes profundidades, y el de hallar regiones submarinas completamente seguras para disponer de los residuos radiactivos.

En particular se carecía hasta ahora de un organismo coordinador, de una biblioteca general (las había solamente parciales y dispersas), donde investigar exhaustivamente ciertos temas oceanográficos, donde estuvieran los datos básicos y todos los resultados experimentales físicos, químicos, biológicos y geológicos, de modo que puedan ser fácilmente divulgados y consultados, con índices sistemáticos de toda clase de datos, así cuantitativos como cualitativos, sobre gravimetría, magnetismo, sismología, vulcanología, tsunamis, conductividades diversas, espesor de las capas abisales, acústica, radiactividad, flujo térmico, reflectividad, datos batimétricos que incluyan métodos y técnicas de sondeo y exploración, sedimentos y rocas del suelo oceánico, propiedades físico-químicas de las partículas que lo componen, mineralogía, propiedades geoquímicas, ingeniería oceanográfica, fotografía de fondos, datos biológicos, paleontológicos, glaciológicos, etc. Como se ve, la lista es larga y ambiciosa, y esta enumeración incompleta da idea de la magnitud de la empresa.

Se comenzó con 29 empleados, que ahora son 63, entre oceanógrafos pro-

fesionales, técnicos en física, matemáticas, mecánica..., y personal administrativo y de oficina, que recogen y ordenan los datos aportados por estaciones oceanográficas y batimétricas a razón de unos 5.000 informes mensuales de cada una de las dos clases (se suele entender por estación la permanencia de un buque en un lugar determinado, donde se hacen sondeos y otras medidas): de suerte que al cabo del primer año los archivos contenían fichas de 700.000 estaciones batitermométricas y de 190.000 oceanográficas, para lo cual ha establecido el NODC relaciones oficiales o comerciales con numerosos centros o empresas interesadas en la materia, tales como la Scripps y Woods Hole, que mantienen especial intercambio de datos; al principio éstos se limitaban al Atlántico Norte y en la actualidad se extienden a los demás océanos, donde se suelen hacer unas 1.500 estaciones mensuales; asimismo se suministran datos a universidades, observatorios geológicos, laboratorios y empresas comerciales.

Se editan tres series de publicaciones: de carácter general, en forma de manuales de orden práctico, y catálogos e inventarios-índices; por ejemplo, a fines de 1961 salió un Inventario de datos batimétricos universales y otro oceanográfico del Atlántico Norte, así como un libro titulado: «Navíos oceanográficos del mundo». Se ha introducido en estas oficinas el sistema de tarjetas perforadas en formato especialmente apto para su uso universal, lo que supone un notable ahorro de tiempo y espacio respecto de los métodos antiguos y clásicos; en particular se ha comprometido a compilar aquí todos los resultados de la operación oceanográfica mundial en el Océano Indico (ya reseñado en estas páginas). El intercambio con otros países es ya un hecho y será ampliado rápidamente; algunas de estas cosas se hallan en un período de laboriosa gestación o apenas iniciadas; pero se espera que en fecha próxima todo esté en marcha normal y el NODC alcance su mayoría de edad (22).

INSTRUMENTAL NUEVO

Como ejemplo de los medios necesarios para una exploración más eficaz del fondo de los mares, citaremos el plan que para 1963 se espera realizar en orden a la ansiada autonomía submarina. Se trata del llamado *Aluminat* o submarino de bolsillo, cuyas aletas relativamente pequeñas y forma del morro le asemejan a la famosa ballena blanca; está destinado a llevar a los investigadores a profundidades del orden de los cinco kilómetros y explorar así cómodamente un 60 por 100 de los fondos oceánicos. Será capaz de soportar enormes presiones y al mismo tiempo de flotar por sí solo, sin la incómoda dependencia de un barco-nodriza, pues tendrá propulsión independiente vertical y horizontal; sus características, son: 15 metros de eslora y 68 toneladas de desplazamiento, y estará provisto de sonar, cámaras de televisión y manos-robot.

Lo que hasta hace poco no era más que un proyecto, ya es una realidad: el registro sismográfico submarino por un sismógrafo colocado directamente en el fondo, en aguas cercanas a las Bermudas, dentro de un recipiente estanco apropiado; se obtuvo así la gráfica de un terremoto genuinamente marino, por tener su foco en el mismo mar. Con ello se abren nuevas perspectivas sismológicas y oceanográficas, puesto que no pocas sacudidas son absorbidas de un modo generalmente desconocido por las capas del terreno abisal y llegan a las estaciones costeras y aun insulares muy modificadas o no llegan en absoluto; se imponía, pues, el estudio de semejante barrera de conductividad entre ambos dominios, divididos morfológicamente en regiones distintas, oceánicas y continentales, sujetas a un régimen diferente.

El Scuba (= Self contained underwater breathing apparatus) primariamente es un equipo para submarinistas, pero de aplicación más general a los presentes y futuros exploradores del fondo del mar, a quienes permitirá «ver con los oídos» lo que hay delante de ellos; se resuelve así satisfactoriamente el problema de la escasa y a veces nula visibilidad, aun a profundidades moderadas, que en aguas turbias de los ríos y bahías llega fácilmente a limitarse a pocos decímetros. El nuevo aparato consiste en un transmisor continuo de sonar en frecuencia modulada, que produce un rayo acústico delgado y bien definido; los ecos recibidos, claramente perceptibles, indican por la variación del tono la mayor o menor proximidad del objeto alcanzado y productor del eco.

EXPLORACIÓN ÁRTICA SUBMARINA

Se acaban de publicar los resultados de la interesante exploración sísmica del fondo del Artico desde la estación a la deriva Alfa, observatorio instalado sobre un témpano de hielo y cuyo objeto principal fue la cordillera submarina denominada también Alfa, paralela a la cresta de Lomonosov; las medidas de registro sismográfico por reflexión se hicieron durante el AGI desde julio de 1957 hasta noviembre de 1958, y por refracción durante el verano de 1958. La deriva siguió un curso irregular en la cuenca N. del Canadá, bajo la acción del viento y las corrientes marinas, entre los 83° y los 86° N. y los 115° y 117° W.; la situación geográfica exacta se iba determinando diariamente por observaciones astronómicas cuando lo permitía el estado del cielo y se logró hacerlo casi siempre con un error menor de media milla marina.

En la operación tomaron parte científicos del observatorio geológico de Lamont y de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, así como otros varios técnicos. Se utilizaron sismógrafos especiales de registro fotográfico con 12 amplificadores y 12 geófonos espaciados entre sí, de suerte que se obtenían gráficas simultáneas con aumento diferente y asimismo con velocidad

del papel sensible correspondiente a 167, 330 y 823 mm./s., respectivamente; por ser la velocidad media de deriva 3,5 millas diarias, los sondeos verticales diarios en invierno y dos por día en verano, quedaban así moderadamente espaciados entre sí, a no ser que excepcionalmente el viento fuerte o la calma anormal modificase mucho este régimen. Para cada sondeo se usaban 113 gramos de dinamita, cuya explosión se producía a tres metros bajo la superficie del agua, provocada eléctricamente, de modo que el contacto para el disparo se registrase en la gráfica, como también la explosión misma, que accionaba otro contacto: entre ambos mediaban 0,0025 de segundo, diferencia que aunque tan pequeña, se tenía en cuenta para el cálculo; en la primera parte de la gráfica la velocidad lineal del cilindro registrador era de 330 milímetros por segundo, y dos segundos más tarde se incrementaba a 823, a fin de garantizar los pormenores más interesantes. De este modo, se ha logrado trazar el mapa batimétrico a lo largo de la ruta, determinada con suficiente exactitud: la longitud de onda registrada bajo el agua es de 3,5 metros.

Al comienzo de la deriva, el témpano se hallaba al S. de la cordillera, donde el fondo estaba a más de 3.000 metros; la máxima profundidad fue de 3.671 a los 82° 48'N. y 167° 1'W. El movimiento hacia el N. le llevó sobre la cresta casi en ángulo recto con la dirección de ella, y después de llegar al punto más septentrional de la ruta (85° 32'N.-171° 10'W.) derivó hacia el S., siguiendo aproximadamente el mismo camino que a la ida durante algún tiempo: luego se desvió hacia el NE. a lo largo de la cordillera, cuya cumbre oriental, a 1.140 metros de la superficie, se alcanzó a los 96° y 9'N.-114° 8'W. La anchura de este accidente geológico es doble que la de Lomonosov, es decir, de unos 200 kilómetros; al N. y S. de Alfa el fondo se mantiene a los 3.000 metros de profundidad arriba indicados y su topografía es muy accidentada, a modo de bloques de falla, aunque sísmicamente sea hoy inactiva. A causa de ese desorden de estructura se produjeron a veces ecos secundarios debidos a superficies muy desniveladas y que se pudieron reconocer y corregir en las gráficas.

Especial interés ofrecen las reflexiones del sonido por debajo del suelo, registrados en excelentes y favorables condiciones (horizontalidad de la red de geófonos, ausencia de perturbaciones parásitas y absorción muy reducida del sonido a través de la masa de agua); tampoco había peligro de confundir estos ecos con los que por segunda vez llegan desde el fondo (al modo de las ondas sísmicas reflejadas varias veces en la superficie de la corteza terrestre), porque la profundidad era suficiente para que llegasen las del subsuelo antes de esta segunda reflexión: la velocidad de transmisión a través del sedimento es de dos kilómetros por segundo y se ha comprobado aquí lo que otros exploradores habían observado en el Artico por métodos semejantes: que el espesor del sedimento en esta región oscila entre 210 y 340 metros de potencia.

Independientemente de esta clase de sondeos se hicieron otros por el método de refracción para analizar el subsuelo oceánico; se emplearon cargas de 11 a 33 kilogramos de dinamita a 1,5 - 2,4 metros bajo la superficie, y la distancia del explosivo a los registradores se determinó indirectamente, utilizando las velocidades de propagación del sonido en el aire y en el agua. He aquí los resultados de los tres experimentos principales: 1) El 25 de julio de 1958, dos explosiones a 2,36 y 7,19 kilómetros de los aparatos registradores, siendo allí la profundidad del mar de 2.085 metros con un declive de 6° en descenso a partir de la estación (dato que permitió hacer la debida corrección) y en el subsuelo se comprobó la existencia de una capa superficial de 0,48 kilómetros con velocidad de propagación de dos kilómetros por segundo, seguida de otra de espesor desconocido con velocidad de propagación de 5,52. 2) El 2 de agosto de 1958, tres explosiones a 2,90, 8,26 y 9,18 kilómetros, respectivamente, del receptor; profundidad bajo éste de 1.813 metros y declive de 2° solamente en el mismo sitio; la primera capa tenía un espesor de 0,37 kilómetros con horizonte de buzamiento mayor que el del suelo oceánico y la consabida velocidad de 2 km./s., seguida de otra de espesor indeterminado y 4,7 km./s. 3). El 3 de agosto de 1958, una explosión a 11,38 kilómetros de distancia: las capas resultan ser de 0,29 kilómetros para los 2 km./s. y de 2,08 para los 4,7, a las que sigue otra indeterminada en espesor de 6,44 km./s. A pesar de lo escaso de estos primeros resultados, parecen indicar semejanza de estructura con la del Atlántico Norte, donde el primer sedimento no consolidado es un poco más potente nada más (0,5-1,0 km.) y la velocidad de propagación en el estrato propiamente oceánico exactamente la misma, de 6,5 km./s. Un análisis posterior de C 14 realizado sobre muestras aquí obtenidas de carbonatos del fondo, dio una edad de 9.300 ± 180 , es decir, de época posglacial (15).

TÉCNICA DEL SONDEO SÍSMICO

Gracias a esta clase de trabajos, cada vez de mayor envergadura y perfección, la topografía submarina va enriqueciendo los mapas abisales con multitud de pormenores de gran interés geográfico y geológico; porque no sólo el suelo, sino principalmente el subsuelo del fondo empieza a ser conocido, al mismo tiempo que surgen inevitablemente cuestiones discutidas sobre la formación de la corteza terrestre y su evolución hasta el presente. Especial interés despierta a este propósito lo que se ha llamado por antonomasia «el segundo estrato», inmediatamente inferior a los sedimentos y que parece ser la primitiva superficie exterior de nuestro planeta.

Semejante revolución en las doctrinas geológicas se debe sobre todo a las recientes técnicas de sondeo acústico: en realidad las ondas sonoras hoy em-

pleadas con este fin sólo se diferencian de las sísmicas en la frecuencia y en la amplitud, y en cambio tales pseudoterremotos tienen sobre los naturales la ventaja de ser de antemano exactamente conocida la posición del foco y sobre todo el momento preciso de la sacudida inicial, que en vez de ser como en sismología incógnitas que resolver, son datos iniciales cómodamente asequibles. Hace ya más de un siglo que Roberto Mallet, ingeniero iraní, proponía este método de exploración del subsuelo, y es curioso que hasta setenta y dos años más tarde, en 1920, no fuese recogida una idea tan práctica, que por fin se empezó entonces a aplicar fructuosamente a la prospección petrolífera; hoy el método es general y especialmente frecuente en la investigación de los fondos marinos, así porque casi es la única vía abierta a tales estudios, como porque en el mar todo son facilidades para esta prospección sísmica: no hacen falta permisos de las autoridades civiles, como ocurre en tierra por razones obvias, ni es necesaria una previa y laboriosa perforación de barrenos. Buena prueba de ello son los 320.000 kilómetros de perfiles sísmicos cubiertos por el observatorio geológico de Lamont mediante el navío oceanográfico *Vema*, en colaboración con otros de distintos países por todos los mares, incluidos los de regiones tan poco acogedoras como las árticas y antárticas.

Una tripulación con técnicos experimentados puede obtener buenos registros de esta clase, aunque el estado del mar sea desfavorable; solamente se detiene forzosamente su trabajo cuando es peligroso permanecer sobre cubierta o cuando es imposible dar al buque la indispensable velocidad para ponerse a tiempo a suficiente distancia del lugar de la explosión. Cuando se trata de prospecciones por refracción se emplean de ordinario dos navíos: uno que dispara y otro que «escucha»; el primero va haciendo detonar las cargas explosivas a intervalos determinados a lo largo de su ruta, comenzando a unos cien kilómetros del segundo barco, y después de pasarlo, hasta otros cien más allá. Las cargas son de potencia variable, desde los pequeños petardos para disparos a corta distancia hasta las llamadas cargas de profundidad de calibre standard (13 kg.), cuyas ondas tienen considerable alcance; el navío registrador suele permanecer quieto con los hidrófonos sumergidos y paradas las máquinas, como también cualquier otro mecanismo ruidoso que pueda haber a bordo.

Una señal por radio avisa el momento del contacto eléctrico que provoca la explosión, no solamente para registrar este importante dato cronológico, sino también para adoptar medidas especiales que anulen o reduzcan a un mínimo al modo dicho los ruidos locales; para cada registro se usan por precaución dos hidrófonos, a fin de asegurarse y prevenir cualquier entorpecimiento posible. Están adaptados para recibir ondas de una frecuencia que puede variar entre uno y cuatro kilociclos para las que vienen directamente por el agua, y entre 3 y 30 ciclos nada más (en el límite inferior de los soni-

dos audibles) para los que han atravesado el subsuelo marino. Para estar seguros de poder trazar todos los niveles inferiores a que alcanzan las ondas, la distancia entre el foco y el registrador tiene que ser por lo menos de 4-5 veces el espesor de la capa más profunda.

Como ocurre en los sismogramas de terrenos a distancia media (un par de centenares de kilómetros), las primeras ondas que llegan son las que han venido por el camino más largo, es decir, por los estratos inferiores más densos, donde es mayor la velocidad de propagación; les siguen por orden de densidad los de los restantes, hasta los sedimentos no consolidados y finalmente las ondas directas transmitidas por la masa de agua, seguidas de una o más reflexiones, así en el fondo como en la superficie del mar. Inútil es añadir que la intensidad con que llegan a los hidrófonos es pequeñísima comparada con la energía de la explosión misma: una diezmillonésima aproximadamente; también es ocioso ponderar la gran dificultad de interpretar las gráficas, por mezclarse las vibraciones de cada nuevo tren de ondas que llega al hidrófono con las de las anteriores que todavía perduran, lo mismo que sucede en los sismogramas; y como en ellos hacen los sismólogos, el primer criterio elemental para distinguirlos es la variación de período y amplitud, que unas veces será favorablemente clara y nítida, y otra gradual y ambigua (impetu o emersión).

Por lo demás, aquí se da la ventaja de que ya se sabe en qué sitio hay que «esperar» la aparición de la nueva fase, a juzgar por los registros comparados a distancias regularmente espaciadas y por una prudente extrapolación de los tiempos de recorrido que suele resolver gráficamente el problema. De especial utilidad son los datos correspondientes a la propagación a través del agua, en que la velocidad es conocida. A pesar de ello no faltan dificultades en esta tarea, debidas a veces a irregularidades de nivel en el fondo, aunque nunca lleguen a igualar las de algunas gráficas de terremotos en circunstancias especialmente desfavorables: el que esto escribe visitaba en 1935 el pabellón Wiechert de sismología en el observatorio de Potsdam, de Berlín, y ante algunos modelos de sismogramas notablemente perturbados por fuertes microsismos o por otros factores tectónicos complejos, el encargado de la sección hizo esta observación filosófica: «Si todos los sismogramas fuesen como éste, los sismólogos vivirían poco...».

La exploración del subsuelo marino cuenta hoy con equipos cada vez más perfeccionados de análisis sísmicos por reflexión, diferente del de refracción que acabamos de reseñar; en sustancia se trata de una ulterior perfección de la sonda acústica, cuyo sonido característico (ping) es insuficiente para penetrar mucho más abajo de la primera capa sedimentaria, y aunque en la prospección petrolífera con cargas de profundidad se consigue localizar por ese medio las bóvedas salinas y otras formaciones geológicas en aguas poco

profundas, sin embargo, tales ecos procedentes de estratos situados a gran profundidad no se pueden «oír» con los geófonos de fuera de borda.

El pasado año 1961, John Ewing y un equipo del observatorio de Lamont lograron resolver este problema aumentando la potencia de las cargas explosivas y dando mayor flexibilidad y longitud al cable de los hidrófonos, que eran largados por medio de un torno; así se obtuvieron gráficas por reflexión bastante aceptables hasta los 4.572 metros por debajo del fondo; los aparatos registradores automáticos también habían sido modificados para mayor exactitud y sensibilidad, y están en estudio otros procedimientos mecánicos que produzcan ondas de frecuencia más favorable y eviten el riesgo que siempre lleva consigo el manejo de potentes explosivos. El nuevo método combina ventajosamente las dos técnicas de reflexión y refracción, especialmente en lo que se refiere a la localización de los parajes más oportunos para la operación, y se espera que ello contribuya a hacerla más eficaz, exacta en los resultados y rápida en la ejecución.

En pocos años se han obtenido cartas geológicas de los principales rasgos superficiales y de la corteza suboceánica de casi todos los mares; las capas sedimentarias más someras suelen tener en ellos un espesor de 300-600 metros en las grandes cuencas oceánicas, por oposición, fácilmente comprensible, a las terrazas continentales, donde es del orden de 12.000; integradas por materiales de erosión y restos de organismos marinos, en estas suele ser la velocidad del sonido de 1,2-2,2 km./s., a veces igual o un poco mayor que en el agua: indicio manifiesto de no estar consolidado en forma rocosa.

Le sigue el famoso segundo estrato con su característica velocidad de propagación de 4,5 km./s.; se le ha atribuido o bien un origen volcánico, o bien una consolidación intermedia y moderada por la acción del calor, de la presión o de ambos factores, pero sin llegar a convertirse en roca propiamente tal. Ulteriores descubrimientos e investigaciones descartaron ambas hipótesis y le atribuyeron una composición a base de rocas ígneas que se diferenciaron respecto de la capa subyacente o «basamento» cuando éste cristalizó a partir de un estado previo de fusión; a su vez este basamento se caracteriza por una velocidad de propagación de ondas de 6,7 km./s. correspondiente ya a una roca dura y densa, probablemente basalto; le sigue la discontinuidad de Mohorovicic, a partir de la cual hay otro salto de velocidad que pasa a ser la clásica del manto, de 8,1 km./s.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, el Pacífico, por sus dimensiones y demás caracteres, era considerado por muchos geólogos y geofísicos como el único océano «verdadero y real», en el sentido de que constituyó un rasgo distintivo de la superficie de la Tierra desde sus orígenes, completamente diverso del de los continentes; los otros océanos se calificaban de secundarios, formados posteriormente y por procesos distintos del que rigió la formación

del Pacífico; no era unánime tal punto de vista, pero sus contradictores no hallaban fácilmente argumentos para impugnarlo. La cuestión quedó resuelta pocos años después de dicha guerra, gracias a los sondeos sísmicos, que proporcionaron las primeras medidas de espesores sedimentarios, así en el Pacífico como en el Atlántico; los navíos *Atlantis* y *Faryn*, de la Woods Hole, obtuvieron perfiles por refracción hasta la misma discontinuidad de Mohorovicic y mostraron que en ambas cuencas el espesor cortical era sólo de 4-6 kilómetros contra los 25-40 continentales, y el análisis de las ondas sísmicas superficiales procedentes de terremotos de situación geográfica favorables para el caso y propagadas por vía oceánica o continental, respectivamente, confirmó aquellos resultados. Semejante división entre unas y otras regiones de la corteza terrestre se ha hecho más marcada y patente por otros argumentos geológicos; se comprobó en los sondeos la ausencia del granito continental bajo los mares, y en su lugar se halló el basalto, más denso; asimismo se ha visto que las márgenes de los continentes actúan a modo de barreras para algunas clases de ondas superficiales, procedentes de focos submarinos; y por último, las ondas transversales transmitidas a través de la región superior del manto bajo tierra firme tienen una velocidad diferente de las que lo hacen bajo el mar.

En la reciente exploración de la gigantesca cresta central oceánica mundial de 64.000 kilómetros de longitud, el método de sondeo sísmico-acústico no solamente ha contribuido a su estudio cartográfico, sino que ha proporcionado valiosos datos en la investigación del origen y evolución de esta enorme y misteriosa anomalía de la corteza terrestre: por debajo de la cresta y del profundo surco que la acompaña a lo largo de su recorrido hay una capa rocosa con velocidad de propagación de ondas de 7,5 kilómetros por segundo, a mitad de camino entre los 6,7 del basalto y los 8,1 del manto.

Otro enigma geológico aún no solucionado es el del «segundo estrato», a veces difícil o imposible de identificar por los procedimientos de sondeo por refracción, pero que un crucero en aguas antárticas del *Vema*, provisto de equipos perfeccionados, ha logrado determinar en todos los fondos explorados, con abundantes pormenores de relieve, que en todas partes, lejos de ser llano, es notablemente accidentado e irregular: es difícil de explicar esta accidentada topografía, a no ser que se admita una cristalización directa a partir del estado de fusión: si es así, tuvo que formarse muy a los principios de la historia planetaria y desde luego antes de que comenzaran a depositarse los sedimentos oceánicos, ya que los sondeos no revelan perturbaciones en la sedimentación ulterior, como hubiera sucedido de haberse formado el segundo estrato después de ella; y si se llega a demostrar que los sedimentos más antiguos proceden de los primeros tiempos de la evolución geológica terrestres, aquel estrato representaría la superficie primordial: de nuevo vacilan los fundamentos de no pocas teorías geológicas (9).

SEDIMENTOS Y FAUNA BÉNTICA

Además de las apuntadas, otras controversias y cuestiones relacionadas con los misterios del fondo del mar se han suscitado y discutido recientemente, en particular acerca de la primera capa sedimentaria, en cuanto es el obligado habitat de una fauna y flora hasta ahora poco conocidas, por ser tan difícilmente asequibles a la observación, y que los nuevos métodos han comenzado a poner al descubierto; y esto vale igualmente de los organismos actuales y de los prehistóricos: interesa hoy ese fondo considerado como un verdadero suelo de cultivo donde se crían moluscos, algas (de las que se extrae gran diversidad de productos alimenticios, tales como harinas, pastas de sopa, azúcares y proteínas), hasta el punto de que se están estudiando las condiciones de fertilidad y rendimiento de cada región marítima; el agua fría polar, que desplaza la caliente y va a parar a grandes profundidades, arrastra consigo sustancias minerales en que es muy rica y las lleva hasta latitudes bajas, en dirección al ecuador: de ahí, por ejemplo, la mayor abundancia de pesca en los bancos de Terranova, debida paradójicamente al aflujo hacia arriba de estas masas frías fertilizantes que vienen del fondo del mar, facilitado allí el ascenso por una pendiente submarina, que favorece la subida al tropezar con ella la corriente. Hasta se da una intervención artificial en este mecanismo, mediante la llamada barrera de burbujas o cortina de aire, usada con éxito para acorralar bancos de peces y facilitar su captura en aguas poco profundas: se tienden sobre el fondo tubos de plástico provistos de pequeños agujeros, de los que se desprenden las burbujas en forma de cortina y son arrastrados convenientemente al mismo tiempo de inyectar el aire (26).

Teorías que antaño parecerían fabulosas, ofrecen hoy fundamento relativamente sólido ante los descubrimientos oceanográficos: a propósito de la nunca olvidada serpiente de mar, sir Alister Hardy, de Oxford, cree posible su existencia, como la de otros parecidos monstruos marinos, y cita el hallazgo de una gigantesca larva de anguila de un tamaño varias veces mayor que el de las conocidas en Europa y América, que al llegar al estado adulto pudiera adquirir las dimensiones atribuidas a aquella serpiente; y no hay que olvidar la circunstancia del habitat de tales organismos, quizás limitado a profundidades de las que escasean las informaciones disponibles; por su parte, el profesor Brouardel, zoólogo francés, ha presentado pruebas, contrarias a la común opinión, de que todos los organismos abisales han de vivir necesariamente de aquella materia orgánica que acabamos de mencionar y procedente de las capas superiores mediante la aportación de las corrientes verticales; según él, parece que se da la vida sin fotosíntesis directa ni indirecta... La solución de este y otros problemas semejantes tiene que venir de los progresos

que se esperan en las técnicas de observación y del alcance que se consiga darle. El profesor Harold Edgerton, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, y el capitán Jacques-Ives Cousteau, han logrado obtener fotografías a diez kilómetros de profundidad mediante una cámara cinematográfica móvil automática, que en cada inmersión puede sacar 480 metros de película de 35 milímetros, en color, mediante un dispositivo de iluminación sincronizada electrónicamente con la abertura del objetivo; todavía no se intenta hacer descender tanto a un equipo de televisión a causa del excesivo peso, principalmente del cable necesario para ello (8).

No solamente se están trazando mapas topográficos de los fondos oceánicos más profundos, sino también de las corrientes submarinas, cantidad de oxígeno disuelto, temperaturas y salinidad. En el Pacífico, donde la proporción del oxígeno en cotas moderadas, de 25-50 metros, es de 4,4 ml./l., para la fosa de Filipinas, según sondeos del *Galatea*, es de 3,1. Respecto de los otros factores, a veces la variación no es muy grande, pero sí su influjo en la talla de los ejemplares de la fauna abisal, cuyo desarrollo se ve impedido por diferencias de 1,5° C, hasta el punto de ser el tamaño casi tres veces menor en aguas frías, sin influjo aparente de la profundidad y presión, cuyas curvas por lo demás no siempre coinciden con la tendencia de las temperaturas; en cuanto al problema de la nutrición, se suele resolver de los más extraños modos: desde la absorción del fango donde hallan bacterias suficientes para alimentarse, hasta las formas complejas de luminescencia con que son atraídos otros organismos en medio de las tinieblas. El contenido bacteriano del fango que cubre el suelo se calcula en 0,9 g./m²/año, según Zo Bell, y la masa de los animales que viven sobre él en 1,0 g./m²; pero en su constitución orgánica el agua está en proporción de un 98 por 100 hacia los 10.000 metros de profundidad.

Los trabajos de Bruun sobre los orígenes de la fauna abisal o más técnicamente hadal o ultra-abisal (a más de 6.000 m.), han relacionado con los descubrimientos oceanográficos los resultados obtenidos por los geólogos para la determinación de la paleoclimatología terciaria: partiendo del dato inicial de que el oxígeno natural es una mezcla de dos isótopos, cuyos pesos atómicos respectivos son 16 y 18, con amplio predominio del primero, aplica a este caso la proporción hallada por Urey: éste ha demostrado que al formarse en el agua a 0° C el CO₂Ca, la relación 0-18/0-16 es de 1,026/500 y a 25° disminuye hasta 1,022/500; de modo que para cada grado la variación es de 0.176 por 100. Parece, pues, que se cuenta con un termómetro exacto y fiel para determinar la temperatura de constitución original de las conchas de los moluscos y en general de las formaciones calcáreas, con tal que conste previamente al investigador la ausencia de otras causas capaces de alterar dicha proporción después de la muerte del animal.

Emiliani y Edwards han estudiado de este modo numerosos foraminíferos

del fondo del Pacífico, extraídos por la expedición sueca de «los grandes fondos», y han obtenido un descenso de temperatura durante los tiempos pasados, desde 10,4° C en el Oligoceno medio hasta 7,0 en el Mioceno medio y 2,2 en el Pleistoceno superior (en todas estas medidas, el margen de error es de medio grado C); ahora bien, actualmente a esas profundidades hay 1,7°, es decir, uno 8 menos, enfriamiento atribuido naturalmente a las glaciaciones cuaternarias. A base de estos datos deduce Bruun que solamente las especies capaces de soportar grandes variaciones de temperatura y de presión (euritermas y euribatas), han podido sobrevivir; de esta suerte la fauna actual de hoy tendría dos orígenes: o son reliquias de una forma preglaciaria semidestruida por los cambios drásticos del medio ambiente, o bien ocurrió después de comenzar las glaciaciones una invasión de especies resistentes a ellos, hecho que quizá se sigue produciendo en nuestros días, y el punto de origen de la migración serían las regiones polares.

No han faltado impugnaciones a estos puntos de vista, pero no dirigidas a las conclusiones, que son lógicas, sino a las premisas utilizadas, negando, por ejemplo, que los ejemplares estudiados por Emiliani y Edwards pertenecieran realmente a la fauna abisal, en cuyo caso no constaría haberse alterado tanto la temperatura en el fondo mismo; en sustancia, los impugnadores sostienen que las grandes profundidades, más que un lugar de lucha por la existencia, en condiciones difíciles, habría sido una especie de refugio seguro, donde la estabilidad de las condiciones de vida habrían permitido la supervivencia de especies ya extinguidas en aguas superficiales. De hecho, e independientemente de tal controversia, se admite fácilmente por todos la posibilidad de conservarse organismos paleontológicos de las épocas más insospechadas (6).

A este propósito se ha entablado una discusión nada menos que entre científicos de los Estados Unidos y de la Unión Soviética, es decir, entre los resultados de sondeos y dragados del *Vema* y del *Vityaz*, el uno en los abismos cercanos a Costa Rica y el otro en las fosas de Perú y Chile, en publicaciones presentadas por Mezies-Imbrie y Zenkevitch-Bristein, respectivamente: las investigaciones norteamericanas datan de 1958 y las rusas de 1960, y como se comprende fácilmente, en condiciones no siempre iguales, por ser diferentes los tipos de organismos hallados en uno y otro lugar: así, por ejemplo, faltan en las fosas sudamericanas los escafópodos, equinoides, branquiópodos y sobre todo briozoos, que precisamente figuran entre los más abundantes de Costa Rica, anomalía acaso debida a la diversidad de métodos de recolección o mejor aún a ser otro el régimen de disolución del oxígeno y la adaptación de varias especies a las condiciones abisales, que no solamente dependen de la profundidad y demás caracteres arriba enumerados, sino también de la proximidad a la costa.

El punto neurálgico de la controversia, como queda dicho, es que según

los rusos, el clima de los abismos se ha mantenido constante a través de las edades geológicas, y por tanto las especies más antiguas se han conservado allí intactas desde su origen hasta nuestros días; por el contrario, a juzgar por lo hallado en Costa Rica, los organismos de tipo antiguo, hasta el Paleozoico, y reciente, se encuentran en todos los niveles, pero la fauna abisal desde más de 2.000 metros tiende más al tipo reciente (hasta el Mesozoico y posterior a él) que la de menor profundidad. Ante todo conviene advertir que hay dos clases de argumentos o criterios para determinar la edad de una fauna: los que se fundan en la morfología comparada y atienden al carácter más o menos primitivo o especializado del organismo estudiado, y suelen ser útiles y válidos, a pesar del peligro de toda apreciación subjetiva y personal; y los que se basan en la historia fósil y afinidad de una fauna reciente con esa historia antigua, cosa imposible cuando faltan tales datos o puntos de referencia. La solución radical es, desde luego, la obtención de series profundas de sedimentos que permitan reconstruir esa larga historia, y a eso aún no se ha llegado a pesar de los últimos progresos técnicos.

Los mismos rusos reconocen la evidente complejidad que aparece en la fauna abisal, donde se mezclan tipos antiguos y recientes, hecho que se explica mejor en la tesis contraria, de que la situación ecológica del abismo hay que considerarla como dinámica más bien que estática. Aunque con frecuencia las diferencias climatológicas sean pequeñas, los estudios de Vinogradova en 1959 le permitieron delimitar, dentro de esa evidente uniformidad, diferentes provincias zoogeográficas a grandes profundidades, indicio de la exquisita sensibilidad que a este respecto muestran las especies biológicas. Asimismo, los argumentos disponibles para determinar los cambios ambientales, son de dos clases: los deducidos de sucesos recientes, por lo menos desde el Pleistoceno, para lo cual abundan los datos positivos, y los derivados de cambios probables, basados en conjeturas, de tiempos más antiguos.

Así Kullenberg (1952) y Ericson (1959) han comprobado alteraciones en los fondos abisales del Mediterráneo y mar Rojo, al descubrir condiciones de reducción (que implica ausencia de oxígeno en los sedimentos al tiempo de ser depositados, sobre todo si ello va acompañado de la presencia de sulfuros) y al reconstruir la paleosalinidad en los sedimentos mismos. De esos datos se deduce que hubo estancamientos periódicos en estas aguas, manifestados por capas sedimentarias negras, ricas en materia orgánica con abundantes huesos de peces y con sulfuros, así como de fósiles de fauna abisal, cuya depleción y extinción coincide con las capas de sedimentos negros, y al mismo ritmo varía también la salinidad de las aguas: signos evidentes de cambios de condiciones químicas, así como de una repoblación relativamente reciente de las regiones exploradas en el Mediterráneo y mar Rojo; al mismo tiempo se explica así la ausencia de una fauna abisal genuinamente endémica de esos parajes. Otra prueba de alteración se ha encontrado en la fosa

de Cariaco, no lejos de la costa de Venezuela, que se caracteriza hoy por la ausencia de oxígeno y la presencia del sulfuro de hidrógeno; en cambio, pudo comprobarse en los sedimentos extraídos por el *Vema* una población foraminífera anterior a los 11.000 años y actualmente extinguida; casos parecidos ocurren en la costa de California.

Los sedimentos constituyen el forzoso habitat de la fauna béntica y naturalmente cualquier variación en su modo de depositarse o en la naturaleza de los materiales tiene que influir poderosamente en esos habitantes; las corrientes de turbidez, la caída de cenizas volcánicas y la de arenas o detritus aportados por témpanos de hielo, representan otros tantos cambios de régimen sedimentario, a veces en gran escala, aunque se consideren locales respecto del océano global. Durante las glaciaciones consta que hubo tales alteraciones ecológicas y así se ha comprobado en la vasta llanura abisal de Colombia y en el fondo del cañón submarino del Congo: y al revés, la pobreza en derivados clorofílicos procedentes de ordinario de tales fuentes se advierte notablemente en las cuencas de la Baja California. A estas causas parecen deberse, según no pocos autores, las planicies que suelen ser propias de las grandes cuencas oceánicas, mientras que otros las atribuyen a copiosas efusiones volcánicas; en una u otra teoría siempre tenemos una nivelación de los accidentes topográficos que pudiera haber en el fondo, y consiguientemente una alteración, que puede llegar a ser radical, de las condiciones de vida. En particular, respecto de la acción de los témpanos portadores de materiales aptos para sedimentos, en los cilindros macizos sacados en 1959 de la cuenca polar ártica, se nota en general un incremento de foraminíferos y decrecimiento de arenas gruesas hacia la parte próxima a la superficie del suelo marino, al paso que la fauna fósil disminuye hasta anularse a medida que se profundiza, y es de notar en este caso que no se llegó más que a los 80 centímetros de profundidad; las capas de sola arena probablemente corresponden a un incremento más o menos local de aportaciones debidas a los témpanos, aunque también pudieran ser indicios de una anulación de aflujo orgánico pelágica de organismos traídos por las aguas. Por lo demás, la vida del bentos ártico, aunque menos abundante que la atlántica, parece haber aumentado en fecha relativamente moderna.

La estratificación de los sedimentos oceánicos es un fenómeno ampliamente comprobado: depósitos de limo calcáreo por debajo de arcilla roja fueron recogidos por el navío sueco *Albatros* en el Pacífico ecuatorial a profundidades mayores de los 5.000 metros, y a veces ambas clases de estratos aparecen alternados; las causas del hecho podrán discutirse, pero su efecto en la alteración ecológica son evidentes: a cada una de esas alteraciones corresponde una situación diferente en cuanto a la subsistencia de la fauna abisal; asimismo hay pruebas manifiestas de que también hubo a veces corrientes violentas a las que se debió una especie de erosión submarina: hay

eminencias del fondo que en sus laderas muestran el grano fino calcáreo propio de los sedimentos terciarios en sitios donde actualmente las corrientes las han barrido del suelo mismo.

El espesor de los sedimentos oceánicos, que en el Pacífico viene a ser del orden del medio kilómetro (datos de 1956) y un poco más en el Atlántico (1959), ha llegado a constituir un enigma para la geología submarina; si se les aplica un ritmo de sedimentación comparable al obtenido para los tiempos posglaciales por métodos radiactivos, se llega a conclusiones tan sorprendentes como sospechosas, a saber, que la formación de los océanos puede tener como fecha de origen el final del Paleozoico, el del Mesozoico y aún del Terciario: todo depende de qué ritmo se aplique, en virtud de una elección forzosamente arbitraria. No existen argumentos sólidos para probar que la composición del plankton con abundante contenido de conchas de moluscos, tal como existe hoy, fuese anterior al Mesozoico, y los datos anteriores al mismo Jurásico son dudosos; únicamente son indudables los del Mesozoico y Cenozoico; así, por ejemplo, las diatomeas al principio del Jurásico, los foraminíferos pelágicos y los pterópodos en el Cretácico más reciente. Claro está que los mares paleozoicos pudieron estar habitados por flagelados desprovistos de caparazón, y entonces sería difícil que el alimento procedente de niveles superiores pudiese alcanzar al fondo, y hoy se sabe que la mayor parte del ciclo nutritivo está en los primeros 500 metros. Según Kuenen (1950), los sedimentos abisales paleozoicos consistían principalmente en calizas debidas a una precipitación de orden químico durante el Precámbrico, época de la que se poseen datos bastantes escasos y no muy seguros; semejante precipitación inorgánica terminó probablemente en el Cámbrico con el advenimiento de organismos que segregaban materiales calizos, de modo que prácticamente todo el sedimento calizo de los grandes fondos se debe a ellos y fueron aportados desde los continentes y los mares poco profundos.

• En lo que se refiere al clima submarino, es lógico admitir que los períodos glaciales influyeron en las temperaturas y corrientes profundas; así, según el mismo Kuenen, la glaciación pérmica daría origen a un vasto estancamiento en todos los océanos, alterando así sus condiciones de vida. Por desgracia, las pruebas de una glaciación paleozoica dejan mucho que desear, y con ello pierden valor las conjeturas sobre sus efectos ulteriores; del mismo modo se relacionan con el problema de la ecología variable del fondo, las teorías actuales sobre el desplazamiento de los polos, deriva continental (bien entendida), cambio de volumen terrestre y oceánico: de nuevo nos enfrentamos con consecuencias legítimas de unas premisas inciertas (19).

Complemento de estas investigaciones acerca de los sedimentos, principalmente del Pacífico, son los trabajos de geocronometría realizados en el Japón, analizando en el laboratorio la relación Ionio-Torio con muestras sacadas de las fosas cercanas a la costa japonesa, entre los 6.215 y los 8.450 me-

tros por el navio *Ryofu-Marui*; según datos anteriores, la proporción superficial de ambos isótopos se clasificaba en dos grupos: uno entre las Aleutinas y Hawai, donde tiene un valor de 15, y otro en latitudes comprendidas entre los 40° N. y los 40° S. y los meridianos 120° a 140° W., en que es de 35; en cambio, en la parte occidental ahora estudiada oscila entre 3 y 6, es decir, considerablemente menor: diferencia difícil de explicar, pero que ya se había hecho notar respecto de los isótopos del plomo en los nódulos de manganeso, y precisamente en aguas próximas al Japón. La velocidad de sedimentación deducida de estos análisis radiactivos para los primeros 10 centímetros bajo el fondo resulta ser de 0,5 a 0,8 milímetros por milenio, de acuerdo también con estudios semejantes al E. y S. del Pacífico (20).

PROBLEMAS VARIOS

Por la mayor parte de los fondos oceánicos está esparcida, como se dio a conocer hace algún tiempo, una delgada capa de cenizas cristalinas, cuya diseminación universal y simultánea ha dividido a los investigadores en opiniones y teorías diferentes para su explicación: origen cometario, asteroidal, lunar, polvo galáctico, etc., entre los extraterrestres hasta ahora propuestos, parecen altamente improbables; por otra parte, el origen terrestre, como sería algo parecido a una gigantesca bomba de hidrógeno (sic) o el más obvio de las erupciones volcánicas, tropieza con no menores dificultades. Se han recogido y estudiado últimamente datos para ambos casos y se ha comprobado que tanto la explosión nuclear como la erupción de un volcán originaría la dispersión de partículas del orden de 70-200 micrones, pero siempre dentro de un radio máximo de 1.000 kilómetros o menor aún; por lo demás, una erupción volcánica de tal magnitud tendría otros dos efectos observables: hubieran proyectado a la estratosfera una cantidad suficiente de esas partículas, como para reducir notablemente la cuantía de radiación solar que llega a la Tierra y dar lugar a un período glacial; por tanto, si se logra obtener una medida paleotérmica en las capas submarinas inmediatamente anteriores y posteriores a esas misteriosas cenizas, acaso se hallaría así la clave del enigma. El segundo efecto sería un considerable defecto de masa en el lugar o lugares de tan copiosa efusión de materiales terrestres, anomalía negativa que no ha habido tiempo para compensar isostáticamente (1). Todavía se complica más el asunto si se tienen en cuenta los resultados de Lamont sobre la sedimentación en el Pacífico, del orden de los 5,5 centímetros por milenio en parajes donde se hallan estas cenizas, lo que adelanta su diseminación hacia unos 110.000 años; por el contrario, la velocidad actual obtenida en el Artico es de pocos milímetros por milenio.

Dos clases o tipos de fracturas o discontinuidades profundas en el suelo

oceánico se reconocen en la actualidad, con caracteres marcadamente diversos: en los bordes continentales suelen ser o abiertas, que aparecen claramente en forma de bancos de varios miles de kilómetros de longitud, o cerradas a modo de flexiones corticales; en las cuencas oceánicas están relacionadas con planicies, cordilleras y fosas o trincheras submarinas: tal es, por ejemplo, el conocido corte longitudinal de la cresta media del Atlántico, sede de focos sísmicos muy superficiales; en las llanuras suelen coincidir con formaciones volcánicas recientes, y en las fosas se distribuyen preferentemente los focos sísmicos profundos. Tales fracturas del fondo del mar son más extensas y de origen más moderno que las continentales: diferencia de evolución que se atribuye a procesos originados en el manto terrestre (24).

He aquí un breve compendio del estudio verificado hasta ahora en la cordillera submarina ártica de Lomonosov, según la revista rusa «Priroda» (Naturaleza): descubierta el 17 de abril de 1947 por una expedición aérea en el centro del Artico, se obtuvo ya un mapa suficientemente pormenorizado en 1949 y se comprobó entonces la diferencia de temperaturas a ambos lados de ella bajo los 1.500 metros; la cumbre máxima, que antes se creía estar a 1.290 metros sobre los 3.000 del fondo, en 1959 pudo localizarse entre el polo y la Tierra de Francisco José, a sólo 730 de la superficie, y hoy se sospecha que existen otros picos más próximos a ella todavía; asimismo se ha visto que el relieve es en general bastante accidentado en sus cercanías, contra la antigua creencia de que era casi plano, y que abunda allí la actividad volcánica. En cuanto a la temperatura, desde el mar de Beaufort hasta el de Groenlandia, cerca de la superficie, es decir, de 0-25 y a veces 0-50 metros es baja, próxima a 0° C, y crece desde los 50 metros, siempre bajo el signo de aguas árticas frías; la capa de temperaturas positivas atlánticas entre los 200 y los 1.000 metros va decreciendo hasta 0,8°, pero en la vertiente pacífica es de -0,4 y sólo en las inmediaciones del fondo vuelven a crecer un poco. A profundidades pequeñas las aguas atlánticas y pacíficas se mezclan, de modo que las atlánticas penetran en corrientes de curso bastante complejo hasta el mismo límite del Pacífico; pero a grandes profundidades la cordillera de Lomonosov impide esta penetración: medidas oceanográficas han revelado que en esas cotas mayores, a la temperatura citada de 0,8° se une la salinidad de 34,94-35,00 por 1.000 en la parte atlántica, mientras que al lado pacífico las cifras respectivas son 0,4° y 34,90-34,94; asimismo varía en uno y otro lado el contenido de oxígeno: 72-78 por 100 atlántico y 79-82 pacífico (18).

Una ojeada a los mapas, así orográficos como geológicos, de las regiones continentales y de las submarinas que ahora se empiezan a conocer, permiten apreciar zonas parecidas y comparar estructuras entre el fondo del Indico y las regiones del Rin, así como también la cresta atlántica ofrece notable semejanza con los pliegues de falla de las cordilleras del Líbano. A pesar de

ello, las extensas llanuras abisales pueden tener a veces orígenes diversos, como en el caso clásico del mismo Indico, a causa de la efusión de lavas, de que hay precedentes análogos en la parte meridional del continente asiático; en este océano precisamente se ha encontrado hace poco una meseta de poca altura y dimensiones reducidas, que se cree debida a la acumulación de sedimentos alrededor de un macizo todavía visible, y los efectos de hundimientos pueden observarse al pie de algunas pendientes muy pronunciadas (17). Acerca de este océano empiezan a llegar datos de las expediciones oceanográficas comenzadas en su vasta extensión: según comunicación de Radio Australia, el navío australiano *Diamantina* descubrió al SW. de Australia occidental una fosa a 1.000 kilómetros al W. del Cabo Leeuwin, donde el suelo se hunde rápidamente desde los 4.572 metros de profundidad hasta los 8.047. Igualmente el barco ruso *Vitiaz* anunció en sentido contrario una disminución importante y brusca de la profundidad oceánica a 2.000 millas marinas al E. de Madagascar; en las cartas marinas las cotas eran allí de 4.000 a 5.000 metros por lo menos, hasta que sondeos recientes más cuidadosos han puesto en evidencia una montaña submarina a los 13° 55,5' S. y 53° 38' E. de una altura sobre el fondo equivalente a 1.100 metros y la cumbre a 1.530 de la superficie.

PARCELAS SUBMARINAS

A continuación recogemos una serie de datos obtenidos en expedientes oceanográficos, que van revelando sectores parciales del fondo de distintos mares.

A) Cerca de la costa de California, a unos 64 km. al S. de San Fernando ha sido estudiado el zócalo continental de Pigeon Point en una extensión de 520 kilómetros cuadrados, para determinar el espesor y propiedades físicas de los sedimentos no consolidados; para ello, como para la misma medida de la profundidad del fondo, se emplearon sondas acústicas de gran potencia y baja frecuencia, que no sólo penetraran en dichos sedimentos, sino también en otras capas inferiores; igualmente se hicieron 17 estaciones para recogida de muestras abisales, y en el mismo fondo se hicieron análisis de densidad, porosidad, velocidad de ondas de compresión, distribución de tamaños en la granulación, etc.

En esta región oceánica la pendiente del fondo es suave y sin accidentes topográficos notables; los sedimentos superficiales son principalmente arenas no litificadas y fango. En gran parte de la extensa área explorada el espesor de ese primer sedimento es de varias decenas de metros, pero entre los 73 y 82 metros se reduce ese espesor y en la porción meridional llega a aflorar el fondo rocoso; dicho fondo forma bajo la capa sedimentaria dos terrazas pro-

minentes, que parecen haber sido formadas por la acción de las olas cuando el nivel oceánico estaba más bajo, durante el Pleistoceno (21).

B) En la región oriental de la bahía de Campeche y meridional del Golfo de Méjico se ha descubierto (1957) un cañón submarino hasta entonces desconocido, durante un crucero organizado por el Departamento de oceanografía y meteorología del Agricultural and Mechanical College de Texas, al practicarse una larga serie de sondeos. El cañón se extiende en dirección N.-S. a lo largo de unos 137 kilómetros y sus límites están marcados por una pendiente abrupta del banco de Campeche hacia la parte oriental y en dirección opuesta por una formación submarina a modo de delta, que se dilata mar adentro, de materiales sedimentarios procedentes del margen continental, de modo que el conjunto se asemeja a una estructura erosional modificada por la sedimentación ulterior o quizás corresponde al fondo primitivo del mismo Golfo de Méjico (5).

C) Entre las islas Fiji y Christmas, entre ésta y Tahiti, y, completando el triángulo entre Tahiti y Fiji, se han realizado numerosos sondeos a bordo del *Lanchlan*, navío neozelandés, durante el año 1956, cuyos resultados se acaban de publicar. La topografía del fondo, según estos trabajos, se puede clasificar en: llanuras, distritos de colinas y regiones volcánicas, a las que pueden añadirse otras montañosas ya en sentido propio, cuya altura sobre el fondo es de 1,5 kilómetros, y que se hallan en el perfil Fiji-Christmas (27).

D) También se han publicado recientemente datos rusos sobre 47 volcanes o montañas submarinas, 44 de ellas situadas en la cima o en la vertiente NW. de la cresta de las islas Kuriles y las otras tres en el fondo de la fosa del mismo nombre, en el mar de Okhotsk; muchas son llanas en la cumbre, donde abunda la arena y los guijarros, signo ordinario de la erosión del oleaje cuando el nivel del mar era inferior al actual; las laderas volcánicas submarinas son del todo semejantes a las de los volcanes terrestres de hoy, que abundan en ese archipiélago de las Kuriles (2).

E) Se dispone ya de una carta batimétrica muy pormenorizada de la región occidental de la cuenca ártica de Beaufort, que comprende profundidades superiores a 3.475 metros y que se extiende hacia el N. desde la punta Barrow en Alaska, hasta un límite todavía indeterminado entre los meridianos 140° y 160° W.; los sondeos que se han utilizado para su confección se realizaron los años 1950, 1951, 1954 y 1957. Hay al N. una llanura abisal con suelo bastante llano a 3.660-3.840 metros, y al NNW. de la punta citada existe una terraza continental con una cresta prominente de 160 kilómetros de largo y un declive hacia el SE. de 23° (10).

F) Sala y Gómez es un islote volcánico de poca elevación situado a 415 kilómetros al ENE. de la isla de la Pascua y 3.500 al W. de Chile; sondeos recientes practicados por la Armada de los Estados Unidos han evidenciado que una cresta submarina, que ha recibido el mismo nombre del islote, se

alarga desde éste hasta por lo menos el meridiano 90° W.; es parecida a la cresta de Clipperton en el NE. del Pacífico. La isla propiamente es la cumbre de un amplio monte submarino, que se prolonga más de 50 kilómetros al SE. y 30 al SW., pero aún no se conoce su extensión en las direcciones W., N. y NE.; las rocas exteriores pertenecen a dos efusiones de andesita-basalto, separadas por un terreno sedimentario marino discontinuo, de constitución calcárea (11).

G) Con instrumentos de sondeo acústico de precisión se ha estudiado el relieve submarino de la vertiente S. de la Sierra Maestra, provincia de Oriente, en la costa de Cuba, y que es conocidamente abrupta y accidentada en aquella región del Caribe: viene a ser su pendiente media, entre los 1.830 y los 3.660 metros de profundidad, del orden de 31° ; dos cambios verticales de sentido en dicha pendiente son indicios manifiestos de zonas de falla, entre los 3.660 y los 5.120 metros; más abajo la topografía es de tipo montañoso en una franja paralela a la costa de unos 24 kilómetros de ancho, con relieves locales de varios centenares de metros y mayor profundidad en el centro, donde hay una porción llana de 5-8 kilómetros de anchura y unos 40 de longitud: estas secciones planas tienen una pendiente suave hacia el W. con una diferencia de nivel de 22 metros y allí está la máxima profundidad de esta fosa: 6.456 metros; rodean a esta llanura abisal colinas surcadas a veces de gargantas que descienden con pendiente no muy pronunciada. Los datos abundantemente recogidos sobre una vasta extensión explorada indican que bajo estas secciones planas hay sedimentos no consolidados arrastrados hasta allí a través de las gargantas descendentes, y las escasas explosiones sísmicas efectuadas dan un espesor de esa capa comprendido entre 366 y los 457 metros (13).

H) En la reunión de la UGGI celebrada en Toronto en 1957, la delegación chilena presentó copiosos datos batimétricos, de estudios de corrientes marinas y caracteres del agua oceánica, sedimentación, geotectónica, mareas, biología marina, sismología, vulcanología y cartografía, con que se demuestra que el límite o frontera natural entre los océanos Pacífico y Atlántico S. se encuentra en el llamado Arco de Escocia, al SE. del extremo meridional de América del Sur (16).

I) La fosa de Kermadec se extiende por una longitud de 1.126 kilómetros, desde los 26° S. hacia Nueva Zelanda; sus bordes, de acusada pendiente, con grandes plataformas escalonadas, fondo angosto y grandes profundidades, contrastan vivamente con los de la de Higurangi, mucho más ancha, menos profunda y con escalones laterales en menor escala; esta forma de estructura de las laderas es por lo demás frecuente en otras fosas, como las de Tonga y varias otras del Pacífico, y parecen originadas por fallas superficiales en dirección normal a los flancos de las grandes depresiones longitudinales (3).

J) Combinando las novísimas técnicas de sondeo acústico con la locali-

zación de la ruta de navegación, se ha podido hacer con toda precisión el mapa submarino en la región S. de las Bermudas, en Gibbs Hill: sondeos rigurosamente corregidos, así de velocidad del sonido como de la pendiente abisal, han permitido comprobar que hay un escarpado espolón subarino al SSE. de la discontinuidad que ofrece el zócalo cercano a esa costa; su relieve topográfico es del orden de 366 metros y mide unos 5 kilómetros de largo por 800 metros de ancho: hacia los 1.830 metros de profundidad se abre a modo de plataforma, que se adentra unos veinte kilómetros en alta mar hasta una cota doble de la citada. Los declives en el espolón propiamente tal llegan a tener un ángulo de 50° ; parece formado por una gran efusión de lava volcánica de alguno de los cráteres que hay en las Bermudas: no fue posible obtener muestras cilíndricas de sedimentos por el método ordinario, porque los tubos salían vacíos a causa de la excesiva dureza de los materiales del fondo (23).

K) La vertiente continental entre Gran Bretaña e Irlanda es de pendiente muy acusada y cortada por numerosos cañones submarinos, con la excepción de la región central, donde forma un ancho espolón; bordean las márgenes continentales escarpadas laderas de hasta 180 kilómetros de longitud: todas estas formaciones revelan ser debidas a fallas, aunque no haya indicios locales de fuerzas tectónicas horizontales, por lo cual habría que explicarlas como resultado de acciones verticales y tensoriales más bien que de tracción o compresión. Las muestras del fondo son principalmente modernas y a lo más pleistocénicas, con tres únicas excepciones terciarias o posiblemente cretácicas (7).

L) Las elevaciones y depresiones del fondo oceánico que rodean a Nueva Zelanda ofrecen una disposición marcadamente lineal y se dividen en tres porciones dirigidas respectivamente hacia el NW., EW. y NNE., que constituyen otras tantas provincias estructurales, denominadas: del Noroeste, de Chatham y de Kermadec; difieren entre sí también en cuanto a la edad geológica y la disposición geográfica. El macizo insular de Nueva Zelanda está situado en la confluencia de las tres formaciones, y su mismo relieve es una resultante de ellas; las dos primeras parecen datar de una época preterciaria, y la de Kermadec ha tenido manifestaciones activas más modernas, como lo revelan los rasgos exteriores submarinos (4).

M) Fotografías submarinas han puesto en evidencia en la profunda fosa de Puerto Rico desprendimientos de rocas y probables afloramientos geológicos ajenos a los propios del muro septentrional que limita este abismo; mediante dragados se obtuvieron muestras minerales en los sitios donde se practicaron los sondeos acústicos. La capa de velocidad sísmica de 6.5 km./s. aflora en dicho muro a unos 7 kilómetros bajo el nivel del mar y contiene materiales ultrabásicos, algunos de ellos al parecer recientemente fragmentados, y una gran variedad de rocas sedimentarias; de esta capa procedían probablemente ciertas muestras que se sacaron, de peridotita completamente ser-

pentinizada, pues aunque estaban en otros niveles, pudieron haber ido a parar allí por desprendimientos y corrimientos, y en cambio las sedimentarias procederían por causas semejantes de la capa superior de velocidad sísmica 4,0-5,2 km./s. o todavía más superficiales.

La estructura dominante en esta cortadura es la propia de fallas múltiples a lo largo del muro; gracias a las novísimas técnicas de sondeo antes mencionadas, mediante producción eléctrica de violentas pulsaciones (del orden de 5.000 julios), se ha podido analizar el sedimento inmediatamente inferior al fondo y se ha comprobado que bajo un suelo desigual hacia el límite N. de la cresta se extiende un estrato horizontal. La expedición se hizo a fines de junio y principios de julio de 1961 por un equipo de 15 técnicos, la mayor parte de la Woods Hole, a bordo del *Chain*, que hacía con éste su 19 crucero; los sondeos permitieron trazar el relieve caprichoso de este muro que forma una serie no interrumpida de elevaciones y depresiones; dos de estas últimas están a 6,5 y a 9,0 kilómetros de profundidad respectivamente, y la del fondo llano de la fosa es de unos 9; aquí es precisamente donde piensan algunos estar el lugar más oportuno para la discutida perforación hasta el manto terrestre o proyecto Mohole: las fotos son interesantes y parecen indicar un dinamismo abisal, al que las investigaciones submarinas no nos tienen acostumbrados (14).

N) Como nota final, íntimamente relacionada con el proyecto Mohole, damos aquí con todas las reservas la noticia o rumor de fuente soviética acerca de los planes rusos de perforación cortical: en términos generales se habló de ello en Toronto y allí dijo el representante de la URSS que ellos «lo tenían todo preparado»; y de nuevo aparece el antagonismo de criterios, en cuanto que los Estados Unidos creen más factible intentarlo en el fondo del mar, mientras que la URSS parece opinar lo contrario: que es preferible luchar con espesores mayores a cambio de hacerlo desde la tierra firme. Cinco sitios posibles se han señalado para intentarlo: 1) Al N. del Caspio, en Gur'yev (48° N.-51° E.). 2) Belomorsk, Carelia (65° N.-33° E.). 3) Perm, Urales (57° N.-57° E.). 4) Kirovabad, Cáucaso (41° N.-47° E.) y 5) Isla de Shikotán, Kuriles (44° N.-147° E.). Este último lugar es el más interesante, si como se dice hay allí una notable diferencia de espesor de la corteza terrestre, que por el lado del mar de Okhotsk hacia el N. es de 35 kilómetros, mientras que en el lado opuesto que da al Pacífico parece ser de 10 solamente; por otra parte, a mediados de mayo de 1962 dio la Prensa la noticia de que los rusos habían producido una explosión *no nuclear* al N. del Caspio, que acaso estuviese relacionada con esta clase de trabajos. Como sabemos que la Unión Soviética no suele darse prisa en comunicar sus proyectos hasta que se han realizado felizmente, no queda otro recurso que esperar pacientemente... (25).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ADERS, E.; LIMBER, D. N.: *Origin of Horsef deep-sea ash*, «Nature», v. 184, número 4.679, páginas 44-45, 1959.
- (2) BESRUKOV, P. L. et al.: *Submarine mountains and volcanoes of the Kurile islands ridge*, «Akad. Nauk. SSSR. Lab. Vulc. Trudy», núm. 13, págs. 71-88, 1958.
- (3) BRODIE, J. W., HATHERTON, T.: *The morphology of Kermadec and Hikurangi trenches*, «Deep-sea Research», v. 5, núm. 1, págs. 18-28, 1958.
- (4) BRODIE, J. W.: *Structural significance of sea-floor features around New Zealand*, «Geol. Rundschau», v. 47, núm. 2, págs. 662-667, 1958.
- (5) CREAGER, J. S.: *A canyon-like feature in the bay of Campeche*, «Deep-sea Research», v. 5, núm. 2, págs. 169-172, 1958.
- (6) DAJOZ, R.: *Progrès récentes de l'océanographie des grands fonds*, «La Nature», v. 88, número 3.301, págs. 212-219, mayo 1960.
- (7) DAY, A. A.: *The continental margin between Brittany and Ireland*, «Deep-sea Research», vol. núm. 4, págs. 249-265, 1959.
- (8) DUGAN, J.: *Mysteries of the ocean depths*, «The New-York Times magazin», 14, junio 1959.
- (9) EWING, M.; ENGEL, L.: *Seismic shooting at sea*, «Sc. Amer.», v. 206, núm. 5, páginas 116-126, mayo 1962.
- (10) FISHER, R. L. et al.: *Deep-sea bathymetry north of Point Barrow*, «Deep-sea Research», v. 5, núm. 1, págs. 1-6, 1958.
- (11) — —; NORRIS, R. M.: *Bathymetry and geology of Sala y Gómez, southeastern Pacific*, «Geol. Soc. Amer. Bull.», 71, núm. 4, págs. 497-502, 1960.
- (12) HEEZEN, B. C.: *Dynamic processes of abyssal sedimentation: erosion, transportation and redeposition on deep-sea floor*, «R. A. S. Geoph. Journ.», v. 2, núm. 2, páginas 142-163, 1959.
- (13) HERSEY, J. B.; RUTSTEIN, M. S.: *Reconnaissance survey of Oriente Deep (Caribbean Sea) with a precision echo sounder*, «Geol. Soc. Am. Bull.», v. 69, núm. 10, páginas 1297-1304, 1958.
- (14) — — *Findings made during the June 1961 cruise of Chain to the Puerto Rico Trench and Caryn Sea mount*, «Journ. Geoph. Res.», v. 67, núm. 3, págs. 1109-1115, marzo 1962.
- (15) HUNKINS, K.: *Seismic studies of the Arctic floor*, «Geology of the Arctic», University of Toronto Press, 1961.
- (16) IHL, P.: *Delimitación natural entre los océanos Pacífico y Atlántico Sur por el Arco de Escocia*, «Ponencia chilena UGGI», Toronto, 1957.
- (17) KOCZY, F.; BURRI, M.: *Essai d'interpr. de quelq. formes du terrain sous-marin*, «Deep-sea Research», v. 5, núm. 1, págs. 7-17, 1958.
- (18) M. C.: *La chaîne Lomonosov empêche le mélange des eaux atlantiques et pacifiques dans l'Arctique*, «La Nature», v. 88, núm. 3.303, págs. 299, julio 1960.
- (19) MENZIES, R. J. et al.: *Further consid. regard. antiq. of abyssal fauna with evidence for a changing abyss. envir.*, «Deep-sea Res.», v. 8., 79-94, 1961.
- (20) MIYAKE, Y.; SUGIMURA, Y.: *Ionium-Thorium chronology of deep-sea sediments of the Western North Pacific Ocean*, «Science», v. 133, núm. 3.467, págs. 1823-1824, junio 1961.
- (21) MOORE, D. G.; SHUMWAY, G.: *Sediment thickness properties: Pigeon Point shelf, Calif.*, «Journ. Geoph. Res.», v. 64, núm. 3, págs. 367-374, marzo, 1959.

- (22) NODC (Staff): *National Oceanographic Data Center, Washington*, «Proc. Am. Geoph. Union», v. 43, núm. 1, págs. 10-13, marzo, 1962.
- (23) NORTHROP, J. et al.: *Bathymetry of the Gibbs Hill area, Bermuda*, «Deep-sea Research», v. 5, 4, págs. 290-296, 1959.
- (24) PANOV, D. G.: *Types of deep fractures in the floor of the oceans*, «Akad. Nauk. SSSR. Izv.», Ser. geol., núm. 9, págs. 84-87, 1958.
- (25) PETRIE, J.: *Sozmohole*, «Geo Times», v. 6, núm. 6, págs. 14-15, marzo, 1962.
- (26) REYNOLDS J. A.: *Ocean bottom farms and mines*, «The Wall Street Journal», 20 de enero de 1959.
- (27) RITCHIE, G. S.: *Sounding profiles between Fiji, Christmas and Taiti islands*, «Deep-sea Research», 5, núm. 2, págs. 162-168-1959.

Recibido. 25-VI-62.

J. M.ª RIOS

ITINERARIO GEOLOGICO POR LOS PIRINEOS ESPAÑOLES (*)

OBJETO Y RESUMEN

Cuando la Asociación de Geólogos, de Londres (Geologist's Association, London), me pidió que les dirigiese una excursión, dentro de su ciclo veraniego de excursiones geológicas por el extranjero, con objeto de conocer el Pirineo, pregunté en seguida si preferían conocer el detalle de alguna zona o bien obtener una visión conjunta. El Pirineo, incluso tomada su denominación en el sentido más estricto, es una larga y compleja cadena. Su estudio detallado requeriría muchos días, y su descripción muchas páginas. Había que elegir entre una u otra solución. Recaída la elección sobre un conocimiento general de la región pirenaica, preparé en pocos días la guía que aquí se ofrece.

No se podría seguir paso a paso, y con todo detalle, los infinitos detalles y variantes con que se enriquece, tanto estratigráficamente como paleontológica y tectónicamente, la geología pirenaica.

Preferí mostrar, de acuerdo con sus deseos, un rápido vistazo de imágenes sucesivas, que permitiese conocer los rasgos generales de su estructura estratigráfica y tectónica; pero aún más, y gracias a la rápida sucesión de imágenes, la evolución de una y otra.

Para ello nada mejor que mostrar los magníficos cortes naturales que tan admirablemente exponen los bellísimos cauces de los afluentes septentrionales del Ebro en sus zonas altas.

Escogimos una serie de ellos, ya que no era posible recorrerlos todos, no porque los que no se han visitado sean menos bellos ni menos interesantes; el criterio selectivo ha residido, sobre todo, en mi mejor o más reciente conocimiento personal y directo. Y luego hemos avanzado, de corte en corte, a lo largo de las cadenas, unas veces por sus zonas medias, otras por las exteriores.

Sé que muchos quedarán defraudados por la falta de detalle, pero el objeto de esta guía no es, como dije antes, recoger los detalles, sino dar una idea general y, sobre todo, evolutiva.

Esta excursión, a falta de un guía personal, debería seguirse, con el Mapa geológico 1:1.000.000 a la vista y además con la bibliografía que se menciona al final, preparando, si hay tiempo y humor para ello, cada excursión el día previo, con un examen de la literatura correspondiente y teniendo además durante ella ese material a la vista para consulta. Sólo de ese modo, se obtendrá un verdadero provecho.

La excursión de 1961, con el grupo de Asociación de Geólogos, resultó sumamente agradable y espero que además fuera para ellos muy instructiva. Así al menos

(*) Preparado para la Reunión de Campo, de septiembre de 1961, organizada por la Geologist's Association de Londres.

resultó para mi mismo, pues aunque conocía al detalle muchos de los sectores, por haberlos cartografiado yo mismo, nunca había tenido ocasión de visitarlos tan seguidamente y de poder establecer por mi mismo su comparación y seguir la evolución.

Expreso mi agradecimiento a la Asociación de Geólogos por la atención que tuvo conmigo al confiarme la dirección de la excursión.

Igualmente a los Profesores Solé y Fontboté que me suministraron material e información para el recorrido inicial desde Puigcerdá a Ribas, del que sólo conocía el valle del Fresser.

* * *

La guía se compone de una introducción, en que se exponen los rasgos más generales de la estructura e historia geológica de la Península, y luego del Pirineo mismo, con objeto de proporcionar a los visitantes un marco o fundamento en que apoyar las ideas que vayan adquiriendo. Esta parte debería ser leída con atención.

Viene después la guía propiamente dicha con el itinerario día a día, y ésta parte es la que debería seguirse con el Mapa geológico de la Península y las Memorias y mapas descriptivos del detalle a la vista.

Conviene advertir que los itinerarios están calculados para ser visitados en los días medios o largos de mitad de primavera a principios del otoño. Si se hace en otras épocas, es preciso fragmentar el itinerario en otra forma, por la breve duración de la luz solar.

SCOPE AND ABSTRACT

When the Geologist's Association, London, asked me to supervise an excursion to the Pyrenees, within their plan of geological summer excursions abroad, I asked immediately whether they preferred the detailed knowledge of some sector of the Pyrenees, or else a general knowledge of the whole chain. The Pyrenees, even on the most restricted sense of its geographical denomination is a long and complex chain of mountains. Its detailed study would require many days and its detailed description many pages. It was a matter of choosing between one of the two possibilities. Once the election fell upon a general knowledge of the whole chain I set myself upon preparing in a few days this guide.

It was impossible, within this scope, to follow with all detail the infinite variety of characteristics, stratigraphic, tectonic and paleontological which adorn the pyrenaic geology.

I deemed best, according to their wishes, to provide a quick succession of images, which should give to the participants the main characteristics of the stratigraphic and tectonic structure of the chain, but even more, by the quick succession of pictures, the evolution of one into another.

The best way to do it I considered was to show the magnificent sections obtainable on the admirably exposed slopes of the beautiful riversides of the septentrional affluents of the Ebro river on its upper courses.

I chose a series, among them, since it was not possible to show them all, the criterium for the election being my direct or more recent personal knowledge of the chosen ones even if those left out are by no means less interesting or less beautiful. Then we had only to advance from one section to the following one running parallel to the chains, sometimes on their middle, some times on their external zones. I know that some

will be disappointed by the lack of detail, but the purpose of this guide is, as told before, only to give a general idea and, even more, an evolutive conception.

This excursion ought to be followed, of course, with the geological map of Spain scale 1:1.000.000 in hand, besides the included bibliography ought to be consulted and, if possible, studied the day before each excursion.

The 1961 excursion with the group of the Geologist's Association was a success and most pleasurable and, I hope, also instructive for them. It was so, at least for me, as although I knew directly most of the trajects and had worked on the mapping of many of them, I had never had the opportunity of visiting them so close after one another, which gave me a more exact view of the evolution.

It is my pleasure to express my gratitude to the Geologist's Association for trusting me with their expedition.

Also to Professors Solé Sabaris from Barcelona, and Fontboté from Granada, for help on the data of the very first part of the itinerary from Puigcerdá to Ribas which was almost new to me, at least in the first half of the traject.

* * *

The guide is made up of an introduction in which the most general outlines of the structure and geological history of Spain are explained and of the Pyrenees themselves, with the purpose of furnishing with a general knowledge of basic facts. After comes the guide proper, with a day by day itinerary, and this is the part which ought to be followed with the geological map in hand and with the detailed descriptions listed on the bibliography.

It must be warned that the excursion, as planned, has been calculated for the medium and long days from middle spring until late autumn. If undertaken in other seasons it should be fragmented into smaller sections.

It only remains me to wish to the future users of this guide a very pleasant and instructive excursion which may enable them to assimilate some of the geological and natural beauties of our Pyrenees (*).

INTRODUCCIÓN

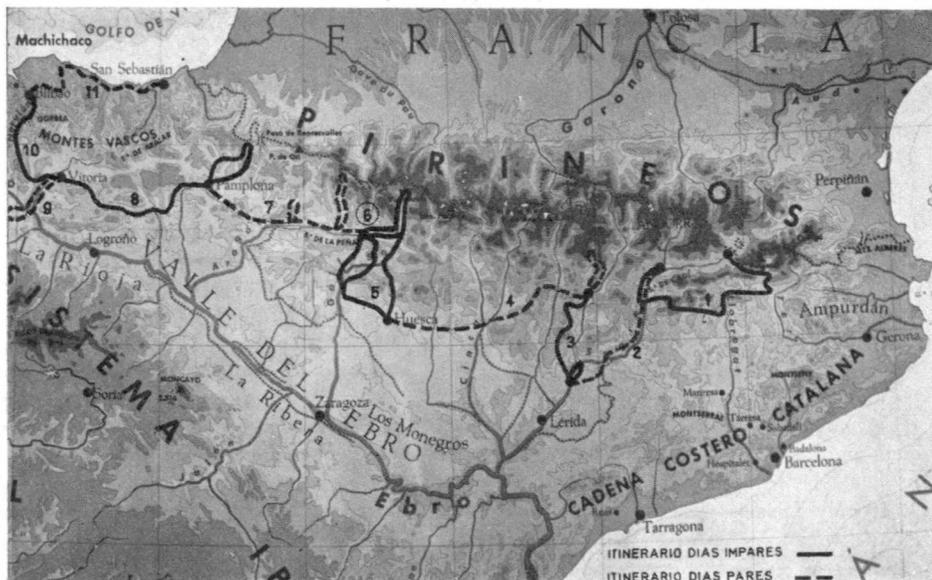
Los Pirineos constituyen, geográficamente, una cordillera que se extiende de Este a Oeste, y separan España de Francia. La frontera coincide aproximadamente con la divisoria de aguas. Los Pirineos españoles son mucho más complejos, topográficamente, que los de la parte francesa; son más anchos y el descenso desde la zona axial hasta la llanura se realiza en forma más gradual a través de una serie de sierras paralelas. Los Pirineos franceses son mucho más estrechos y, por consiguiente, mucho más abruptos.

El área que comparte con los Pirineos fundamentalmente la misma historia geológica, tanto sedimentaria como tectónica, se extiende mucho más hacia el Oeste siempre con el mismo carácter montañoso, aunque en alguna zona es más suave que en el Pirineo propiamente dicho. En este sentido los Pirineos

(*) An english version of this guide will appear shortly afterwards, published also by the Instituto Geológico y Minero de España.

se extienden hasta la región asturiana a lo largo del Golfo de Vizcaya, e incluyen la mayor parte de los Montes Cantábricos.

En la excursión se reconocerán los Pirineos de Este a Oeste, y se llegará hasta la parte más oriental de los Montes Cantábricos, pero dejaremos fuera el resto de los mismos. El itinerario cortará varias veces los diferentes elementos estructurales componentes, desde el valle del Ebro hasta el basamento. La estructura de la Cordillera es variada y compleja, pero se halla



Esquema de los itinerarios.

muy bien puesta de manifiesto. Es posible seguir claramente el cambio de las series sencillas a las complicadas, para volver más tarde de nuevo a las sencillas y verlas desarrollarse, finalmente, en una sucesión muy potente y compleja. La mayoría de los cambios importantes afectan a las formaciones cretáceas y, en menor grado, al sistema eoceno. El itinerario nos permitirá mostrar también la evolución tectónica.

Recientemente ha comenzado una serie de intensas campañas de investigación petrolífera que nos está proporcionando un rápido aumento de conocimientos. Pero aparte de que se guarda gran reserva acerca de los resultados obtenidos, y de que un análisis detallado sería demasiado largo, la siguiente nota trata de exponer solamente un resumen general de los rasgos más salientes, sin complicarlo por nuevos descubrimientos todavía imperfectamente dirigidos.

2. HISTORIA GEOLÓGICA SUMARIA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

a) *Historia pre-herciniana*

La historia pre-herciniana de la Península parece haber sido relativamente uniforme. En conjunto dominó un régimen de sedimentación marina y bastante continuo desde el Cambriano, hasta bien entrado el Carbonífero Superior.

Nuestros limitados conocimientos actuales sugieren que las fases de plegamiento herciniano afectaron el área total ocupada hoy día por la Península, en forma semejante. La Península formó, durante estos tiempos, parte de una unidad paleo-geográfica mucho más extensa, un antiguo continente que se desmembró posteriormente.

b) *Historia post-herciniana*

Al terminar la orogenia herciniana, al final del Carbonífero, la Península Ibérica quedó dividida en dos regiones, cuyas historias posteriores fueron esencialmente diferentes. La región occidental (limitada al Sur por la falla o flexura del Guadalquivir, que tuvo su origen en esta época, y al Este por flexuras ocultas hoy día bajo sedimentos más recientes), muestra desde entonces un desarrollo continental, excepto durante algunas cortas invasiones marinas (principalmente la transgresión cretácea). La región más meridional (al sur de la falla del Guadalquivir) y la más oriental (al este de las flexuras) comenzó a funcionar como geosinclinal, el futuro geosinclinal alpino, y recibió depósitos más o menos potentes, a veces muy potentes, tanto de carácter marino como continental.

No trataremos aquí los complicados problemas de las Cadenas Béticas (al sureste de la falla del Guadalquivir); baste decir que su desarrollo sedimentario es variado y complejo, aunque no esencialmente diferente del de las demás áreas peninsulares de sedimentación alpina. Pero su historia orogénica es más prolongada (el plegamiento dura hasta bien entrado el Mioceno) y también más violento. Entre los sistemas de plegamiento alpino en España los béticos son, con mucha diferencia los más complicados, alcanzando incluso una verdadera categoría tectónica alpina.

3. EL MARCO GEOLÓGICO DE LOS PIRINEOS

Los Pirineos pueden definirse geológicamente como las regiones formadas por el orogeno pirenaico —es decir—, las regiones que desde el plegamiento herciniano comparten una misma historia geosinclinal, y que fueron

sujetas, conjuntamente, a un estilo más o menos uniforme de plegamiento durante la orogenia alpina, constituyendo una cordillera continua. Estos sedimentos plegados incluyen desde el Permiano al Oligoceno alto y se apoyan en un basamento herciniano que aparece expuesto, en forma casi continua, en la zona axil. La cordillera está constituida por el Pirineo propiamente dicho, y también por sus prolongaciones directas, que comparten las mismas directrices y muestran una estructura general del mismo tipo.

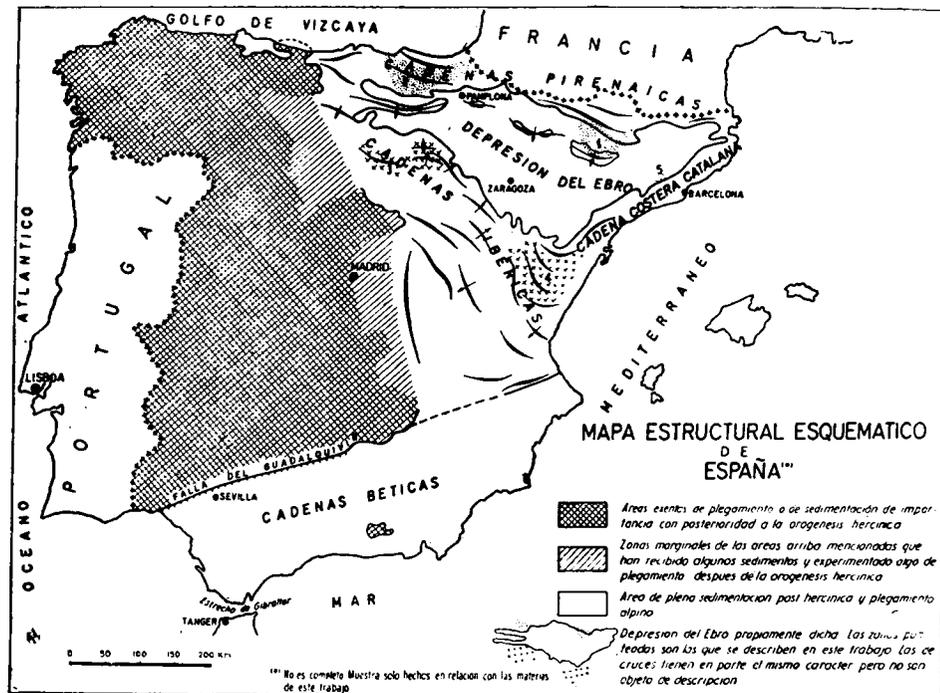


Fig. 1.—Esquema tectónico-estructural de España en sus líneas más generales

- 1: Zona de los Montsechs.
- 2: Zona Vasco-Cántabra.

Hay otras cadenas (Ibéricas y Cadena Costera Catalana), que comparten en mayor o menor grado la historia geológica del Pirineo, pero que no constituyen verdaderas prolongaciones, sino ramas separadas, bien mediante virgación o curvamiento.

Los sedimentos del geosinclinal alpino se depositaron sobre un área mucho más amplia que la de los Pirineos propiamente dichos, y se extendían hacia el Sur, por ejemplo, hasta el valle del Ebro donde aparecen actualmente cubiertos por sedimentos miocenos. La estructura e historia de los Pirineos están íntimamente ligadas a la del valle del Ebro, de forma que ambas regiones se deben estudiar conjuntamente.

4. CARACTERES GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS GENERALES DEL VALLE DEL EBRO

a) Descripción geográfica

El valle del Ebro, en su actual expresión geográfica, ocupa el noreste de la Península Ibérica (fig. 1). Tiene forma triangular y está limitado al Norte por la Cordillera de los Pirineos que se extienden a lo largo de la frontera franco-española, por el Este por las Cadenas Costeras Catalanas y por el Suroeste por la Cordillera Ibérica.

b) Descripción geológica

El triángulo formado por la Cuenca del Ebro propiamente dicha, corresponde a una depresión profunda rellena de sedimentos eocenos y oligocenos que, según su situación marginal o central dentro de la depresión, aparecen hoy intensa, mediana o ligeramente plegados o sin plegar, y están parcialmente cubiertos por una delgada capa de depósitos miocenos.

Las cordilleras que enmarcan la cuenca están formadas esencialmente por una serie sedimentaria mesozoica, más o menos completa y plegada, a través de la que aparece localmente el basamento paleozoico.

Las formaciones eoceno-oligocenas, antes de que la erosión las arrastrase, se extendían también sobre parte del área ocupada por las cordilleras que enmarcan la cuenca, y todavía se conservan en ellas algunos afloramientos aislados. Similarmente, hay algunas ramificaciones de las cadenas marginales mesozoicas que afloran entre los sedimentos eoceno-oligocenos del valle del Ebro.

Las tres cordilleras marginales son más o menos de la misma edad, y todas ellas tuvieron su origen durante las fases alpinas que se desarrollaron desde el Eoceno superior hasta el final del Oligoceno. La Cordillera Pirenaica es la más importante, y su categoría tectónica varía entre la de los plegamientos más violentos de tipo jurásico y la de tipo alpino más moderado; el Sistema Ibérico es de una categoría intermedia y corresponde a la de plegamiento típico jurásico. Las Cadenas Costeras Catalanas presentan un plegamiento más moderado y en su constitución tuvieron un papel más importante los movimientos verticales que los plegamientos. En realidad, las Cadenas Costeras Catalanas no son muy unitarias geológicamente. En su mitad septentrional dominan reminiscencias pirenaicas, en la meridional reminiscencias ibéricas, todo ello dentro de un denominador común que les es propio.

El basamento paleozoico presenta un intenso plegamiento, que tuvo lugar durante la orogenia hercinica en el Carbonífero Superior.

Es materia de discusión si el basamento hercínico de los Pirineos fue después afectado por los plegamientos alpidicos. Aunque todos admiten la acción de movimientos verticales ascendentes y descendentes, a lo largo de fallas, muchos niegan cualquier plegamiento alpidico, mientras que algunos admiten una acción moderada, y unos pocos, el autor incluido, se inclinan a aceptar una influencia mucho más importante de reformación alpidica, al menos en algunas áreas en que actualmente parece dominar la deformación alpina, aunque desde luego es preciso llevar a cabo un análisis más detallado antes de llegar a una opinión conclusiva en pro o en contra.

Tanto en el Pirineo como en las Cadenas Costeras Catalanas, los afloramientos paleozoicos contienen intrusiones graníticas que corresponden a fases magmáticas sinorogénicas hercínicas. Su influencia metamórfica regional es pequeña en los Pirineos Centrales, al menos comparada con los efectos metamórficos de las intrusiones graníticas coetáneas que tuvieron lugar en la mitad occidental de la Península. Estas últimas fueron muy importantes, tanto en intensidad como en extensión, e influyeron mucho en la historia geológica posterior de la Península.

c) *Historia geológica del Valle del Ebro*

(I) *Historia pre-herciniana e intrusiones hercinianas.*—El conocimiento actual del desarrollo sedimentario y tectónico pre-herciniano y herciniano de esta región es imperfecto e incompleto. Se ha constituido como una síntesis a partir de series de observaciones de afloramientos que son con frecuencia discontinuos y distantes unos de otros. Todos nuestros conocimientos apuntan a que su historia pre-herciniana, en sus grandes rasgos, es esencialmente similar a la de la mitad occidental de la Península. ¿Cuál puede ser entonces, la razón del diferente desarrollo post-herciniano?

Lo más probable es que sea debido al hecho de que la orogenia herciniana desarrollara en la zona Oeste una intensa actividad magmática, predominantemente de tipo ácido granítico, que produjo un metamorfismo muy intenso y extenso. Como consecuencia la zona oeste se hizo rígida, incapaz de plegarse y tectónicamente muerta, cratonizada, excepto en régimen de fracturación.

En la zona oriental, por el contrario, los fenómenos magmáticos deben de haber sido mucho menos intensos. Entre las cordilleras que enmarcan el valle del Ebro, los Pirineos y las Cordilleras Costeras Catalanas presentan intrusiones graníticas hercinianas (figs. 2 y 3), pero su extensión, comparada con la del área ocupada por los granitos en las formaciones prehercinianas en el Oeste de la Península, es mucho menor y su acción metamórfica mucho más débil. Las Cadenas Costeras Catalanas muestran una actividad magmática herciniana mucho más importante, y también una actividad de plega-

miento alpino mucho más reducida. En las Cadenas Ibéricas no hay afloramientos de granito, pero debe recordarse que, en general, la cobertura mesozoica y cenozoica es mucho más completa, encontrándose los niveles de erosión a un nivel estratigráfico más alto que en los Pirineos.

(II) *Movilidad post-herciniana.*—La conclusión de que las intrusiones graníticas hercinianas fueron mucho menos importantes en la mitad oriental que en la occidental de la Península, es debida mucho más a inferencia que a observación directa. Se basa en el hecho de que la parte oriental de la Península no quedó inmovilizada como la occidental. Por el contrario, pudo funcionar de nuevo como una futura área orogénica, con subsidiencia prolongada y profunda, en condiciones de acumular nuevos y a veces potentes depósitos marinos y continentales y, finalmente, crear un importante sistema de plegamiento. No adquirió la rigidez que en la parte occidental crearon el metamorfismo y cristalización fuertes y extensos.

(III) *Historia triásico-jurásica (Uniformidad).*—Si examinamos el carácter de las formaciones post-hercinianas que rellenan el valle del Ebro, hay un hecho sobresaliente que nos llama la atención. Los sedimentos son variables, sobre todo por encima de la base del Cretáceo. Pero, en cambio, los sedimentos depositados desde que terminó el plegamiento herciniano hasta el final del Jurásico, Permiano, Triásico y Jurásico, son hasta un cierto grado uniformes en sus litologías respectivas (1), y algo menos en cuanto a la potencia de sus unidades que es más variable de unas a otras localidades. A través de todo este período dominaba una relativa uniformidad en las cuencas de deposición y no había grandes variaciones regionales.

(IV) *Historia cretácea (Movilidad y Variedad).*—Desde el Jurásico superior hasta el Cretáceo Medio, las cuencas de deposición adquieren gran movilidad, aunque el esquema fué muy variable de zona a zona. Algunas áreas se fueron hundiendo a grandes profundidades, depositándose en ellas series sedimentarias muy potentes y continuas; otras emergieron, y una parte más o menos grande de los sedimentos previamente depositados en ellas fueron presa de la erosión; otras oscilaron verticalmente, lo que dio lugar a unas series discontinuas y muy irregulares, con abundantes lagunas o diastemas.

La estratigrafía del Jurásico superior-Cretáceo Medio es extremadamente variada y compleja. Algunas series son completas y enteramente marinas; otras son continentales, ocasionalmente interrumpidas por uno o más epi-

(1) Hasta un cierto grado, porque comparadas, con las circunstancias de otras áreas, por ejemplo, en Africa y América, todas las condiciones geológicas son extremadamente variables en España. Este país es extremadamente rico en cantidad y variedad de situaciones estratigráficas y tectónicas. Como consecuencia de la rapidez de los cambios, España, en grandes áreas, es un mosaico geológico.

sodios marinos. En otras áreas esta época constituyó un período de erosión y desapareció una parte más o menos grande de las rocas jurásicas e incluso triásicas y permotriásicas previamente sedimentadas, quedando expuesto el basamento paleozoico.

Además de la movilidad de las cuencas desde el final del Jurásico en adelante, y de la variedad en carácter de los sedimentos, hubo también discordancias e incluso formación de conglomerados basales. Todos ellos son fenómenos que sugieren la actuación de una fase de plegamiento suave en este período.

Es difícil discernir si se debieron estos movimientos a desplazamientos verticales de bloques en el basamento paleozoico, o a su reformación tectónica en amplios pliegues; o quizás, como causa final, a un movimiento magmático profundo. Pero el caso es que después del final del Jurásico toda el área del actual valle del Ebro y sus cadenas marginales experimentó una modificación estructural profunda. El fondo que hasta ahora era bastante uniforme, quedó dividido en distintos compartimentos mediante una serie de umbrales que separaban depresiones locales de orden menor. Estas elevaciones del basamento, conocidas en la literatura geológica española con los nombres de «Macizo Aragonés», Macizo del Ampurdán, etc. («Ebro Masse», «Ampurdán Schwelle», etc., de los geólogos alemanes que fueron los primeros en señalar su existencia), recibieron una sedimentación escasa y fragmentaria, y a veces ni siquiera eso. En las fosas se depositaban mientras tanto potentes series sedimentarias más completas y continuas. Hay también zonas de caracteres intermedios.

(V) *Regiones de deposición de sedimentos cretáceos potentes y continuos.*—Como puede verse en el mapa (fig. 1) las regiones especiales caracterizadas por la acumulación de potentes sedimentos, están actualmente distribuidas a lo largo de las márgenes del Valle del Ebro y forman parte de las sierras que enmarcan éste. Estas áreas, son las siguientes:

a) El *Area del Montsech* se caracteriza sobre todo por la enorme diferencia que existe entre la complejidad de sus secuencias estratigráficas casi completas y la simplicidad de las mismas al Este, Sur y Oeste, donde faltan muchos de sus miembros y también por la gran diferencia de espesores entre las formaciones del interior y del exterior del área. Se desarrolla un diapirismo importante a todo lo largo de sus márgenes, especialmente en el borde sur. Los materiales diapíricos pertenecen al Keuper. Los sedimentos oligocenos ocultan un número desconocido de manifestaciones diapíricas.

b) La *Fosa Cantábrica* se caracteriza por la excepcional acumulación de sedimentos cretáceos (Inferior y Superior) que contrasta con la de las áreas vecinas, sobre todo con la oriental. Este área se caracteriza también por un intenso diapirismo, el más importante en el suelo español, que es en su mayor parte del tipo de chimeneas o domos salinos.

c) La *Sierra de la Demanda* se caracteriza igualmente por la potencia de su Cretáceo Inferior con respecto al de las zonas que la rodean, y además por su carácter continental. El Keuper en esta área es apenas diapírico.

d) El *Area del Maestrango* tiene más o menos las mismas características, pero en el Cretáceo Inferior están representadas las facies marinas conjuntamente con las continentales.

e) *Area del Monserrat.* Este área no forma parte de las sierras marginales, sino que pertenece al valle del Ebro propiamente dicho, no obstante su gran relieve topográfico, y puede tomarse como el prototipo de algunos de los cambios de facies que tienen lugar en él. Es un ejemplo típico de la variabilidad del Paleogeno dentro del valle del Ebro, por lo demás tan monótono en todas sus características. Hay otras muchas áreas que ofrecen el mismo carácter a lo largo del borde interno de las Sierras Marginales.

De todas estas regiones, solamente incluyen la (a) y la (b) en nuestra visita.

(VI) *Historia Geológica de los tiempos post-cretáceos.*—Los depósitos albenses muestran ya la tendencia a una mayor uniformidad en la mayoría de las regiones que los que les preceden. Inmediatamente después tuvo lugar una gran transgresión cretácea que comenzó en el Cenomanense y persistió hasta el final del Senonense. Los sedimentos del Cretáceo Superior son bastante uniformes en su carácter litológico, pero no tanto en las potencias, en todas las áreas marginales del Valle del Ebro.

La transición del Cretáceo al Eoceno está marcada por una retirada general de los mares, que se hizo permanente para la mitad inferior o meridional del Valle del Ebro, al sur de la línea que constituye la mediana del triángulo que une el vértice noroeste con el punto medio de las Cadenas Costeras catalanas. Al norte de esta línea, la sedimentación retorna pronto a las condiciones marinas, mientras que al sur de la misma persiste el régimen continental. En ambas facies, la potencia del Eoceno es grande, y también variable, especialmente en los depósitos marinos.

Al final del Eoceno comenzó el gran plegamiento alpino que crearía las cordilleras que enmarcan el Valle del Ebro. El levantamiento de las Cadenas Costeras Catalanas cortó desde entonces toda comunicación del valle del Ebro con el Mar Mediterráneo. Acababa de nacer el valle del Ebro.

Durante el Oligoceno completaron su desarrollo todas las cordilleras enmarcantes y aislaron entre sus muros la cuenca del Ebro, que se rellenó gradualmente con un espesor considerable, aunque variable, de depósitos lacustres oligocenos. Con el Oligoceno termina la historia orogénica del valle del Ebro y de sus cadenas marginales. Después del final del Oligoceno tuvo lugar un levantamiento en bloque de las cadenas marginales en relación con los depósitos que rellenan el valle del Ebro. Los Pirineos se levantan como una cordillera y su relieve estimula la erosión.

5) LAS ÁREAS QUE SE VISITARÁN

(I) *Su importancia en las investigaciones petrolíferas.*—Las áreas (a), (b), (c) y (d) constituyen, a causa de su mayor potencia y más continuidad en la historia, zonas singulares dentro del cuadro sedimentario general del Valle del Ebro. Tienen cambios litológicos laterales, acuñaamientos de capas, desarrollo de facies marginales y mayor abundancia de clásticas y son las zonas que más perspectivas ofrecen en las proporciones petrolíferas dentro del conjunto regional. Algunas, por ejemplo (a), encierran importantes arrecifes calizos. Otros, como las áreas (c) y (d) contienen en el Albense capas de arenas y areniscas de excelente permeabilidad. En todas ellas hay indicios petrolíferos más o menos abundantes, particularmente en las áreas (a) y (b). Los prospectores de petróleos observarán con especial interés estas áreas y sus contactos con las zonas vecinas. Esto, sin embargo, no significa que el resto del valle el Ebro quede excluido de las posibilidades petrolíferas; quiere decir solamente que éstas aparecen como las zonas sobresalientes.

Se aprecia una relación de causa a efecto entre la existencia de estas áreas especiales y la concentración de materiales plásticos y salíferos en sus márgenes. Debe atribuirse esta concentración a la presión gravitativa ejercida por la acumulación en esas áreas de espesores mayores de sedimentos. Los materiales del Keuper huyeron de debajo de ellas, en busca de zonas de menor presión gravitatoria y emigraron gradualmente hacia las zonas marginales. La forma en que el Keuper encontró paso a la superficie, y la época y continuidad, o falta de continuidad, del movimiento ascendente depende de las características particulares de cada zona. En el área (a), el Keuper rompió la cubierta sedimentaria, y se derramó sobre la superficie, en los puntos en que aquella era débil. El movimiento ascendente parece haber sido reforzado por los movimientos alpinos a cuyo período parece estar restringidos. En el área (b) el movimiento ascendente comenzó a completarse la gran acumulación de sedimentos del Cretáceo Inferior y persistió con intensidad variable por lo menos hasta el final del Oligoceno y quizás continúa actualmente. Las sales y arcillas del Keuper ascendieron en series de domos, de raíces profundas, a través de potencias enormes de sedimentos. El movimiento fue mucho más independiente de la tectónica que en la zona anteriormente descrita. Los domos se desarrollaron indiferentemente en monoclinales, sinclinales o anticlinales y, en el interior de éstos, tanto en las culminaciones como en los flancos. El movimiento ascendente fue predominantemente gravitativo. Desde el punto de vista de los fenómenos diapíricos, las áreas (c) y (d) son mucho menos conocidas. La tectónica salífera, si la hay, es muy secundaria.

Estos fenómenos diapíricos tienen también su importancia en las prospecciones petrolíferas. Los materiales diapíricos pueden formar barreras a la migración, y ejercerán así una influencia en la formación y desplazamiento de las acumulaciones de petróleo. Por otro lado, el diapiro puede constituir por sí mismo una estructura, sobre todo los domos salinos.

(II) *Area del Monsetch (a).*—La evolución sedimentaria a lo largo de esta depresión puede apreciarse claramente en los cortes de la figura 3. Aunque estos cortes se han tomado de fuentes diferentes las leyendas han sido unificadas. Las potencias no pueden compararse puesto que los cortes 1, 3, 4 y 7 son solamente esquemáticos. Sin embargo, todos ellos se han adaptado más o menos a la misma escala.

En el corte 1 se indican las circunstancias sedimentarias inmediatamente al Este y fuera de la depresión. La serie incluye allí solamente una representación muy delgada del Cretáceo Superior, que yace comprendida entre el Eoceno y Keuper. Los niveles mesozoicos son extremadamente esquemáticos. Se aprecia, para la zona intermedia, cómo el Cretáceo Superior está presente en todos los cortes, pero su potencia y complejidad estratigráfica crecen hacia el Oeste y disminuyen hacia el Sur y Sudoeste.

El corte 8, semejante al 1, muestra una secuencia sedimentaria muy esquemática caracterizada por una participación muy poco potente del Cretáceo Superior que yace de nuevo entre el Eoceno y el Keuper.

El Cretáceo Inferior hace su aparición entre el corte 2, donde todavía está ausente, y el 3, y alcanza su máximo desarrollo en el corte 4. La potencia y complejidad son ya menores en los cortes 5 y 6 y, siguiendo la misma tendencia que el Cretáceo Superior, el Inferior se acuña hacia el Sur. El corte 7 corresponde a los últimos afloramientos del Cretáceo Inferior por el Oeste; está completamente ausente en el corte 8.

El Lias aparece, aunque con muy poca potencia, en la zona que atraviesa el corte 2. Alcanza su desarrollo normal entre los 4 y 7 y también desaparece hacia el Sur y Suroeste.

De todas estas observaciones se deduce que durante el Cretáceo Inferior se formó una zona especial de sedimentación (fig. 2), constituida como una depresión profunda flanqueada por fuertes pendientes, lo que dio lugar a una potente acumulación de depósitos marinos. Esta cuenca estaba limitada al sur por un macizo o umbral continental («Macizo del Ebro») y al Este y Oeste, por dos salientes «Umbral del Ampurdán» y «Umbral Alto Aragonés»). La comunicación con el mar abierto debía realizarse por el Norte, donde todavía no existían los Pirineos. Estos escudos deben haber sido creados por los plegamientos ciméricos al final del Jurásico y la erosión debe haber arrastrado, en mayor o menor medida, los sedimentos jurásicos depositados anteriormente en ellos.

La existencia de estos escudos es, de momento, puramente especulativa y

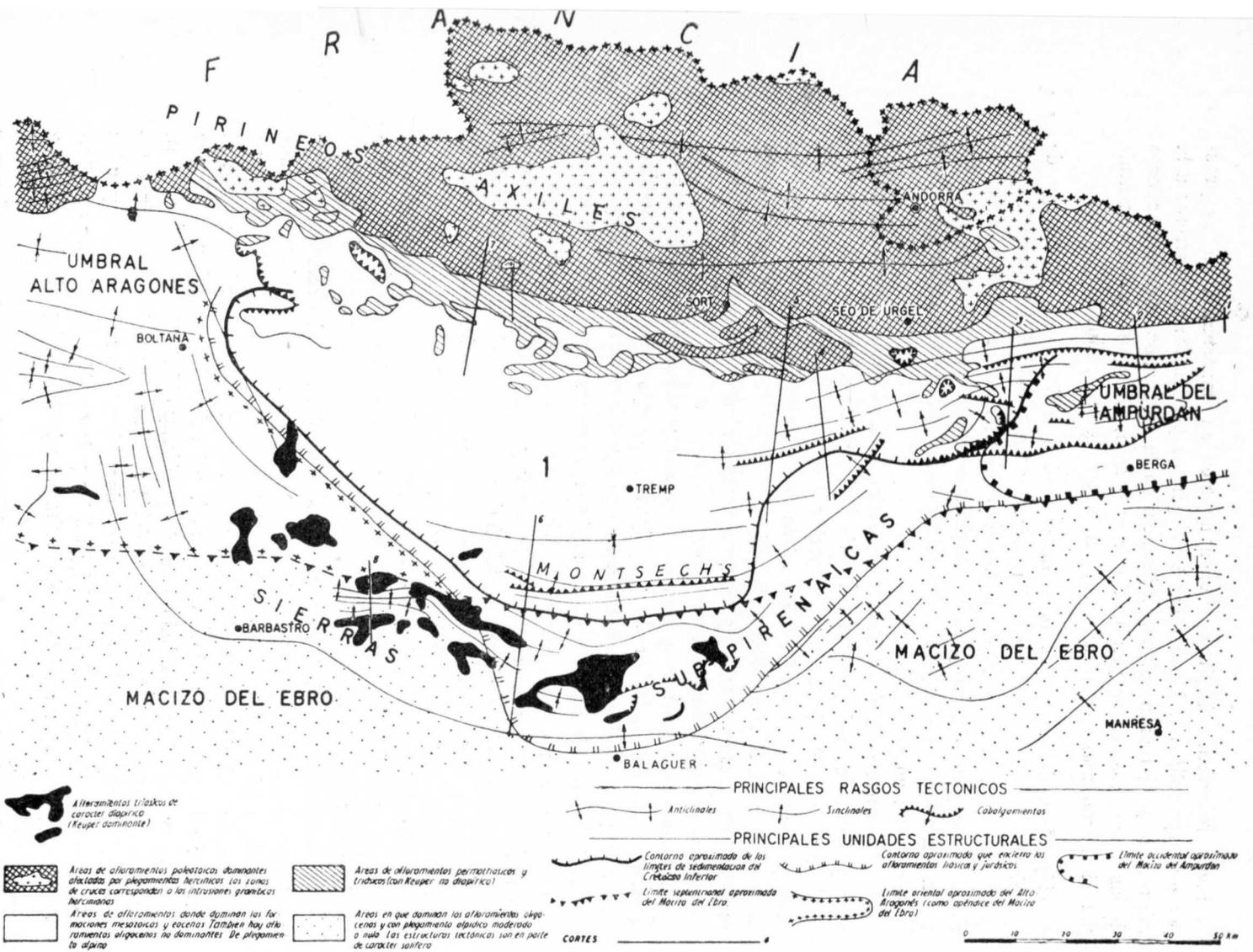


Fig. 2.—Esquema estructural de la zona de los Montsechs (Ríos, 1959).

CORTES, GEOLOGICOS DE LA ZONA N.º 1

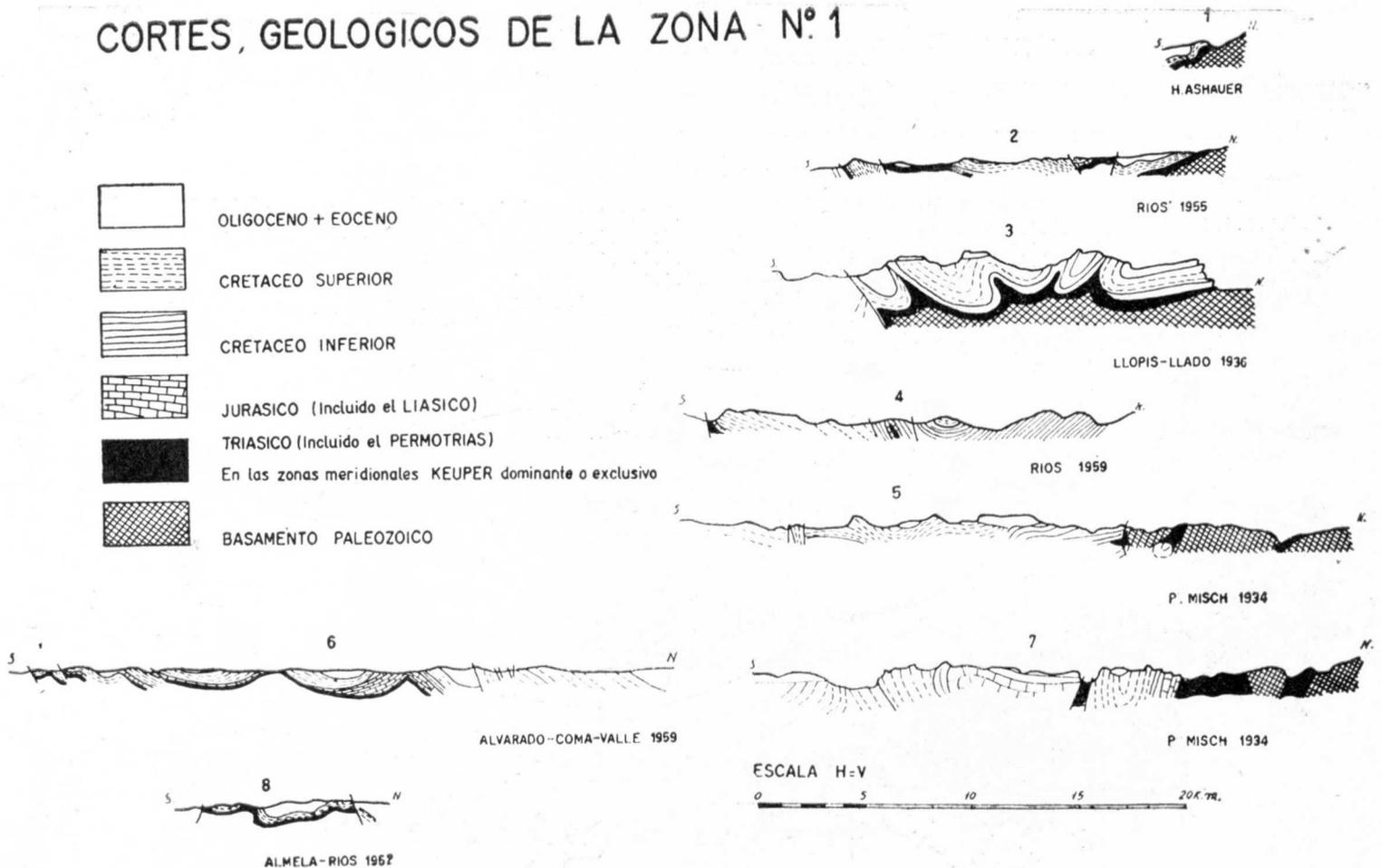


Fig. 3.—Cortes geológicos a través de la región de los Montsechs (Ríos, 1959).

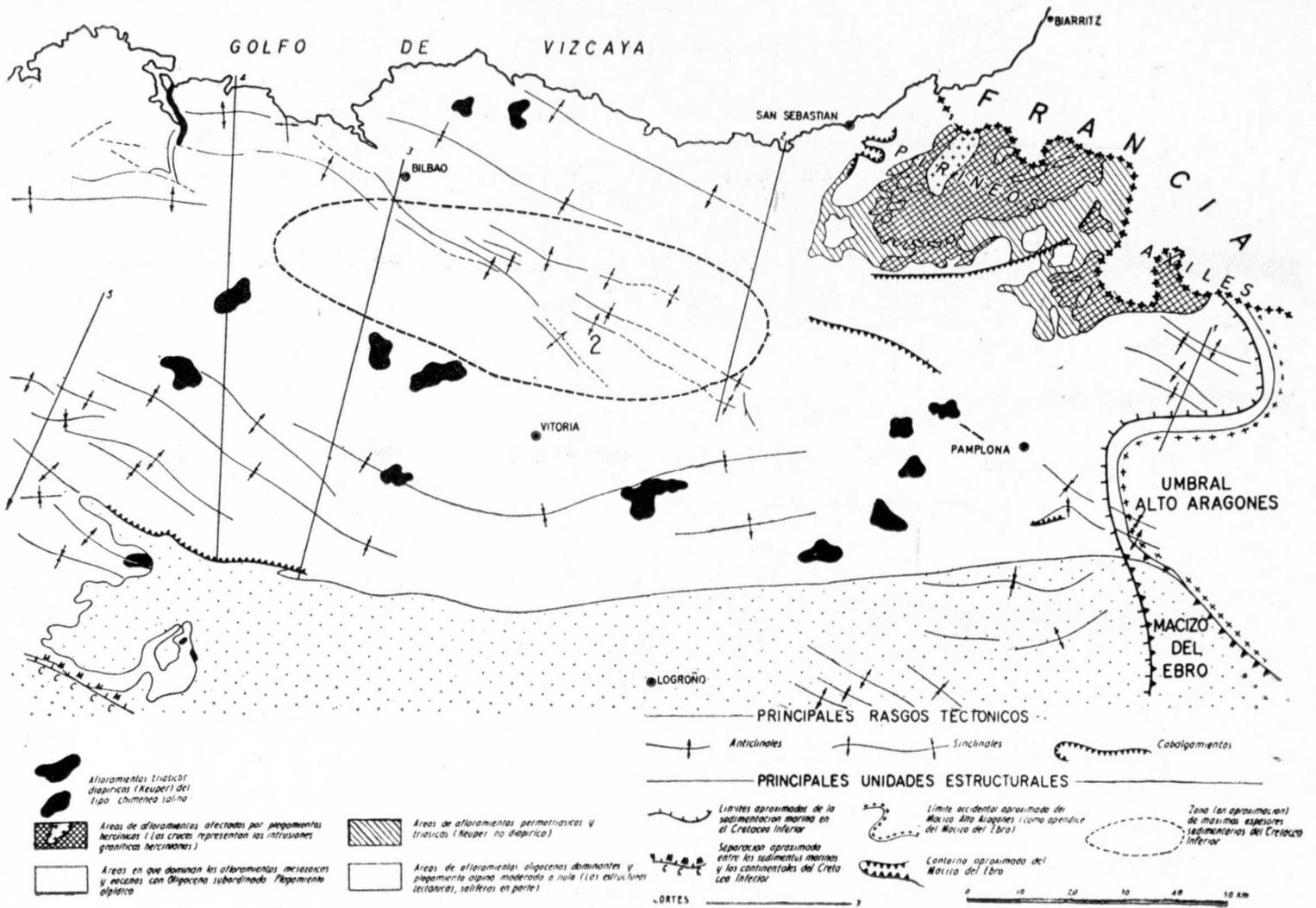


Fig. 4.—Esquema estructural de la región vasco-cántabra (Ríos, 1959).

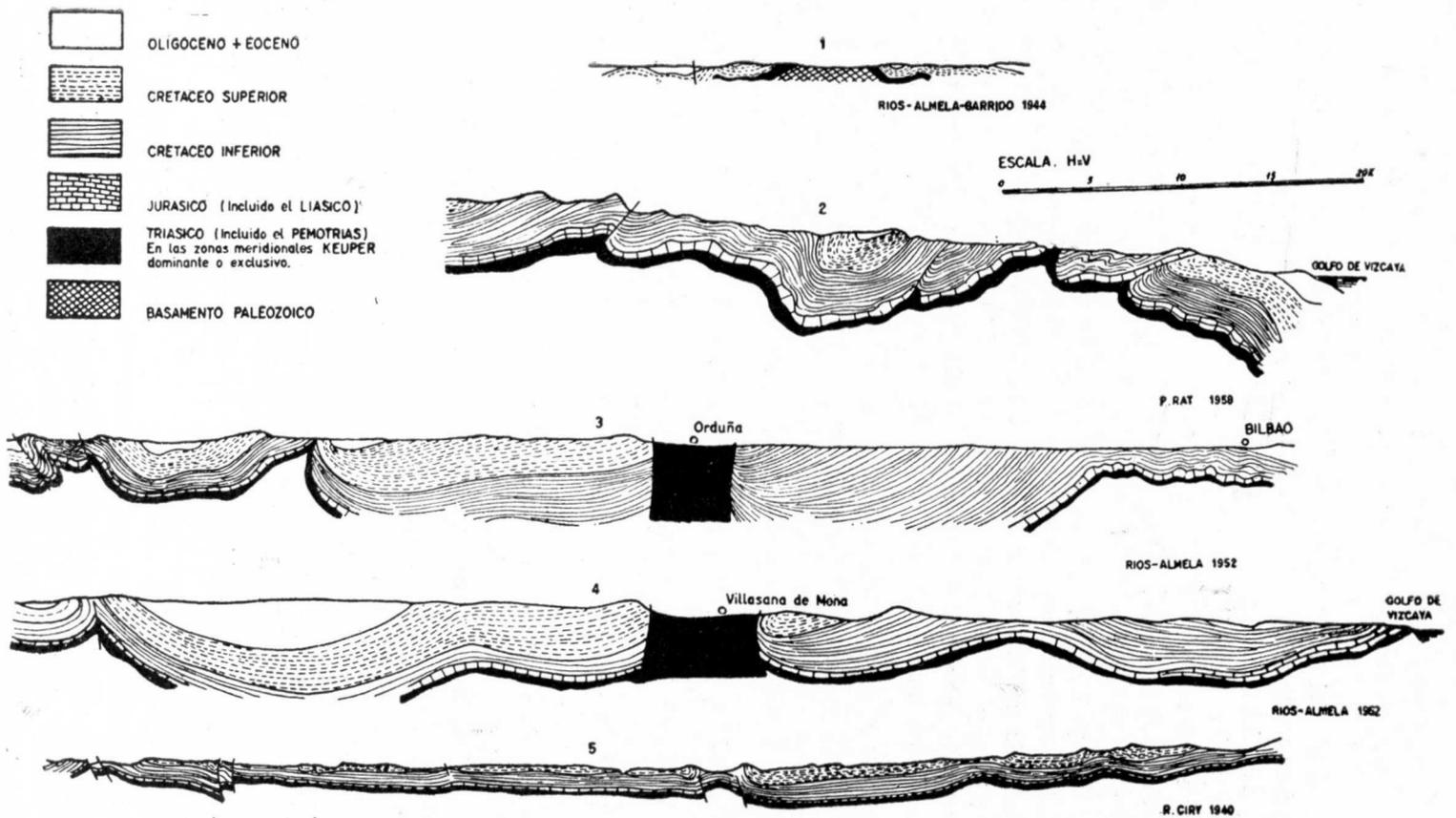


Fig. 5.—Cortes geológicos a través del país vasco-cántabro (Ríos, 1959).

deducida del análisis de los cortes y facies, pero los estudios geofísicos y algunos sondeos realizados en el valle del Ebro tienden a confirmar su existencia.

El análisis del carácter y potencia de los sedimentos que rellenan la depresión muestra una migración del surco de profundidades máximas hacia el sur, a partir del Cretáceo Inferior. El hundimiento de los macizos o escudos comenzó gradualmente inmediatamente después del Cretáceo Inferior. De todos ellos el que más persistió fue el Macizo del Ebro, pues todos los sedimentos del Cretáceo Superior adelgazan, o quizá se acuñan del todo, en dirección al Sur.

El mayor peso de los sedimentos en el centro de la depresión debe haber desalojado lateralmente el Keuper por debajo de ellos, acumulándolo hacia el Sur, donde la cubierta sedimentaria era más débil. Al principio del plegamiento alpino, y con su ayuda, el Keuper debe haber roto fácilmente a través de la delgada cobertura de sedimentos, facilitando el cabalgamiento de los pliegues, con lo que tuvo lugar un extenso, aunque no profundo diapirismo.

(III) La *Fosa Cantábrica* (b) (fig. 4). En los cortes 1 a 5 de la figura 5 se muestra claramente la evolución de los sedimentos. Todos ellos son comparables directamente, pues todos están dibujados con la misma escala y a igualdad de horizontales y verticales. Todos ellos son auténticos cortes y no esquemas.

En el corte 1, el más oriental de todos ellos, se indica cómo la secuencia mesozoica de la región inmediatamente al Este está constituida solamente por una reducida representación del Cretáceo Superior de poco espesor y complejidad que yace directamente sobre el Trías y bajo el Eoceno.

El corte 1 es semejante (aunque el Cretáceo Superior sea más completo) a los que teníamos a ambos lados del área del Montsech (cortes 1 y 8 de la figura 4), y que corresponden a la secuencia estratigráfica general que caracteriza a los Pirineos al este y sur de los Montsechs y entre los Montsechs y la Fosa Cantábrica.

En el corte 2 (fig. 5) no solamente el Cretáceo Superior es mucho más potente que en el corte 1, sino que ya hay una potente secuencia del Cretáceo Inferior y además aparece el Jurásico (sobre todo Lías) entre el Cretáceo Inferior y el Trías. Tanto el Lías como el Cretáceo Inferior, hacen su aparición inmediatamente al oeste del corte 1, con secuencias al principio de poca potencia, pero que crecen rápidamente, alcanzando pronto el Cretáceo Inferior los 1.500-2.000 metros.

El corte 3 nos muestra las zonas de mayor desarrollo del Cretáceo Inferior, con espesores de 6.000-8.000 metros.

En el corte 4, se puede observar una reducción del Cretáceo Inferior, cuyo espesor se aproxima a los valores regionales normales. El Cretáceo Superior,

por el contrario, alcanza su mayor complejidad estratigráfica, que es muy grande, así como su máxima potencia, de varios miles de metros.

En el corte 5 se ve una reducción de la potencia del Cretáceo, tanto Superior como Inferior, a los valores regionales normales.

En la figura 3 se representa la posición de la profunda depresión que corresponde a las máximas potencias del Cretáceo Inferior.

Como sucede a todo lo largo de los Pirineos, el eje de la depresión migra, desde su posición original, durante el Cretáceo Inferior, hacia el Sur. También podemos observar la disposición de los diapiros a lo largo de una línea paralela al margen de la depresión, pero más al interior de sus límites. Estos diapiros, como puede verse en los cortes 3 y 4 de la figura 5, están asentados a mucha profundidad.

El movimiento ascensional del Keuper es debido esencialmente a fuerzas gravitativas y comenzó una vez que empezaron a acumularse los potentes depósitos del Cretáceo Inferior, al mismo tiempo que el eje de la depresión sedimentaria migraba hacia el Sur, correspondiendo con el engrosamiento del Cretáceo Superior en aquella dirección.

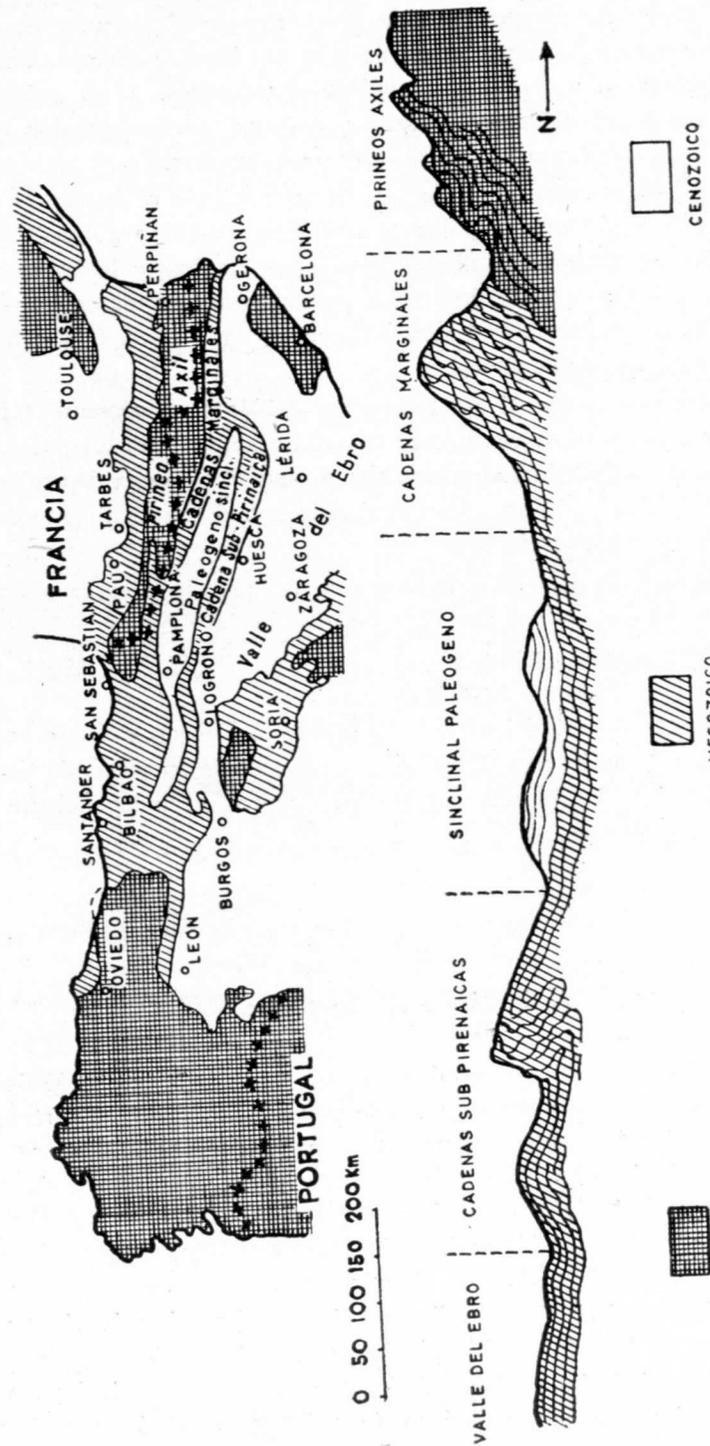
Los diapiros se localizaron a lo largo de la línea de adelgazamiento rápido de los sedimentarios del Cretáceo Inferior hacia el Sur y el Este. Esta línea ha de corresponder a una gran falla, o a una serie de fallas «en echelon», del basamento paleozoico subyacente.

El movimiento ascensional persistió durante el Eoceno y Oligoceno. Algunos diapiros afloran hoy en zonas oligocenas; otros en zonas de Cretáceo Superior o Inferior. La localización de los diapiros es independiente de la tectónica de plegamiento.

6) EL RECORRIDO

a) *Unidades geológicas y sus denominaciones* (fig. 6).

En los Pirineos españoles pueden reconocerse diferentes unidades. La *Zona Axil* comprende los picos más altos, y en ella dominan las formaciones paleozoicas y cristalinas del basamento. Esta zona se reparte entre Francia y España y la frontera sigue, en su mayor parte, la divisoria de aguas. El flanco sur está cubierto parcialmente por formaciones mesozoicas discordantes. Estas últimas, debido a las diferencias en estructura y litología que ofrecen con respecto al basamento, dan lugar frecuentemente a una unidad topográfica diferente de la Zona Axil conocida con el nombre de *Sierras Marginales*. El Sur de las Sierras Marginales, y a lo largo de una gran parte de la longitud total de los Pirineos Axiales, se extiende un sinclinatorio relativamente estrecho y alargado, relleno de sedimentos paleógenos plegados,



HERCÍNICO Y CRISTALINO

MESOZOICO

CENOZOICO

Fig. 6.—Esquema geológico-estructural general de las Cadenas Pirenaicas.

Ríos 1961.

que está representado topográficamente por una *Depresión Intermedia*. Aún más al Sur, la margen meridional de esta depresión está bordeada por una cadena de montañas, aunque discontinua, claramente definida y alargada en dirección Este-Oeste, cuyo conjunto constituyen las *Sierras Sub-pirenaicas*. Están formadas por sedimentos mesozoicos y, en menor grado, eocenos y oligocenos. Nunca aflora en ellos el basamento paleozoico, siendo el horizonte visible más bajo el Keuper, sobre el cual han deslizado frecuentemente, mediante despegues y pliegues-falla.

b) Itinerario

1.^{er} día. Puigcerdá-Seo de Urgel por Berga y Coll de Nargó.

Puigcerdá (por la carretera nacional 192)-Puerto de Tossas (1.800 m.)-Ribas del Fresser-Campdevanol (desviar a la derecha)-Gombreny-La Pobla de Lillet-Desviar a la derecha por la carretera comarcal 1.411-Guardiola-Serchs-Berga (desviar a la derecha)-Llinás-San Lorenzo de Morunys-Coll de Jou (desviar a la derecha) Odén-Aliñá-Canelles.—Desviar a la derecha por la carretera comarcal 1.313-Orgaña-Plá de San Tirs-Seo de Urgel.

2.^o día. Seo de Urgel-Balaguer (o Lérida).

Seo de Urgel (por la carretera comarcal 1.313)-Plá de San Tirs-Orgaña-Coll de Nargó Oliana-Basella-Pons-Artesa de Segre-Cubells-Balaguer (o Lérida, si se prefiere).

3.^{er} día. Balaguer (o Lérida)-Tremf.

Balaguer (o Lérida) (por la carretera comarcal 147)-Camarasa-Embalse de Camarasa-Camarasa-Balaguer (o la variante Camarasa-Desvío a la derecha-San Lorenzo de Mongay-Gerp-Balaguer).

Balaguer-Convento de Avellanes (desviar a la izquierda)-Fontdepou-Puerto de Ager (903 m.)-Ager-cruce del río Segre-Guardia de Tremf-Tremf.

4.^o día. Tremf-Senterada-Tremf-Huesca.

Tremf (por la carretera comarcal 147)-Salás de Pallás-Pobla de Segur (desviar a la izquierda por la carretera comarcal 144)-Senterada de Bellvehí-Torre de Capdella-Capdella-Torre de Capdella-Pobla de Segur-Salás de Pallás-Tremf-Devío a la derecha por la carretera comarcal 1.311-Figols-Collado de Montllobar (1.080 m.)-Puente de Montañana (desviar a la izquierda)-Viacamp-Tolva-Benabarre (seguir por la carretera comarcal 1.311)-Torres del Obispo-Graus (desviar a la izquierda por la carretera comarcal 139)-Puebla de Castro-El Grado (desviar a la izquierda por la carretera comarcal 138)-Barbastro (tomar la carretera nacional 240)-Peraltila-Angüés-Siétamo-Huesca.

5.^o día. Huesca-Baños de Panticosa-Jaca.

1.^a variante.—Huesca (tomar la carretera comarcal 136)-Igríes-Nueno-Arguís.-Puerto de Monrepós (1.342 m.)-Lanave-Hostal de Ipiés-Sabiñánigo.

2.^a variante.—Huesca (tomar la carretera nacional 240)-Esquedas-Ayerbe-Murillo de Gállego-Embalse de la Peña-Desvío a la derecha (por la carretera nacional 330)-Triste-Bernués.-Puerto de Oroel (1.080 m.)-Jaca (por la carretera comarcal 134)-Sabiñánigo.

3.^a variante.—Como en la anterior hasta el Embalse la Peña-Desvío a la izquierda (por la carretera nacional 240)-Salinas de Jaca-Puerto de Santa Bárbara o de Bayo-Baylo-Cruce del río Aragón (tomar a la derecha por la carretera comarcal 134, sin pasar el río)-Santa Cilia de Jaca-Jaca-Sabiñánigo.

Sabiñánigo-Senegüés-Biescas-Fuerte de Santa Elena-Puente de Escarrilla (desvío a la derecha)-Panticosa-Balneario de Panticosa. Regreso por la misma ruta a Jaca.

6.^o día. *J a c a*.

7.^o día. *Jaca-Hecho-Pamplona*.

Jaca (por la carretera comarcal 134)-Santa Cilia de Jaca-Cruce del río Aragón (desvío a la derecha)-Javierregay-Hecho-Siñesa-Se'va de Oza-Regreso al cruce del río Aragón por la misma ruta.

Cruce del río Aragón (seguir por la carretera nacional 240)-Berdún-Cruce del río Esca seguir a la derecha por la carretera nacional 137)-Sigüés-Salvatierra de Esca-Burgi-Regreso al cruce del río Esca por la misma ruta y seguir a la derecha por la carretera nacional 240)-Yesa-Liédena-Salinas-Monreal-Pamplona.

8.^o día. *Pamplona-Roncesvalles-Pamplona-Vitoria*.

Pamplona-Villava-Huarte (desvío a la derecha)-Urruz-Villaveta-Egay (desvío a la izquierda por la carretera comarcal 127)-Aoiz-Desvío a la izquierda (por la carretera comarcal 127)-Ace-Burguete-Roncesvalles-Burguete-Desvío a la derecha (por la carretera comarcal 135)-Espinal-Erro-Larrasain-Zurrain-Huarte-Villava-Pamplona.

Pamplona (por la carretera nacional 111)-Astrain-Legarda-Puentelarreina-Cirauqui-Estella (tomar la carretera comarcal 132) Murieta-Ancín-Acedo-Santa Cruz de Campezo-Antoñana-Atauri-Maeztu-Puerto de Azaceta (895 m.)-Vitoria.

9.^o día. *Vitoria-Sobrón-Vitoria*.

Vitoria (por la carretera nacional radial I)-Puebla de Arganzón-Armiñán-Desvío a la derecha inmediatamente antes de llegar a Miranda de Ebro-Fontecha-Desvío a la derecha por la carretera nacional 625 y en seguida desvío a la izquierda-Sobrón-Mijalengua-regreso por Sobrón hasta la carretera nacional 625 que se toma a la izquierda-Bergüenda-Desvío a la derecha-Salinas de Añana-Pobes (desvío a la izquierda)-Desvío a la derecha-Motevite-Ollavarre-Nanclares de la Oca-Vitoria.

10 día. *Vitoria-Orduña-Bilbao*.

Vitoria-Nanclares de la Oca-Ollavarre-Montevite-Cruce a la derecha-Morillas-Cruce a la izquierda-Ormijana-Carcamo-Cruce a la derecha (seguir por la carretera nacional 625)-Osma-Berberana-Puerto de Orduña (840)-Amurrio-Llodio-Artigorriaga-Bilbao.

11 día. *Bilbao-San Sebastián*.

Bilbao (por la carretera comarcal 6.315)-Mungía-Puerto de Sollube-Bermeo-Mundaca-Busturia-Guernica (seguir la carretera comarcal 6.322)-Cortezubi-Arteaga (Desvío opcional a Ibarrenguelúa y Elanchove).-Ereño Lequeito (seguir por la carretera comarcal 6.212)-Ondarroa-Motrico-Deva (seguir por la carretera nacional 634)-Zumaya-Guetaria-Zarauz-Orio-Usúrbil-San Sebastián.

c) Recorridos parciales

1.^{er} día. *Puigcerdá, Ribas y Ripoll (*)*.

Puigcerdá está en el corazón de la cordillera, aproximadamente en la zona oeste del del cuarto más oriental del conjunto de los Pirineos (s. s.). Puigcerdá se encuentra en plena zona axil, es decir, en el basamento, constituido aquí por sedimentos marinos de edad cambro-siluriana. Algo más al Norte hay un batolito de granito hercinciano.

Puigcerdá asienta en el centro de una considerable cuenca tectónica, limitada por todas partes mediante fallas y rellena de depósitos terciarios altos y cuaternarios. Forma parte de una serie de depresiones tectónicas que comienza más al Oeste y se extienden hacia el Este hasta el Mediterráneo. El bloque central se ha hundido entre una serie de fallas paralelas y ahora se encuentra a altitudes medias de hasta 1.000 metros sobre el nivel del mar entre montañas que se elevan hasta casi los 3.000 metros. Los sedimentos que rellenan la depresión son continentales y comienzan con arcillas portadoras de lignitos vindobonienses y margas amarillentas y areniscas con flora rica de edad pontiense. Sobre ellas se extiende una potente formación roja de arcillas y conglomerados. Más al Oeste, contiene *Mastodón* y se atribuye al Plioceno.

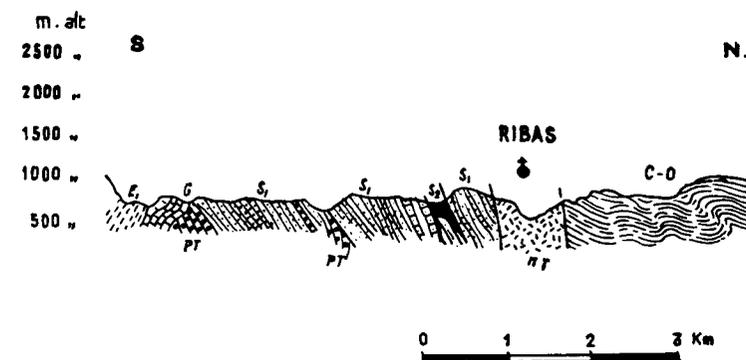


Fig. 7.—Corte geológico a través de los Pirineos.—E₁, Eoceno; G, Gerumnense; P. T., permotriásico; S₂, Gotlandés; S₁, Ordovicense Sup.; C-O, Cambro-Ordovicense.

(Solé, Fontboté, 1958.)

Dejando Puigcerdá, cruzamos la falla que limita por el Sur la depresión de Alp; las arcillas y arenas, pontienses con impresiones de plantas, están algo trastornadas. Entramos en el basamento paleozoico y ascendemos el Coll de Toses (1.865 m.), siguiendo siempre sobre las pizarras cambro-ordovícenses azoicas. Hay un sistema de fallas alpinas superpuestas a un ple-

(*) Expreso gustoso mi agradecimiento a los Profesores Solé, Sabarís y Fontboté por la colaboración prestada para la composición de esta primera parte del itinerario.

gamiento herciniano sin complicación, a veces disarmónico en el paquete de pizarras. Si nos acercásemos al granito encontraríamos dos fases de metamorfismo: una regional de tipo epizonal más antiguo, y una migmatización más joven.

Siempre en las pizarras cambro-ordovicenses, descendemos a Ribas del Fresser en el borde de un granito porfiróide. Desde Ribas descendemos siguiendo el río Fresser (fig. 7) y cortamos el Ordovicense superior, muy fallado, y el Siluriano que cabalga al Permo-Trías. El Permo-Trías es la primera formación depositada tras la orogenia herciniana y por tanto es discordante. Hay un espesor de más de 700 metros (incluso más localmente) de arcillas rojas continentales, areniscas y conglomerados. El Permo-Trías se presenta siempre con el mismo carácter a lo largo de los Pirineos meridionales. Aquí está reducido tectónicamente y cabalgado varias veces por el basamento. Más abajo, dejamos el basamento paleozoico, cabalgante sobre el Permo-Trías, que a su vez cabalga al Garumnense. Todavía yace el Garumnense directamente y en forma, aunque discordante, normal, sobre el Permo-Trías y faltan todos los pisos intermedios; éste es un claro ejemplo de la simplicidad estratigráfica del Mesozoico en la parte más oriental de los Pirineos. Pronto veremos cómo esta sucesión sedimentaria se hace poco a poco más potente y compleja.

Siguiremos ahora el corte de la figura 8, aunque la parte norte representa realmente la estructura de la zona situada un poco más al Este.

El Garumnense, único elemento mesozoico existente aquí aparte del Bunt, es continental y está compuesto por unos pocos metros de alternancia de calizas rosadas y pizarras, recubiertas por 200 ó 300 metros de calizas con ostrácodos y algunas characeas. Al Garumnense le sigue una importante secuencia eocena, que comienza con facies continental, pero que rápidamente se hace marina.

Luteciense.

- M_{E8}** No visible en el corte. Margas azules que coronan el Eoceno. No menor de 250 metros de potencia.
- M_{E7}** Formación roja de calizas arenosas, conglomerados, arcillas y margas 700 metros.
- M_{E6}** Margas azules fosilíferas con lechos de areniscas; *Nummulites perforatus*, *N. rouaulti*, etc. 300-350 m.
- M_{E5}** Margas azules coronadas por lechos de yeso que a veces alcanzan 30-40 m.
- M_{E4}** Flysch (flysch de Campdevanol), 600 m.
- M_{E3}** Calizas delgadas con *Assilina exponens*, *Nummulites atacicus*, *N. rouaulti*, *Ortophragmina*, etc.
- M_{E2}** Margas azules (M_{E2} + M_{E3} = 325 m.).

- M_{E1}** Calizas con algunas intercalaciones de calizas margosas. En la parte superior un buen horizonte guía de areniscas arcillosas rojas. Sílex negro. Frecuentes indicios de petróleo. 200-300 m.

Ypresense.

- L_{E2}** Bancos gruesos de calizas con nódulos de sílex. *Nummulites planulatus*, Miliolidos.
- L_{E1}** Margas pizarrosas con horizontes más arenosos.

La carretera corta hacia el Sur la serie, que está rota por fallas. El rasgo principal de orden tectónico es un gran sinclinal existente entre Camp-

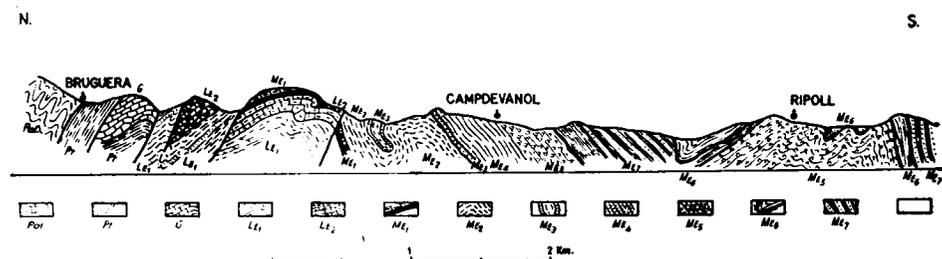


Fig. 8.—Corte geológico del Alto Fresser, Orilla izquierda.—Pal, Paleozoico; PE, Permo-trías; G, Garumnense; LE₁, Eoceno Inf. Margas; LE₂, Eoceno Inf. Calizas con sílex; ME₁, Eoceno Medio. Calizas; ME₂, Eoceno Medio. Margas; ME₃, Eoceno Medio. Calizas con *Assilina*; ME₄, Eoceno Medio. Maciños; ME₅, Eoceno Medio. Margas yesíferas; ME₆, Eoceno Medio. Margas y maciños; ME₇, Eoceno Medio. Series rojas.

(Solé, Fontboté, 1958.)

devanol y Ripoll, esta última ciudad se encuentra en las margas azules de M_{E6}.

Desde Ripoll hasta cerca de Guardiola, viajamos de Este a Oeste: aunque el paisaje es bonito, la carretera resulta geológicamente monótona, cruzando

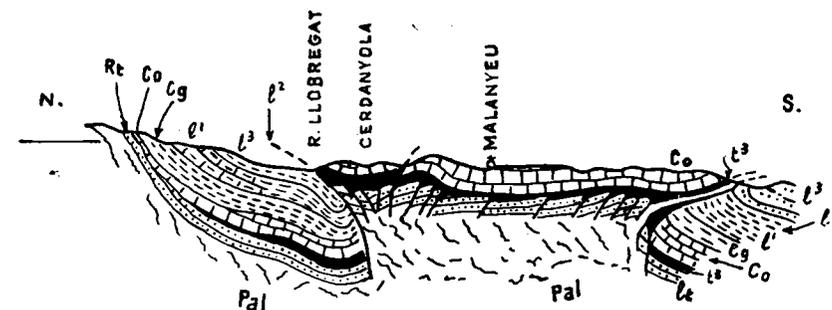


Fig. 9.—Corte transversal, de N. a S., al S. del río Llobregat (entre Ripoll y Guardiola, y más próximo a Guardiola).—Pal, Paleozoico; Rt, Permotrias; T³, Keuper; Co, Neo-Cretáceo; Cg, Garumnense; e¹-e³, Eoceno.

(H. Ashauer, 1932.)

y volviendo a cruzar la misma secuencia luteciense de margas azules, areniscas calizas y areniscas, a veces con verdadera facies flysch.

Nos movemos a lo largo de una depresión tectónica, limitada al Sur, por una falla de salto creciente. A nuestra derecha, es decir, al Norte, hay una serie normal, aunque intencionalmente plegada, del Eoceno; a nuestra izquierda el Eoceno aparece bruscamente cabalgado por el Cretáceo; el Keuper, sirve de lubricante, y aflora bajo el Eoceno a lo largo de la superficie de acabalgamiento (fig. 9). Conforme avanzamos hacia el Oeste, el Cretáceo, invisible bajo el Eoceno sobre el que marchamos, se va haciendo más potente y complejo. Lo comprobaremos tan pronto como comencemos a avanzar hacia el Sur.

En Guardiola, una importante falla separa el Eoceno del Keuper, que ocupa su sitio normal en la base del Mesozoico, constituido aquí solamente por un Cretáceo Superior, apoyado directamente sobre el Keuper. Los demás tramos del Mesozoico faltan, bien por erosión, o porque no se depositaron. Hacia el Oeste se alzan los afilados picos de Pedraforca, un elemento nuevo del Mesozoico, constituido por margas y calizas que van del Aptense al Cenomanense. Su edad se ha podido establecer bien por sus ricas faunas que incluyen muchas orbitolinas.

Estamos en el borde de una cuenca sedimentaria profunda que se extiende hacia el Oeste y Suroeste. La serie cretácea, hasta ahora tan esquemática, aumenta aquí tanto en tramos como en espesores y además aparecen el Lias e incluso un Jurásico más joven. Los sedimentos de esta cuenca se acunán rápidamente hacia el Este (de donde venimos) y, hacia el Norte y Sur. Al Norte se extiende una larga sierra, la Sierra de Cadí, en cuyo flanco sur nos encontramos. Su estructura general es un simple monoclinal, pero el Eoceno se encuentra muy trastornado. La falda norte es un escarpe abrupto, formado solamente por el Eoceno, que se apoya directamente en el Keuper, y donde falta incluso el Garumnense. Hacia el Sur, la serie también disminuye, tanto en complejidad como en potencia; lo podremos ver en los próximos días.

La figura 10 representa el corte que vamos a atravesar desde Guardiola hasta Berga. Al dejar Guardiola, siguiendo el curso del río Llobregat, en-



Fig. 10.—Corte geológico a lo largo del Alto Llobregat (entre Guardiola y Berga).—1. Keuper (con Rético?); 2. Cretáceo Sup. Caliza basal; 3. Cretáceo Sup. Margas intermedias; 4. Cretáceo Sup. Calizas superiores; 2-4, 2 + 4 + 3 + 4, con 3 en facies más calizas; 5. Cretáceo Sup. Garumnense de margas y arcillas aligarradas; 6. Eoceno; 7. Oligoceno. (Ríos, 1955.)

contramos el Senonense que descansa sobre el Keuper. Al otro lado de una falla encontramos el Garumnense, que aquí tiene varios cientos de metros de potencia y que contiene lignitos duros que son objeto de una intensa ex-

plotación. Tras un anticlinal y un sinclinal, alcanzamos la base del Cretáceo Superior.

Unos pocos metros de calizas margosas pizarrosas infrayacentes se atribuyen al Rético. San Salvador se encuentra en un largo afloramiento de Keuper yesífero de pura facies germánica, que termina cerca de Serchs. Allí, tras una falla, vuelve a aparecer el Cretáceo Superior, en una estructura complicada que todavía no está completamente aclarada. Se apoya en el Rético (?) y el Keuper. Vistaremos un banco muy rico en hippuritidos y radiolitos *Hippurites castroi*, *H. lapeiroussiei*, *H. maestrei*. Desde aquí entramos en una zona muy fracturada. Atravesamos una importante línea de falla a lo largo del cual el Mesozoico cabalga al Eoceno y Oligoceno del valle del Ebro,

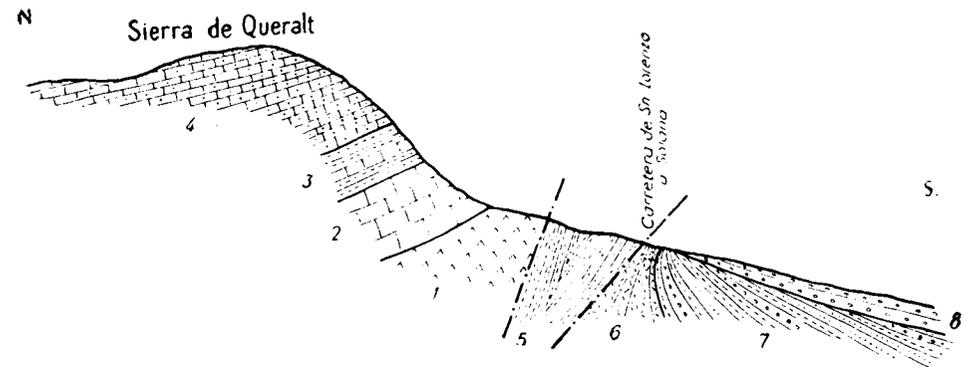


Fig. 11.—Corte geológico a través de la sierra de Queralt, al oeste de Berga.—1. Keuper. Margas yesíferas abigarradas; 2. Senonense. Calizas; 3. Garumnense. Margas abigarradas lacustres, con un banco de caliza fétida; 4. Ypresiense-Luteciense. Calizas con alveolinas; 5. Luteciense. Margas; 6. Oligoceno Inferior. Conglomerados continentales; 7. Oligoceno Medio; 8. Oligoceno Superior. Conglomerados continentales.

(Ríos, Almela, Garrido, 1943.)

cuyo borde norte hemos alcanzado ahora. El Oligoceno marginal está plegado en grandes y apretados anticlinales y sinclinales. En estas facies marginales están bien desarrollados los conglomerados. Descendemos sobre este Oligoceno plegado hasta Berga.

Desde Berga, hacia el Oeste, seguimos el rumbo de una serie de importantes fallas inversas paralelas, que colocan el Cretáceo sobre el Eoceno y Oligoceno. Pasamos varias veces de las margas azules lutecienses al Oligoceno e inversamente. Entre los kilómetros 14 y 16, cruzamos incluso el Luteciense inferior e Ypresense y tocamos el Garumnense para volver a entrar en seguida en el Oligoceno intensamente plegado, mientras el Eoceno está muy trastornado e incluso volcado. Nos llevaría mucho tiempo seguir los detalles; esta visión general bastaría para llevarnos hasta San Lorenzo de Morunys y más allá, donde una falla inversa nos lleva de nuevo al Keuper

(figura 11). Corresponde a la base de una unidad mesozoica denominada Sierra de Queralt que, como la de Berga, ha avanzado sobre el Eoceno y Oligoceno. La serie estratigráfica no es disimilar de la del Llobregat; la potencia es reducida, particularmente en el Garumnense que no excede de 60 m.; esto es más normal, ya que la gran potencia que ofrecía al norte de Berga es excepcional. Entramos en las calizas senonenses por el eje de un corto anticlinal situado entre los sinclinales de la Sierra de Queralt, al Norte, y de la Sierra Subirá al Sur; la estructura es bastante complicada en detalle.

Ahora seguimos una nueva carretera en dirección hacia el Norte, penetrando en una región que era muy poco conocida en sus detalles, hasta que se ha cartografiado recientemente, cartografía aún sin publicar. Hay poca información acerca de la región y no nos ocuparemos demasiado de su complicada estructura.

Esta sinuosa carretera nos bajará a Coll de Nargó, en el río Segre. Seguiremos el valle hacia el Norte hasta Seo de Urgel. En este terreno se volverá a pisar el próximo día, así es que omitiremos ahora sus detalles. Bastará decir que cruzaremos toda la sucesión del Mesozoico hasta el Paleozoico de Seo de Urgel.

2.º día. Seo de Urgel a Balaguer.

En Seo de Urgel estamos en el Paleozoico de la zona axil. Vamos a atravesar toda la sucesión mesozoica-cenozoica hasta el Oligoceno, siguiendo el río Segre. La tectónica es complicada.

Seo de Urgel se encuentra en una cuenca tectónica análoga a la de Puigcerdá. Limitada por todas partes por fallas, está rellena de sedimentos miocenos, pliocenos y cuaternarios, de carácter continental todos ellos. Pasaremos a su lado sin dedicarles mayor atención y entraremos inmediatamente en las pizarras ordovicenses. Aparecen separadas de las del Carbonífero por una falla. El Carbonífero ha producido carbón, en el pasado, para alimentar una central térmica, hoy abandonada, que vemos a nuestra derecha. Al Sureste se encuentra la majestuosa Sierra de Cadí, que mencionamos ayer. El Carbonífero está expuesto en un estrecho afloramiento, cubierto discordantemente por el Permo-trías, cuya facies continental conocemos ya. El corte está fallado repetidamente y en él aparece, por lo menos una vez, el Keuper aflorante en el accidente. Penetramos en una zona de Keuper potente y muy trastornada y desde aquí podemos seguir el corte de la figura 12.

Conforme hemos avanzado hacia el Oeste, la secuencia estratigráfica se ha completado con nuevos miembros y de mayor potencia, y solamente falta el Malm. Hacia el Sur, es decir, hacia el valle del Ebro, el Cretáceo Inferior va a desaparecer rápidamente.

Dejamos el Keuper y cruzamos sucesivamente: yesos del Rético con su peculiar facies lenticular: dolomías oscuras, compactas, liásicas y margas

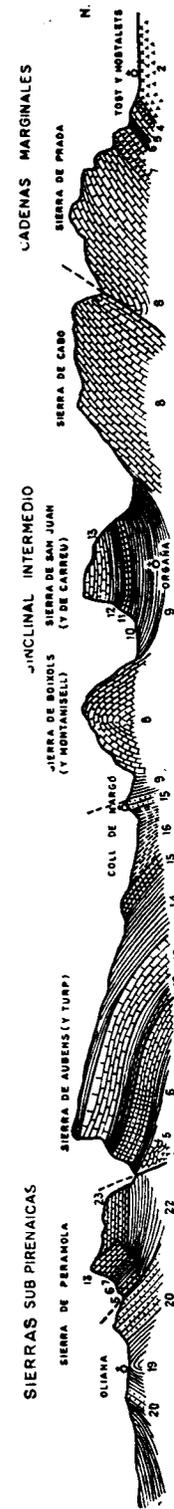


Fig. 12.—Corte geológico de la depresión de Coll de Nargó-Orgañá y sus sierras marginales.—1, Muschelkalk. Calizas tableadas; 2, Keuper. Margas yesíferas; 3, Rético. Yesos y anhidritas; 4, Rético. Dolomías y carníolas; 5, Liásico. Calizas; 6, Liásico. Margas fosilíferas; 7, Dogger. Dolomías; 8, Urgo-Aptense. Calizas; 9, Aptense Albense. Calizas y margas; 10, Cenomanense. Calizas y margas; 11, Turonense. Areniscas y calizas arenosas; 12, Coniacense-Santonense. Areniscas, calizas arenosas y margas; 13, Campanense. Calizas; 14, Maestrichtense. Margas; 15, Maestrichtense. Areniscas; 16, Garumnense. Arcillas y margas rojas; 17, Garumnense. Conglomerados; 18, Ypresense. Arcillas y margas rojas; 19, Luteciense inf. Calizas con alveolinas; 20, Oligoceno. Conglomerados marginales. Margas; 21, Oligoceno. Facies normal; 22, Oligoceno. Conglomerados marginales.

(Ríos, 1949.)

fosilíferas del Charmutense-Toarcense. Sobre ellas sigue una masa oscura de dolomías atribuida al Dogger. El Malm falta, al parecer, por completo.

Después, sigue un corte potente de calizas marinas de edad Neocomiense-Aptense. Si no hay repetición de su masa, tendrían unos 1.000 metros de potencia, pero es probable que estén cortadas, y repetidas, por una falla problemática cuya existencia no se ha podido demostrar y que es muy discutida.

Hasta aquí la estructura es un simple monoclinal, aunque de fuerte pendiente.

Más lejos, el cañón se abre en un valle excavado en las margas más blan-

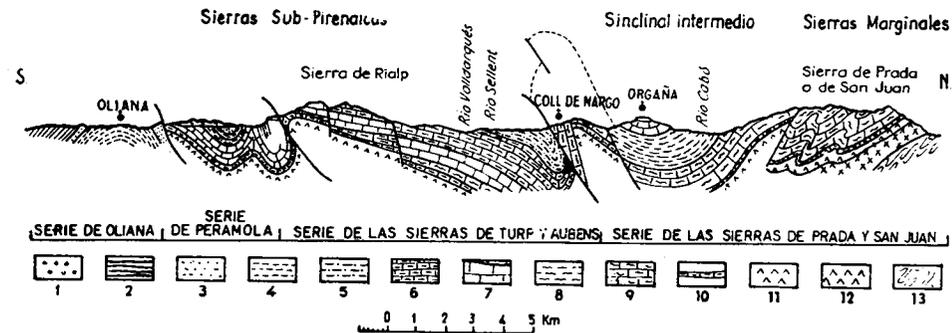


Fig. 13.—Corte esquemático a lo largo del río Segre, entre Oliana y Coll de Nargó.— 1, Oligoceno sup. Conglomerados marginales; 2, Oligoceno normal. Facies normal; 3, Oligoceno basal. Conglomerados basales; 4, Eoceno. Margas bartonenses; 5, Garumnense. Margas abigarradas con caliza lacustre; 6, Maestrichtense. Calizas y margas; 7, Campanense-Turonense. Calizas arenosas y margas; 8, Albense-Aptense. Margas grises; 9, Urgo Aptense. Calizas; 10, Jurásico y Liásico. Margas, calizas y dolomías; 11, Keuper. Margas abigarradas; 12, Permotrias. Margas y conglomerados rojos; 13, Paleozoico del basamento. Se trata de un corte esquemático en que se han exagerado las variaciones faciales para ponerlas más de manifiesto. (Ríos, 1951.)

das del Aptense superior al Cenomanense, con orbitolinas. Ocupan aquéllas un amplio sinclinal en cuyo centro se encuentra Orgañá. Colgado en la Sierra de San Juan, en el núcleo del sinclinal, situado a nuestra derecha, yace el Cretáceo Superior.

Al sinclinal le sucede un anticlinal, la Sierra de Boixols y Montanisell, en calizas urgo-aptenses. A continuación un débil espesor de margas aptense-albenses volcadas y una falla. Al otro lado de ésta encontramos conglomerados de gruesos elementos del Garumnense, que contiene algunas orbitolinas redepositadas. El pueblo de Coll de Nargó descansa en el contacto del conglomerado con las típicas margas y arcillas continentales garumnenses.

Volvemos a cruzar la secuencia mesozoica completa, de arriba a abajo, en un enorme monoclinal simple. En ésta serie no solamente falta el Malm, sino también el Cretáceo Inferior y Cenomanense enteros, que tan claro desarrollo tenían más al Norte (véase fig. 13, parte central).

Hemos alcanzado las Sierras Subpirenaicas, compuestas aquí de tres pliegues cabalgantes, empujados hacia el Sur uno sobre otro y sobre el Oligoceno del valle del Ebro. La mayor parte de los flancos inferiores, invertidos, son invisibles, ocultos profundamente bajo el flanco superior. El Keuper ha actuado como lubricante, separando dos unidades disarmónicas, de las que la inferior resulta invisible. En cada pliegue la secuencia es menos potente y complicada que en el anterior. Este hecho indica una migración hacia el sur del eje de máxima profundidad del geosinclinal o, dicho en otras palabras, de la potencia máxima de sedimentos desde el principio del Cretáceo hasta el Oligoceno. Simultáneamente con la migración, los macizos mesozoicos del Ebro (Macizos del Ampurdán y de Aragón), se van hundiendo, movimiento que continúa hasta el Oligoceno, en que se fija la máxima depresión en el centro del valle del Ebro. Este es un fenómeno general en toda la longitud de los Pirineos (s. 1.).

Después de realizada nuestra cartografía de esta región y dibujados los cortes, se construyó una gran presa. La primitiva carretera ha quedado sumergida y las formaciones basales, sobre todo el Lias y Keuper, están ahora ocultos bajo las aguas.

La Sierra de Peramola representa el último de los pliegues, el cual cabalga sobre los conglomerados basales oligocenos y queda soterrado, a su vez, por los conglomerados marginales del Oligoceno superior.

Esto indica que mientras los Pirineos Axiales emergían de las aguas durante el Oligoceno, alimentando la sedimentación que rellenaba el valle del Ebro con sus materiales de erosión, las Sierras Subpirenaicas se plegaban bajo el agua, mientras los sedimentos se depositaban sobre ellas, aunque ocasionalmente emergían aquí y allá crestas, en forma de islas. Esta observación es válida para toda la longitud de las Sierras Subpirenaicas.

Estamos en la margen actual del Oligoceno, el cual está plegado y cabalgado por el avance hacia el Sur de las Sierras Subpirenaicas. En Oliana nos encontramos en el centro de un domo ovalado, bordeado por los conglomerados oligocenos, que pasan gradualmente hacia el Sur a series de grano más fino, incluso pelíticas. Toda el Oligoceno es continental. La erosión ha descubierto en el núcleo del anticlinal de Oliana las margas bartonenses que en el cementerio han proporcionado una rica y variada fauna marina.

Se llevó a cabo aquí un sondeo de investigación de petróleo, situado en la charnela del anticlinal, hace unos doce años: no salió de las margas bartonenses, aunque alcanzó los 2.312 metros de profundidad. Parece deducirse de las prospecciones geofísicas recientes que la estructura no existe por debajo de una cierta profundidad, donde tuvo lugar resbalamiento sobre un nivel más plástico de la serie. El anticlinal sería entonces una estructura meramente superficial, sin correspondencia en las zonas profundas.

Dejando el anticlinal y rebasados unos cuantos pliegues menores, el Oligoceno se dispone en disposición horizontal, que mantiene por lo general en el centro del valle del Ebro. Solamente algunos anticlinales agudos, semi-diapíricos, con núcleo de margas yesíferas y salinas que constituyen la transición entre el Eoceno y el Oligoceno, interrumpen la monotonía de los afloramientos.

ramientos oligocenos. Los anticlinales pueden ser muy largos, de hasta sesenta kilómetros, y muy anchos. Se bifurcan y vuelven a reunirse, y pueden ser rectilíneos o sinuosos. Llegamos a uno de estos pliegues en Pons, y seguimos su cresta durante largo tiempo, volviéndolo a cruzar antes de Cubélls. Se cruza otro análogo inmediatamente antes de llegar a Balaguer.

Es bueno recordar aquí que el plegamiento principal se ha realizado irregularmente, tanto en el tiempo como en el espacio, durante el Oligoceno, habiendo comenzado en algunos lugares ya a finales del Eoceno alto. El Oligoceno inferior es más o menos concordante con el Eoceno y Mesozoico. Hay muchas discordancias «progresivas» intra-oligocenas debidas a la existencia de una sedimentación continua simultánea con respecto al plegamiento. El Oligoceno superior generalmente es horizontal, excepto en las márgenes del Valle del Ebro, mientras que el Oligoceno inferior puede estar plegado en cualquier punto del valle, en profundidad. El Oligoceno medio y superior fosilizan frecuentemente el relieve erosivo de los pliegues más profundos y conjuntos de la serie Mesozoico-Oligoceno inferior, con la formación de conglomerados gruesos que pasan a sedimentos de grano más finos al distanciarse del relieve. El Oligoceno medio y superior avanzan más allá, en dirección al Norte, que el Oligoceno inferior, cubriendo y ocultando completamente los pliegues recién formados tras un grado variable de erosión. Es decir, el ámbito sedimentario del Oligoceno superior, es más amplio que el del Oligoceno medio y éste que el del inferior. Todos estos fenómenos han sido exhumados después por el levantamiento en masa de las cadenas durante el Plioceno y Cuaternario y su consecuente denudación por erosión.

3.^{er} día. *Balaguer a Camarasa y Tremp.*

Vamos a visitar un corte completo de toda la cadena Subpirenaica, a lo largo del río Noguera-Pallaresa, de Sur a Norte, en esta instructiva excursión. Es esta una zona muy destacada de los Pirineos (s. s.), donde el Mesozoico está más completo, con representación más o menos potente y con facies más o menos típica, de casi todos sus miembros. Lo mismo sucede desde el punto de vista tectónico. Cruzaremos toda la serie completa de pliegues imbricados marginales, cabalgantes unos sobre otros que forman las Sierras Subpirenaicas. Comenzaremos por el más meridional, en la que el Mesozoico entero está reducido a una pequeña potencia no mayor de 200 m. y donde solamente están representados el Triás y el Cretáceo Superior. Al avanzar después hacia el Norte seremos testigos de la expansión continua y rápida de estas series, hasta alcanzar la potencia máxima en la Sierra del Montsec en que la serie es completa, con todos sus miembros. Desde allí entraremos en la depresión de la Conca de Tremp, nombre geográfico local de este elemento del Sinclinorio Intermedio. Aquí es donde el Profesor de Basilea, Schaub, ha definido su nuevo piso, recientemente propuesto, el Ilerdense.

Dejamos Balaguer, situado en el borde de las formaciones oligocenas que rellenan la cuenca del Ebro, por encima de sedimentos y terrazas cuarternarias. Hacia el Noroeste, alcanzamos la Sierra de Monteró, que no es casi más que un cerro, pero que representa unos de los afloramientos más meridionales y sencillos, visibles en las Sierras Subpirenaicas. Aparece rodeado por el Oligoceno y aflora en la actualidad solamente por la erosión reciente.

Una reducida potencia de calizas senonenses (fig. 14 d, extremo derecho) soporta unos cuantos metros de arcillas continentales garumnenses y una estrecha secuencia de calizas lutecienses. Esto es todo lo que queda, al Sur, de

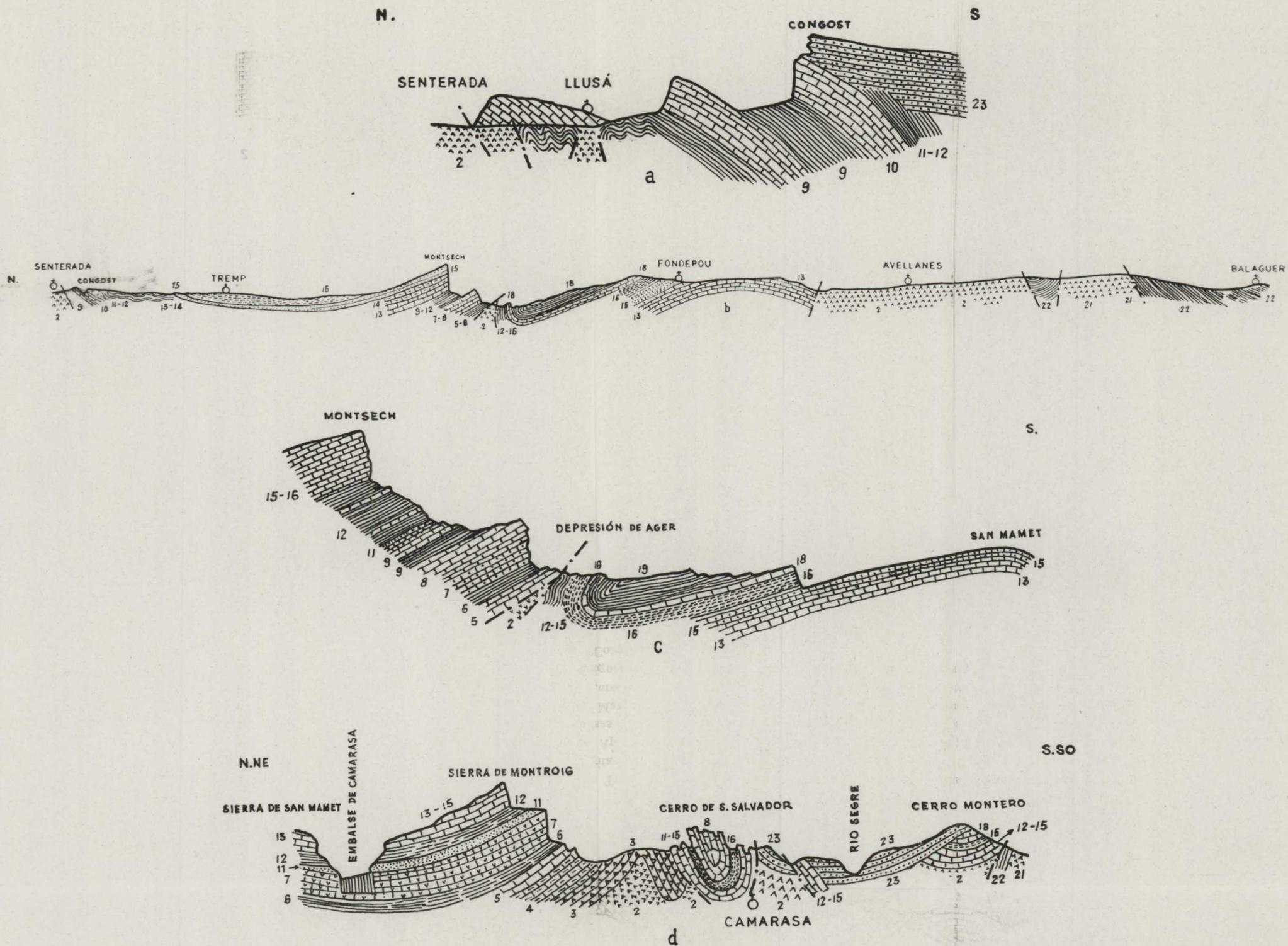


Fig. 14.—Cortes geológicos a través de la depresión de Tremp y sus sierras marginales.—1, Muschelkalk. Calizas tableadas; 2, Keuper. Margas yesíferas; 3, Rético. Yesos, margas y anhidritas; 4, Rético. Dolomitas y carniolas; 5, Liásico inf. Calizas; 6, Liásico sup. Margas fosilíferas; 7, Dogger. Dolomías 8, Urgo Aptense. Calizas; 9, Aptense-Albense. Calizas y margas; 10, Cenomanense. calizas y margas; 11, Turonense. Calizas y calizas arenosas; 12, Coniacense-Santonense. Areniscas calizas arenosas y margas; 13, Campanense. Calizas y/o margas; 14, Maestrichtense. Margas; 15, Maestrichtense. Areniscas; 16, Garumnense. Margas y arcillas rojas; 17, Ypresense. Margas y arcillas rojas; 18, Luteciense inf. Calizas con alveolinas; 19, Lut. sup.-Bartonense. Margas y fisch; 20, Oligoceno. Conglomerados basales; 21, Oligoceno. Yesos basales y sales; 22, Oligoceno. Facies normal; 23, Oligoceno. Conglomerados marginales

(Ríos, 1952.)

las series completas y potentes del Norte. El Senonense cabalga sobre el Oligoceno, y el Keuper aflora en la fractura. La estructura, casi entera, está recubierta por los conglomerados oligocenos, que soterran su relieve.

Visitaremos después una complicada serie de estructuras violentas y entre ellas el curioso sinclinal del Cerro de San Salvador, y tras cruzar un agudo anticlinal, llegaremos a las formaciones basales de la Sierra de Montroig. Su estructura es simple; el Mesozoico ha expandido, y es más completo. El Rético tiene una gran potencia de yesos, sobre los que yacen las dolomías en que se apoya el embalse de Camarasa. A éstas se superponen unas calizas liásicas y las margas fosilíferas del Charmutense-Toarcense. Sobre éstas, las dolomías del Dogger, que son aquí excepcionalmente potentes, y el Cretáceo Superior que ya tiene bastante potencia. Volvemos a Balaguer por el mismo camino.

De Balaguer vamos hacia el Norte para hacer un corte completo de las Sierras Subpirenaicas, donde aparecen estratigráficamente más completas, y donde la tectónica es, también, más complicada. Dejando Balaguer en el Oligoceno casi horizontal, ascendemos unas terrazas fluviales bien desarrolladas (seguiremos la fig. 14b de derecha a izquierda). El buzamiento del Oligoceno aumenta hasta que sus estratos llegan a ponerse, de pronto, verticales. Estamos llegando al borde del ancho núcleo de unos de los anticlinales yesíferos, semidiapíricos, ya mencionados y visitados en los días pasados. Exige algún tiempo el cruzar oblicuamente el núcleo de este anticlinal y, después de dejar el Oligoceno, entramos en un afloramiento alargado de Keuper, que se extiende a lo largo de muchos kilómetros. En este Keuper flotan numerosos retazos de calizas y dolomías réticas y también bloques de ofitas. Pasamos por Avellanes y, poco más allá, llegamos al flanco de un anticlinal en el que una falla pone en contacto el Keuper con calizas del Senonense superior. Este anticlinal es parte de una estructura que se extiende a bastante distancia, tanto al Este como al Oeste. La serie es semejante a la de las Sierras que hemos visitado hoy mismo más temprano, y es todavía incompleta, puesto que falta todo el Cretáceo Inferior y gran parte del Cretáceo Superior. En Fondepou llegamos al Maestrichtense y un poco más lejos el Garumnense. Este último en facies continental.

Al alcanzar la divisoria en el puerto, entramos ya en las calizas de alveolinas del Luteciense inferior, y tenemos frente a nosotros, hacia el Norte, una depresión, y al fondo se levanta la masa formidable de la Sierra del Montsech.

Esta sierra, cuyo corte vamos a estudiar, es la más septentrional de las Sierras Subpirenaicas y su margen septentrional limita la depresión intermedia (Sinclinorio intermedio), denominada «Conca» de Tremp. El Montsech es un enorme pliegue falla, cabalgante sobre el Eoceno. El flanco inferior está oculto en casi toda la longitud, pero su cierre en bóveda es visible a nuestra izquierda, hacia el Noroeste, en un pequeño sector.

Descendemos el puerto (fig. 14 c), ascendiendo gradualmente en la sucesión eocena desde el Luteciense inferior a las margas del Luteciense medio y el flysch Luteciense-Bartonense. Desde el fondo de la depresión transversal, donde cruzamos el Noguera-Pallaresa, seguiremos el río hacia el Norte.

Al pie del Montsech, vemos un precioso sinclinal en margas y calizas lutecienses. Cruzamos una serie de formaciones del Cretáceo Superior adelgazadas tectónicamente, en las que se puede identificar el Garumnense, muy laminado. Todas ellas pertenecen al flanco sur, invertido, y tras un espesor reducido y estirado de Keuper, entramos en la base del flanco norte. Este afecta disposición isoclinal, libre de trastornos por pliegues ni por fallas importantes. Podemos, por consiguiente, seguir un corte limpio y casi completo del Mesozoico, con un desarrollo claro y regular, aunque algunos de sus miembros aparezcan con débil espesor. Una vez que atravesamos los imponentes cañones excavados por el río Noguera-Pallaresa, dejamos atrás el Maestrichtense para penetrar en el Garumnense, que rellena la mayor parte del fondo de la depresión Conca de Tremp. Vemos la masa de Eoceno que se levanta a ambos lados apoyado en el Garumnense.

Esta es la zona tipo utilizada recientemente por el Profesor Schaub, de Basilea, para definir el «Ilerdense», piso del Paleoceno superior propuesto por él.

<i>Eoceno</i>	}	Superior	Ludense. Ledense.
		Medio	Biarritzense. Luteciense.
		Inferior	Cuisense.
<i>Paleoceno</i>	}	Superior	Ilerdense.
		Medio	Landense. Montense.
		Inferior	Danés.

La Conca de Tremp es una amplia cuenca de fondo plano y flancos de suave buzamiento. Tremp, nuestra meta de hoy, está justamente en su centro.

4.º día. *Tremp a Huesca.*

De Tremp hacia el Norte (fig. 14 b, parte izquierda), cruzamos las Cadenas Marginales que separan la depresión intermedia («Conca» de Tremp) del basamento paleozoico de los Pirineos axiles. Seguiremos un curso más o menos paralelo al del río Segre, que visitamos hace pocos días, y podremos ver los extremos occidentales de las estructuras cortadas por el Segre, al sumer-

girse bajo el Garumnense de la depresión intermedia en bonitas medias cúpulas periclinales. Cruzamos una potente secuencia de Maestrichtense, en facies detrítica al principio y luego margosa, seguida por un Turonense-Santonense, más empinado y algo más trastornado, que constituyen el flanco norte de la cuenca (fig. 14 a). Vemos un precioso ejemplo de relieve anegado por el Oligoceno superior, cuyas potentes capas de conglomerados marginales entierran la topografía de las cadenas mesozoicas, el Cenomanense, Albense y Aptense, penetramos en una zona de intensos trastornos tectónicos; el Keuper se abre paso entre varios elementos fallados del Cretáceo Inferior. El Jurásico y el Lías, si existen aún, permanecen ocultos. El Keuper pertenece a un afloramiento largo y ancho que desaparece por el Norte bajo una potente masa de conglomerados oligocenos. Tras los conglomerados, llegamos al Devoniano de los Pirineos Axiles. Volvemos a Tremp por el mismo camino.

Dejamos Tremp, ascendiendo trabajosamente por la serie eocena. Esta parte del itinerario es bastante monótona geológicamente, a menos que se estudie con detalle su estratigrafía y se recojan los abundantes fósiles, pero alcanzamos cotas con hermosos panoramas y espléndidas vistas de los Pirineos.

Descendemos al Noguera-Ribagorzana, que separa Cataluña de Aragón. Todo el tiempo ascendemos y descendemos en la serie del Eoceno superior. Cruzamos el Noguera Ribagorzana en Puente de Montañana, y seguimos el Eoceno en forma más o menos paralela al rumbo. Pasamos al Oligoceno y persiste la monotonía, interrumpida ocasionalmente por afloramientos de calizas del Eoceno inferior y Cretáceo Superior, que son visibles en Tolva, en una complicada estructura y en Penabarre. En el río Esera, al sur de Graus, seguimos en Oligoceno hasta el río Cinca en el Grado, después de cruzar algunos afloramientos de elementos que representan las Sierras Subpirenaicas, aquí más o menos ocultas por el Oligoceno superior. La serie que forman éstas sierras es sencilla: un Cretáceo Superior muy delgado (calizas campanenses y maestrichtenses), se apoyan en el Keuper. El Garumnense, muy poco potente, completa la serie mesozoica sobre la que se apoyan las calizas de alveolinas del Luteciense inferior. Las restantes formaciones del Eoceno superior, que alcanzan tanto desarrollo hacia el Norte, están aquí escondidas bajo el Oligoceno superior transgresivo. La tectónica detallada de estos afloramientos es bastante complicada.

Dejamos el río Cinca y cruzamos formaciones oligocenas hasta Barbastro. Unos tres kilómetros más lejos está el borde del núcleo de yesos de un anticlinal oligoceno, semejante a otros vistos los días pasados. Es muy ancho todavía, aunque ya esté muy próximo a su terminación noroeste. Seguiremos luego una monótona serie oligocena, casi todo el tiempo a lo largo del rumbo, y finalmente llegamos a Huesca.

5.º día. *Huesca a Jaca*.

Al avanzar de Este a Oeste hemos dejado atrás una de las fosas de sedimentación del sur de los Pirineos (Zona especial número 1 de la Introducción). Ocultos bajo el Oligoceno, una parte del Cretáceo Superior y del Jurásico han desaparecido, y no sólo hacia el Sur, hacia el valle del Ebro como es el caso general en toda la vertiente sur de los Pirineos (s.-s.), sino también hacia el Oeste y Norte. Hemos penetrado gradualmente en un gran saliente al norte del Macizo Aragonés, que debe de haber emergido durante el Jurásico superior, permitiendo la erosión de una parte mayor o menor de las formaciones anteriormente depositadas e interrumpiendo la sedimentación hasta que inició su descenso y se sumergió durante el Senonense.

Huesca está asentada en una llanura cuaternaria sobre un Oligoceno tendido.

No muy lejos al Norte, vemos una cadena de montañas que se extienden de Este a Oeste. Corresponde a la representación local de las Sierras Subpirenaicas, constituida por una sencilla serie senonense-garumnense, apoyada directamente en el Keuper. Sobre el Garumnense desarrolla con espesores moderados un Eoceno sencillo, marino hasta el Ludense. El Ludense es continental y se asemeja al Oligoceno. El Senonense está representado prin-

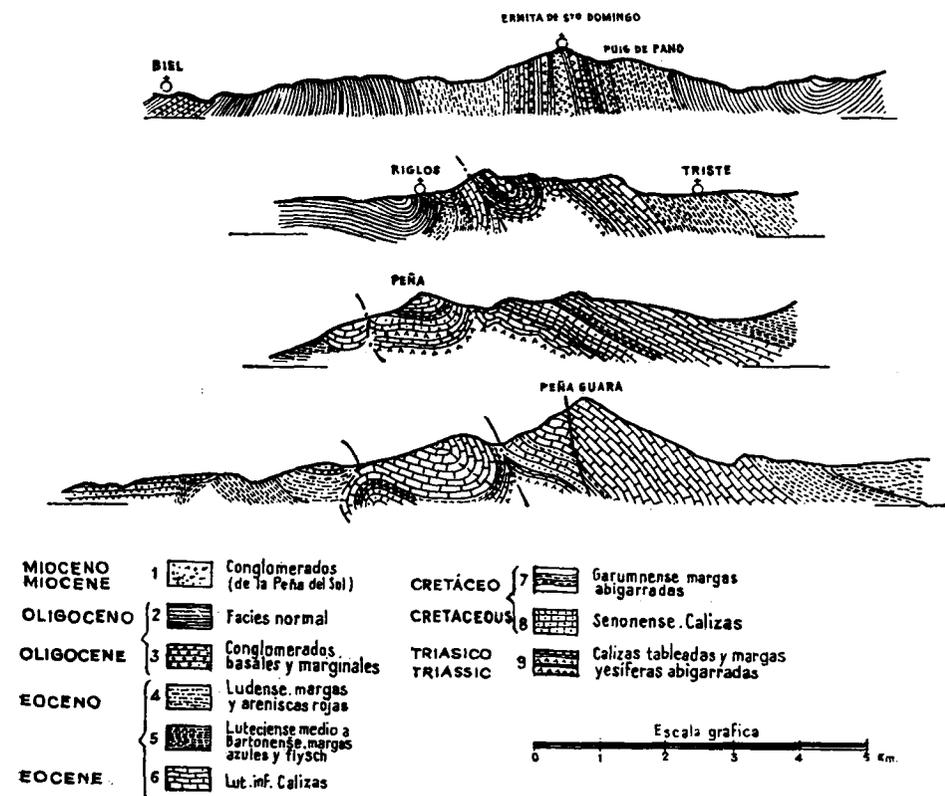


Fig. 15.—Sierras marginales de la zona subpirenaica aragonesa.

(Ríos, Almela, 1951.)

incipalmente por calizas marinas y el Garumnense por la típica facies lacustre de margas abigarradas con una o dos intercalaciones de calizas de agua dulce. El Paleoceno probablemente está representado dentro de la facies garumnense, y confundido con ella, como sucede frecuentemente a todo lo largo de los Pirineos (s. s.). Encima están las calizas del Luteciense inferior, como alveolinas y nummulites, a las que siguen las margas azules del Luteciense medio, coronadas por la facies flysch del Luteciense superior al Bartonense, que pasa gradualmente a un Ludense continental semejante al Oligoceno (fig. 15).

La cadena consiste en un estrecho anticlinorio, compuesto por una serie de pliegues en relevo, con vergencia al Sur la mayor parte, y cabalgantes en la misma dirección muchos de ellos. El flanco norte del anticlinorio es un monoclinal casi continuo. El flanco sur es muy irregular y está cabalgando sobre el Oligoceno medio o inferior o bien está más o menos cubierto por los conglomerados marginales del Oligoceno superior.

Puede datarse en esta parte de la cadena la historia completa de los movimientos, pues se puede ver un plegamiento bartonense alto, preludense, dirigido de Norte a Sur. Este es el primer plegamiento verdadero, detectable. Se pueden ver después las pulsaciones irregulares del principal plegamiento pirenaico, desarrollándose a todo lo largo del Oligoceno con rumbo E.-W., y con un último espasmo al final del Oligoceno. Las discordancias intraocenas y sobre todo las intraoligocenas, con sus conglomerados marginales, permiten seguir y fijar el juego de estos movimientos.

De acuerdo con el estado del tiempo y de las carreteras, seguiremos el corte *c*, o el *d* de la fig. 15. Una vez cruzadas las Sierras Subpirenaicas entramos en la Depresión Intermedia, o sea el equivalente al oeste de la Conca de Tremp. Aparece aquella rellena de potentes sedimentos ludenses y oligocenos a veces intensamente plegados (fig. 15). Esta parte del itinerario es bastante monótona, aunque si seguimos la carretera más alta, al norte de Huesca, veremos un bellissimo panorama sobre los Pirineos Centrales.

Finalmente y rebasada la divisoria, alcanzamos una depresión, orientada de Este a Oeste, constituida en el Luteciense superior —Bartonense desarrollado en margas azules. Esta depresión, en la que está situada Jaca, corresponde a una vieja entidad económica regional llamada «Canal de Berdún», denominación que toma del nombre de un pueblo en ella situada, o más simplemente «La Canal». Suponiendo que hayamos seguido la carretera más alta, después de mucho subir, bajar y serpentear, llegaremos al lecho del río Gállego, todavía en Ludense-Oligoceno. Poco después de entrar en el Eoceno pasaremos por la ciudad de Sabinánigo. Una vez cruzada «La Canal» entraremos en los niveles inferiores del Eoceno superior, bajo las margas azules, desarrollados en facies flysch típica, que se extiende muy lejos por el Norte. La tectónica detalla es bastante complicada, pero en general consiste en una potente serie de facies flysch que desciende hacia el Sur en pliegues en cascada. Estamos en el flanco septentrional de la Depresión Intermedia y en el flanco meridional de las Cadenas Marginales.

Dejamos Biescas tras nosotros y vemos que el kilómetro 73,300 (antes km. 3,300 contado a partir del cruce de Biescas), rebasada la casilla de peones camineros, un ejemplo muy bonito de crucero secundario, oblicuo con respecto a los lechos. Las margas azules comprendidas entre lechos más duros

han adquirido, merced a las presiones tectónicas, un cruceo de apizarramiento a unos 65° con respecto a los lechos de deposición no trastornados.

Atravesamos una zona de margas azules lutecienses, muy tectonizadas y después encontramos, un paso estrecho entre morrenas glaciares. Rebasadas éstas llegamos en Santa Elena a unas calizas blancas, de algas, del Montense-Danés. Estamos al pie de una imponente sierra de dirección Este-Oeste, que constituye el núcleo mesozoico de las Sierras Marginales. Localmente da una falsa impresión de estructura simple, y aquí, en efecto, estamos en el borde de una gigantesca estructura monoclinual que buza fuertemente al Sur.

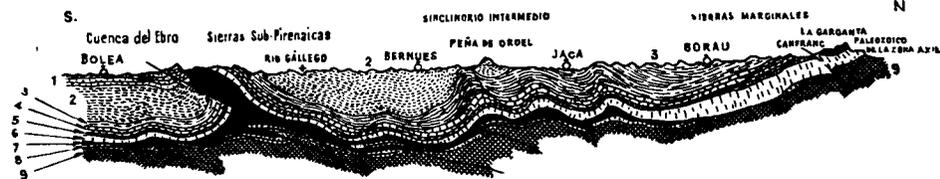


Fig. 16.—Relación entre las Sierras Marginales y las Subpirenaicas a la altura del meridiano de Jaca.—1, Oligoceno; 2, Oligoceno + Ludense; 3, Flysch eoceno; 4, Caliza eocena; 5, Garumnense; 6, Senonense; 7, Keuper; 8, Buntersandstein; 9, Basamento Paleozoico. (Selzer, 1934.)

El paisaje comienza a ser majestuoso. El flanco de la montaña se dispone en ladera de fuerte pendiente orientada hacia el Sur, constituida por las calizas blancas del Montense-Danés. El río Gállego la corta perpendicularmente y al seguir su curso, aguas arriba, cruzamos una potente serie senonense de areniscas, margas arenosas y maciños que contienen fragmentos negros de ostras. Termina por su base con calizas con hippurites del Campaniense y Coniacense. El Maestrichtense tiene unos 700 metros de potencia y el resto del Senonense de 80 a 100 metros. Casi todo el corte está cubierto de bosques o de acarreo.

En realidad lo que vemos es la base de un complejo dispositivo tectónico cuya parte alta está desmontada por la erosión. Pero si estuvieran presentes todos los elementos completos veríamos esta estructura coronada por una serie de pliegues volcados hacia el Sur apilados unos sobre otros. Pero la erosión ha arrastrado la mayor parte de esta unidad superior y los pocos bloques que han perdurado acá y allá en los picos más altos son accesibles solamente con gran dificultad.

La vertiente norte de esta sierra está conformada como una imponente pared en la que aparece de manifiesto la serie entera, aunque sencilla, del Mesozoico. Las calizas blancas del Danés suelen delinear las cumbres. Por debajo aparecen las masas sombrías pardas rojizas del Maestrichtense. Por debajo, de nuevo calizas grises y rosadas del Coniacense. La base del Coniacense descansa con marcada discordancia sobre el Carbonífero. Entramos ahora en los Pirineos Axiales, constituidos aquí por el basamento devoniano o carbonífero.

Según Bresson, modificado por Dalloni y otros, el Devoniano Inferior está compuesto por pizarras (*Tentaculites*) con calizas y grauwackas; el Devoniano Medio por bancos de caliza y calizas griotas, y el Devoniano Superior por pizarras y calizas lenticulares de crinoides en lechos finos de color rosa.

Hace pocos años descubrimos la existencia de unas calizas negro azuladas con muchas venas de calcita y cuarzo situadas por debajo. Contienen una rica fauna de *Cardiola* y *Orthoceras* que representan el Siluriano Superior. Bajo estas calizas, que constituyen el horizonte más bajo visto en esta región deberían estar las pizarras de graptolites, negras, silurianas del Gotlandés.

Sobre el Devoniano descansa una serie confusa de margas y calizas con goniatites y también pizarras negras con *Fenestella*. Pero también hay lechos de conglomerados bastos, que pasan lateralmente a pizarras negras con *Calamites* de edad westfaliense. Tanto las facies del Devoniano como las del Carbonífero son de características muy variables.

La tectónica es complicada y confusa. A grandes rasgos, el conjunto consiste en una serie de pliegues en rodilla volcados al Sur que descienden en cascada desde la divisoria de la frontera franco-española hasta el pie de las Sierras Marginales. Muchos de estos pliegues están rotos por fallas de cabalgamiento y hay además muchas otras fracturas que complican la estructura. Veremos cómo este sistema de plegamiento, quizá de reformación alpina, se ha superpuesto sobre otro sistema dispuesto en ángulo recto con aquél, de plegamiento posiblemente hercínico, lo que da lugar a que la estructura actual de los pliegues aparezca como una serie de elementos anticlinales discontinuos, terminados en domos periclinales y separados unos de otros por sillas originadas por descensos y ascensos del eje en sentido longitudinal.

Según un estudio reciente de G. J. van der Lingen, la serie estratigráfica del Devoniano y Carbonífero, a lo largo del valle de Canfranc (el primero que se encuentra en dirección oeste y paralelo al nuestro, que es muy semejante), consiste en:

Carbonífero Superior: Grauwackas micáceas que alternan con pizarras micáceas, de gris a negras, con algunas calizas intercaladas, *Calamites* y *Lepidodendron* del Westfaliense.

Carbonífero Inferior: Calizas bien estratificadas que comienzan más arriba del Tournaiese, que no se presenta en los Pirineos; se han encontrado Goniatites.

Devoniano Superior (Frasnense y Famense): Confusos, constituidos sobre todo por calizas o pizarras coronadas por mármoles.

Devoniano Medio (Eiffelense y parte de Givetense): 200 a 370 m. de calizas, bien estratificadas en la base, más compactas hacia arriba; pobres en fósiles, aparte de numerosos tallos de crinoides. Son las «calizas de políperos» de Dalloni.

Devoniano Inferior (Coblencense; el Gedinense falta en los Pirineos Centrales): Pizarras negras y calizas arenosas (30 a 40% de cuarzo) gris claro a oscuras, con predominio de las pizarras; *Phacops*, *Atrypa*, *Spirifer*, *Orthis*, *Fenestellas*, *Pleurodictyum*.

Al dejar la base de la pared senonense tras de nosotros, penetramos en las pizarras carboníferas negras del Westfaliense y después en las calizas de facies marmóreas del Carbonífero Inferior-Devoniano Superior en Bubal. A través de una complicada serie de pliegues, en los que aparece Carbonífero y Devoniano, dejamos a nuestra derecha (al Este) un gran anticlinal, en cuyo núcleo encontramos hace unos años el primer afloramiento siluriano. En este recorrido no hay metamorfismo o es débil.

Seguimos el río Gállego hacia arriba, a través de una larga serie de estos

complicados pliegues, hasta que comenzamos a ascender hacia el puerto, dejando el Gállego a nuestra izquierda (oeste) en el pueblo de Panticosa. Cuando estamos a medio camino de la pendiente y sinuosa cuesta, se ve que las calizas han pasados a mármoles y que las pizarras aparecen cortadas por abundantes venas de cuarzo, debido todo ello a la proximidad de un afloramiento granítico. La zona de metamorfismo es estrecha; no se ven micacitas ni neis, aunque estaremos pronto sobre el mismo granito.

Este ha sido descrito por De Lapparent como un granito monzonítico anfibólico de color claro, con una gran profusión de venas verdes de rocas doleríticas, y una variedad más clara rica en sílice que atraviesa los granitos más antiguos cuando éstos estaban ya consolidados. Ha tenido lugar una interacción entre los granitos y las rocas sedimentarias que dio origen a una gran variedad de facies, particularmente por digestión de rocas paleozoicas ricas en caliza. Grandes masas de meta-sedimentos se encuentran incluidos en el granito. Cuando la masa englobada pertenece al Devoniano Inferior se originan generalmente cornubianitas, y si se trata del Medio y Superior, mármoles foliados con granates. Los granitos están intesamente quebrantados.

Según van Landewijk, el granito, cuyo carácter es batolítico, está formado de granodioritas, cuarzdioritas y más raramente granitos de epidoto, biotita, hornablenda y turmalina; contiene numerosas inclusiones negras, sobre todo epidoto-hornablenda-granodiorita. El macizo entero está cortado por una serie de venas de aplitas, pegmatitas (menos frecuentes), riolitas, dacitas, diabasas, basaltos olivínicos y lamprófiros. La intrusión de la diabasa es más frecuente que la de la mayoría de los lamprófiros y algunas de las riolitas. Entre los feldespatos dominan la pertita y la albita-oligoclasa. El único feldespato básico notable es la andesina-bytownita del basalto. Las aureolas están constituidas por mármoles y cornubianitas. Dominan el diópsido, epidoto y hornablenda, con idocrasa, wollastonita, pirineíta (variedad del granate-andradita), actinolita-tremolita, grafito y en las bandas más lejanas se encuentran calcita y hornablenda con clinzoisita. Hay también cuarzo, apatito, muscovita, c'orita, material carbonoso, minerales de plomo y cinc y, posiblemente, cordierita. Las cornubianitas se caracterizan por el epidoto y cuarzo, o muscovita-cuarzo-calcita, cordierita-muscovita, etc., con predominio de muscovita y a veces de epidoto. Según van Landewijk la intrusión tuvo lugar en algún tiempo entre el Carbonífero Medio y el Cretáceo y fue suficientemente fuerte para rechazar hacia los lados las formaciones sedimentarias perforadas.

Sin embargo, tenemos la impresión, producida por un estudio acumulativo de medidas de rumbos y buzamientos en las estructuras sedimentarias paleozoicas realizadas lejos, en la vecindad y dentro de los granitos, de que la fuerza de empuje, si la había, debía de ser muy moderada. Aunque tenemos evidencia apreciable del abovedamiento de los sedimentos paleozoicos sobre el granito, hay también una marcada concordancia entre los rumbos y buzamientos de las inclusiones paleozoicas dentro del granito y las estructuras fuera de él. Estas estructuras no se desvían ni muestran trastorno especial alguno junto al granito, e incluso pueden seguirse en trechos más o menos largos dentro del granito, donde el conjunto de inclusiones aisladas tiene una orientación coincidente con la del rumbo general. Si aceptamos que la intrusión no haya tenido lugar simultánea o inmediatamente después del plegamiento, tenemos que enfrentarnos con un problema de espacio, a menos que haya habido una auténtica difusión de materia a través de la materia.

Algo más allá entramos en la bella depresión glacial del balneario de Panticosa, todavía en los granitos. Un pequeño lago glacial, ensanchado artificialmente, ocupa su centro. Una serie de ásperos picos forman una

majestuosa muralla sobre nuestras cabezas. Por el Oeste corresponden al límite del granito y tienen ya facies metamórfica. El paisaje es típicamente glacial, y en muchos lugares aparecen los granitos pulidos y estriados por el hiello. Estamos casi en el eje de los Pirineos, donde la divisoria de aguas coincide con la frontera. Hay cantidad de manantiales de aguas minerales, algunos de ellos fuertemente hidrotermales, y se ha desarrollado una estación veraniega bien organizada. Se conocía ya en tiempos de los romanos. Hace pocos años se descubrió un manantial bajo la capilla; al excavarla se encontraron monedas romanas del emperador Adriano (117-138 d. J. C.).

Al volver por el mismo camino y al atravesar de nuevo los mismos cortes, debemos de tomar nota de dos hechos. El primero, la ausencia de Triás entre el Senonense y el basamento paleozoico. En realidad el Permiano y Permotriás, tan extendidos en la zona axial de los Pirineos no están ausentes; existen en grandes masas no lejos de donde nos encontramos, aunque no podamos verlo desde el fondo del valle. Como siempre, son continentales y están acompañados de andesitas, que al otro lado de la frontera forman un enorme pico, el Midi d'Ossau.

El segundo es que la zona axial comienza a hundirse hacia el Oeste. El pico más alto de aquí, el Balaitus (3.151 m.), está coronado por una pequeña masa aislada de Senonense. Más al Oeste veremos cerrarse el Senonense sobre el basamento, como un inmenso anticlinal con su eje en la frontera, un flanco descendiendo hacia España y el otro hacia Francia.

Después de cruzar el flysch eoceno entramos en las margas azules de la «Canal», del Luteciense superior-Bartonense, que seguiremos un rato a lo largo del rumbo, hasta llegar a Jaca.

6.^o día.—*Jaca*.

Se dedica al descanso, pero hay la posibilidad de visitar Huesca, el Parque Nacional de Ordesa o los Monasterios de San Juan de la Peña y de Siresa, ambos monumentos nacionales de gran interés paisajístico y de valor histórico y artístico de primer orden.

7.^o día.—*Jaca a Pamplona*.

Abandonamos Jaca y seguimos las margas azules eocenas de la «Canal», según el rumbo a lo largo del curso del río Aragón. En su confluencia con el Aragón-Subordán seguimos este río aguas arriba, hacia el Norte. Vamos a hacer un corte semejante al del río Gállego, y tras las margas azules de la «Canal» cruzamos una ancha región de Eoceno, sobre la que está construido el pueblo de Hecho.

La simplicidad original del Eoceno va dando paso a una serie más elaborada por la aparición e intercalación de lentejones de calizas o margas azules dentro del flysch, hecho sedimentológico que de aquí hacia el Oeste va a complicar la estratigrafía del sistema. El Eoceno va adquiriendo más importancia en complicación y espesores y desarrolla muchos

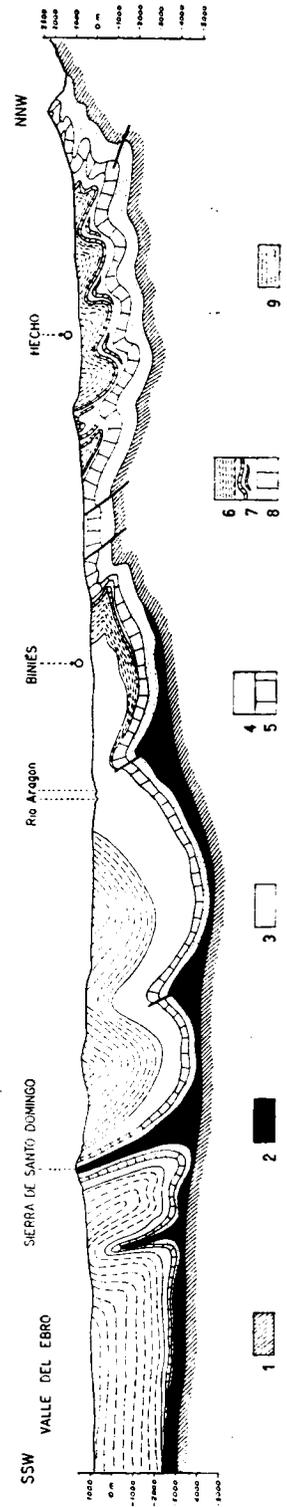


Fig. 17.—Corte geológico desde las Sierras Marginales hasta las Sierras Subpirenaicas aragonesas.—1, Basamento: Devoniano, Carbonífero, Permiano; 2, Triásico; 3, Cretácico Superior; Facies Meridionales del Eoceno; 4, Luteciense sup. a Eoceno sup. (Margas azules, 5, Ypresense a Luteciense (Calizas); Facies Septentrionales del Eoceno; 6, Eoceno Sup. (Flysch), 7, Luteciense margoso-pizarroso, 8, Paleoceno a Luteciense (Calizas); 9, Oligoceno + Luteciense (zona meridional)

(I. F. P., 1961.)

cambios laterales. Esta evolución no sólo tiene lugar de Oeste a Este, sino también de Norte a Sur, como puede apreciarse en la figura 17, que corresponde aproximadamente a un corte norte-sur trazado por Hecho. La complicación aumenta, de la misma forma, hacia el Oeste.

Al norte de Hecho cruzamos las calizas blancas del Danés-Montense y entramos en el Senonense (fig. 17); el corte de la figura 17 es el equivalente, más al Oeste, del corte de la figura 16. La serie senonense no es muy diferente que la que existe al norte de Sabiñánigo, aunque hay algunos cambios. Bajo las calizas del Danés se han desarrollado 60-80 m. de margas grises bituminosas; el Maestrichtense ha disminuido de 700 a 400 m.; la base del Senonense permanece más o menos igual que en aquel corte. Pero el rasgo que nos ha traído aquí es el hundimiento hacia el oeste del basamento axil: la superestructura mesozoica completa ha descendido a un nivel mucho más bajo. El paquete de pliegues tumbados, apilados unos sobre otros, que había sido destruido casi completamente por la erosión en los picos más altos de las Cadenas Marginales, a ambos lados del Gállego, está mucho más completo aquí. Las blancas calizas del Danés, en contraste con la parda masa Maestrichtense, delimitan perfectamente la complicada disposición de los pliegues del Senonense, volcados al Sur y apilados los unos sobre los otros.

Cruzamos la sucesión senonense, que descansa discordantemente sobre la facies roja continental del Permiano y del Bunt, los cuales se apoyan discordantemente, a su vez, sobre las pizarras negras del Westfaliense del basamento axil. Cerca, por el Noroeste, toda la serie senonense cierra en un gran arco sobre el basamento, el cual desaparece totalmente del eje de los Pirineos Axiales, oculto bajo el Senonense que se extiende hacia el Norte, por Francia. El eje de los Pirineos ha descendido hacia el Oeste.

Volvemos por la misma carretera, siguiendo el Aragón Subordán hasta alcanzar de nuevo el río Aragón en la «Canal». Dejamos a nuestra derecha el pueblo de Berdún, apoyado en lo alto de una meseta sobre una terraza cuaternaria que descansa en las margas azules del Eoceno Superior. Poco más lejos abandonamos Aragón para entrar en Navarra.

Aguas abajo, el río Aragón corre por las margas azules del Eoceno Superior. Al llegar a su tributario, el Esca, seguimos su curso hacia el Norte. Vamos a volver a cruzar las Sierras Subpirenaicas hasta llegar de nuevo a la Depresión Intermedia. Una vez rebasada la más meridional, la sierra de Leyre, atravesaremos la sierra de Navascués, que no es del todo una sierra subpirenaica, sino más bien una intermedia, aunque por su carácter tectónico se puede acoplar mejor con las subpirenaicas.

La sierra de Leyre (figs. 18 y 20 A) consiste en un simple anticlinorio cabalgante sobre las margas azules de la «Canal» y recortado por varias fallas. El Senonense es visible en su núcleo. Las pizarras abigarradas ga-

rumnenses, bajo las calizas de alveolinas, ayudan a subrayar y hacen resaltar las bellas formas de los anticlinales y sinclinales. El Senonense pierde monotonía; ya no consiste en la potente serie maestrichtense visitada en los ríos Gállego y Subordán al Noreste, ni la delgada y sencilla sucesión caliza visitada en otras sierras subpirenaicas más al Este. Aquí aparece dividido en un tramo superior de calizas arenosas o areniscas calizas (el Maes-

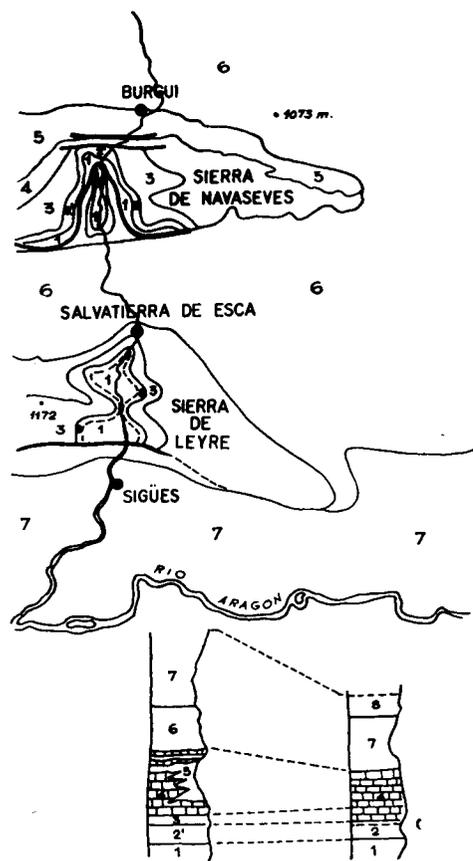


Fig. 18.—Mapa de las extremidades orientales de las sierras de Leyre y Navasqués.—1, Senonense; 2, Garumnense (facies); 3, Ypresiense; 4, Calizas compactas luteciense; 5, Luteciense margoso; 6, Flysch Luteciense-bartoniense; 7, Margas azules de «La Canal»; 8, Facies continental ludense (I. F. P., 1961.)

trichtense propiamente dicho), un grupo de margas calizas del Campanense-Coniacense, y un tramo inferior de calizas santonenses y, posiblemente, turonenses. Esta disposición puede seguirse hacia el Norte y Noroeste con un considerable engrosamiento de algunos de sus miembros, especialmente los medios e inferiores, y su subdivisión más fina en formaciones más ordenadas, margosas o calizas.

Dejando la sierra de Leyre (A) llegamos a las margas y flysch del Luteciense Medio y luego a la sierra de Navasqués (de las figs. 19 y 20). Es un anticlinorio sencillo y semejante al de Leyre, pero más violento; dos plie-

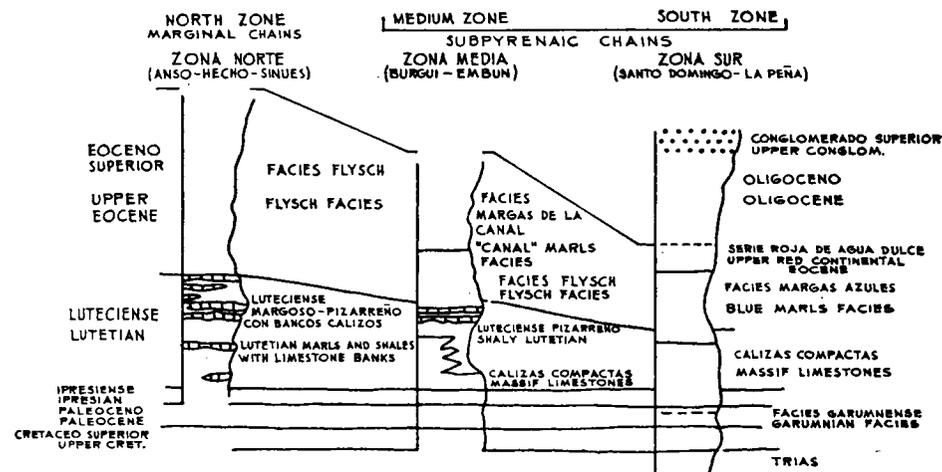


Fig. 19.—Esquema de la evolución sedimentaria del Eoceno desde las sierras marginales a las Subpirenaicas. (I. F. P., 1961.)

gues principales, volcados hacia el Sur, yacen apilados uno sobre otro con muy amplio recubrimiento. El tajo del río corta esta estructura tan bella, exponiéndola a nuestra vista.

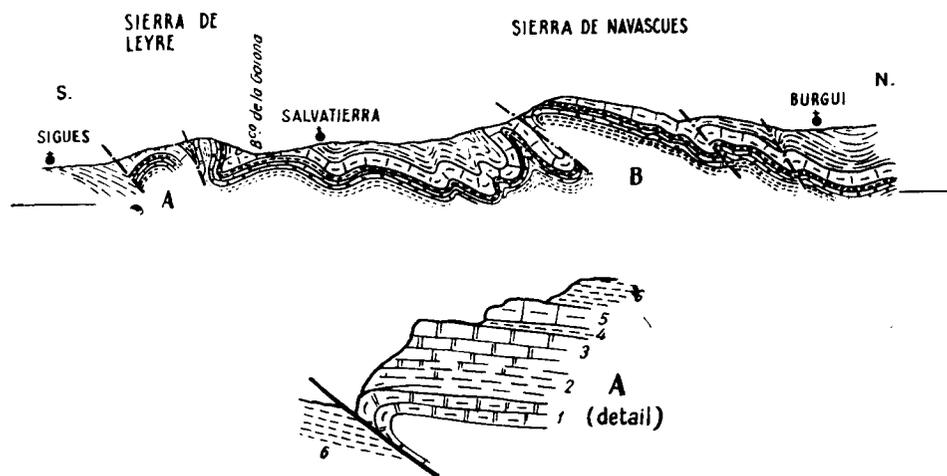


Fig. 20.—Corte geológico a través de las sierras subpirenaicas.—1, Senonense Inferior; 2, Senonense Medio; 3, Maestrichtense; 4, Garumnense; 5, Luteciense Inferior; 6, Luteciense Medio, Bartonense. (Ríos, 1944.)

En la figura 19 se indican las principales variaciones de facies del Eoceno.

Volvemos por el mismo camino al río Aragón y seguimos su curso aguas abajo, desplazándonos paralelamente a la sierra de Leyre, que desarrolla variaciones sobre el mismo tema tectónico. Dejamos a nuestra izquierda el gran embalse de Yesa que embalsa el río Aragón para aprovechamientos hidroeléctricos, y sobre todo para regar las vastas estepas de las Bardenas Reales que se extienden hasta muy lejos por el Sur.

Pasado Liédena nos despedimos de la sierra de Leyre, que termina en una estructura periclinal preciosa, en que el Luteciense inferior se hunde bajo las margas azules. Más lejos las margas azules están cubiertas discordantemente por el Oligoceno. Seguimos aproximadamente el eje de un anticlinal, que se hace muy agudo en Salinas de Ibargoiti, volviendo a aflorar en su charnela las margas azules. Tras una falla reaparecen las calizas del Luteciense inferior a nuestra izquierda. Es una nueva unidad de las sierras subpirenaicas, el domo de la sierra de Alaiz, cabalgante en su flanco sur sobre el Oligoceno. Debe advertirse que las capas más bajas visibles en su núcleo pertenecen ya a las facies marina con orbitolinas del Cenomanense superior.

Desde que dejamos la cuenca del Montsech (zona especial número 1 de nuestra Introducción) la serie cretácea ha quedado muy reducida y hemos encontrado solamente una serie poco complicada del Cretáceo Superior, apoyada casi siempre directamente sobre el Keuper y a veces en el Triás Inferior o en el basamento. Encontramos ahora de nuevo el Cretáceo Inferior marino, aunque aún con muy escasa potencia. Es un indicio de que nos vamos acercando a la enorme cuenca sedimentaria (zona especial número 2), donde hay un desarrollo tan extraordinario del Cretáceo Inferior y donde el Triás y el Liás vuelven a aparecer.

Avanzamos por las margas azules hasta llegar a Pamplona.

8.º día.—Pamplona a Vitoria.

Dejando Pamplona en dirección al Este, marchamos en un largo trayecto sobre el Eoceno, sujeto aquí a una deformación tectónica bastante intensa. Es una serie eocena bastante potente y compleja. Aunque las principales unidades estratigráficas son reconocibles, la variabilidad y complejidad que se inició al oeste del río Gállego, y que comenzamos a observar en el Subordán y Esca, está mucho más acentuada aquí con la inclusión de muchos lentejones de calizas y de niveles margosos en el flysch y areniscas calizas en las margas. Nos llevaría mucho tiempo el desentrañar los problemas combinados de estratigrafía y tectónica que se conjuntan en esta zona para llegar a un conocimiento de lo que es solamente detalle local.

Pero después de pasar la villa de Aoiz nos acercamos a un anticlinal en cuya charnela vamos a ver el Cretáceo Superior. Estamos siguiendo

aguas arriba el río Irati, pero lo dejamos al llegar a su tributario Urrobi, que seguiremos.

Hasta ahora hemos cruzado la depresión intermedia, rellena aquí por las margas eocenas. Ahora llegamos a un anticlinal de rumbo Este-Oeste que está cortado por el Urrobi. Bajo las margas del Luteciense Medio-Bartonense vemos aparecer las calizas del Luteciense inferior-Danés en forma de dos bancos calizos que contienen alveolinas y nummulites, separados entre sí por una formación de margas azules. El banco inferior de calizas pasa gradual e insensiblemente por su parte baja a calizas arenosas de tonos rojizos que pertenecen al Maestrichtense con orbitoides. Este banco in-

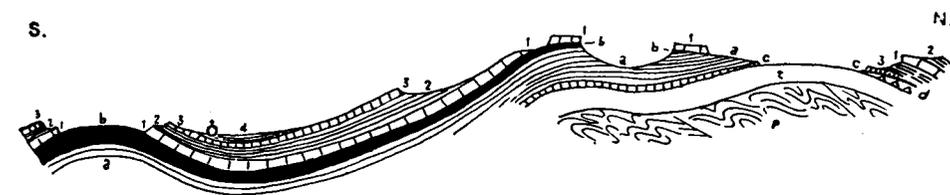


Fig. 21.—La serie cretácea al noroeste de Pamplona.—Eoceno: 4, Luteciense Medio a Bartonense Margas y calizas; 3, Luteciense Inferior. Calizas; 2, Luteciense Inferior. Margas azules.—Cretáceo Superior: 1, Montense-Danés. Calizas grises; b, Maestrichtense. Calizas arenosas; a, Senonense Inferior. Margas azules; c, Cenomanense Calizas con Prealveolina.—Cretáceo Inferior; d, Cenomanense a Wealdense. Facies wealdense y margas y areniscas con Orbitolinas.—Triásico: t, Margas y pizarrillas abigarradas. Areniscas y conglomerados rojos del Bunt.—Paleozoico: p. Carbonífero y Devoniano del basamento.

(Ríos, 1944.)

ferior puede tomarse como representativo del paso del Cretáceo al Eoceno, y posiblemente es del Danés-Montense (fig. 21, parte izquierda). El núcleo es visible hasta la parte superior de estas calizas, ya en el Maestrichtense. El anticlinal es suave y muy regular.

Una vez rebasado pasamos un sinclinal ancho y plano, volvemos a cruzar los mismos niveles en orden inverso y penetramos en las margas azules, interrumpidas solamente por un anticlinal muy suave, que expone las calizas eocenas en el eje. Encontramos magníficos ejemplos de deslizamientos subacuáticos en margas grises y azules, muy bien expuestos en las profundas trincheras de la carretera.

Pasado Arce llegamos a un anticlinal mucho más grande, que nos muestra todos los pisos en sucesión; tras el Eoceno, el Maestrichtense, seguido por una serie bastante potente de margas que pertenecen a pisos más bajos del Senonense, y en algunos puntos contienen una abundante fauna de equínidos y algunos ammonites. Bajo las margas hay calizas, margas arenosas y calizas o calizas dolomíticas que contienen *Prealveolina* y que son cenomanenses. Bajo estas calizas se presenta una formación roja que

comienza por margas pizarrosas, micáceas y a veces arenosas, que constituyen una serie del Triás, bien sea Keuper o más probablemente una facies del Bunt, y debajo las típicas areniscas y conglomerados del Bunt. Se apoyan, mediante una discordancia muy marcada, sobre el basamento paleozoico, que constituye el núcleo del anticlinal. Este paleozoico, no bien conocido aún, está formado por margas pizarrosas pardo-oscuros, dolomías compactas, calizas margosas de tonos amarillentos y deben ser materiales devonianos, carboníferos o ambas cosas juntas (fig. 21, parte derecha).

En el flanco norte del anticlinal se apoya sobre el Triás un nivel poco potente de areniscas amarillentas, margas pardo-oscuros con lignitos y restos de plantas, conglomerados y sobre ellos areniscas margosas y areniscas con orbitolinas. Representa el principio de un ámbito de sedimentación del Cretáceo Inferior (con Cenomanense) que se extiende hacia el Oeste.

Es correspondiente al conjunto de las mismas características mencionado ayer como existente en la sierra de Alaiz, pero que no visitamos.

Al avanzar hacia el Norte nos hemos aproximado a la enorme cuenca de sedimentación que se extiende al Oeste, en la que el Cretáceo Superior e Inferior se expansionan hasta constituir unas series complejas y potentes, área que se designó en la Introducción como zona especial 2.

Hemos bordeado la margen occidental del macizo del Alto Aragón. Pronto entramos en las margas senonenses, que se extienden muy lejos hacia el Norte y llegamos al pueblo de Burguete. Poco más lejos está Roncesvalles y su monasterio, localidad de gran renombre histórico, porque en ella fue derrotado Carlomagno por una coalición de moros y cristianos españoles. Roncesvalles fue más tarde jalón en una de las principales rutas de peregrinación a la tumba del Apóstol Santiago en Galicia. A poca distancia más allá está la frontera franco-española, en un afloramiento ancho y complejo del basamento paleozoico de la Zona Axil.

Volvemos a Pamplona por la carretera directa, pasando del Cretáceo al Eoceno. Los rasgos generales de esta carretera no ofrecen novedad especial y los detalles no están claros, debido a que la tectónica es bastante violenta.

Desde Pamplona, y después de dejar tras nosotros el Cuaternario del río Arga, llegamos a las margas del Bartonense superior en nuestra marcha hacia el Suroeste. En Cizur aflora, en el núcleo de un anticlinal, el techo del Bartonense inferior. En la cantera nueva pueden verse calizas arenosas de briozoarios.

La mina de sal de Guendulain, que dejamos a nuestra izquierda inmediata, está en los depósitos potásicos del Ludense, coronado por areniscas con ripple marks. Sobre las areniscas hay margas rojas y amarillentas continentales y yesos del Ludense-Oligoceno basal, que se van haciendo más

y más detríticos hasta que pasan a areniscas y conglomerados. Los conglomerados son discordantes y quizá representan el Oligoceno medio.

Después de pasar un ancho sinclinal entramos en un anticlinal agudo en Puente la Reina, muy semejante a aquellos semidiapíricos que vimos en el Oligoceno de la parte oriental del valle del Ebro, en cuyo núcleo afloran los yesos del Oligoceno basal. Cruzado este anticlinal volvemos a entrar en la facies normal oligocena hasta que encontramos el Keuper diapírico de la chimenea salina de Alloz, que rebasamos por su borde meridional. Al

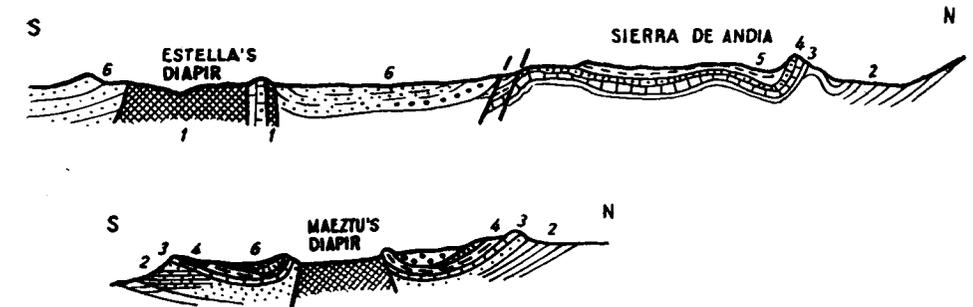


Fig. 22.—Cortes geológicos de las cadenas subpirenaicas entre Pamplona y Vitoria.—
1. Keuper; 2. Senonense; 3. Garummense; 4. Eoceno; 5. Oligoceno.

(Mangin, 1961.)

otro lado de ella volvemos a cruzar el Oligoceno hasta llegar a otro diapírico de mayores dimensiones en Estella. El Keuper, al ascender, ha empujado las zonas marginales, levantando las calizas alveolinas y las margas cenomanenses,

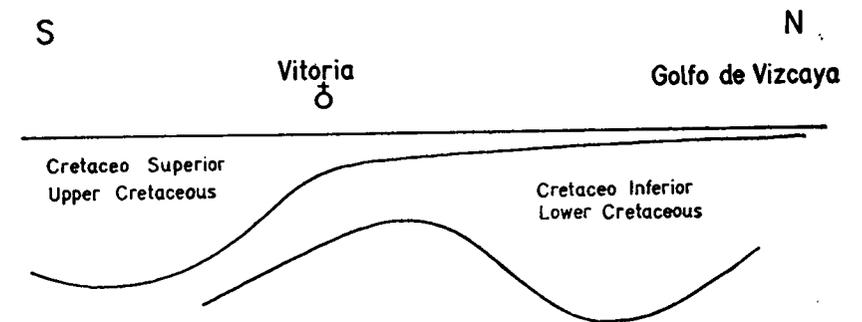


Fig. 23.—Corte general de N. a S. Que muestra la migración de la fosa sedimentaria durante el Cretáceo.

(Ríos, 1948.)

manenses, que están cubiertas discordantemente por los conglomerados oligocenos (fig. 22 a).

Seguimos el río Ega aguas arriba, bordeando el diapírico por su margen

septentrional y pronto lo dejamos para volver a los conglomerados oligocenos y al Cretáceo; margas cenomanenses, arenas y areniscas albenses, de nuevo el Cenomanense y más arriba calizas turonenses, a las que sigue otra vez el Ludense-Oligoceno en Zúñiga. Cuando abandonamos una vez más el Oligoceno es para entrar en margas y areniscas coniacenses. Ascendemos en la serie senonense por el Santonense y Campanense y finalmente por las calizas eocenas. Este punto (fig. 22 b) está en las márgenes del diapiro de Keuper de Apellániz y Maeztu. Las formaciones de sus márgenes están impregnadas de asfaltos, que se explotan. Ascendemos al alto de la montaña por calizas arenosas y areniscas maestrichtenses, para descender por el otro lado a las margas del Senonense inferior de Vitoria.

Hemos podido ver cómo ha aumentado la potencia y cómo se ha complicado la serie cretácea al avanzar hacia esta región de rápida y profunda subsidencia cretácea denominada zona especial 2 en la Introducción. En adelante veremos desarrollos aún más complejos y potentes, tanto en el Cretáceo Inferior como en el Superior. Como en los Pirineos (s. s.), el eje de profundidades máximas del geosinclinal ha migrado de Norte a Sur y, como consecuencia, el eje de mayor potencia del Cretáceo Inferior está casi 60 ó 70 kilómetros al norte del eje de máxima potencia del Cretáceo Superior (fig. 23).

9º día.—*Vitoria a Sobrón y vuelta a Vitoria.*

Dejamos Vitoria en las margas senonenses y nos dirigimos hacia el Suroeste hasta encontrar bancos de conglomerados, de potencia moderada, que descansan discordantemente sobre las margas. Constituyen la margen de los sedimentos oligocenos que rellenan la cuenca de Miranda de Ebro, que representa el Sinclinorio Intermedio, muy reducido aquí. Si siguiéramos hacia el Sur veríamos levantarse el Oligoceno y emerger por debajo una cadena de colinas que representan las sierras subpirenaicas. Están formadas por Cretáceo y un Eoceno muy sencillo y afectadas por un plegamiento de tipo jurásico. El Eoceno en esta zona va pasando de modo continuo a una facies continental, indiferenciable del Oligoceno, y va acunándose al mismo tiempo. Las sierras están formadas por un estrecho anticlinorio, de pliegues volcados, fallados y cabalgantes al Sur.

En vez de seguir al Sur, giramos hacia el Oeste. Pasado Puentelarra llegamos al río Ebro, que seguimos aguas arriba. Las capas oligocenas están levantadas hasta la vertical, y bajo los conglomerados basales asoma un Eoceno marino poco potente, con margas continentales y caliza de alveolinas. Estamos en el cierre oeste de la cuenca de Miranda de Ebro.

En la figura 24 se puede seguir el itinerario que vamos a recorrer a través del amplio anticlinal de Sobrón, que es típico de la complejidad estratigráfica alcanzada por el Cretáceo Superior, en el que pueden conocerse todos sus pisos y varios de sus subpisos, tanto litológica como paleontológicamente. Es un corte completo hasta el Albense, que es la formación más baja visible, aunque en otras partes de este anticlinal pueden verse incluso el Lias y el Keuper, bajo el Wealdense. Al otro lado del anticlinal está la cuenca de Villarca-

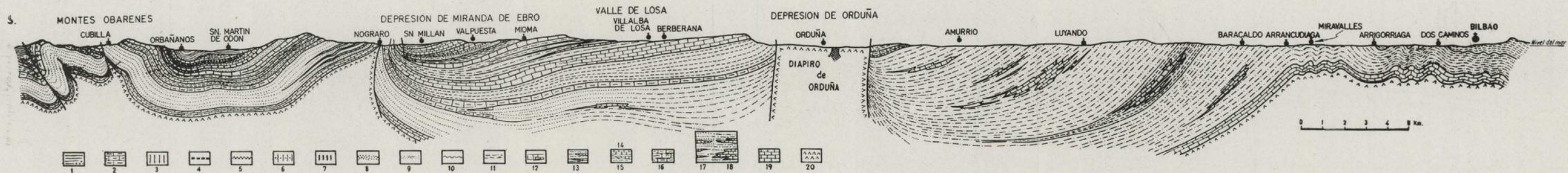


Fig. 26—Corte geológico general a través del país vasco-cántabro al sur de Bilbao.—
 1, Oligoceno. Conglomerados, margas y arenas; 2, Eoceno Superior. Margas y calizas blancas; 3, Luteciense. Calizas con Alveolina; 4, Ypresense. Margas y calizas; 5, Garumense. Margas y calizas abigarradas; 6, Mestrichtense. Calizas arenosas; 7, Santonense; 8, Areniscas y margas blancas; 9, Areniscas y arenas; 10, Calizas arenosas; 11, Margas («Margas con sorpresa»); 12, Calizas con Lacazina; 13, Coniacense. Margas grises con cuñas calizas; 14, Turonense superior. Calizas superiores; 15, Turonense inferior. Margas

grises y azules con una intercalación caliza; 16, eCnomanense superior. Calizas y margas con Orbitolina.—Eocretáceo: 17, Facies meridionales (Ibéricas) continentales con episodios marinos: Areniscas y arenas rutilantes blancas y rojas con intercalaciones de calizas marinas; 18, Facies septentrionales (Cantábricas): Dominantemente marinas con episodios continentales. Flysch pardo y negro de pizarras, margas y areniscas, con intercalaciones de margas azules y calizas arrecifales de facies aptense; 19, Jurásico y Liásico. Calizas y margas; 20, Triásico. Margas abigarradas y yesíferas del Keuper.

(Ríos, Almela, 1952.)

yo, rellena de sedimentos oligocenos (la parte alta del Cretáceo y el Eoceno faltan a este lado debido a la transgresión del Oligoceno). Es el duplicado de la cuenca de Miranda de Ebro al otro lado del anticlinal de Sobrón y también la representación más occidental del Sinclinorio Intermedio, un rasgo tectónico pirenaico que desaparece al Oeste para reaparecer de nuevo mucho más allá en la costa del Golfo de Vizcaya, al oeste de Santander, y otra vez en Asturias, al norte de Oviedo, con carácter parecido pero no idéntico.

Volvemos sobre nuestros pasos a Puentelarra y seguimos la carretera a Espejo y Salinas de Añana. El Oligoceno, que hasta aquí estaba suavemente plegado, se levanta repentinamente y nos encontramos en el Keuper. Es

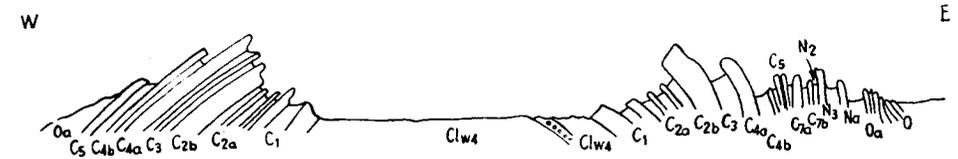


Fig. 24.—Corte geológico esquemático a través del anticlinal de Sobrón.—O, Oligoceno. Facies normal; Oa, Oligoceno. Conglomerados; Na, Eoceno Superior. Areniscas silíceas con Assilina; N₃, Eoceno Superior. Calizas; N₂, Ypresiense. Areniscas; C₇, Garumnense. Margas abigarradas; C₇b, Garumnense. Calizas dolomíticas; C₆, Maestrichtense. Calizas arenosas; C₅, Campanense. Dos bancos calizos con Hippurites; C₄b, Santonense. Areniscas; C₄a, Santonense. Calizas; C₃, Coniacense. Margas; C₂b, Turonense. Calizas; C₂a, Turonense. Calizas arenosas; C₁, Cenomanense. Calizas y margas con Orbitolinas; C_{w1}, Albense-Wealdense. Facies continental areniscosa.

(Almela, Garrido, Ríos, 1949.)

el relleno de un diapiro, una chimenea salina, que tiene sus raíces a una profundidad enorme, y pasa no sólo a través de la potente serie oligocena, sino además de toda la serie expuesta en el corte que acabamos de hacer y de la serie jurásica (fig. 25). El afloramiento de Keuper está totalmente

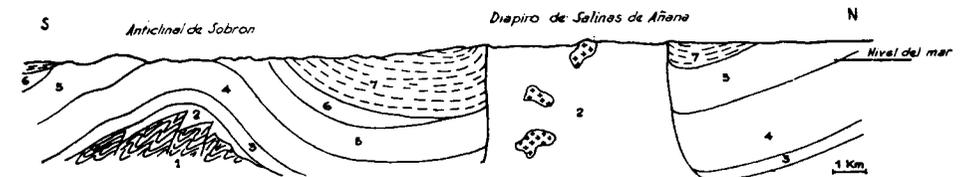


Fig. 25.—Corte a través del anticlinal de Sobrón y del diapiro de salinas de Añana.—1, Basamento paleozoico; 2, Triásico (Keuper); 3, Jurásico; 4, Cretáceo Inferior; 5, Cretáceo Superior; 6, Eoceno; 7, Oligoceno.

(Ríos, 1946.)

rodeado por el Oligoceno y se encuentra situado casi en el centro de un sinclinal, de forma que su fuerza ascensional debe ser completamente gravitativa.

Cruzamos el diapiro y pasamos junto a algunos de los gigantescos blo-

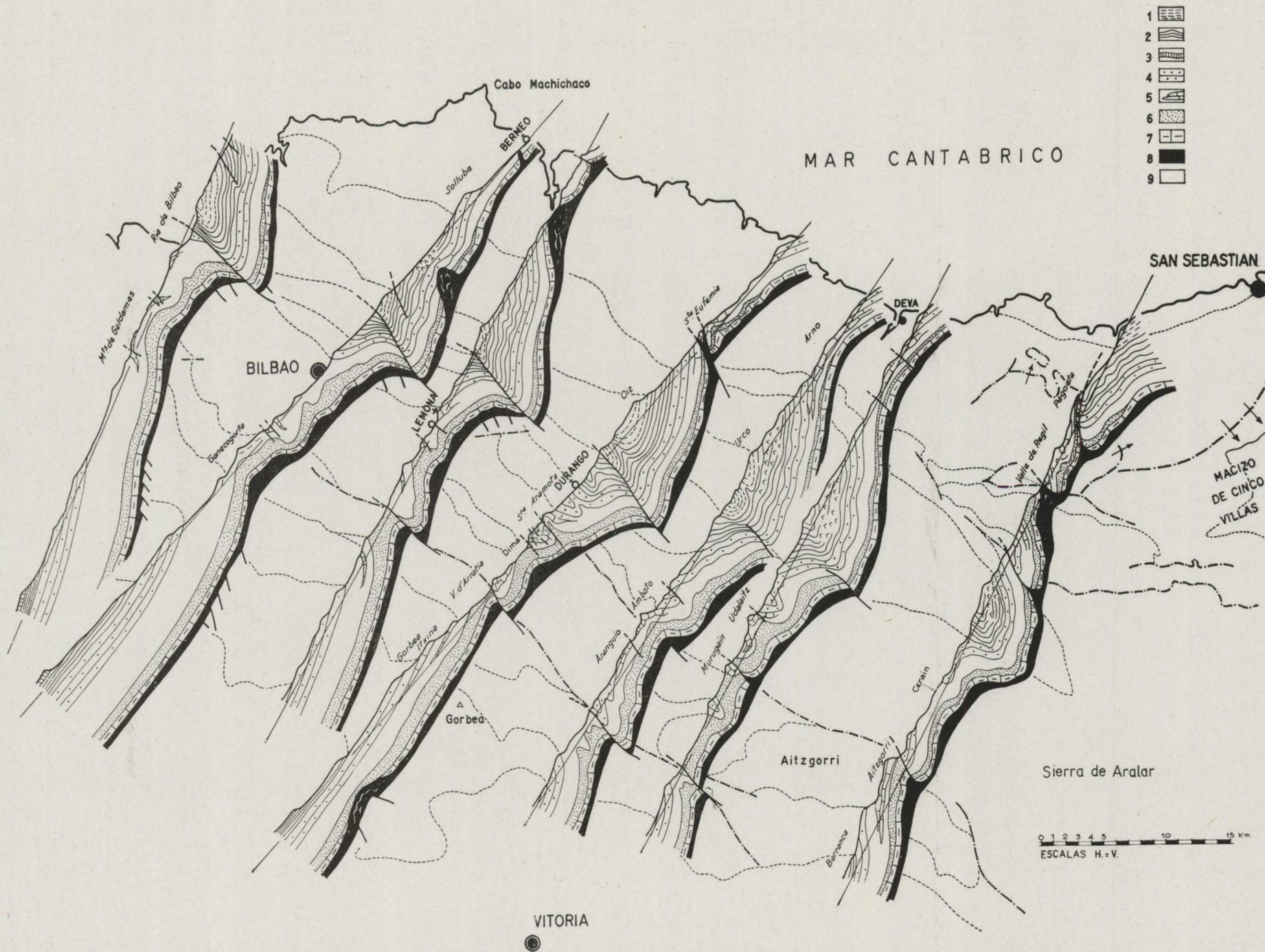
ques de ofita arrastrados por el Keuper en su ascenso. Abandonamos la depresión oligocena por sus conglomerados marginales y volvemos a las margas senonenses para llegar a Vitoria.

10.º día.—Vitoria a Bilbao.

Salimos por la misma carretera que ayer, pero antes de llegar los conglomerados oligocenos doblamos a la derecha, es decir, hacia el Oeste. Marchamos a lo largo de las margas grises coniacenses (parte izquierda de la figura 26). A nuestra derecha asciende suavemente una pendiente que sigue las capas de las calizas del Turonense superior, las cuales cierran por el Sur un domo enorme en que se hizo un sondeo en busca de hidrocarburos. Bordeamos la estructura por su flanco sur. A nuestra izquierda hay un escarpe coronado por los conglomerados oligocenos, discordantes sobre el Cretáceo Superior-Eoceno. A medida que avanzamos hacia el Este quedan o están erosionados por el Oligoceno.

En Cárcamo llegamos a otra carretera, por la que vamos a continuar en adelante, siguiendo aproximadamente el corte de la figura 26. Entramos en las calizas del Turonense superior en Villalba de Losa, pasamos Berberana y ascendemos por una carretera bastante pendiente para alcanzar el puerto de Orduña. Ante nosotros hay un espléndido paisaje. A nuestros pies se abre una profunda depresión de fondo plano. Se trata de la superficie de otra cúpula salina —el diapiro de Orduña—. Descendemos el puerto por una carretera muy pendiente y sinuosa, dejando tras de nosotros las calizas del Turonense superior, y entramos en las margas y areniscas del Turonense inferior están trastornadas localmente; a éste y avanzamos hasta la villa de Orduña, que está en el centro. Como puede verse en la figura 26, toda esta serie cretácea, de tan excepcional potencia, forma un monoclinal que se extiende de Este a Oeste y que buza al Sur durante larga distancia.

Siguiendo más adelante llegamos al borde norte del Keuper. Las margas y areniscas del Turonense inferior están trastornadas localmente; a causa del empuje del Keuper están verticales y forman un agudo sinclinal. Al otro lado, al norte, se extiende un enorme monoclinal. Vemos en primer lugar las margas y calizas margosas cenomanenses, con orbitolinas, seguida de una potente sucesión de margas pizarras arenosas micáceas de colores pardonegruzcos con areniscas, todo ello de edad Albense-Cenomanense. A éstas siguen margas azules y calizas arrecifales y el flysch pardo-negro. La estratificación se hace más y más pendiente y en Miravalles termina la estructura monoclinal. Hemos pasado ya más allá de la línea de máxima potencia del Cretáceo Inferior, que ahora adelgaza rápidamente hacia el Norte. Entramos en una zona de complicados trastornos tectónicos; una serie de pliegues-falla en el Cretáceo Inferior, que dejamos en Bilbao, al terminar el Cenomanense.



Gig. 27.—Cortes geológicos en el país vasco de Vitoria a Bilbao.—1, Flysch Eoceno; 2, Cretáceo Superior. Margas y flysch; 3, Turonense calizo de Burgos y Alava; 4, Albense Superior. Cenomanense Inferior (Areniscas y serie arenosa); 5, Complejo urogoniano. Albense Inferior. Aptense con calizas; 6, Wealdense (s. l.); 9, Basamento Paleozoico-Trásico.

(Rat, 1957.)

Hemos terminado nuestro corte más occidental de los Pirineos (s. 1.), aunque puede incluirse también en ellos una amplia zona que se extiende más al Oeste. En este corte no hemos visto Paleozoico alguno, porque al oeste del meridiano de Pamplona los Pirineos Axiles se hunden hacia el Oeste, desapareciendo de la superficie para quedar oculto bajo el Mesozoico. El basamento vuelve a aflorar mucho más lejos por el Oeste en el núcleo de las montañas Cántabro-astures, en las que la Caliza de Montaña en grandes masas forma los grandes picos, apoyada en el Cambro-Siluriano, soportando el Carbonífero productivo, y completamente discordante con los terrenos de permianos y cenozoicos.

11.º día. *Bilbao a San Sebastián.*

Habiendo completado la serie de cortes del valle del Ebro a la Zona Axil, podemos decir que nuestra tarea ha terminado. Pero como hemos de alcanzar la frontera de nuevo en Irún, podemos recoger alguna información adicional por el camino. El itinerario se puede seguir en la figura 27.

Desde Bilbao cortaremos a Bermeo, un pueblo típico de pescadores del Golfo de Vizcaya. La estructura general de este corte es la de un sinclinal fallado, en cuyo núcleo está el flysch eoceno, un rasgo nuevo que atraerá hoy nuestra atención. Las demás formaciones nos son ya familiares, aunque pueden mostrar algunas variaciones locales, particularmente en una zona de tantos cambios laterales. Bordeamos antes otro diapiro cerca de Meñaca. Bermeo está también en el borde de una extensión de Keuper. Rodeamos este afloramiento triásico que se extiende a ambos lados del estrecho estuario de Guernica y volvemos a salir a la costa abierta en Elanchove e Ibaranguelúa, dos preciosos pueblecitos de pescadores, sobre el complejo urgoniano que rodea el Lías y Triás de Guernica.

Seguimos más o menos la costa hasta Lequeitio, donde estramos en niveles más altos del Albense superior y Cenomanense, siguiendo estas formaciones según el rumbo más o menos por Ondárroa, Motrico y Deva. Pasado Deva, en Iciar, una falla hace aflorar las calizas urgonianas en un corto trecho, antes de volver a las margas del Albense superior-Cenomanense, e inmediatamente encontramos el Cretáceo Superior que sigue hasta Zumaya. Allí vemos las calizas rosadas del Danés e inmediatamente después entramos en el flysch eoceno, que seguimos en dirección del rumbo hasta San Sebastián.

Esta es una de las facies flysch más típicas que se pueden ver en parte alguna. Contiene nummulites, assilinas, operculinas, etc., pero también una enorme variedad de ripple marks, Paleodictyon, Chondrites, y toda clase de estructuras de lechos.

* * *

Hemos terminado nuestra excursión. Hemos cortado varias veces los Pirineos españoles, desde el Valle del Ebro al basamento paleozoico de la Zona Axil. Esto nos ha permitido seguir la evolución gradual de unas se-

ries muy simples y delgadas mesozoico-cenozoicas a otras muy potentes y complicadas, situadas como cubetas sedimentarias entre zonas más someras. Hemos visto también acuñarse las formaciones hacia la Zona Axil, y hacia la Cuenca del Ebro, y hemos observado un desplazamiento del eje de la sedimentación de Norte a Sur, desde la Zona Axil, hasta que se fija, durante el Oligoceno, en la Cuenca del Ebro. Hemos podido seguir la evolución tectónica de corte en corte. De entre las grandes variedades de facies y estructuras nos ha sido posible separar las Cadenas Marginales, que descansan sobre la zona Axil y se deslizan por sus flancos hacia la Depresión Intermedia. Hemos podido apreciar la neta personalidad de este rasgo tectónico y hemos visto las bellas estructuras de las Sierras Subpirenaicas como pliegues-falla cabalgantes unos sobre otros y sobre el Oligoceno inferior y medio de la Cuenca del Ebro. El papel del Keuper como lubricante está claro.

Las edades de los plegamientos pirenaicos resultan claramente del análisis de las relaciones sedimentario-tectónicas dentro del Oligoceno, puesto que hemos visto transgredir los sedimentos del Oligoceno superior sobre los pliegues del Paleozoico-Mesozoico, a su vez también deformados, y hemos sido testigos de su topografía erosiva.

Hemos sido testigos de la intensidad de los fenómenos diapíricos, después de ver el Keuper aflorar entre materiales oligocenos, habiéndose abierto camino a través de enormes potencias de formaciones intermedias y también hemos visto los yesos del Oligoceno basal levantado en anticlinales caprichosos.

Todos estos fenómenos se han visto claramente, merced a los profundos valles y gargantas, a la continuidad y calidad de los afloramientos. Hemos visto a la Naturaleza desplegar su belleza en mil formas y desnudar sus secretos ante nuestros admirados ojos.

BIBLIOGRAFÍA SUMARIA

Los títulos de trabajos y mapas aparecen en el orden en que se han de consultar en los días sucesivos.

Los nombres de localidades (por ejemplo, Eulate, 1933) indican las Hojas geológicas a escala 1:50.000 publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España, y la época de su publicación.

Para toda la excursión.

Mapa Geológico Nacional de España, a la escala de 1:1.000.000, Madrid, 1955 (o en su defecto, una edición más antigua).

El Sistema Cretácico en los Pirineos de España, J. M. RÍOS: «Mem. Inst. Geol. y Min. de España», vol. 57, 1956, pág. 128.

A geological Itinerary through the Spanish Pyrenees, J. M. RÍOS.

Summer field meeting in the Spanish Pyrenees, J. M. RÍOS y J. M. HANCOCK. «Proc. of the Geologist's Association» vol. 72. Paris 3 and 4. Págs. 359-390. Londres, 1961.

Día a día.

RÍOS, J. M.; ALMELA, A. y GARRIDO, J.: *Contribución al conocimiento de la zona Subpirenaica catalana*, «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», vol. 56, pág. 337-389. Días 1.º y 2.º.

ALMELA, A. y RÍOS, J. M.: *Explicación al Mapa geológico de la provincia de Lérida*, a la escala de 1:200.000, Inst. Geol. y Min. de España, 1947, Días 1.º, 2.º, 3.º y 4.º.

RÍOS, J. M.: *Análisis estratigráfico y tectónico de una parte del valle del Segre, en la provincia de Lérida (La zona de Coll de Nargó)*, «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», volumen 63, 1951, pág. 561-637, Días 1.º y 2.º.

Os de Balaguer, 1961. Días 2.º y 3.º.

Aresa de Segre, 1953. Días 2.º y 3.º.

Explicación del Mapa geológico de la provincia de Huesca, a la escala de 1:200.000. E. ALASTRÚE, A. ALMELA y J. M. RÍOS, «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», 1957. Días 4.º, 5.º, 6.º y 7.º.

Benabarre, 1959. Día 4.º.

Barbastro, 1949. Día 4.º.

Apiés, 1951. Día 5.º.

Agüero, 1954. Día 5.º.

Yebra de Basa, 1954. Día 5.º.

Ayerbe, 1950. Día 5.º.

Some descriptive remarks about the petrography and structure of the Panticosa massif (Spanish Pyrenees), J. E. J. M. VAN LANDEWIJK. «Estudios Geológicos», Bol. 16, número 196. Madrid. Día 5.º.

Geology of the Spanish Pyrenees, North of Canfranc, Huesca Province, G. J. VAN DER LING. «Estudios Geológicos», vol. 16, núm. 4. Madrid. Días 5.º y 7.º.

Nummulitique Sud Pyrenéen a l'Ouest de l'Aragon, J. P. Mangin, Zaragoza 1958. Días 7.º, 8.º, 9.º, 10.º y 11.º.

Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro, J. M. RÍOS, A. ALMELA y J. GARRIDO, «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», 1944, volumen 14, pág. 139-198; 1946, vol. 16, pág. 57-167. Días 7.º y 8.º.

Sigüés, 1959. Día 7.º.

Sos, 1950. Día 7.º.

Pamplona, 1949. Días 7.º y 8.º.

Les Pays Crétacés Basco-Cantabriques, P. RAT. «Presses Universitaires de France». Dijon, 1958. Días 8.º, 9.º, 10.º y 11.º.

Eulate, 1933. Día 8.º.

Miranda de Ebro, 1946. Día 9.º.

Contribución al conocimiento de la geología cantábrica, J. M. RÍOS, A. ALMELA y J. GARRIDO, «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», vol. 27, 1952, págs. 45-184. Días 9.º y décimo.

Orduña, 1953. Día 10.º.

Orozco, 1953. Día 10.º.

Dos cortes geológicos a través del Sistema Cantábrico, J. M. RÍOS y A. ALMELA, «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», vol. 27, 1952, pág. 279. Días 9.º, 10.º y 11.º

Estudio geológico de la zona de criaderos de hierro de Vizcaya y Santander. Temas profesionales Dir. Gral. de Minas y Comb., núm. 9, 1948. Madrid. Días 10.º y 11.º

BIBLIOGRAFIA DE TRABAJOS PUBLICADOS O RECIBIDOS CON POSTERIORIDAD A LA REDACCION DE LA GUIA

Estudio Geológico de los Pirineos españoles entre los ríos Segre y Llobregat (prov. Lérida y Barcelona). B. GUERIN, DESJARDINS y M. LATREILLE, «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», T. LXXIII, 1952. Días 1.º y 2.º

Étude Géologique Détaillée de la Région de Coll de Nargó (Vallée du Segre, Pyrenees Catalanes). A. F. BAUDRIMONT, Univ. de Toulouse (se publicará por el Instituto). Día 2.º

Contribution à l'étude stratigraphique et micropaleontologique des terrains antesenoniens de la Sierra du Montsech (province de Lérida, Espagne). J. P. BASSOULET (se publicará en el Instituto). Día 3.º

Étude Géologique de la Région d'Os de Bañaguer (provinces de Huesca et de Lérida). J. P. GIRAUDET (se publicará en el Instituto). Días 3.º y 4.º

Noticias

COTIZACIONES Y COMERCIO

EL FUTURO DEL HIERRO Y DEL ACERO

Se prevee que para 1975, todos los países productores de hierro y acero habrán duplicado su producción siderúrgica, y algunos sobrepasarán este objetivo, como el Japón. A esta industria mineralúrgica, se espera se le presente un periodo de difícil competencia, lo que obligará a una perfecta racionalización y mejora de calidades.

INVERSIONES DIRECTAS EN INDUSTRIAS MINERALURGICAS

Según la Secretaría General Técnica de la Presidencia del Gobierno, las inversiones directas de capital extranjero, autorizadas desde el 1 de octubre de 1959 hasta el 16 de mayo de 1962, se elevan a 110,5 millones de dólares.

En el cuadro adjunto se ofrece la distribución de las referidas autorizaciones de inversiones según los sectores económicos a que se han dirigido.

S E C T O R E S	Millones \$	%
Petróleos y refinerías	20.4	18.46
Químico	18.9	17.13
Petroquímico	9.4	8.94
Cemento	6.6	5.95
Metaúrgico	5.1	4.95
Vidrio	2.2	2.05
Minería	0.058	0.05

COMERCIO EXTERIOR DE ESPAÑA

	<i>Importación en millares de dólares</i>		
	1959	1960	1961
Petróleos y sus derivados	170.284	147.994	166.716
Sulfato amónico	35.178	13.146	15.916
Hullas	23.557	5.491	3.400
Nitratos	23.539	11.614	9.650
Fundición, hierro y acero	34.989	40.576	45.433
Fosfatos	15.596	7.400	12.350
Cobre y sus aleaciones	13.642	9.211	15.283
Hojalata	10.995	7.267	11.750

	Exportación en millares de dólares		
	1959	1960	1961
Minerales y piritas de hierro	21.865	26.269	18.400
Derivados del petróleo	37.623	41.156	41.260
Mercurio	8.736	10.029	8.300
Cloruro potásico	8.217	9.676	8.733
Blenda	4.590	3.223	1.050
Plomo	5.792	8.047	6.216
Fundición hierro y acero	15.177	62.115	36.366

LA ORGANIZACION DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO

En 1960 se creó la «Organización of Petroleum Exporting Countries» OPEC, en la que están encuadrados los siete países siguientes: Irán, Iraq, Kuwait, Arabia Saudita, Qatar, Venezuela y Trinidad, de los que procede más del 85 por 100 de las exportaciones mundiales de petróleo, con una participación del 40 por 100 en la producción mundial y unas reservas conocidas del 70 por 100.

Esta organización es partidaria de una política de conservación de sus recursos a largo plazo, como lo son todas las economías basadas en la minería. No participa de la opinión de que el gas natural ni el petróleo, sólo por razón de los costes técnicos y comerciales, puedan abastecer la economía energética del mundo occidental, sustituyendo las reservas casi ilimitadas de carbón por las reservas muy reducidas del petróleo y gas natural. Es evidente que esta ventaja de precio reduciría a todos los no ligados técnicamente al carbón a sustituirlo por petróleo y gas natural. Con un consumo duplicado de petróleo y un aumento anual de 2 a 4 por 100 del consumo general de energía, las reservas de petróleo del mundo occidental suponen no durarían ni quince años. Los consumidores de energía tendrían entonces que acudir a descubrir nuevos yacimientos, en la región ártica, en las selvas de Suramérica, en el fondo del mar (a 10 ó 15.000 metros de profundidad) o en Siberia y China, a la hidrogenación del carbón, y a la utilización de los esquistos bituminosos, cuyos costes serían varias veces los actuales del petróleo.

La OPEC es decididamente partidaria de evitar en lo posible una situación semejante, sobre todo también por las gravísimas repercusiones económicas sobre la minería del carbón, la más directamente perjudicada por el creciente consumo de hidrocarburos líquidos y gaseosos, y ve en el mantenimiento de la capacidad de vida y de competencia de la minería de carbón y otras fuentes de energía, la mejor seguridad de la utilización económica y duradera de sus reservas de petróleo. Defiende la seguridad del suministro a largo plazo, por parte de los países productores de petróleo y gas natural.

Quizás en el aspecto de política comercial puede ser ventajoso pagar algo más caras las materias primas, en las que los costes apenas representan de 1 a 3 por 100 de los precios de producción, y con ello conquistar mayores mercados de exportación y economizar ayudas de desarrollo mediante créditos comerciales seguros.

COTIZACION DE METALES

	30-12-59	4-1-62	30-5-62	28-6-62	2-8-62
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	12,50	11,50	11,50	11,50	11,50
Londres (£ por Tn.).....	95 1/4-95 1/2	71 3/8-71 1/2	67 3/4-68	67 1/2-6	65 1/4-65 3/8
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra) . .	28,10	26	24,—	24,—	24,—
Londres (£ por Tn.).....	187	186	180,—	180,—	180,—
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	212-214	191-193	193-196	193-19	193-196
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.) .	72	59	61 1/2	61 1/2	61 1/2
VOLFRAMIO					
Londres (£ por Tn.).....	147-152	104-107 1/2	85-90	80-82	57-67
PETROLEO					
Nueva York (£ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3,05-3,25	3,05-3,25	3,10	3,10	3,10
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra)...	98,75	120,62	116,25	112	109,50
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	26	31	29,25	29,12	28,50
Londres (£ por Tn.).....	256 1/2-257 1/2	229 1/2-229 3/4	234-234 1/4	234-234 1/4	234-234 1/4
PLOMO					
Nueva York (centavos por libra)...	12	10,25	9,50	9,50	9,50
Londres (£ por Tn.).....	74 1/4-72 1/2	59 1/4-59 3/8	59-59 1/4	56 1/4-56 1/2	59 3/4-51

HULLAS COQUIZABLES

Por Decreto del Ministerio de Comercio de 10 de mayo, se dispone la prórroga de la suspensión del noventa por ciento de los derechos arancelarios establecida en el Decreto de 15 de febrero, para las hullas coquizables destinadas a coquerías siderúrgicas, así como al coque importado por dichas industrias y a toda las hullas tarifadas en la partida veintisiete punto cero uno punto A, cualquiera que sea su destino, siendo válido dicho acuerdo hasta el veinte de agosto próximo.

ÍNDICES DE PRODUCCIÓN

	Abril 1962	Abril 1961
Químicas	132,0	126,7 +
Vidrio y cerámica ...	104,2	95,7 +
Metálicas básicas... ..	135,1	126,8 -
Transformados metálicos	98,4	89,4 +
Carbón... ..	91,3	95,0 +
Minerales	121,0	114,9 -
Derivados del petróleo y del carbón	112,8	106,2 +
Cemento	127,8	129,5 -
Electricidad... ..	134,8	125,8 +

CEMENTO (toneladas)

	1962	1961
a) <i>Clinker normal.</i>		
Enero	441.660	403.234
Febrero	419.650	395.226
Marzo	480.064	472.634
Abril	509.911	453.214
	1.851.285	1.724.358

b) *Portland corriente.*

Enero	426.882	346.009
Febrero	437.730	368.799
Marzo	513.151	480.317
Abril	517.514	475.937
	1.895.277	1.671.062

ALUMINIO PURO REFINADO (kg.)

	1962	1961
Enero... ..	3.502.861	2.064.000
Febrero	3.152.649	1.254.000
Marzo... ..	3.497.739	1.632.000
Abril	3.405.520	2.209.000
	13.558.769	7.159.000

SIDERURGIA (toneladas)

	1962	1961
a) <i>Lingote de hierro.</i>		
Enero	180.446	161.040
Febrero	184.065	166.024
Marzo	169.267	162.571
Abril	188.089	172.032
	722.487	661.667

b) *Lingote de acero.*

Enero	187.110	172.482
Febrero	183.902	177.320
Marzo	182.222	173.983
Abril	197.853	179.824
	751.087	703.609

c) *Laminados.*

Enero	158.159	222.809
Febrero	152.987	197.627
Marzo	162.353	158.788
Abril	175.227	157.325
	648.726	736.549

INDUSTRIA QUÍMICA (kg.)

	1962	1961
a) <i>Acido clorhídrico (100 por 100 de HCl).</i>		
Enero... ..	1.856.000	1.550.000
Febrero	2.011.000	1.675.000
Marzo... ..	2.105.000	2.003.000
Abril	2.221.000	1.881.000
	8.193.000	7.109.000

b) *Acido nítrico (100 por 100 de NO₃H).*

Enero... ..	7.404.000	7.620.000
Febrero	6.110.000	7.370.000
Marzo... ..	8.838.000	7.777.000
Abril	8.570.000	6.710.000
	30.922.000	29.477.000

c) *Acido sulfúrico (100 por 100 de SO₄H₂).*

Enero... ..	93.612.000	91.160.000
Febrero	103.594.000	83.429.000
Marzo... ..	104.984.000	79.785.000
Abril	107.447.000	84.949.000
	409.637.000	339.323.000

HULLA (toneladas)

	1962	1961
Enero	882.015	918.386
Febrero	858.535	903.808
Marzo	942.120	1.007.807
Abril	691.143	971.824
	3.373.813	3.801.825

ELECTRICIDAD TÉRMICA (GWB)

	1962	1961
Enero... ..	179	191
Febrero	312	150
Marzo	271	168
Abril	122	273
Mayo... ..	166	283
	1.000	1.065

MINERAL DE HIERRO (toneladas)

	1962	1961
Enero... ..	502.992	454.220
Febrero	459.089	461.121
Marzo... ..	560.791	520.360
Abril	463.316	504.597
	1.986.188	1.940.798

PRECIO DE LA PIRITA DE HIERRO

El «Boletín Oficial del Estado» de 20 de julio, publica una Orden del Ministerio de Industria sobre el precio de venta de la pirita de hierro cruda en el mercado interior, base 48 por 100 de azufre, hasta 0,55 por 100 de cobre, a 430 pesetas tonelada métrica, mercancía situada F. O. B., puerto embarque.

CRIADEROS

EL PETROLEO DE LA REGION DE PARIS

En la región parisina, se inició en 1958 la producción de petróleo con 220.000 toneladas, siendo la de 1961 de 520.000, que representa más de la cuarta parte de la totalidad francesa, que fue de 2,16 millones de toneladas. El número de pozos de esta región es de seiscientos y la cantidad invertida hasta la fecha es de 5.500 millones de pesetas.

LA POTASA INGLESA

En el año 1938 fue descubierta por la «D'Arcy Exploration Company» la existencia de yacimientos potásicos en el parque nacional de North Yorkshire Moots, cerca de Whitby. Los sondeos realizados por la «Imperial Chemical Industries», evidenciaron la existencia de dos capas de silvinita, a profundidades de 1.170 y 1.500 metros, la superior con una potencia media de 8,3 metros y una extensión de 38 kilómetros cuadrados, con una riqueza en

K²O de 20 a 40 por 100, lo que con un rendimiento en su tratamiento del 30 por 100, representa 100 millones de toneladas.

La empresa norteamericana «Amour Agricultural Chemical Co.», en Atlanta (Georgia), proyecta instalar una factoría valorada en 2.720 millones de pesetas, para explotar esta potasa por disolución. En el parque sólo estarán las instalaciones de bombeo, y la factoría de enriquecimiento estaría en las inmediaciones de la zona urbana de Whitby, a la que serían conducidas las disoluciones por tubería.

HALLAZGO DE YACIMIENTOS EN CHILE

Después de explorar durante seis meses en el desierto de Atacama, un grupo de científicos ha encontrado un yacimiento de mineral de cobre que se estima puede ser de gran importancia.

LOS FOSFATOS DEL SAHARA

Por el gran interés nacional de disponer de minerales fosfatados, indispensables para obtención de abonos fosfóricos, el Instituto Nacional de Industria incluyó oportunamente en su Plan de Investigaciones Mineras la de los yacimientos de fosfatos en la provincia del Sahara. Pese a los prometedores resultados obtenidos en investigaciones muy laboriosas, las peculiares condiciones y dificultades de la zona en la que los yacimientos están localizados aconsejan no acometer su beneficio intensivo sin efectuar antes una fase previa de tratamiento experimental, razones por las cuales, por Decreto de la Presidencia del Gobierno, se ha encomendado al Instituto Nacional de Industria la creación de una empresa, que tendrá como finalidad fundamental el beneficio de los yacimientos de fosfato de la provincia del Sahara —comenzando por su tratamiento en fase experimental—, así como el desarrollo de otras actividades que complementen su principal cometido. A estos efectos, se concede al Instituto Nacional de Industria la reserva temporal para la explotación de los yacimientos de fosfato en la provincia del Sahara. En la empresa que se constituya, dispondrá el Instituto Nacional de Industria de la mayoría del capital, acciones y, como consecuencia, del control de su Consejo de Administración.

A los efectos prevenidos en la Ley de 24 de octubre de 1939, la empresa cuya creación se autoriza tendrá la consideración de empresa de «interés nacional».

PETROLEO BOLIVIANO

La «Boliviana Gulf Oil Co.», anuncia el descubrimiento de una zona petrolífera, con el pozo de reconocimiento Colpa-1, situado a treinta kilómetros al Norte de la ciudad de Santa Cruz, el cual está produciendo gas a razón de más de 10 millones de pies cúbicos diarios, a los que acompañan unos 500 barriles diarios de condensados, con una densidad de 55,6.

MINERAL DE HIERRO PERUANO

La «Marcona Mining Co.», de Lima, tiene unas importantes explotaciones en la Bahía San Nicolás, en una amplia meseta costera a 800 metros de altura, 375 kilómetros al S. de Lima y 15 de la costa. En menos de un decenio ha exportado más de 24 millones de tonela-

das de mineral de hierro de ley elevada, proponiendo pasar su producción actual de 7,7 millones de toneladas a 10 millones en 1965, gracias a las mejoras que proyecta introducir en la concentración y arranque del mineral.

PETROLEO EN HAMBURGO

En las investigaciones realizadas por el grupo de las sociedades «Mobil Oil A. G.», «Freussag», «Wintershall» y «Elwerath» en la ciudad de Hamburgo, se ha descubierto un importante depósito de petróleo a 200 metros de profundidad, y actualmente se está investigando sobre la posibilidad de que la capa productora pueda ser explotada desde fuera de su periferia.

COBRE DE POLONIA

Se está preparando la explotación de las minas de cobre de Silesia (Polonia), entre Lublin y Glogau, a las que se les supone unas reservas superiores a los diez millones de toneladas. Para el año 1972, que estarán en plena producción, se espera den anualmente 100.000 toneladas de cobre refinado.

NOVEDADES INDUSTRIALES Y CIENTIFICAS

REACTORES DE URANIO NATURAL

El Euratom ha firmado un contrato con tres empresas para realizar estudios básicos sobre centrales nucleares europeas del tipo «Orgel», en las que el combustible es uranio natural; el moderador agua pesada, y el refrigerador un líquido orgánico.

CEMENTO DEL PERU

La sociedad anónima «Cemento Andino» tiene su fábrica en los Andes a una altura de más de 4.000 m., y está situada a unos 200 m. al Este de Lima; en ella se están efectuando ampliaciones por valor de 3.400.000 dólares para pasar su producción diaria de 250 Tm. de cemento a más de 500 Tm.

NUEVO MEDIO DE EXPLORACION SUBMARINA

Los oceanógrafos disponen de un nuevo instrumento submarino que les permite explorar las aguas a profundidades de 2.100 m. para obtener datos de temperatura, velocidad de las corrientes y su dirección, así como los misteriosos ruidos de las profundidades marinas. El sistema se basa en un hidrófono de gran profundidad y de unidades sólidas amplificadoras de sonidos tenues; de una cabina de tensión fija, y de un cable de comunicaciones de nuevo diseño.

SALVAMENTO EN LAS MINAS

El aparato llamado «Simbal» («Safety in mines breathing appliance liquid»), proporciona aire a temperatura inferior: a la del aire ambiente. Por consiguiente, el equipo de salvamento

puede trabajar más de un turno normal. Los aparatos respiratorios existentes no impiden que el aire se caliente y humedifique, cuando se trabaja a un ritmo algo apresurado; la persona que respira exhala calor. El «Simbal», alojado en un recipiente de fibra de vidrio reforzada, pesa 16 kilogramos completamente cargado de oxígeno. Proporciona aire fresco y seco por espacio de dos horas. El aparato ha sido inventado por los establecimientos de la «Safety in Mines Research Establishment of the British Ministry of Power», del Ministerio inglés de energía.

NUEVO REACTOR EN LOS EE. UU. DE N. A.

La Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos está construyendo una instalación de ensayo que contará con el mayor reactor nuclear experimental del mundo. El reactor se construye en la «National Reactor Testing Station» de Idaho, en el Noroeste de los Estados Unidos. Se precisarán unos tres años para acabar la obra. Este reactor será utilizado, primordialmente, para obtener nuevos tipos de núcleos para reactores navales, aunque también valdrá para ensayar nuevos sistemas y materiales combustibles destinados a otros proyectos. Su interés reside en el hecho de que los materiales en él probados, podrán ser sometidos a una radiación nuclear más intensa.

CÁMARA FOTOGRAFICA PARA EL SUBSUELO

Para conocer mejor las profundidades de la Tierra se ha inventado una cámara fotográfica especial: la Cámara NX para barrenos. La cámara ya se ha usado con buen resultado en dos presas.

El desarrollo de la cámara se inició bajo la supervisión técnica del Negociado de Geología del Cuerpo de Ingenieros del Ejército estadounidense, de la cual ya se han fabricado tres modelos.

La cámara es por fuera un cilindro de acero inoxidable, de 2 3/4 pulgadas de diámetro y 34 pulgadas de largo, con un cable fijado a un extremo, por el cual se baja en el barreno con un tornotractor especial.

Un cierre impermeable permite usar la cámara en taladros llenos de agua. Tal caso es que muchas formaciones de rocas fotografían más claro húmedas que secas.

En la cámara se usa película cinematográfica de 8 mm. en colores para interiores, fácil de adquirir, la cual se expone cuadro por cuadro por el centelleo de una lámpara estroboscópica cuando cada cuadro se sitúa tras la lente. Tanto el mecanismo de impulsión de la película como la luz estroboscópica están sincronizados con el mecanismo del torno elevador, de modo que cuando la cámara se eleva por el barreno, retrata secciones de una pulgada de mismo a intervalos de 3/4 de pulgada. Así, cada pulgada de la superficie de un barreno de 75 pies de largo puede registrarse a todo color en un solo rollo de película cinematográfica doble de 8 mm., con orientación de brújula y desviación en cada fotografía.

Se espera que las mejoras en su producción reduzcan el alto costo actual de la cámara.

NUEVA PARTICULA ATOMICA

Un grupo de científicos bajo la dirección del Dr. Aihud Povsner, de la Universidad Johns Hopkins, en colaboración con otro grupo de la Northwestern University, encabezado por el Dr. Martin Block, descubrió una nueva partícula atómica llamada «meson eta». Dicha partícula figura ahora entre las 30 llamadas elementales, que encierra el núcleo del átomo.

Se descubrió esta nueva partícula al observar las formas en que se producen resultados determinados de colisión nuclear con formación de mesones pi. Se examinaron unas 35.000 fotografías de huellas en cámara enrarecida para discriminar la clase de desintegración. En algunas docenas de fotografías se descubrió que tres «mesones» pi procedían de una partícula inestable. El «meson eta», además de desintegrarse en dos mesones pi con carga y otro neutro, parece degenerar en otras partículas que no son portadoras de carga eléctrica.

RED PARA LOCALIZAR LOS METEORITOS

El Observatorio «Smithsonian», de Astrofísica, va a establecer una red de observatorios en los Estados del oeste medio para localizar meteoritos apenas hallan caído a la corteza terrestre. Los meteoritos son de inestimable valor para los científicos, ya que constituyen la única materia sólida que llega a la tierra desde el espacio interplanetario. Las muestras de museo generalmente se encuentran contaminadas tras haber estado en contacto con la tierra durante largos períodos. Esta red consistirá en 16 estaciones de observación, que barrerán toda la zona con un total aproximado de 2.500 millones de acres. Cada una de estas estaciones dispondrá de una casamata con cuatro ventanas, para albergar cuatro cámaras orientadas a los cuatro puntos cardinales, que funcionan automáticamente del alba al crepúsculo. Estrellas tan borrosas como las de magnitud ocho pueden ser registradas, pero los meteoros habrán de ser de magnitud cero o más brillantes (considerablemente más brillantes que cualquiera de las estrellas de la Osa Mayor) para ser registradas. Los emplazamientos se encuentran en Havana, Ill.; Milan and Vienna, Mo.; Vinton and Maple River, Iowa; Liberty, Alma, Neligh and Mullen, Nebr.; Farlinville, Groessel and Kalvesta, Kans.; Ward and Brulo, S. D.; and Cederdale and Hominy, Okla.

LAS CAVERNAS COMO ALMACENES DE GAS

Las compañías de gas americanas están tratando de la posibilidad de utilizar cada vez más las cuevas subterráneas para almacenamiento y producción de gas propano líquido, para emplearlo como fuente auxiliar de gas doméstico e industrial en tiempo frío. Se están usando dos de estas cuevas cerca de Cincinnati, Ohio, por la compañía «Cincinnati Gas and Electricity». Una de ellas tiene 35.340 m.³ de capacidad y la otra de 26.600; ambas para propano. En conjunto proporcionarán estos dos depósitos cerca de 2.800.000 m.³ de gas diarios. Gracias a esta nueva reserva, reducirán los costos del gas suministrado a los consumidores en invierno, ya que reducirá la cantidad de gas natural con sobreprecio, que la compañía estaría obligada a comprar.

DIFERENCIAS EN EL REPARTO ELEMENTAL DE LAS ESTRELLAS

Muchas estrellas contienen cantidades de elementos químicos que se diferencian ampliamente de los existentes en otras cercanas, según observaciones efectuadas el año pasado en los observatorios californianos de los Montes Wilson y Palomar. Una estrella bien conocida por los astrónomos, la llamada 3 Centauro A, tiene cuatro veces más hierro, cinco veces más nitrógeno, cien veces más fósforo, mil veces más criptón y diez mil veces más galio que otras estrellas cercanas. Como consecuencia de estos hallazgos, será preciso revisar los cálculos de las distancias en el Universo, que se basan en el brillo de las estrellas. Hasta hoy día, di-

chas distancias se habian fijado en la creencia de que las estrellas de análoga clase brillan igual. El descubrimiento de contenidos diferentes de los quimicos en las estrellas, puede llegar a modificar esta creencia.

LA ESTISHOVITA

Algunos científicos del «U. S. Geological Survey» han descubierto un nuevo mineral formado como consecuencia del choque de un gran meteorito con la tierra, que dio lugar a una depresión conocida como el «Cráter del Meteorito». Dicho cráter se encuentra en Arizona al SW. de los Estados Unidos. El mineral bautizado como «stishovite» se formó como consecuencia del impacto del meteorito que movió las capas de la tierra. La «stishovite» es el segundo mineral de origen meteórico descubierto en dicho lugar. El primero, la «coesita», fue descubierto en 1960. Una onda de choque de presión alta y de una fuerza probablemente superior a 105,540 kilogramos por centímetro cuadrado, comprimió las rocas vecinas, transformando los granos cuarcíferos contenidos en las mismas en el nuevo mineral. La presión necesaria para formar el nuevo mineral, equivale a la existente a unos cientos de kilogramos debajo de la superficie de la tierra.

OLEODUCTO HOUSTON-NUEVA YORK

En Atlanta (Georgia) se ha formado por las nueve empresas más importantes del petróleo, la «Colonial Pipeline Co», con el fin de construir un oleoducto para productos refinados desde Houston (Tejas) hasta el área urbana de Nueva York. Tendrá una longitud de 2.500 km., más 1.600 km. de líneas subsidiarias, y podrá transportar diariamente 85.000 toneladas. Actualmente existen cuatro oleoductos para petróleo y gas natural desde la costa del golfo de Méjico y de Tennessee a Nueva York. El motivo principal de la construcción del nuevo oleoducto es la perturbación constante de los transportes marítimos por las huelgas. Las empresas navieras temen que, a su terminación, en 1964, la mitad de los buques-cisternas que navegan por esa ruta queden sin servicio.

EL PETROLEO ARGENTINO

En 1961, la producción argentina de petróleo fue de 13,42 mills. m.³, elevándose en 32,2 % sobre la del año anterior, quedando a 4 mills. m.³ por debajo del consumo, que, en 1961, fue de 17,32 mills. m.³. La diferencia entre el consumo y la producción propia de petróleo se ha reducido notablemente en los últimos tres años.

ACTIVIDADES MINERALURGICAS DE LAS ACADEMIAS DE CIENCIAS SOVIETICAS

De las catorce academias de ciencias de la URSS, las siguientes tuvieron actividades mineralúrgicas durante el período de febrero de 1959 a octubre de 1961.

Ucrania.—Mando a distancia de un convertidor Bessemer; nueva tecnología de la fundición en hornos altos con inyección de oxígeno con o sin mezcla de gas natural.

Uzbekistán.—Prospecciones para descubrimientos de yacimientos de gas natural y de manantios de aguas subterráneas. Creación de un Instituto de geología del petróleo, gas y otros.

Kazajistán.—Colaboración con los geólogos de las organizaciones industriales para la

prospección de yacimientos de minerales y su explotación; construcción de una máquina de avance automático que aumenta el rendimiento del trabajo minero; nuevo método de fundición autógena de minerales de cobre y concentrados.

Georgia.—Método de análisis rápido de manganeso por irradiación con neutrones.

Azerbaijón.—Publicó en ocho tomos la «Geología de Azerbaijón».

Kirgisia.—Estudio de las riquezas del subsuelo de esta República y de sus medios de prospección.

Tadzhikistán.—Estudios de sismología y geología del emplazamiento de la central hidráulica de Nurek; nuevos procesos de extracción de valiosos componentes de minerales pobres y de elaboración de minerales de volframio.

Turkmenistán.—Trabajos sobre prospección y química de petróleo y gas natural, así como de síntesis de petróleo e hidrocarburos gaseosos, estudios geológicos para explotación de las materias primas naturales; automatización de los procesos de fabricación de vidrio; estudios sobre explotación de tierras pobres, especialmente desiertos arenosos.

Estonia.—Estudios sobre explotación de los esquistos bituminosos bálticos, principal riqueza natural de la República.

REUNIONES CIENTIFICAS

CRONOLOGIA POR LOS METODOS RADIATIVOS

La Agencia Internacional para la Energía Atómica y la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, pretenden organizar conjuntamente durante el segundo semestre del año 1962, sea en Viena, sea en Grecia, una conferencia sobre todos los aspectos de la Cronología por los métodos radiactivos. Fue encargado de la Secretaría ejecutiva de dicha reunión, el Dr. Payne, de Viena.

COMITE EUROPEO PARA EL DESARROLLO DEL PLOMO

En el local social de la «Lead Development Association», de Londres, se han reunido los miembros del recientemente constituido Comité Europeo para el Desarrollo del Plomo.

Se examinaron las últimas revisiones realizadas por el Comité sobre las Aplicaciones del Plomo, y se aprobó un programa para extender a toda Europa la promoción y desarrollo de proyectos en campos tan especiales como aislamiento de sonidos, fundas para cables, baterías ácidas de plomo, aceros al plomo y otros. También se revisó la situación actual de las investigaciones que se llevan a cabo por el «Expanded Research Program» y por otros países, acordándose intercambiar más ampliamente los resultados de estas investigaciones.

Finalmente se discutieron los preparativos que han de realizarse para la próxima Conferencia Internacional del Plomo, que tendrá lugar en Londres del 8 al 12 de octubre de este año, en la que se tratará principalmente de las aplicaciones de este metal en baterías, cables y sistemas de protección frente a las radiaciones.

SYMPOSIUM INTERNACIONAL DE VULCANOLOGIA

El Symposium Internacional de Vulcanología, organizado por el Consejo Científico del Japón en cooperación con la Sociedad Vulcanológica de Japón, se celebró en Tokio del

9 al 19 de mayo de 1962, bajo los auspicios de la Asociación Internacional de Vulcanología de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

Los temas sujetos a discusión, fueron: «Predicción del tiempo y plazo de las erupciones volcánicas», y «Relación entre las magnas y naturaleza de la erupción volcánica».

REUNION DE EXPERTOS SOBRE ENERGÍA

En Ginebra se ha celebrado una reunión de expertos en el sector de la energía, de los países integrantes de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.

El programa de la reunión fue el estudio de la previsión de las necesidades de la energía, los métodos para su análisis, y papel en el futuro de las diferentes formas de la energía.

REUNION DE LOS DIRECTORES DE INSTITUTOS MINEROS

Se celebró en Varsovia, por invitación del Gobierno polaco, una Conferencia Internacional de Directores de Institutos Mineros Europeos, a la que asistieron representantes de más de veinte de estos organismos, de los países pertenecientes a la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.

CONGRESO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA

La Comisión General del III Congreso Internacional de Espeleología, anuncia que:

El Gobierno de Yugoslavia ha dado el consentimiento definitivo para realizar en dicho país el IV Congreso Internacional de Espeleología, que tendrá lugar en 1965.

COLOQUIO DE ESPELEOLOGIA

La Secretaria General del I Coloquio Internacional de Espeleología, Atenas-Peloponeso-Cefalonia-Janina-Salónica-Islas, comunica en su primera circular las excursiones antes del Coloquio, 28 al 31 de agosto de 1963. Conferencias en Atenas, 1 al 5 de septiembre. Excursiones científicas en el Peloponeso, 6 al 8. Excursiones científicas a Cefalonia, 9 al 10. Excursiones después del Coloquio, 11 a 16.

Temas del Coloquio: «Variación del nivel del Mediterráneo durante el Cuaternario». «Fenómenos kársticos, sedimentos y fauna de las grutas de las costas de Grecia».

CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ESPECTROSCOPIA

Del 18 al 22 de junio se celebró en la Universidad de Maryland (EE. UU.), con la participación de más de 800 miembros, representantes de 26 países, la Conferencia Internacional de Espectroscopia, en la que se presentaron 170 comunicaciones agrupadas en 27 secciones.

En las aplicaciones de campo mineralúrgico destacaron las referentes a análisis de minerales, productos petrolíferos, productos metalúrgicos y elementos radiactivos.

España estuvo representada por el Dr. López de Azcona, Presidente del Grupo Espectroquímico, quien presentó una interesante aportación, sobre valoración directa de cationes en los crudos petrolíferos, técnica original muy adecuada para los estudios geoquímicos y los de desgaste, por la gran sensibilidad alcanzada, que es del orden de una centésima por millón.

En el Consejo Directivo se aceptó la propuesta que con la debida autorización efectuó nuestro delegado, a petición de otros, de que la XIII Reunión se celebrara en España el año 1967, acordándose por unanimidad figurase esta propuesta en el calendario de los próximos coloquios.

SIMPOSIUM SOBRE DATACIONES RADIACTIVAS

Del 16 al 23 de noviembre del corriente, año se celebrará un Simposium sobre Dataciones Radiactivas, patrocinadas por la Comisión Internacional de Energía Atómica y la Comisión de Radiactividad Aplicada (ICSU). Los temas a tratar son los siguientes:

1.º Datación por mediciones de la radiactividad natural: a) Métodos establecidos. b) Posibilidades y nuevos métodos.

2.º Datación por radiactividad producida por la radiación cósmica (ejemplos: Be-7, Be-10, C-14, Si-32, Cl-36, A-39, etc.): a) Arqueología, b) Geoquímica. c) Geofísica. d) Geología. e) Meteoritos.

El uso del tritium para determinar la edad de las aguas naturales no está incluido en este programa, ya que es un tema que se tratará en el Simposium sobre la Aplicación de Radioisótopos en Hidrología, organizado para el año 1963.

CENTENARIO DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE GEODESIA

Del 12 al 13 de octubre de 1962, se celebrará en Munich el Centenario de la Asociación Internacional de Geodesia.

El tema sobre el que han de versar los discursos que tengan lugar con motivo de dicha celebración ser: «Cien años de la Asociación Internacional de Geodesia».

COMISION GRAVIMETRICA INTERNACIONAL

La Comisión Gravimétrica Internacional se reunirá en París del 10 al 15 de septiembre de 1962. La lista de los temas que se tratarán es la siguiente: Medidas absolutas de la gravedad. Red gravimétrica internacional de primer orden. Cadenas internacionales de patrones gravimétricos. Medida de la gravedad en el mar, Medida de la gravedad en avión. Utilización de las anomalías de la gravedad para la resolución de problemas fundamentales de Geodesia. Medidas del gradiente vertical de la gravedad. Variación secular de la gravedad. Archivo de los datos gravimétricos bajo la forma de tarjetas perforadas. Cuestiones instrumentales y diversos.

SIMPOSIUM SOBRE LA NUEVA COMPENSACION DE TRIANGULACIONES EUROPEAS.

Un Simposium sobre la nueva compensación de triangulaciones europeas tendrá lugar en Munich del 9 al 12 de octubre de 1962.

ESTUDIO DE LA CORTEZA TERRESTRE

Se ha celebrado en París, del 19 al 22 de marzo, una reunión de Grupos de Trabajo sobre el Estudio de la Corteza Terrestre, y las recomendaciones que han acordado son las siguientes:

1.º Se recomienda que las diferencias regionales de la estructura de la corteza terrestre, en particular, a lo largo de los cortes que atraviesan diversas regiones geológicas y fisiográficas, son el objeto de estudios más detallados que hasta el presente, a la escala mundial. Se ruega que para hacer estos estudios se utilicen todos los medios de observación y todas las técnicas posibles y todos los métodos físicos aplicables. Es interesante que estos estudios sean preparados de tal suerte, que las hipótesis tales como horizontalidad de capas, homogeneidad de estructura, constancia de velocidades, sean evitadas.

2.º En la interpretación de los trabajos de refracción encaminados a la resolución de los problemas de capas internas de la corteza y de las características de Moho, se hará un estudio dinámico comparando el examen de espectros de frecuencia, de amplitudes o de relaciones de amplitud de las diferentes ondas, así como sus variaciones con las distancias, etc.

3.º Se recomienda establecer cambios o una colaboración entre los equipos, efectuando explosiones sísmicas, en particular en los países donde se obtienen resultados discordantes. Los datos que han sido obtenidos deberán ser puestos en el circuito internacional a la disposición de todos los especialistas interesados y cualificados.

4.º Se recomienda adjuntar o reunir los más completos y detallados que sea posible sobre la dispersión de las ondas de superficie para todas las partes de la superficie de la tierra. Estos datos también son fundamentales para la seismología, como las curvas de tiempo de propagación de ondas principales.

5.º Es muy aconsejable que los métodos sean desarrollados para determinar con un mayor grado de precisión la profundidad de los focos de los seísmos, en particular de los de foco profundo.

6.º Siendo dado que los métodos geofísicos no pueden revelar todos los detalles de la estructura de la corteza terrestre y en particular la composición petrográfica y química de sus capas superiores y la naturaleza de sus discontinuidades más profundas, se recomienda proceder a sondeos profundos sobre los continentes y en los océanos sobre el plano nacional o desde el punto de vista nacional e internacional, según las recomendaciones de UGGI.

7.º Se recomienda efectuar medidas sistemáticas de la radiactividad de las rocas, así como medidas de flujo térmico en las regiones de rocas compactas. Caso necesario, perforaciones poco profundas se podrán practicar a este efecto.

8.º Se recomienda que las reuniones internacionales especiales en el dominio de la seismología, sean celebradas en intervalos regulares alrededor de todos los años, o como máximo cada tres años, como es actualmente el caso de la UGGI.

SIMPOSIUM SOBRE LA EROSION CONTINENTAL

En el mes de octubre del año en curso se celebrará en Bari el Simposium sobre la erosión continental. Los temas a tratar en el mismo están agrupados de la siguiente manera: Erosión y cartografía; Investigaciones de base y análisis de la erosión continental; Investigación general sobre la erosión continental; Temas especiales de erosión; Transportes sólidos; Transportes sólidos y sedimentación de embalses, y Lucha contra la erosión.

CONFERENCIA CIENTIFICA SOBRE HIDROLOGIA

Con ocasión del 75 aniversario de la creación del Servicio Hidrográfico Húngaro y del X Aniversario de la fundación del Instituto Húngaro de Investigaciones y Recursos Hidráulicos, se celebrará una conferencia en Budapest del 7 al 12 de septiembre. Los temas a tratar son:

1.º Colección, elaboración y presentación de datos hidrogeológicos. Evaluación de las reservas de aguas subterráneas.

2.º Estudios concernientes a la calidad del agua, la lucha contra la contaminación de las aguas. Investigaciones y experiencias hidráulicas y térmicas.

MOVIMIENTOS RECIENTES DE LA CORTEZA

En el I Symposium Internacional sobre movimientos de la corteza terrestre celebrado en Leipzig, del 21 al 26 de mayo, se tomaron entre otros los acuerdos siguientes:

Se destaca la importancia científica y práctica de la investigación en los movimientos tectónicos recientes de la corteza terrestre, lo que aconseja. a) La formación de mapas de los movimientos corticales recientes por medio de documentos geodésicos, oceanográficos, geofísicos, geológicos, y geomórficos. b) La organización de una cooperación internacional para la observación de los movimientos de la corteza (creación de polígonos especiales locales, para los estudios vertical y horizontal, de los movimientos recientes corticales. c) Creación de una estrecha cooperación entre la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica y la Unión Intervencional de Astronomía para el estudio de la deriva continental.

La formación de grupos, que ordenen y sistematicen el programa anterior de investigación de los movimientos recientes corticales. Estos grupos podrían ser: a) Del Mapa de los movimientos recientes de Europa del Este. b) Del Mapa de movimientos recientes de Europa del Oeste. c) Movimientos recientes del área Pacífica. d) De movimientos horizontales de la corteza (deriva continental). e) Polígonos locales para el estudio de los movimientos recientes corticales y la tipificación de las observaciones.

COOPERACION EN EL DOMINIO DE LA HIDROLOGIA

En la Sesión celebrada en París, del 25 de octubre al 29 de noviembre de 1961, por el Consejo Ejecutivo de la UNESCO, se adoptó una resolución presentada por la delegación americana y apoyada por las delegaciones de la Gran Bretaña, Alemania, India y Pakistán.

Esta resolución, dice: El Consejo Ejecutivo considera que la población del globo aumenta rápidamente y se concentra en vastas aglomeraciones, de suerte que el aprovisionamiento de estas masas humanas de alimentación y en cantidades suficientes de agua de buena calidad para satisfacer sus necesidades sociales, domésticas e industriales, dan lugar a grandes problemas.

Consideran que un estudio científico profundo y coordinado de las reservas de agua del globo, se impone como consecuencia.

Consideran que la hidrología o ciencia de las aguas es una disciplina científica propia a rendir tales servicios a la sociedad.

Consideran que la presencia de la repartición de aguas en cada país, depende de su cur-

culación sobre conjunto en el globo, si bien, es particularmente posible que esta categoría de reservas naturales, sea el objeto de una cooperación internacional.

Recomiendan, que el Director General inscriba en el proyecto de programas y en el de presupuestos de la UNESCO para 1963-64 la celebración de una conferencia intergubernamental encargada de estudiar los medios, estableciendo una cooperación entre los Estados miembros, en vista de celebrar el desarrollo de sus investigaciones internacionales concertadas y programas de formación y dominio de hidrología científica; que esta conferencia sea presidida por una reunión preparatoria intergubernamental de expertos, y que la conferencia y la reunión preparatorias, sean organizadas en lazos estrechos con la Organización de las Naciones Unidas, la Organización meteorológica mundial, Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura, y otras instituciones especiales de las Naciones Unidas, así como para las organizaciones científicas no gubernamentales competentes y comprendidas netamente en la Asociación Internacional de Hidrología Científica.

COLOQUIO SOBRE INGENIERIA SISMICA

La Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, está organizando un Coloquio sobre Ingeniería Sísmica, que se celebrará en Madrid, los días 5, 6 y 7 de diciembre.

Las ponencias serán las siguientes: A) Movimientos de la corteza sismotectónica. B) Introducción de la Ingeniería sísmica en los planes de estudio de los Centros Superiores de Enseñanza. C) Criterios de ordenación y publicación de datos sísmicos. D) Prevenciones, normas e instrucciones que reglamenten las construcciones sísmo-resistentes en zonas sísmicas. E) Planificación y coordinación de la investigación dentro del campo de la Ingeniería sísmica. F) Sistemas de alarma y protección civil frente a los movimientos sísmicos. G) Grandes obras públicas (embalses, viaductos, etc.), en zonas sísmicas. H) Criterios de delimitación de zonas sísmicas.

RESERVAS MINERAS

RESERVA PROVISIONAL DE UNA ZONA EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 24 de mayo de 1962, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Valdefernando», del término municipal de Garrovillas, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 36 pertenencias con el nombre de «Cáceres, treinta y cuatro», tomando como punto de partida un mojón de cemento y ladrillos, enlucidos, de forma prismática y remate piramidal, de unos 35 centímetros de altura. Se halla situado a 56 metros con la dirección N. 40 grados, 3 minutos E. del kilómetro 15,400 y 48 metros dirección S. 7 grados 54 minutos O. del kilómetro 15,300, ambos de la carretera de Garrovillas a Valencia de Alcántara. Este, en su parte más próxima, está a unos 15 metros más al Este de la citada carretera. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes: Al centro de la chimenea de la casa de la Viña, N. 25 grados 12 minutos E. Al centro del depósito de agua de Garrovillas, E. 37 grados 05 minutos N. Al vértice geodésico Raya S. 39 grados 10 minutos E. Desde el punto de partida, en dirección O., 42 grados Norte y a 150 metros, se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección Norte 42 grados E. y 300 metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en

dirección E. 42 grados S. y a 400 metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección S. 42 grados O. y a 900 metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección O. 42 grados N. y a 400 metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección N. 42 grados E. y a 600 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro con una superficie de 36 hectáreas o pertenencias.

RESERVA PROVISIONAL DE UNA ZONA EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 24 de mayo de 1962, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Cuesta de Santo Domingo», del término municipal de Navas del Madroño, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 39 pertenencias, con el nombre de «Cáceres treinta», tomando como punto de partida un mojón de ladrillos y piedras, enlucido con cemento, de sección cuadrada y remate piramidal. Está situado en la parte más alta de un cerro del paraje «Cuesta de Santo Domingo», finca propiedad de don Merenciano Moreno, natural y vecino de las Navas del Madroño, y a unos 500 metros con dirección E. 42 grados 17 minutos N. de la ermita de Santo Domingo. Desde el punto de partida, en dirección E. 44 grados S. y a 120 metros, se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección N. 44 grados E. y a 1.000 metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección 44 grados N. y a 300 metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección S. 44 grados O. y a 1.300 metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección E. 44 grados S. y a 300 metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección N. 44 grados E. y a 300 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 39 pertenencias solicitadas.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden ministerial de 25 de abril de 1962, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje El Santo y El Retamar, del término municipal de Alcántara, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 40 pertenencias con el nombre de «Cáceres treinta y dos», tomando como punto de partida el centro de la Fuente de Las Filas, en las proximidades de la Casa del Santo. Desde él se han tomado las siguientes visuales: Desde el punto de partida a «A», auxiliar de visuales, S. 45g. 46m. E. 48,20 metros. Desde «A»: A la esquita N.-E., de la Casa de Santo O. 18g. 30m. S. 360 metros. Al centro cancilla cercado El Santo O. 15g. 74m. S. 358 metros. Al mojón geodésico Piedras Albas N. 48g. 86m. E. Desde el punto de partida, en dirección O. 14g. 44m. N. y a 55,60 metros, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, en dirección N. 14g. 44m. Este y a 54 metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección E. 14g. 44m. Sur y a 800 metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección Sur 14g. 44m. O. y a 500 metros se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección Oeste 14g. 44 minutos N. y a 800 metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección N. 14g. 44m. E. y a 446 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el polígono de las 40 hectáreas solicitadas.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden ministerial de 25 de abril de 1962, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Los Baldíos», del término municipal de Brozas, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 12 pertencias, con el nombre de «Cáceres treinta y uno», tomando como punto de partida la esquina más al N.-E. de la casa de Los Baldíos, situada en el paraje del mismo nombre, propiedad de D. Juan Montes. Del punto de partida, en dirección E. 5g. S. y a 150 metros, se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección S. 5g. y a 200 metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección O. 5g. N. y a 300 metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección N. 5g. E. y a 400 metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección E. 5g. S. y a 300 metros se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección S. 5g. O. y a 200 metros se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 12 pertenencias solicitadas.

Notas bibliográficas

CARTOGRAFIA

DR. ING. H. K. MEIER: *Sobre la utilización de emulsiones infrarrojas para fines fotogramétricos* (versión española por el Dr. E. P. Bruck). «Bildmessung und Luftbildwesen» número 1, pág. 27-37. 1962.

Hasta ahora las emulsiones sensibles a la luz infrarroja han sido utilizadas en menor escala para los fines de la fotogrametría civil. Por ejemplo: se desprende de los informes presentados al Congreso de Londres, que su parte en la superficie cubierta entre 1956 y 1960 ha sido del orden aproximado del 5 por 100. En cambio, casi un 95 por 100 de los vuelos se hizo con emulsiones pancromáticas. Sin embargo, se informa también de que durante el mismo período se llevaron a cabo diferentes investigaciones y ensayos relativos al empleo de fotografías infrarrojas.

Estos trabajos se basan esencialmente en el deseo de aprovechar la fotografía infrarroja no sólo para la interpretación, sino también para la medición fotogramétrica. Es de suponer que estos esfuerzos serán seguidos en el porvenir por una aplicación práctica más intensa. Parece que ya existen las bases instrumentales para ello. Por ejemplo, hace poco, la casa Zeiss ha creado en su cámara fotogramétrica gran angular RMK a 15/23 una cámara que permite utilizar tanto emulsiones pancromáticas cuanto infrarrojas, sin ninguna adaptación ni colocación de dispositivos adicionales, es decir, en su ejecución de serie normal. De ello se deriva la posibilidad para el fotogrametrista de trabajar a voluntad con una u otra emulsión, de acuerdo con el logro del óptimo resultado en la tarea que le ocupe.

Se presentan y discuten fotografías aéreas pancromáticas e infrarrojas. Con miras a diferentes objetos de particular interés, se procede a una comparación analítica de las diferencias de ennegrecimiento, que se observan. Al comienzo se dan algunos datos físicos, necesarios para la comprensión del problema discutido.

Las fotos fueron obtenidas con una cámara fotogramétrica que permite trabajar con ambos materiales sin cambios ópticos ni dispositivos adicionales y, prácticamente, sin modificar las condiciones de reproducción geométrica. Se comparan las diferencias de ennegrecimiento observadas con mediciones de la reflexión ejecutada tanto en el objeto como en la imagen del objeto. Sólo aquellas mediciones que cubren el objeto sin alteración en su estructura, tal como se ofrece a la cámara de toma y que, por lo tanto, determinan la reflexión que efectivamente influye en la formación de la imagen, muestran una concordancia con el ennegrecimiento tal como se observa en la foto aérea.—L. F.

DR. ING. HERMANN DEKER: *El Fotoplano, precioso auxiliar fotogramétrico* (traducción del Dr. E. P. Bruck): «III. UN Cartographic Conference for Asia the Far East, Bangkok.» Octubre-noviembre, 1961.

El afán de perfección que se encuentra tanto en la geodesia como en la fotogrametría trae consigo a veces la consecuencia de que métodos y procedimientos sencillos, a la vez que eficaces, quedan relegados al segundo plano y hasta completamente olvidados. Entre ellos figura el fotoplano, auxiliar fotogramétrico, siempre de nuevo echado en el olvido.

redescubierto y nunca enteramente empleado en toda la vasta gama de sus aplicaciones. El ftoplano, tanto derivado de una sola foto aérea como compuesto de varias fotos, es el genuino documento original de la fotografía tomada desde el aire; contiene toda la información que el observador puede distinguir directamente con el ojo desde el avión, y puede fácilmente completarse de tal manera que ofrezca considerablemente más datos que un mapa elaborado. Al igual que cualquier vista fotogramétrica, proporciona un panorama del terreno a vista de pájaro, lo que no se puede conseguir por ningún otro procedimiento.—L. F.

CRIADEROS

RAGUIN, E.: *Géologie des gites minéraux*. Troisième ed. Paris. Masson & Cie. «Niort-Soulisse et Cassegrain», 1961, 686 páginas, 25 cm., tela, grab. intercal.

Se trata de una nueva edición, puesta al día, de la obra, ya clásica, de Raguin sobre yacimientos minerales. Después de un primer capítulo sobre metalogenia, en general, se hace una clasificación de los yacimientos en los cuatro grupos principales siguientes que se estudian en diferentes capítulos: A) Yacimientos sedimentarios, que se subdividen en detriticos, químicos y bioquímicos. B) Yacimientos formados de aguas subterráneas poco profundas, se distinguen tres clases: residuales, de cementación y de sustitución. C) Yacimientos hidrotermales, distinguiéndose los filones hipo- meso- y epitermales, y las masas (impregnaciones de sulfuros. D) Los yacimientos de afinidades plutónicas, en los que se distingue los de inclusión, de segregación, pegmatíticos, neumatóliticos y pirometasomáticos.

Se dedica un capítulo posterior a clasificar geológicamente los yacimientos, considerando, tanto su origen y transporte, como el modo de formación, morfología del criadero, temperatura, cronología interna y presión.

El resto de la obra está dedicado a estudiar, en diferentes capítulos, los diversos elementos que han sido objeto de explotación comercial, siguiendo un orden que se adapta al carácter geoquímico de los elementos. Se dedica especial interés al aspecto económico y utilización de cada uno de ellos, dando estadísticas de producción que abarcan hasta el año 1956.—D. S. P.

ESPECTROSCOPIA

RENÉ REISS: *Spectre d'absorption et pleochroïsme d'une améthyste de Madagascar*. «C. R. Acad. Scienc», Paris, CCLIV, págs. 3514 a 16. 14 mayo 1962.

El estudio espectrofotométrico de una amatista uniaxial de Madagascar muestra un pleochroísmo análogo a los resultados conocidos en muestras de diferentes orígenes, con algunas particularidades. El cristal estudiado pierde el color al calentarlo a 510° C.—L. F.

GEOLOGIA

DUPUY, ENRIQUE: *Memoria explicativa de la Hoja de Calasparra (Murcia).—1962*.

Se trata de un país montañoso, poco poblado, y cuya población además se halla muy desigualmente repartida. Las zonas montañosas, y los parajes áridos del S.-E. de la Hoja están casi deshabitados, mientras que la población se agrupa en los valles, y muy especial-

mente a lo largo del curso del río Segura. Calasparra es la única población importante de la Hoja; existe además el pequeño caserío de Valentín, situado en la parte meridional del área estudiada. La geología de esta zona es tan complicada como interesante. Existe una serie estratigráfica muy completa, en la que varios de sus términos se presentan con facies diversas, en función, principalmente, de la profundidad en la sedimentación.

Se ha dibujado la siguiente serie estratigráfica: Cuaternario.—Potentes depósitos aluviales en el cauce del río Segura y algunos de sus afluentes. Tierras arcillo-sabulosas en campos de labor y zonas cultivadas.

Plioceno.—Potentes depósitos de gravas, arcillas arenosas y margas sabulosas.

Pontiene.—Formaciones detriticas adosadas a las grandes estructuras tectónicas.

Ocasionalmente, calizas lacustres.

Mioceno superior.—Facies de Miras: Potentes depósitos de margas blancas, con intercalaciones de calizas lacustres.

En la base, formación arcillosa detritica.

Esta serie contiene interesantes depósitos de azufre.

Vindoboniense.—Facies marina: Potente espesor de margas arcillosas, en facies de «tap», que cubre, transgresivo, grandes extensiones del área estudiada.

En el N.-O. de la Hoja, el Vindoboniense es predominantemente calizo.

En la zona occidental, la base de la formación es predominantemente detritica.

En la zona oriental, el Vindoboniense transgresivo comienza con niveles de caliza de lithothamnium, a los que sigue un potente espesor de calizas arenosas y areniscas tableadas.

Burdigalense.—Aparece en la zona occidental de la Hoja. Está constituido por calizas compactas con abundante fauna de pectínidos.

En la base existe un nivel detritico formado por arcillas rojas, que incluyen bancos de conglomerados.

Eoceno.—Bien representado en cuanto a su riqueza fosilifera, pero aparece sólo en afloramientos de reducida extensión.

Compuesto por calizas francas, calizas arenosas muy fosiliferas, areniscas bastas y areniscas margosas de tono amarillento, también muy fosiliferas.

Cretáceo.—Facies prebética somera.—*Senonense*: Potente espesor de calizas blancas en neritica. Aparecen representados desde el Campaniense al Coniacense inferior. *Turonense*: Calizas dolomíticas y calizas francas, sin fósiles. *Cenomanense*: Areniscas amarillentas, calizas y margas arenosas, calizas arenosas dolomíticas. Restos fósiles escasos. *Albense*: En facies de Utrillas, muy bien desarrollado, tanto por su potencia como por su facies perfectamente característica. Arenas blancas y coloreadas con bancos de lignitos. En la base, potentes arcillas ocreas, rojizas y verdosas. *Aptense*: Potente serie caliza con escasos restos fósiles. En el borde oriental de la Hoja, margas y arcillas oscuras muy fosiliferas. *Barremense-Neocomiense*: No existen afloramientos en la parte Norte de la Hoja. Posiblemente existe sedimentación marina en el Substratum de esta zona septentrional.

Cretáceo. Facies prebética mas profunda.—*Cretáceo superior indiferenciado*: Comprende margas blancas, con intercalaciones de tonos rosados o amarillentos. Muy poco fosilifero. Un nivel de calizas ocreas muy ferruginosas es característico en gran parte de los afloramientos. Posiblemente comprende esta formación el Senonense y Turonense. *Cretáceo medio indiferenciado*: Margas blanquecinas y amarillentas, en ocasiones nodulares, y frecuentemente tableadas. En la base, calizas margo-arenosas ocráceas. Se han encontrado fósiles aptenses y albenses. Posiblemente comprende el Aptense, Albense y Cenomanense. *Cretáceo inferior*: Está representado el Neocomiense y quizás el Barremense. Arcillas oscuras y margas arcillo-sabulosas grises y azules. Serie muy fosilifera.

Jurásico superior y medio.—Únicamente aparecen asomos de Titónico y Malm en el borde oriental de la Hoja.

El Dogger aparece posiblemente representado por calizas azoicas en la ladera Sur del Almorchón.

Lias.—Potentes calizas blancas-subdolomíticas, con escasísimos restos fósiles.

Al Rético correspondería un gran espesor de calizas dolomíticas y dolomías, en tránsito al Supra-Keuper.

Triásico (en facies germano-andaluza)—*Supra-Keuper*: Calizas grisáceas, dolomíticas, tabeadas. Potentes bancos de dolomías muy oscuras en superficie. *Keuper*: Arcillas abigarradas, salíferas y yesíferas. Importantes acumulaciones de yesos. *Muschelkalk*: Calizas negras fosilíferas. Dolomías y calizas oscuras dolomíticas. *Bund-Sand-Stein*: En la parte superior, arcillas abigarradas yesíferas y bancos de yesos. En el resto, arcillas cobreadas, arcillas rojas, areniscas micáceas, ferruginosas, ocreas y rojas.

Rocas eruptivas. a) Frecuentes asomos de ofitas en los afloramientos triásicos. b) Asomos aislados de jumillitas.

La disposición tectónica de estas formaciones es asimismo muy compleja. Corresponde a la zona estudiada al límite meridional del Prebético, en su contacto con las series sub-béticas.

Existe, por lo tanto, un Substratum prebético autóctono, sobre el que, en su parte meridional, han deslizado las formaciones del Sub-bético. Se observa perfectamente el deslizamiento del Trias, en su facies germano-andaluza, sobre el Cretáceo y Eoceno autóctono.

Dentro de las series alóctonas es preciso distinguir además un desplazamiento diferencial, producido al nivel de las superficies plásticas del Trias.

En los capítulos correspondientes de la Memoria descriptiva de la Hoja de Calasparra, se estudian los más importantes accidentes tectónicos de la zona, así como sus relaciones con las grandes unidades de la Tectónica Regional. Se establece también una síntesis de la historia geológica de la región, y de su orogenia.

Las aguas subterráneas adquieren en esta región, de clima seco y cálido, extraordinaria importancia. Por este motivo, y en la misma época en que se estaban efectuando los trabajos de campo de la Hoja de Calasparra, ha iniciado el Instituto Geológico un estudio hidrogeológico general de la Provincia de Murcia. En el capítulo de aguas subterráneas de la Memoria que reseñamos, se indican ya algunas observaciones hidrogeológicas, y se recomiendan las principales zonas en que deberían realizarse labores de investigación de aguas subterráneas. Todas estas cuestiones serán tratadas con mayor detalle en el estudio hidrogeológico a que acabamos de referirnos.

Se dedica también un capítulo a la enumeración de las principales minas y canteras de la zona. Aparte de las canteras de piedra caliza, y de yesos triásicos, merecen citarse algunas labores de investigación de mineral de hierro, y muy principalmente las minas de azufre del coto de Hellín, aunque las más importantes de ellas quedan ya fuera de los límites del área estudiada.

FRANZ LOTZE und KLAPS SZUY: *Das Kambrium Spaniens.—Teil I: Stratigraphie. Teil II, Trilobiten.* «De Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse. Jahrgang», 1961, N. R., núm. 6, 7, 8

El Cambriano, que aflora en grandes zonas de España, no había sido objeto hasta este momento de ningún estudio sistemático. Sólo los trabajos de P. Hernández Sampelayo y Bermudo Meléndez, tratan de manera amplia, aunque general, sobre este tema. El Cambriano de España, que sin duda ha de servir para un mejor conocimiento del conjunto del Cambriano europeo, se trata muy ligeramente en las obras que sobre Geología General se han publicado, como las de E. Keuser, R. Brinkmann, A. Born, H. & G. Termier y S. Von Bubnoff.

La existencia de este Cambriano es conocido desde muy antiguo; ya en 1845, Casiano del Prado localizó trilobites de este terreno en los Montes de Toledo. Los descubrimientos de fósiles de este tipo han venido sucediéndose continuamente, aunque sin que estos hallazgos condujeran a la determinación de pisos o tramos ni a la determinación de los fósiles correspondientes.

La presente monografía trata de este tema ampliamente y con una visión unitaria, ya que el Prof. Lotze, en sus visitas periódicas a nuestra Península, viene dedicando preferente atención, desde hace muchos años, al estudio de este terreno.

La monografía consta de tres volúmenes: el primero, *Estratigrafía*, debido al Prof. Lotze, consta de 216 páginas, con 49 gráficas y 12 tablas, y está dividida, aparte de la introducción, en dos partes. La primera se dedica al estudio de las diversas zonas cambrianas, considerando aisladamente cada uno de los yacimientos localizados. Estos yacimientos se describen detalladamente, dividiéndolos según criterios litoestratigráficos, dando a cada una de las unidades, así descritas, nombres locales. Estas denominaciones se extienden a formaciones próximas, sólo cuando la prolongación de estas unidades resulten evidentes. Nuevos trabajos sobre este tema, servirán para unificar formaciones y determinar zonas y tramos, lo que no resulta posible en un terreno, como el que nos ocupa, con pocos estudios de detalle. Lotze divide las series de trilobites encontrados en 32 «bandas de trilobites» (Trilobitenbänder), aunque advirtiendo que sólo trabajos posteriores podrán decidir si estas bandas equivalen a niveles o si será preciso prescindir de alguna o dividir otras. En la segunda se relacionan los diversos tramos de los yacimientos aislados con objeto de poder obtener una visión de conjunto del cambriano en la Península. Para ello se utilizan simultáneamente criterios litoestratigráficos y bioestratigráficos con objeto de evitar los errores que la utilización exclusiva de uno sólo de estos criterios pudieran dar lugar. Finalmente, se traza una idea de conjunto de la paleografía y paleotectónica del Cambriano de la Península Ibérica y se termina relacionándolo con el de la zona mediterránea occidental y con el del conjunto de Europa.

En los dos volúmenes restantes de esta monografía, debidos a Klaus Szuy, se hace un estudio muy detallado de las diferentes familias de trilobites del Cambriano inferior y medio.

En el primero de éstos volúmenes, que consta de 93 páginas con 23 figuras y 15 láminas, es decir, el segundo de la monografía, se describen principalmente las siguientes familias pertenecientes casi siempre al Cambriano inferior: Eodiácidas, Pagetiidae, Agnostidae, Olsnellidae, Redlichidae, Dolerolenidas, Protolenidas y Ellipsocephalidae.

En el último volumen, 96 páginas, 30 figuras y 19 láminas, se describen las familias siguientes, pertenecientes, casi exclusivamente, al Cambriano medio: Parodomidae, Corynexochidae, Agrulidae, Solenopleuridae y Conocoryphidae.—D. S. P.

ROBERT HERMAN WAGNER: *La signification de la phase Léonienne dans le Nord-Ouest de l'Espagne.* «C. R. Acad. Scien.», Paris, CCLIV, 6383 a 84, 7 mayo 1962

Dice el autor que la fase *leonense* es una fase de verdadero plegamiento, caracterizada por una discordancia angular entre las capas superiores del Westfaliense D y las del Westfaliense C o D.

El aspecto torrencial de los conglomerados basálticos, induce a suponer que la fase tectónica se puede datar como del Westfaliense D superior.—L. F.

PUTZER, HANNFRIT: *Die Geologie von Paraguay*. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1962, 24 centímetros, XII + 183 páginas. «Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde». 2. Ilustrado con un mapa.

Se trata de un trabajo de conjunto sobre la geología de este país sudamericano. La aparición sucesiva de estudios locales geológicos o paleontológicos de diversas zonas del país y el conocimiento cada vez más completo de las formaciones limítrofes, permiten mejorar cada día la visión geológica de este país. El presente trabajo es el resultado de los estudios del Dr. Putzer y sus colaboradores en aquellas regiones durante los últimos años.—D. S. P.

GEONUCLEONICA

GEORGES L. A. DURAND: *Détermination de l'âge des minéralisations uranifères de la mine Chardon (Vendée)*. «C. R. Acad. Scienc.», París, CCLIV, págs. 3558 a 60, 14 mayo 1962.

En seis muestras de diferentes puntos de la mina Chardon, se efectuaron valoraciones químicas, de espectrometría de masas y de espectrometría gamma. En el estudio de los resultados, indica el autor que se ha de tener una gran prudencia en la interpretación de las dataciones por la técnica del plomo. Las determinaciones de una muestra, tienen grandes dispersiones, y una sola no puede ser representativa del uranio que circuló en el seno del mismo yacimiento. Concretándose a la mina Chardon, se han identificado dos mineralizaciones sucesivas, la primera hace 247 ± 5 m. de a. (Permiano medio) y la segunda hace 251 ± 19 m. de a. (principio del Triás).—L. DE A.

W. D. DAVIS y J. L. MEWHERTER: *Abundance of U-236 in nature*. «Geochim. et Cosmochim. Acta.», págs. 681 a 684, XXVI, junio 1962.

Por valoración con espectrógrafo de masas, de la composición isotópica de carnotitas de Colorado y de pezblendas del Congo Belga, se han encontrado límites superiores menores de uno en billón para U-235, U-236 y U-237. El nuevo límite superior de 0.5 por billón de U-236 en la pezblenda es menor que el esperado de la media de Pu-239/U-238 de 2.5×10^{-12} en el mineral, suponiendo el Pu-239 formado exclusivamente por captura de neutrones térmicos y mucho menor que el esperado de ensayos previos de muestras de pezblenda del Congo Belga.

El valor bajo obtenido para el Pu contenido en las muestras de pezblenda, produce alguna ambigüedad en la interpretación de los resultados. Suponiendo que la medida del contenido de Pu-239 — 2.8 átomos en 10^{-12} átomos de uranio, es como el valor máximo esperado para U-236/U-238 de 0.8×10^{-9} , concordante con el límite superior observado de 0.5×10^{-9} para una energía media del neutrón. Se pueden lograr resultados más definitivos con muestras de uranio con mayor contenido de plutonio.—L. DE A.

H. E. SUSS y H. WÄNKE: *Radiocarbon content and terrestrial age of twelve stony meteorites and one iron meteorite*. «Geochim. et Cosmochim. Acta.», XXVI, pág. 475 a 480, abril 1962.

El radiocarbono contenido en doce petrolitos, seis de ellos con momento conocido de su caída y los otros encontrados, y un siderito (el Aroos), fue determinado en el Laboratorio de Radiocarbono de La Jolla. El promedio de desintegraciones de radiocarbono contemporáneo con el momento de caída es de 48.8 desin/min. El valor encontrado para el siderito es considerablemente inferior 5.4 desin/min. De las seis muestras, dos son caídas en el Pleistoceno.

El promedio de C^{14} contenido en las muestras encontradas, indica que la edad terrestre del orden de millares de años es bastante acertada.—L. DE A.

V. RAMA MURTHY: *The isotopic composition of silver in iron meteorites*. «Geochim. et Cosmochim.» Acta XXVI, pp. 481 a 488, abril 1962.

Cantidades del orden de microgramos de plata han extraído de la troilita del siderito de Toluca y de la fase metal de los meteoritos de Sikote Ain y del Canyon Diablo, por medio de técnicas de cambio iónico. El análisis isotópico de la plata da un 2 a 3 % mayor la relación Ag 107 / Ag 109, que la correspondiente a muestras terrestres. Este exceso de Ag 107 supone procede de la extinguida radiactividad del núcleo Pd 107, en el corto intervalo de tiempo entre el fin de la nucleosíntesis y la formación del siderito indicado. La anomalía isotópica de la plata en los sideritos parece demasiado grande para asignársela enteramente al Pd 107 producido en la síntesis galáctica de los elementos, y puede ser interpretado en términos de una contribución última de algunas proporciones de elementos radiactivos de período pequeño en la nebulosa solar, o suponiendo que parte del Pd 107 se produjo en el sistema solar en los primitivos procesos, después de su individualización en la nucleosíntesis galáctica. En este caso, otros núclidos radiactivos de período bajo, pueden haber existido en la primitiva historia de la nebulosa solar, y extinguirse su radiactividad, así como la cabeza de serie en la primitiva historia de los originarios del meteorito, lo que también da una posible explicación a esta anomalía.—L. DE A.

GEOQUIMICA

W. D. EHMANN: *The abundance of nickel in some natural glasses*. «Geochim. et Cosmochim.» Acta XXVI, 489 a 494, abril 1962.

El níquel contenido en cuatro australitas, una billitonita, dos vidrios de impactos meteoríticos y tres obsidias, lo ha determinado por activación neutrónica. El hierro de estas mismas muestras, lo ha valorado gravimétricamente y posteriormente tabuló la relación de los pesos níquel / hierro. Los valores mínimos de esta relación corresponden al grupo de las obsidias, los cuales son del orden de 1, mientras que los de las tektitas son del orden de 5 a 6.5 y los de los vidrios de 120 a 230. Estos valores son concordantes con los encontrados anteriormente con muestras análogas. La relación Ni/Fe es constante virtualmente para australitas con separaciones geográficas mayores de los 1.500 km. El níquel encontrado para la billitonita analizada es considerablemente menor que el encontrado anteriormente para una muestra análoga. Indica el autor que las tektitas de Billiton pueden corresponder a dos manifestaciones diferentes, como ocurre con las similares de Indochina. Se discute sobre el origen de las tektitas.—L. DE A.

CARLETAN, MOORE y HARRISON BROWN: *The distribution of manganese and titanium in stony meteorites*. «Geochim. et Cosmochim.» Acta XXVI, 495 a 502, abril 1962.

Los autores determinaron espectroquímicamente el manganeso y el titanio, en un grupo de cuarenta y tres condritas caídas, cuarenta y cinco condritas «in situ», dos condritas carbonosas y cinco acondritas. Se aprecia una diferencia significativa de las concentraciones de manganeso y titanio de las condritas caídas y las encontradas «in situ». También se encuentran diferencias de las concentraciones de manganeso y titanio, en los dos grupos de con-

dritas caídas, las «elevadas» en hierro y las «bajas» en hierro. (Las relaciones Mn/Ti son, con raras excepciones, casi constantes entre todos los grupos. Las condritas caídas investigadas, parecen como si perteneciesen a un único ejemplar, con una concentración media en peso de Mn de $0,26 \pm 0,03$ % y de Ti de $0,004 \pm 0,008$ %. El mejor valor para la relación en peso Mn/Ti de estas muestras es $44,407 \pm 0,36$. Discuten las diferencias entre los diversos grupos y la abundancia cósmica del manganeso y del titanio.

La abundancia cósmica del manganeso es 7.470 ± 800 y la del titanio 2.120 ± 200 , suponiendo el silicio 10⁶.—L. DE A.

D. J. SWAINA y R. L. MITCHELL: *Trace-element distribut ion in soil profiles*. «The J. of Soil Science.» XI-347 a 368, septiembre 1960.

Del análisis de los elementos contenidos en pequeñas cantidades en los suelos de Escocia, después de extraídos y establecidos una serie de perfiles, se pretende establecer relaciones con la roca geológica de su procedencia. Escasa o ninguna relación se apreciaron entre los perfiles y los factores pedológicos. El efecto más marcado, de los contenidos de los extractos de elementos en pequeñas cantidades, se refieren al Co, Ni, Cu, Mn, Mo, Zn y Pb aumentando su movilización con drenajes restringidos. Las cantidades extraídas son grandes en horizontes terrosos con reducido drenado, así como en aquellos suelos que proceden de rocas con contenidos elevados en minerales ferromagnesianos.—L. F.

F. J. STEVENSON: *Chemical state of the nitrogen in rocks*. «Geochim. et Cosmochim.» Acta XXVI, págs. 797 a 809, julio 1962.

Una considerable proporción del nitrógeno en las rocas ígneas y sedimentarias existen como iones de amonio en la estructura de los minerales silicatados. En las rocas sedimentarias, el amonio es encontrado en los minerales silicatados secundarios. En las rocas ígneas, el amonio es contenido grandemente con el potasio en los minerales primarios.

Los análisis iniciados muestran que el nitrógeno en las rocas ígneas representa de un décimo a dos terceras partes lo que el amonio fijo en las rocas sedimentarias.

La baja relación carbono-nitrógeno para las rocas sedimentarias es debida a la fijación del amonio y concluye que pueda no ser considerada como característica de materia orgánica indígena. En las rocas sedimentarias analizadas sus relaciones C/N dan valores entre 9,2 y 37,2 y el C/nitrógeno orgánico lo dan de 34,8 a 43,4.—L. F.

J. P. WILLIS y L. H. AHRENS: *Some investigations on the composition of manganese nodules, with particular reference to certain trace elements*. «Geochim. et Cosmochim.» Acta XXVI, 751 a 764, julio 1962.

Por medio de técnicas espectroquímicas, determinan los autores los contenidos en Fe, Si, Mg, Co, Ni, Cu, V, Mo, Ti y Tl en 19 nódulos de manganeso, ocho del Océano Atlántico, siete del Océano Pacífico y cuatro del Océano Indico. Aunque para unas conclusiones firmes, hubiera sido necesario un número mayor de muestras, no obstante con éstas ya establecen algunas conclusiones:

1.ª Algunos elementos parecen enriquecerse más fuertemente que otros. Por ejemplo, en cuanto se refiere a las rocas ígneas, el Mo se enriquece en proporción mucho mayor que el V. Para algunos elementos (Ni, Cu y particularmente Co y Tl) el grado de enriquecimiento, en dos nódulos bajos en Fe, es considerablemente inferior que en otros nódulos.

2.ª La magnitud de dispersión de la concentración parece variar considerablemente para los diferentes elementos, mientras que las variaciones en la concentración del V son pequeñas relativamente; las del Ni, Cu, Co y Tl son superiores.

3.ª La naturaleza estadística de la distribución del Fe en los nódulos de manganeso, parece ser característica y diferente de la de los otros elementos estudiados.

4.ª Entre las posibles relaciones entre los elementos considerados, la del Ni-Cu parece ser una realidad.—L. F.

LABOREO

LUIS DE ALBUQUERQUE E CASTRO: *Achados romanos na mina do Fojo Das Pombas (Valongo)*. «Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M.» XV, 4, págs. 431 a 448, 1961.

Durante los reconocimientos de los trabajos mineros antiguos en las minas de oro de Fojo Das Pombas (Valongo), distrito de Porto, se han encontrado varias piezas, cuyo origen se supone romano-lusitano, por las cuales se deduce que se trabajó en ellas hacia el siglo II a. de J. C. Entre las piezas cerámicas se encontró un lucernario. De piezas metálicas se encontraron varias de bronce, latón y cobre. El trabajo viene ilustrado con una serie de láminas correspondientes a ánforas, candeleros, platos, etc., hallados en la mina.—L. F.

MINERALURGIA

P. MOURET ET P. POTTIER: *Lexivigation par capillarite des mineralis d'uranium*. «Informe CEA núm. 2105». 1962.

Las fábricas de concentración química utilizan todas actualmente la lexivigación con agitación de minerales de uranio. Es necesario por diversas razones estudiar la aplicación de un procedimiento más económico que este de lexivigación. Después de una serie de ensayos en el laboratorio se ha podido conocer la actitud de un mineral a este tipo de lexivigación, lo que ha dado lugar a la realización de dos ensayos semi-industriales.

Con estos resultados se han proyectado instalaciones industriales que están actualmente en construcción.—L. A.

JOAO MARTINS DA SILVA: *Estudo economico dos calcarios de Marvao*. «Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M.» XV, págs. 315 a 430.

La fabricación de cal se hace desde tiempos antiguos en el valle de Escusa, situado en el distrito de Marvao. Esta industria otras veces floreciente, es hoy día decadente, como lo atestigua el número elevado de hornos inactivos que se encuentran en la región. Sólo alrededor de Escusa, algunas pequeñas industrias se dedican todavía a fabricar la cal, según los métodos primitivos heredados de sus antecesores. Esta es la razón principal del estado decadente que no permite la fabricación de un producto capaz de concurrir en precio y calidad con las calces hidráulicas y el cemento.

Una pequeña proporción de la población se dedica a la explotación de cal. (Las rocas calizas ocupan el centro de la formación sinclinal (siluriano-devoniano) de Portugal. Los estratos del Ordoviciense son constituidos por cuarcitas con algunas intercalaciones de rocas arenosas.

Existen en ciertos puntos yacimientos de *Scolithus* característicos de este sistema geológico. El Siluriano está caracterizado por una formación esquistocuarzosa. Casi todos los esquistos revelan la presencia de minerales metamorizados de contacto, enlazados con las próximas rocas eruptivas. En ciertos puntos, donde el metamorfismo es más intenso, se han formado algunas corneanas.

El Devoniano está constituido por unas formaciones esquistosarenosa y por rocas calizas.

En los esquistos y las cuarcitas de la región, se encuentran algunas especies fosilíferas características de los pisos geológicos mencionados. Sólo las calizas se revelan paleontológicamente estériles. Desde el punto de vista estructural, todas estas rocas forman parte de un sinclinal, donde el eje se orienta del N.-W. al S.-E., según la orogenia hercíniana.

Por la compresión de un plegamiento principal, se han formado los plegamientos secundarios, con la disposición oroclinal de los estratos.

Se encuentran envolviendo el extremo N.-W. del sinclinal, rocas eruptivas. En el contacto N.-E. predominan los granitos alcalinos de las micas. En el S.-W. se encuentran granitos tectónicos, alcalinos, de moscovita. Relacionados con estos granitos se observa, casi desde su contacto con las cuarcitas del Ordoviciense, algunas rocas arcóicas.

Desde el punto de vista minero, existen algunas manifestaciones de fosforitas y de óxidos de hierro, e igualmente sulfuros diseminados en varios puntos.

Las calizas ofrecen un aspecto homogéneo, tanto desde el punto de vista químico como mineralógico. Son todas dolomíticas a excepción de aquellas que han sufrido fenómenos de disolución y de cristalización. En este caso se ha lexivado la magnesia y han experimentado una reducción en la ley de $Fe^2 O^3$.

Los ensayos de identificación de carbonatos han mostrado que la dolomita es mucho más abundante que la caliza.

La determinación de la granulometría ha revelado que el mayor porcentaje de granos están situados en la gamma de 31 a 61 μ .

Basándose sobre los sondeos y estructuras de formación de las calizas, se han valorado las reservas de estas rocas, que es del orden de 297 millones de toneladas.

Con las calizas dolomíticas se fabrica actualmente la cal gris en la región de Escusa; la cal blanca es obtenida a partir de calizas recristalizadas.

Los métodos de preparación, arranque, transporte y cocción, son rudimentarios. En tales condiciones, el producto obtenido llega apenas a compensar los gastos de producción. De otra parte, las dificultades de cocción y de extinción no permiten preparar una cal de calidad uniforme.

Los ensayos efectuados y las enseñanzas recogidas de algunos usuarios, le atribuyen a esta cal buenas cualidades de resistencia en la preparación de mampostería, pero no se recomienda para su utilización en los morteros; no van adecuadas para ornamentación, debido a la aparición de pequeños puntos negros, debidos a una extinción defectuosa.

Después de un primer análisis, la actualización de los procesos de fabricación por el empleo de material moderno permitirán fabricar un producto de calidad durable en condiciones más compensatorias, que podrían resolver el problema. No obstante, esto restringiría una industria modesta y su financiamiento sería superior a las economías de los fabricantes de cal de Escusa.—L. DE A.

NORBERTO AFONSO MURIAS DE QUIRÓS: *Problemas dos Carvoes*. «Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M.», XV, págs. 293 a 314, 1961.

En el gran desarrollo industrial que se verificó en el siglo XIX, el carbón tiene un papel decisivo, dando lugar a una gran industria, cuando el carbón pudo ser aplicado a la máquina de vapor.

La industria se había entonces confinado en los alrededores de las minas de carbón y durante largo tiempo se ha admitido que los países que no tenían carbón, no podían pretender un gran desarrollo industrial; pero poco a poco las fuentes de energía utilizadas fueron más variadas, y hoy día aunque el carbón guarde su plaza predominante, la fuente de energía primaria ve disminuir más y más la importancia de éste.

En relación al carbón portugués, se puede decir que el país hermano es pobre, tanto en cantidad como en calidad.

La industria carbonera portuguesa tiene una cierta importancia, que no debe ser exagerada en su economía.

Es suficiente observar que el valor del carbón en mina (el precio de venta es mucho más elevado), es mantenido poco más o menos alrededor de 7.700.000 escudos por año. Es preciso destacar el papel de las minas de carbón durante las dos últimas guerras mundiales, cuando la importación del combustible era muy difícil.

Las minas de carbón ocupan poco más o menos seis mil personas, varias de las cuales son jefes de familias numerosas, que contribuyen al progreso de la región donde están situadas, y que establecen sus domicilios definitivos en las casas que las Empresas han construido; dicen parece justa la necesidad de ayuda que cada mina de carbón tiene para vencer la crisis que existe en el presente y también proponen los autores defender el carbón nacional frente a la competencia extranjera.—L. F.

RADIOACTIVIDAD

E. MAZOR: *Radon and radium content of some Israeli water sources and a hypothesis on underground reservoirs of brines, oils and gases in the Rift Valley*. «Geochim. et Cosmochim.», Acta XXVI, págs. 765 a 786, julio 1962.

Se han detectado una serie de anomalías, en las mediciones del contenido en radón y en radio, de varias aguas de manantiales de Israel. Los valores altos están localizados en muestras de agua del Valle Jordán Rift, que es una parte del gran Valle de Syrian-African Rift. Para explicar estas anomalías, así como otras geoquímicas de estos manantiales, suponen existen en profundidad depósitos de sal, aceites y gases. Los datos de campo parecen indicar la existencia de tales formaciones en las zonas del Mar Muerto y del Lago Kinneret, en cuyas orillas se encuentran manifestaciones de aguas minerales y radiactivas. Llegan a la conclusión práctica, de la posible explotación de sales ricas en potasio cerca del Mar Muerto, la de sal en el Lago Kinneret, y la prospección por petróleo y gas del Valle del Rift.—L. F.

SEDIMENTOLOGIA

MARC-ANDRÉ RIVIÈRE y ANDRÉ RIVIÈRE: *Posibilité d'une expression gaussienne très approchée de la granulométrie de nombreux sédiments*. vC. R. Acad. Scienc., Paris, CCLIV, páginas 3396 a 98, 7 mayo 1962.

Las fracciones finas y gruesas de las granulometrías unimodales son asimilables muy frecuentemente, cada una independientemente, a una semi-distribución de Gauss con relación a las funciones de x de forma general $\int ax^p dx$.

Concluyen destacando el interés que tiene la aplicación de los métodos estadísticos habituales a los problemas de granulometría de sedimentos.—L. F.

P. G. H. BOSWELL: *Muddy sediments*. «Geotechnical studies for geologists, engineers and soil-scientists», W. Heffer, Cambridge, 1961, 14s.

El Prof. Boswell, destacado especialista en geología aplicada a la industria, ingeniería civil y abastecimiento de aguas, reúne, en este libro, un interesante material de datos y ensayos referentes a las propiedades físicas y comportamientos de las rocas, en su primitivo estado de sedimentos sin consolidar, que caen dentro del campo de la ciencia conocida, desde bien recientemente, por el nombre de Geotecnia.

Previa una aclaración de lo que debemos entender por sedimentos fangosos, pasa a estudiar sus propiedades físicas y las variaciones que sufren, antes de su consolidación, así como los factores que las condicionan, constituidos por una serie de características interdependientes, tales como el tamaño y distribución de granos, forma de los mismos, composición mineralógica, naturaleza de los electrolitos presentes, y contenido en agua.

Basándose en los ensayos realizados, nos da un conjunto de datos y escalas de contenido en humedad, tixotropía, límites de Atterberg, capacidad de intercambio iónico, et cétera, para sedimentos de distintas edades geológicas, afectadas o no de presiones orogénicas.

La última parte del libro está dedicada al comportamiento de los lodos en el momento actual y a las modificaciones que sufren durante la diagénesis. *Muddy sediments* presenta especial interés para quienes se hallen interesados en estudios, teóricos o prácticos sobre arcillas o materiales de cualquier índole que las contengan.—V. P.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En este Instituto, fundado en el año 1849, existen laboratorios donde se estudian, analizan y ensayan, rocas, menas, minerales, aguas, combustibles, tierras coloidales y productos metalúrgicos e industriales. También se efectúan determinaciones espectroquímicas, químicas y de constantes físicas, estructuras cristalinas y mediciones de radiactividad, así como separación y concentración de menas por sus diversas técnicas, y ensayos industriales de las mismas.

Tanto para investigación como para fines docentes, se preparan colecciones de ejemplares y también se realizan clasificaciones de rocas, minerales y fósiles.

Los estudios y prospecciones geofísicas se efectúan por métodos eléctricos, sísmicos, magnéticos, gravimétricos y radiactivos.

Se ejecutan estudios e informes geológicos, así como investigaciones de criaderos y asesoramientos para la explotación de los mismos.

Se redactan proyectos de alumbramientos de aguas subterráneas y se proporcionan toda clase de asesoramientos para la ejecución de los mismos.

Con destino a Entidades y particulares se ejecutan toda clase de trabajos relacionados con las especialidades del Instituto.

LISTA DE PRECIOS DE LAS PUBLICACIONES DEL INSTITUTO
GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PARA PENINSULA IBERI-
CA, HISPANO-AMERICANA Y FILIPINAS

	Ptas.
BOLETINES	
Boletines, cada tomo	200
NOTA Y COMUNICACIONES	
Notas y Comunicaciones, cada ejemplar hasta el núm. 60	50
Desde el núm. 61	60
MEMORIAS	
GEOFÍSICA	
La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas. Tomos 1.º, 2.º, 3.º y 4.º, cada uno	250
Idem, id. Tomo 5.º	150
CRIADEROS DE HIERRO	
Hierros de Murcia	50
Idem de Asturias	50
Idem de Galicia, cada tomo	50
Idem de Sevilla, Jaén y Córdoba	100
Idem de Almería y Granada	100
Idem de Guadalajara y Teruel	100
VARIOS	
Estudio petrográfico de la Serranía de Ronda	50
Monografía de las melanopsis	50
Conchas bivalvas de agua dulce	50
Memoria del Uranio (agotada)	100
El petróleo	50
Cuenca del Alto Tajo. Alcalá de Henares	50

	Ptas.
La cordillera del Rif (dos volúmenes de texto, uno de láminas)	150
Reservas municipales de piritas, cada tomo	100
Reservas mundiales de fosfatos, cada tomo	100
Libro Jubilar (tomos I y II, cada uno)	100
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península y escala 1:1.000.000 (1952) y 1955) publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España	20
El Cretáceo en España	100
Resumen de la Historia geológica de la Tierra	200
Temas Geológicos de Mallorca	250
Introducción al estudio de Petrología Estructural	125
Memoria de Cantillana	80
Estudio Metalogénico de la Sierra de Cartagena	100
Memoria explicativa de Marruecos	100
C. R. XIV Congreso Geol., cada tomo	100
Cordillera Cantabrique	200
Mapa del Hierro, con explicación	30
Mapa del Carbón, con explicación	30
Memorias Generales Anuales	25
Catálogo general de publicaciones	25

GUÍAS GEOLOGICAS

Estrecho de Gibraltar	50
Los platinos de la serranía de Ronda	50
Minas de plomo y cobre Linares-Huelva (francés o inglés)	50
Sierra Morena-Sierra Nevada	50
Terciario continental de Burgos	50
Minas de Almadén (francés)	50
Isla de Mallorca	50
Sierra de Guadarrama	50
Aranjuez	50
Asturias (sólo en francés)	50
Sierra Morena-Llanura Bética	50
Despeñaperros	50
Guía geológica del ferrocarril Madrid-Sevilla	50
Idem, id. Madrid-Irún	50

BOLETINES DE SONDEOS

Tomo 1.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Cada fascículo	50
Tomo 2.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Idem	50
Tomo 3.º (fasc. 1.º)	50

MAPA GEOLOGICO

CARTOGRAFÍA	Ptas.
Mapa Geológico de España, escala 1:1.500.000 (entelado)	100
Idem id., a 1:1.000.000 (cuatro hojas) 1955	250
Idem id., hojas sueltas, cada hoja	100
Idem id., escala 1:1.400.000 (cada hoja)	20
Idem id., nueva edición (cada hoja)	40
Mapa provincial de Barcelona, Cádiz, Huesca y Lérida, escala 1:200.000, cada uno ...	100
Hojas del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	30
Atlas estratigráfico de la cuenca hullera asturiana	100
Mapa de Guinea, escala 1:400.000	25
Mapa Manantiales Medicinales a 1:1.500.000	50
Mapa Vulcanológico 1:1.000.000	50
Mapa del Sahara 1:1.500.000	100
Mapa Sismotectónico de la Península Ibérica a 1:2.500.000	75
Mapa provincial de Cádiz a escala 1:1.000.000	200
Mapa Topográfico de Asturias de Schultz	100
Mapa de Marruecos a 1:400.000	100
Mapa Geológico 1:4.500.000	25
Hojas de Marruecos a escala 1:50.000 (cada hoja)	30

MEMORIAS.

Explicación Mapa 1:1.000.000, tomos I y II (cada tomo)	100
Explicación del Mapa Geológico de España a escala 1:400.000, cada tomo	50
Memorias provinciales de Huesca y Lérida, cada una	100
Memorias del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000	50
Datos para el estudio de las Hojas del Mapa Geológico 1:50.000, Gijón-Oviedo ...	50
Memorias del Mapa Geológico de Marruecos a escala 1:50.000	50

Estas publicaciones se manda a provincias, contra reembolso de su importe.

Para las Librerías.—Los pedidos hechos por librerías tendrán un 25 por 100 de descuento.

Para los demás países.—Los precios son dobles de los marcados en esta lista.

Relación de depósitos de publicaciones de este Instituto

Barcelona.—Suministros Escolares: Plaza Universidad, 11.
 Coruña.—Librería Zincke Hermanos: Cantón Grande, 21.
 Madrid.—Librería Geográfica Sucar: Joaquín M.^a López, 68.
 Oviedo.—Agencia Editorial Santa Clara: Paseo de Santa Clara, 2.
 Palma de Mallorca.—Libros Mallorca: Call, 1.
 Santiago de Compostela.—Librería González: Rúa del Villar, 46-52.
 Tuy (Pontevedra).—Bazar Alberto: Paseo Calvo Sotelo, 25.
 Valencia.—Librería Maragat: Plaza del Caudillo, 22.
 Zaragoza.—Librería General: Independencia, 8.

INDICE

	PÁGS.
Nuevos hallazgos de lútridos aonicooides (<i>Sivaonyx</i> , <i>Enhydriodon</i>) en el Plioceno español (Cuenca de Teruel), por M. CRUSAFONT-PAIRÓ y JUANA M. ^a GOLPE ...	5
Discordancia bretónica en el NE. de Palencia (España), por R. H. WAGNER	17
Nuevos yacimientos marinos cuaternarios de las Baleares, por K. W. BUTZER y J. CUERDA BARCELÓ	25
Probable área precambriana al NO. de León, por VICENTE PASTOR GÓMEZ	71
Aportaciones del año 1961 a la Geología en sus relaciones directas o indirectas con la formación de yacimientos minerales, por JEAN LOMBARD	81
La Unidad de Paterna en el N. de la provincia de Cádiz, por P. CHAUVE	103
Mineralogía y génesis del yacimiento de alunita del Cerro de San Cristóbal, Mazarrón (Murcia). I. Varios, por A. HOYOS y L. J. ALÍAS	123
Mineralogía y génesis del yacimiento de alunita del Cerro de San Cristóbal, Mazarrón (Murcia). II. Estudio químico, por A. HOYOS y L. J. ALÍAS	123
El «Subbético con Jurásico margoso» o «Subbético meridional» como unidad paleogeográfica y tectónica de las cordilleras béticas, por YVES PEYRE	133
El Precambriano de la cadena cantábrica, por LAMORAAL U. DE SITTER	145
Observaciones geológicas en la Loma de Solana (S. de Cehegin, provincia de Murcia), por JACQUES FAQUET	147
Nuevos yacimientos fosilíferos del Oligoceno lacustre de la provincia de Guadalajara, por SERAFÍN DE LA CONCHA	159
Geología del fondo del mar, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	163
Itinerario geológico por los Pirineos españoles, por J. M. ^a RÍOS	189
Noticias	245
Cotizaciones y Comercio	247
Criaderos	251
Novedades industriales y científicas	253
Reuniones científicas	257
Reservas mineras	262
Notas bibliográficas	265
Cartografía	267
Criaderos	268
Espectroscopia	268

	PÁGS.
Geología	268
Geonucleónica	272
Geoquímica	273
Laboreo	275
Mineralurgia	275
Radiactividad	277
Sedimentología	278
Instituto Geológico y Minero de España	279