

I/10-2-1

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Sumario



- Descubrimiento del primer yacimiento de mamíferos miocénicos de la cuenca valenciana, por M. CRUSAFONT PAIRÓ y J. TRUYOLS SANTONJA.—Pág. 3.
- Consideraciones geocronológicas del A⁴⁰, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA.—Pág. 23.
- Yacimientos fosilíferos de la Zona de Soberanía de Melilla, por S. DE LA CONCHA.—Pág. 31.
- Alumbramiento de aguas subterráneas en Vall de Uxó (Castellón), por ENRIQUE DUPUY DE LÔME.—Pág. 37.
- Diagramas estructurales del cuarzo y mica de las rocas metamórficas de la parte oriental de la Hoja de Buitrago de Lozoya, por TIRSO FEBREL.—Pág. 57.
- Nota sobre la sucesión estratigráfica del hullero de Asturias, en la zona: El Viso-Olloniego-Riosa, por J. A. KINDELAN.—Pág. 91.
- El criadero de hierro «Vivaldi» en Ponferrada, León, por HANS P. RECHENBERG.—Pág. 107.
- Los océanos subterráneos fósiles y el petróleo, por MR. W. BRUDERER.—Pág. 145.
- Datos sobre el Eoceno inferior del Rif Septentrional (Marruecos), por PAUL FALLOT, MICHEL DURAND DELGA y JEAN MAGNE.—Pág. 181.
- El problema del «Estrato cristalino», en el Nord-Este de la Provincia de Sevilla (España), por JACQUES BABRIÈS.—Pág. 195.
- Notas relativas a un viaje realizado a los Estados Unidos para el estudio de la minería del hierro, por S. DE LA CONCHA.—Pág. 203.
- Notas vulcanológicas, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.—Página 227.
- Noticias.—Pág. 261.
- Notas bibliográficas: Cristaloquímica, pág. 271.—Geología, pág. 273.—Geonucleónica, pág. 274.—Geoquímica, página 276.—Metalogenia, pág. 277.—Mineralogía, pág. 280.—Prospección, pág. 283.
- Instituto Geológico y Minero de España.—Pág. 285.

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

E S P A Ñ A

NÚMERO 48

CUARTO TRIMESTRE

MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
GARCIA MORATO, 122. -TELEF. 33-06-19

1 9 5 7

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.

ES PROPIEDAD

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

Descubrimiento del primer yacimiento de mamíferos
miocénicos de la cuenca valenciana

POR

M. CRUSAFONT PAIRO y J. TRUYOLS SANTONJA
(Sabadell)

M. CRUSAFONT PAIRO y J. TRUYOLS SANTONJA

DESCUBRIMIENTO DEL PRIMER YACIMIENTO DE MAMIFEROS MIOCENICOS DE LA CUENCA VALENCIANA

La inexistencia de restos de mamíferos fósiles de determinación concreta en el Terciario levantino—excepción hecha del conjunto de los lignitos de Alcoy, cuya datación definitiva como del Plioceno ha sido realizada recientemente (Villalta y Crusafont, 1955)—ha dificultado el establecimiento de una cronología precisa en los niveles continentales del Mioceno de la depresión del bajo Turia. Unos hallazgos recientes practicados en la zona de Buñol (1) permiten desde ahora sentar jalones fijos en la estratigrafía de la serie, a la vez que contribuyen a llenar un hueco en el esquema biogeográfico de la Península Ibérica durante el Terciario. Efectivamente, el vacío existente en esta área dificultaba las posibilidades de esclarecimiento de diversos problemas biogeográficos planteados por las abundantes faunas miocénicas de las depresiones del Vallés-Penedés y de Calatayud-Teruel con relación a las de la Meseta castellana y Alta Andalucía; estas últimas, seguramente conectadas con las del Norte de Africa, en curso de exhumación. Por otra parte, la existencia de tramos marinos

(1) Bunyol. de acuerdo con la grafía catalano-valenciana.

en el Mioceno valenciano y la comprobada correspondencia de determinados niveles con los de la Meseta y de la depresión de Calatayud-Teruel, permite el establecimiento de interesantes correlaciones.

Dejando aparte las atribuciones antiguas, no por ello menos interesantes y valiosas, de Nicklés, Cortázar, Vilanova, etc., el esquema trazado por Brinkmann del Mioceno valenciano (Brinkmann, 1931) nos ofrece un excelente punto de partida. Basado en los estudios paleontológicos del Neógeno marino del SE. de España debidos a Gignoux y Fallot y a los de Royo y otros, referidos a los restos lacustres de la caliza de los páramos, el cuadro establecido por el geólogo alemán para la zona a que nos venimos refiriendo, constaba de los elementos que a continuación indicamos.

Apoyado discordantemente sobre una formación lacustre oligocénica (Niñerola), se encuentra un Burdigalense marino, que en la depresión valenciana—todavía al Norte del dominio bético—ofrece caracteres litorales muy someros. Tras una breve laguna estratigráfica, se superpone al conjunto y también de manera discordante la serie continental representada localmente por arcillas, margas y conglomerados que lateralmente (Valencia la Vella) parecen pasar a margas azules marinas vindobonienses, con fauna marina, propia (Gignoux y Fallot, 1928) de un Tortoniense clásico. El conjunto está coronado por niveles calizos homologados petrográfica y paleontológicamente a la «caliza de los páramos» de las depresiones interiores de la Península. Para Brinkmann los niveles continentales deben atribuirse al Tortoniense-Sarmatiense, mientras que la breve serie lacustre superior, de acuerdo con la fauna de mo-

luscos determinados por Royo (Royo, 1922) y por Wenz, se sitúa en el Pontiense.

Tres breves campañas explorativas llevadas a cabo por el primero de los firmantes en la zona de Buñol, en el borde occidental de la depresión, han dado como resultado el descubrimiento de una asociación de mamíferos fósiles que permite con certeza confirmar la suposición mantenida por Brinkmann. Se trata, en efecto, de un yacimiento localizado en un tramo medio de la seriación continental y, por lo tanto, de los niveles considerados como vindobonienses (tortoniense-sarmatienses, según la terminología empleada por el geólogo alemán). La asociación reunida confirma precisamente esta edad.

La seriación miocénica continental es muy simple. Sobre el Burdigaliense marino de Serra Perenxissa (Dupuy de Lôme, 1956) aparecen los diversos niveles de la serie que la carretera de Valencia a Madrid encuentra sucesivamente en su recorrido hasta el corredor de El Portillo, que pone en contacto el Mioceno de la depresión del bajo Turia con el de la Mancha valenciana en Requena y Utiel. En Chiva aparecen margas arenosas y conglomerados de color parduzco, pero en Buñol los niveles bajos y medios aparecen sustituidos por arcillas y margas de tonos rojos, que contienen jacintos de Compostela y cristales de cuarzo lechoso deslustrados («pilaretes», en la terminología popular local), que proceden del Keuper de las inmediaciones. El conjunto está recubierto por margas cenicientas que alternan con bancos de arenisca. La facies local de Buñol es, pues, distinta de la que aparece hacia el E. y NE., a partir de Chiva. Aunque no nos ha sido posible observar el contacto entre ambas, parece que se trata de un mero cambio lateral. A un kilómetro de Buñol, cerca de la ca-

rretera que conduce a Yátova (2) y en las inmediaciones del Merendero del Labrador, el primero de los firmantes localizó durante la primavera de 1954 una localidad fosilífera, explorada posteriormente en verano del mismo año, y más particularmente en una breve campaña llevada a cabo en julio de 1957. Como resultado de todo ello se ha recogido un material fosilífero de subido interés, que se describe al final. Conviene indicar que en su monografía «El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica», Royo mencionó el hallazgo en Buñol de fósiles consistentes en piezas de vertebrados («restos de cérvidos, fragmentos de molares de *Mastodon*, etc.») y algunos moluscos (*Cyclostoma draparnaudi minor*, Dep. y Sayn, y *Helix* sp.). El autor no detalla la localización precisa del yacimiento, aunque indica que los restos proceden de «margas grises superpuestas a las margas rojas triásicas» (3) y, por lo tanto, pueden ser del mismo nivel y aun quizá del mismo punto. Ni Royo llegó a realizar el estudio de los restos descubiertos, ni hemos podido localizar el paradero de los mismos, por lo que no ha sido posible incluirlos en nuestro estudio.

El corte local de la Cuesta de la Cruz, en las proximidades del mencionado merendero, donde se sitúa el yacimiento, permite observar claramente la sucesión estratigráfica de la formación. En síntesis, está constituida por

(2) Yátova, según la grafía catalano-valenciana.

(3) Sin duda, Royo confundió la edad de las margas rojas inferiores al considerarlas como triásicas, puesto que concuerdan con las margas grises fosilíferas y aun indentan con ellas, por lo que son también vindobonienses. El motivo de la confusión es, hasta cierto punto, justificado por la coloración de las margas y especialmente por la presencia de abundantes jacintos y cuarzos lechosos procedentes del Keuper, aunque aquí se hallan marcadamente rodados.

los elementos siguientes: La zona inferior, tal como se ha indicado anteriormente, está formada por los niveles rojos, y presenta un espesor mínimo de 40 m., en los que tienen cabida las arcillas y margas procedentes del Keuper, con jacintos y lechos de conglomerados de hasta 2 m. de potencia con elementos locales de gran tamaño. Por encima se presentan las margas cenicientas con restos de mamíferos, abarcando una potencia de unos 18 m. aproximadamente. Al conjunto se superponen arcillas rojizas y pequeños bancos de conglomerados, de una potencia no inferior a los 12 m., coronados por una cornisa de caliza lacustre o de conglomerados calcáreos de unos 10 m. La serie visible en la margen derecha del río Buñol alcanza, pues, unos 80 m. La existencia de fallas que cortan la estructura marginal en el borde W. de la depresión y especialmente el tajo del río Buñol, afluente del Magro, han determinado la existencia de la mencionada cuesta y permiten observar con comodidad su estratigrafía.

Estos niveles parecen proseguirse, como se ha indicado, hacia el E. y NE. por formaciones pálidas (Chiva) y hacia el W. por capas más detríticas de borde de cuenca, que Dupuy de Lôme da como inferiores (Dupuy, 1956). El conjunto buza unos 30° hacia el NE. de manera que la cornisa superior que recubre la serie pierde altura hacia esta dirección. Los niveles más altos, que en la Mancha valenciana (Utiel) están todavía a más de 800 m., se hallan al S. de Buñol a 500 m. y en Chiva a 380; más al E., en las muelas próximas a Manises por su lado W., están sólo a 200 m. Todo ello prueba el progresivo descenso originado por la deformación de la peneplanicie meseteña en el arco levantino, dada a conocer por Brinkmann.

Las fracturas del W. de Buñol son responsables del

salto de 800 a 500 m. de la peneplanicie finipontiense a través de la angosta fosa miocénica del Portillo. En Buñol, estas fracturas, que debieron jugar póstumamente, son responsables, al parecer, del depósito de tobas calcáreas lacustres de notable potencia, que aparecen en las escarpadas márgenes del río Buñol. Estas tobas o travertinos lacustres son análogas a las que se depositaron durante el Cuaternario inferior en Capellades, Sant Quintí de Mediona y Esparraguera, al pie de la Cordillera Prelitoral Catalana.

* * *

Como se ha dicho anteriormente, la fauna recogida prueba la edad vindoboniense de los niveles margosos de tonos blancogrisáceos sobre los que se apoya la formación lacustre de la caliza de los páramos y niveles asociados. Prescindiendo de los hallazgos antiguos provisionalmente asignados a Cérvidos y a *Mastodon* por su descubridor Royo Gómez (Royo, 1922), y cuyo paradero actual se ignora, según hemos indicado, insertamos una breve noticia de las formas recogidas por los autores de esta nota. Se prescinde del hallazgo de numerosas placas de Quelonios indeterminables, así como de algunos moldes internos de Gasterópodos, que se hallan en parecida situación.

Hemicyon sansaniensis Lartet.

De esta especie se poseen dos segundas tuberculosas superiores simétricas pertenecientes al mismo individuo, cuyos caracteres entran de lleno en la definición dada por Ginsburg del presente género (Ginsburg, 1955). La talla del individuo de Buñol es relativamente pequeña, pero entra dentro del cuadro de variabilidad de la especie de Lar-

tet, según cuadro de medidas e índices incluido por el citado autor. Conocida es, además, la gran variabilidad, no sólo dimensional, sino también estructural, de las piezas dentarias de los *Hemiciónidos*, y concretamente de las se-



Fig. 1.—*Hemicyon sansaniensis* Lartet.
M2 superior izquierdo. Tamaño 1/2
Vindoboniense. Buñol (Valencia). Colección Museo de Sabadell.

gundas tuberculosas. La longitud de las piezas es de 15,5 mm. y su anchura de 20,5 mm. La forma de estos molares es ovalada y bastante regular, con mucho mayor desarrollo del paracono que del metacono. La cresta intermedia está poco acentuada, mientras que el reborde basal es fuerte. Las piezas ofrecen una notable semejanza en cuanto a la forma del contorno y a sus dimensiones con la pieza de la misma especie que describe Helbing en 1929 (Helbing, 1929 a), procedente del Vindoboniense de Steinheim, y cuya figura fué reproducida en 1944 (Villalta y Crusafont, 1944) con motivo del hallazgo de la misma forma en el Vindoboniense medio de Hostalets de Pierola, en el Vallés-Penedés. La pieza homóloga del yacimiento del Wintershof-West dada por Dehm (Dehm, 1950) como afín a *Pseudocyon sansaniensis* (= *Hemicyon sansaniensis*) es mucho más pequeña aún que las aquí descritas (anchura, 16 mm.). Este dato, caso de tratarse efectivamente de la misma especie, daría cuenta del crecimiento de talla a

través de la historia cronológica de la especie. De todos modos, Ginsburg no se pronuncia respecto de esta pieza.

?*Amphicyon major* Blainville.

Del yacimiento objeto de estudio poseemos dos huesos tarsales, cuya talla es demasiado grande para que puedan ser atribuidos a la especie anterior. Uno de ellos es un fragmento muy característico de un calcáneo al que sola-

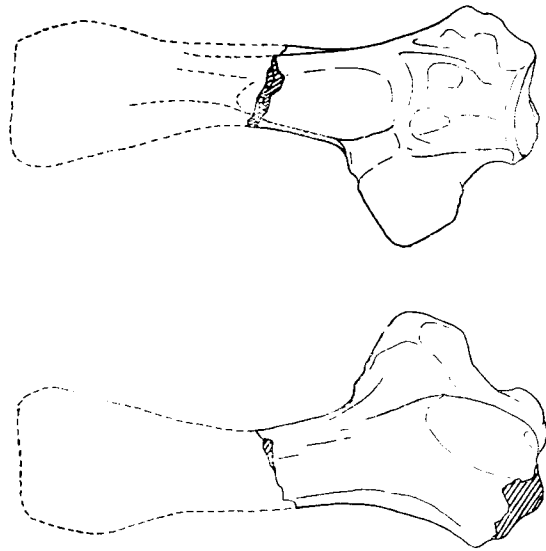


Fig. 2.—*Amphicyon major* Blainville. Calcáneo izquierdo en dos posiciones. Tamaño 2/3. Vindoboniense. Buñol (Valencia). Colección Museo de Sabadell.

mente le falta el *caput*. La estructura de la porción distal de este calcáneo es muy semejante a la del hueso homólogo de *Amphicyon crassidens* Pomel, descrito en detalle por Helbing (Helbing, 1929 b). Por lo demás, la talla de la especie aquitaniense resulta casi la misma que la de

A. major del Burdigaliense y Vindoboniense que, por otra parte, coincide también con la de *Ursus spelaeus*. La anchura máxima del calcáneo en la región del sustentáculo es de 48 mm.; la anchura transversal de la faceta para el cuboide, de 26 mm., y la dorsoplantar de esta misma, de 21 mm. La faceta lateral para el astrágalo es algo diferente de la del hueso figurado por Helbing, pues es más ancha por arriba y tiende a borrarse hacia abajo en la altura del reborde de la faceta para el cuboide. La estructura es más semejante a la del hueso homólogo del *A. lemanensis* Pomel, figurado por el mismo autor, pero que es mucho más pequeño. Por todos los motivos indicados creemos que la pieza en cuestión puede atribuirse con ciertas reservas a la especie de Blainville. Se atribuye a la misma especie un escafolunar completo, cuyas dimensiones son las siguientes: transversal, 66 mm.; anteroposterior, 45 milímetros; altura máxima, 27,5 mm.

?*Anchitherium aurelianense* Cuvier.

La presencia de un Equido tridáctilo en el yacimiento de Buñol nos viene asegurada por el hallazgo de una extremidad distal de metápodo lateral y por un fragmento característico de axis, cuya talla coincide con la de las piezas de la especie de Cuvier. Además se posee un pequeño fragmento de molar inferior suficientemente reconocible como de este género. El hecho de la presencia de estos elementos, unido al dato negativo de la ausencia total del menor indicio de molar de *Hipparion*—siempre abundante en los yacimientos pontienses, y especialmente en los vecinos de la cuenca de Calatayud-Teruel—, nos mueve a una cierta seguridad en cuanto a la atribución específica aquí consignada.

Dicerorhinus cfr. *hispanicus* Dantin.

El animal más abundante en el yacimiento de Buñol, constituyendo, por lo tanto, lo más conspicuo de la biota aquí estudiada, es un Rinoceronte, del cual se poseen numerosos elementos dispersos, tanto dentarios como óseos.

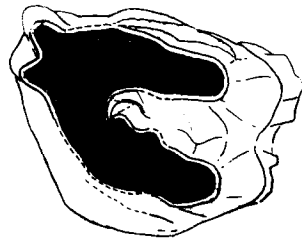


Fig. 3.—*Dicerorhinus* cfr. *hispanicus* Dantin. M3 superior derecho. Tamaño 2/3. Vindoboniense. Buñol (Valencia). Colección Museo de Sabadell.

Sin embargo, considérese la dificultad existente para una precisa determinación de los mismos, sin los datos proporcionados por el cráneo. A pesar de todo parece poderse deducir su pertenencia al género *Dicerorhinus* por la esbeltez de su tren locomotivo y por algunos caracteres de las piezas dentarias superiores. La talla es francamente superior a la de *D. sansaniensis*, y por los motivos antedichos se separa también de *Aceratherium incisivum*. Se elimina también la posibilidad de que dichos restos puedan pertenecer a un *Brachypotherium*, género caracterizado por sus patas cortas y masivas. Quizás con este material nos sea posible valorizar la especie *D. hispanicus*, descrita por Dantin en Hernández Pacheco (Pacheco, 1915), incluyéndolo en ella. A continuación indicamos las medidas de los ejemplares estudiados :

P2 superior : Longitud, 27 mm. ; anchura, 24,5 mm.

M3 superior : Longitud, 43 mm. (c. a.) ; anchura, 50 milímetros (c. a.).

Molar inferior : Longitud, 43 mm. (c. a.) ; anchura máxima, 24 mm.

Intermedio : Altura máxima de la cara anterior, 49 milímetros ; anchura máxima de la cara anterior, 47,5 mm.

Piramidal : Anchura máxima en sentido transverso, 36 milímetros ; altura total, 45 mm.

Mt. II : Longitud total, 145 mm.

Mt. III, extremidad proximal : Anteroposterior, 37,5 (ej. A)-38 (ej. B) ; transversal, 45 (ej. A)-45 (ej. B).

Segunda falange III : Anchura máxima, 44,5 (ej. A)-41 (ej. B) ; altura máxima, 25 (ej. A)-25 (ej. B).

Primera falange lateral : Anchura máxima, 33 mm. ; altura máxima, 30 mm.

Astrágalo : Anchura en la tróclea, 52 mm.

Calcáneo : Altura del cuello, 55 mm.

Rótula : Altura, 99 mm. (ej. A)-95 mm. (ej. B)-97 milímetros (ej. C) ; anchura, 85 mm. (ej. A)-81 mm. (ej. B)-85 mm. (ej. C).

Metápodo III, extremidad distal : Anchura de la polea, 43 mm.

Metápodo lateral, extremidad distal : Anchura de la polea, 26 mm. (ej. A)-26 mm. (ej. B).

Listriodon splendens Meyer.

La última de las exploraciones realizadas en el yacimiento que nos ocupa, nos proporcionó el hallazgo de la porción distal (unos 6 cm.) de un canino superior de ma-

cho correspondiente a un *Listriodon* lofodonto. La talla de esta pieza rebasa la de la especie típica del Burdigaliense, *L. lockharti*. A 5 cm. de la punta, las dimensiones son las

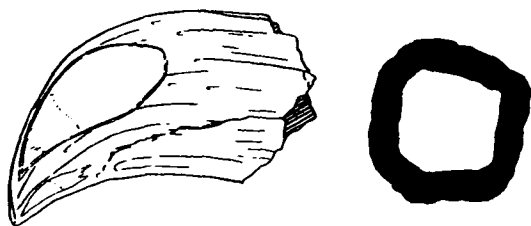


Fig. 4.—*Listriodon splendens* Meyer. Canino superior ♂ y sección del mismo. Tamaño 2/3. Vindoboniense. Buñol (Valencia). Colección Museo de Sabadell.

siguientes: Diámetro anteroposterior, 27 mm.; diámetro transverso, 30 mm.

Cfr. *Procervulus dichotomus* Gervais.

El yacimiento de Buñol nos ha proporcionado una asociación de tres Cérvidos de diferente talla; el menor de los cuales es atribuible por sus caracteres y dimensiones a la especie de Gervais. De ésta poseemos los siguientes elementos que especificamos a continuación, con sus correspondientes medidas:

P4 superior izquierdo: Longitud, 7 mm.; anchura, 10 milímetros.

M1 superior izquierdo: Longitud, 11,5 mm.; anchura, 11,5 mm.

M1 superior derecho: Longitud, 11,5 mm.; anchura, 11,5 milímetros.

Astrágalo: Longitud máxima, 28 mm.

Calcáneo, extremidad proximal: *Tuber calcis* anteroposterior, 14,5 mm.; *Tuber calcis* transversal, 12 mm.

Las medidas de los presentes ejemplares coinciden con las de los descritos y figurados por Román y Viret del Burdigaliense de La Romieu (Román y Viret, 1934) y con los nuestros del Burdigaliense del Vallés-Penedés (Crusafont, Villalta y Truyols, 1955). La especie abarca el Burdigaliense superior y todo el Vindoboniense.

Cfr. *Dicroceras elegans* Lartet.

El segundo Cérvido de la biota de Buñol es mucho más escaso y su atribución, por lo tanto, algo más dudosa. La talla, sin embargo, corresponde a la de la especie de Lartet. De ella poseemos una extremidad distal de tibia, cuya máxima dimensión transversal es de 33 mm. y la anteroposterior de 29 mm. Se atribuye a la misma forma un malleolar cuyas dimensiones son las siguientes: Anteroposterior, 18,2 mm.; altura, 14 mm.

Cfr. *Palaeomeryx kaupi* Meyer.

Poseemos, finalmente, dentro del grupo de los Cérvidos, otra especie de talla sensiblemente mayor que la de la especie de Lartet ya descrita, talla que se corresponde muy bien con la de *Palaeomeryx kaupi*. De esta forma poseemos una extremidad proximal de calcáneo, cuyo *tuber calcis* mide 26 mm. en posición anteroposterior y 22 en sentido transversal. Asimismo existe una extremidad de metápodo con sólo una de las dos poleas.

Trilophodon angustidens (Cuvier).

Los materiales correspondientes a esta especie serán descritos próximamente en la monografía que sobre los

mastodontes de España preparan Bergounioux y Crouzel, que han publicado ya una nota preliminar (Bergounioux y Crouzel, 1957). Por nuestra parte damos aquí una sumaria referencia de las piezas halladas en el yacimiento de Buñol, que son, junto con las medidas que se insertan, las siguientes:

D3 superior: Longitud, 24,5 mm.; anchura, 17 mm.

P4 superior: Longitud, 39 mm.; anchura, 36,5 mm.

M1 superior: Longitud, 71 mm.; anchura, 50 mm.

Se poseen, asimismo, restos de un M2 superior y un fragmento de defensa con banda de esmalte unilateral. Las dimensiones de esta última pieza son las siguientes: A 20 centímetros aproximadamente de la punta, el diámetro máximo es de 43 mm. y el mínimo de 31 mm. A la misma especie atribuimos, con todas las reservas, un ectocuneiforme, con las siguientes medidas: Transversal, 72 mm.; anteroposterior, 82 mm.; altura máxima, 34 mm.

«*Mastodon*» sp.

Del mismo yacimiento poseemos otro ectocuneiforme de talla claramente inferior a la del descrito anteriormente. Su determinación es realmente difícil por el momento, hasta que sea posible disponer de más elementos de juicio. Las dimensiones de la pieza son las siguientes: Transversal, 56 mm.; anteroposterior, 60 mm.; altura máxima, 24 milímetros. La disposición de las facetas es, además, claramente distinta en ambos huesos.

* * *

La consideración conjunta de los datos estratigráficos y paleontológicos, tanto marinos como continentales, nos

llevan a obtener conclusiones lógicas sobre la edad del horizonte de Buñol. El análisis de la fauna de mamíferos fósiles del yacimiento aquí descrito nos podía hacer pensar en una edad burdigaliense superior, excepción hecha por la presencia de dos formas, una de ellas, sin embargo, no suficientemente demostrativa por tratarse de un ejemplar fragmentado (*Listriodon*). La otra, el *Hemicyon sansaniensis*, ha sido hallada también, aunque con dudas, en el Burdigaliense siderolítico de Wintershof-West, en Baviera (Dehm, 1950). En la revisión de los materiales de Hemiciónidos llevada a cabo por Ginsburg (Ginsburg, 1955), la pieza figurada por Dehm no ha sido tomada en consideración. Ello no obstante, aun tratándose de la especie de Lartet, el animal del Burdigaliense bávaro sería de una talla marcadamente inferior a la mínima del tipo, lo que le conferiría probablemente un carácter de arcaicidad.

Exceptuando, pues, estas formas, todas las demás poseen una extensión vertical que va desde el Burdigaliense superior hasta el Vindoboniense, y algunas alcanzan incluso el Pontiense inferior (*Listriodon splendens*) (Catálogo, 1954). De todos modos, por lo que se refiere a esta última edad, creemos que no existe lugar a dudas por el dato negativo, de indudable significación, que representa la ausencia de todo indicio de *Hipparion*—forma reconocible incluso en pequeños fragmentos de piezas dentarias—y, además, extraordinariamente abundante en la vecina cuenca de Calatayud-Teruel, a sólo 100 km. de distancia.

De acuerdo con los datos de la Paleontología marina, a los que hemos aludido anteriormente (Gignoux y Fallot, 1928), y que corresponden a niveles inferiores a los del horizonte de Buñol (Valencia la Vella, etc.) atribuidos al Tortoniense, no podemos dudar de la edad vindoboniense

del biotopo valenciano. Resulta interesante la comparación de la asociación de Buñol con la que, al otro lado de la Meseta, aparece en el estuario lisboeta del Tajo miocénico; es sugestiva la semejanza faunística existente con el horizonte Vb perteneciente al Helveciense medio (Valle de Chelas, Charneca, Lumiar, etc.), con el que existen siete especies comunes sobre trece formas presentes en el tramo mencionado de Portugal (4).

Por otra parte resulta curioso observar que la mayoría de los elementos faunísticos de Buñol se hallan también en la característica asociación burdigaliense del Vallés-Penedés, de marcadas afinidades aquitánicas (La Romieu) (Crusafont, Villalta y Truyols, 1955) (Crusafont, 1955) (Crusafont, 1956). De otro lado, el Vindoboniense de aquella cuenca catalana ha perdido estas características aquitánicas por sustitución brusca de sus elementos por otros de origen rodánico (La Grive). En contraste con ello, los elementos vindobonienses de las biotas castellanas y portuguesas continúan conservando claramente el carácter aquitánico (*Dicroceras elegans*, *Anchitherium aurelianense*, *Palaeomeryx*, etc.) (Villalta y Crusafont, 1948) (Crusafont, 1956).

De acuerdo con lo que nos dicen los datos aportados por la paleogeografía de nuestro país, llegamos a la lógica

(4) Las formas comunes son las siguientes: *Amphicyon major* Blainv., *Anchitherium aurelianense* Cuv., *Listriodon splendens* Meyer, *Proceroculus dichotomus* Gerw., *Dicroceras elegans* (Lart.), *Palaeomeryx kaupi* Meyer y *Trilophodon angustidens* (Cuv.). Las no comunes son: *Pseudaelurus quadridentatus* Blainv., *Brachypotherium brachypus* (Lart.), *Dicerorhinus sansaniensis* (Lart.), *Listriodon lockarti* Pomel, *Hyaemoschus* aff. *jourdani* Filhol y *Deinotherium cucicri* Kaup. Estos son los elementos que constituyen la fauna de mamíferos terrestres de este horizonte portugués, tal como ha sido dado a conocer por Zbyszewski con Bergounioux y Crouzel recientemente (Bergounioux, Zbyszewski y Crouzel, 1953).

conclusión de una mayor relación biótica de la asociación de Buñol con el interior de España y con Portugal, que con la cuenca del Vallés-Penedés. La cuenca catalana constituiría un recodo aislado con caracteres peculiares debidos a trasiegos faunísticos de otro tipo. He aquí, pues, cómo se llega a la conclusión de la edad vindoboniense y del parentesco regional de la asociación faunística que nos ocupa.

Museo de la Ciudad de Sabadell
Septiembre 1957

BIBLIOGRAFÍA

- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J.: «Catálogo paleomastológico del Mioceno del Vallés-Penedés y de Calatayud-Teruel». *Museo de la Ciudad de Sabadell. Sección de Paleontología. Segundo Curso Internacional de Paleontología*. Sabadell, 1954.
- BERGOUNIOUX, F. M. y CROUZEL, F.: «Les Mastodontes fossiles de l'Espagne». *Bol. Inform. A. E. P. V.*, núms. 8-9. Sabadell, 1957.
- — ZBYSZEWSKI, G. y CROUZEL, F.: «Les Mastodontes miocènes du Portugal». *Mem. Serv. Géol. du Port.*, Mem. núm. 1 (nouv. serie). Lisbonne, 1953.
- BRINKMANN, R.: «Betikum und Keltiberikum in Südostspanien». *Beitr. zur Geol. der west. Mittelmeergebiet*. Núm. 6. Berlín, 1931. (Traducción de GÓMEZ DE LLARENA, J., en *Publ. extr. sobre Geol. de Esp.* Tomo IV, Madrid, 1948.)
- CRUSAFONT, M.: «Données biogéographiques relevées par la Paléomammalogie du Miocène espagnol». *Coll. intern. sur «Probl. act. de Paléontologie»*. C. N. R. S. Paris, 1955.
- — «Análisis bioestadístico de las faunas de mamíferos fósiles del Vallés-Penedés». *Curs. y conf. del Inst. «Lucas Mallada»*. Fasc. III, Madrid, 1956.
- — VILLALTA, J. F. y TRUYOLS, J.: «El Burdigaliense continental de la cuenca del Vallés-Penedés». *Mem. y comun. del Inst. Geol., Diput. prov. de Barcelona*. Tomo XII. Barcelona, 1955.
- DEHM, R.: «Die Raubtiere aus dem Mittel-Miocän (Burdigalium) von Wintershof-West bei Eichstätt in Bayern». *Abh. bayern. Ak. Wiss. N. F.* Núm. 58, München, 1950.
- DUPUY DE LOME, E.: «Mapa Geol. de España. Explic. de la Hoja número 721 (Cheste). Inst. Geol. y Min. de Esp. Madrid, 1956.
- GIGNOUX, M. y FALLOT, P.: Contribution à la connaissance des terrains

- néogène et quaternaire marins sur les côtes méditerranées d' Espagne». *C. rend. Cong. Geol. Int. 1926*. Madrid, 1928.
- GINSBURG, L.: «De la subdivision du genre *Hemicyon* LARTEY (carnassier du Miocène). *Bull. Soc. Géol. de France*. Sixta serie, tomo V, fasc. 1-3. Paris, 1955.
- HELBING, H.: «*Pseudocyon sansaniensis* LARTEY von Steinheim am Albuch». *Ecl. Geol. Helv.* Band 22, núm. 2. Basel, 1929.
- «Zur Osteologie von *Amphicyon crassidens* POMEL». *Verh. Naturf. Ges. Basel*. Band XL. Basel 1929.
- HERNÁNDEZ-TACHECO, E. y DANTÍN, J.: «Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia». *Comis. de Invest. Paleont. y Prehist.* Mem. núm. 5. Madrid, 1915.
- ROMAN, F. y VIRET, J.: «La faune de Mammifères du Burdigalien de La Romieu (Gers)». *Mem. Soc. Géol. France*. Nouv. serie, tomo LX, fasc. 2-3. Paris, 1934.
- ROYO GÓMEZ, J.: «El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica». *Comis. de Invest. Paleont. y Prehist.* Mem. núm. 30. Madrid, 1922.
- VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: «Nuevos carnívoros del Vindoboniense de la cuenca del Vallés-Penedés. *Notas y Comuni. del Ins. Geol. y Min. de Esp.* Num. 13. Madrid, 1944.
- — y — «Les gisements de mammifères du Neogène espagnol. VII. Bassin du Tage». *C. Rend. somm. Soc. Geol. France*. Paris, 1948.
- — y — «Sur l'âge des lignites d'Alcoy (Espagne)». *C. Rend. somm. Soc. Géol. France*. Paris, 1955.

Consideraciones geocronológicas del A⁴⁰

POR

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA (*)

CONSIDERACIONES GEOCRONOLOGICAS DEL A^{40}

Trataba Rankama (1954) de valorar la erosión de las rocas ígneas, fundándose en la cantidad de K^{40} y A^{40} contenidos en la litosfera accesible y en la atmósfera. Posteriormente Shilliber y Russell (1955) determinaron la edad de la Tierra por el contenido de A^{40} de la atmósfera. Estos dos últimos autores llegan a la conclusión que habíamos establecido (1954), de que el A^{40} de la atmósfera procede, en parte, de la evolución del K^{40} de la materia que forma nuestro planeta desde la formación de los elementos hasta nuestros días.

Los cálculos que hicimos anteriormente los repetimos ahora con contenidos menores de potasio en la litosfera, ya que las investigaciones de los últimos años parecen evidenciar un contenido menor.

Contenido actual de K^{40} en la litosfera (36 km.) ...	0,5	$\times 10^{20}$ g.
Contenido actual de K^{40} en el manto (2.900 km.) ...	0,2	$\times 10^{20}$ g.
<i>Total de ambas partidas</i> ...	0,7	$\times 10^{20}$ g.

(*) Resumen de la comunicación presentada en Toronto en la Asamblea de la U. G. G. I. Septiembre 1957.

Contenido actual de A^{40} en la atmósfera	$0,652 \times 10^{20}$ g.
Contenido actual de A^{40} en la hidrosfera	$0,007 \times 10^{20}$ g.
<i>Total de ambas partidas</i>	$0,66 \times 10^{20}$ g.
Proporción de la rama del K^{40} que evoluciona hacia el A^{40}	
el A^{40}	0,126
Período de semidesintegración del K^{40}	$1,33 \times 10^9$ a.
Valor actual K^{40}/K	$0,0119 \times 10^{-2}$

Partiendo de los valores establecidos anteriormente y de las edades que hemos deducido precedentemente (1948) para el final de la formación de los elementos de 4.600 millones de años y para la individualización de nuestro planeta de 3.350 millones de años, así como las establecidas por otros investigadores para el mineral más antiguo de 2.700 millones de años, según recopilación de Ahrens, calculamos para cada átomo actual de K^{40} los que existieron en cada uno de los momentos mencionados.

m. de a.	Átomos de K^{40}
1.350	2.02
2.700	4.09
3.350	5.73
4.600	10.99

Con los datos anteriores y la proporción de A^{40} de $12,6 \times 10^{-2}$ se deduce la siguiente liberación atómica de A^{40} por cada átomo actual de K^{40} de la corteza:

a) Desde la formación de los elementos hasta la individualización de nuestro planeta (10,99-5,73) $12,6 \times 10^{-2}$	0,673
b) Desde la individualización del planeta hasta la formación del mineral más antiguo (5,73-4,09) $12,6 \times 10^{-2}$	0,194
c) Efusión por los fenómenos magmáticos y volcánicos, desde la formación del mineral más antiguo, suponiendo una superficie media afectada del 25 % de la planetaria y una profundidad del orden de la correspondiente a la litosfera (4,09-1,00) $25 \times 10^{-2} \times 12,6 \times 10^{-2}$	0,099
d) Desprendimiento por los fenómenos erosivos, los que suponemos afectaron a la mitad de la superficie planetaria, a una profundidad del orden del tercio del espesor de la litosfera y con un tiempo para generación «in situ» de la mitad del transcurrido desde la formación del mineral más antiguo a hoy (2,02-1,00) $0,5 \times 0,33 \times 12,6 \times 10^{-2}$.	0,013
<i>Total de estas partidas</i>	0,979

A estas partidas se tiene que agregar el A^{40} producido por la materia que formó el manto desde la formación elemental hasta la individualización de la tierra.

e) Para calcular esta partida referida a los átomos de la corteza, que son los que hemos tomado como unidad, se ha de tener en cuenta que están en la relación de 2/5; por ello será (10,99-5,73) $2/5 \times 12,6 \times 10^{-2}$	0,269
---	-------

Total de las cinco partidas 1,248

Según los cálculos expuestos, el total de A^{40} liberado por la materia terrestre desde la formación de los elementos es de 1.248 veces el valor del actual K^{40} de la corteza, o sea $0,63 \times 10^{20}$ g., cifra del mismo orden que la del A^{40} , total contenido entre atmósfera e hidrosfera.

Como dato complementario damos el del A^{40} producido por toda la materia que forma nuestro planeta desde la formación de los elementos a hoy, que es $(10,99 - 1,00) \times 12,6 \times 10^{-2} \times 0,7 \times 10^{20} = 0,88 \times 10^{20}$ g.

Por ello es muy importante al establecer la relación de las dos ramas del K^{40} por técnicas geonucleares, así como

los períodos de semidesintegración, el seleccionar acertadamente los criterios que se han de seguir para evitar que se encuentren diferencias considerables entre los valores deducidos por técnicas físicas como el de McNair (1955), de $0,124 \pm 0,02$ %, y el de técnicas geonucleares como el de Wasserburg (1955), de $0,085 \pm 0,005$ %.

Lo expuesto anteriormente confirma los puntos de vista que hemos sostenido en otras ocasiones, y que se pueden considerar resumidos en las conclusiones siguientes:

1.^a Cuando se individualizó la materia que forma nuestro planeta, le acompañó, junto con el A^{36} y A^{39} , la mayor parte del A^{40} que había generado. El argón total generado en aquel período es del orden del 76 % del actual.

2.^a El argón radiogénico liberado desde la individualización de nuestro planeta hasta la formación de los minerales más antiguos de los conocidos representa el 15 % del contenido en atmósfera e hidrosfera.

3.^a El argón radiogénico liberado por los fenómenos plutónicos y volcánicos sólo representa en el balance terrestre el 8 %.

4.^a La aportación a la atmósfera de A^{40} por erosión terrestre es de poca importancia, y como máximo llega al orden del 1 % del contenido entre atmósfera e hidrosfera.

5.^a No consideramos como correcto partir de los contenidos planetarios de K^{40} y de A^{40} para deducir los dos períodos de semidesintegración del K^{40} ni la relación de ambas ramas.

6.^a No se ha de perder de vista la posible existencia de reacciones nucleares naturales, que en los primeros tiempos pudieron dar lugar a una generación natural de A^{40} , diferente del proceso radiogénico considerado.

El único fin que perseguimos con estos razonamientos es el ver la posibilidad de qué hipótesis se pueden admitir y cuáles desechar, ya que los valores deducidos sólo se pueden considerar como índices del orden de cifras de que se trata, pero no como valores exactos.

BIBLIOGRAFÍA

- AHRENS, L. H.: «The Convergent Lead Ages of the Oldest Monazites and Uraninites (Rhodesia, Manitoba, Madagascar and Transvaal)». *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 7, 294-300, 1955.
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: «Interpretación geofísica de las valoraciones isotópicas de los plomos comunes». *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. y Natur.*, 42, 393-420, 1948.
- «Procedencia del A^{40} de nuestro planeta». NOT. Y COM. DEL INT. GEOL. Y MINERO, 34, 1954.
- McNAIR, A., GLOVER, R. N. and WILSON, H. W.: « K^{40} branching ratio». *Phys. Rev.*, 99, 771, 1955.
- RANKAMA, K.: «A Calculation of the Amount of Weathered Igneous Rocks». *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 5, 81-84, 1954.
- SHILLIBER, H. A. and RUSSELL, R. D.: «The Argon-40 Content of the Atmosphere and the Age of the Earth». *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 8, 16-21, 1955.
- WASERBURG, G. J.: « A^{40} - K^{40} Dating». *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 7, 51-60, 1955.
- — HAYDEN, R. J. and JENSEN, K. J.: « A^{40} - K^{40} Dating of Igneous Rocks and Sediments». *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 10, 153-165, 1956.

Yacimientos fosilíferos de la Zona de Soberanía
de Melilla

POR

S. DE LA CONCHA

S. DE LA CONCHA

YACIMIENTOS FOSILIFEROS DE LA ZONA
DE SOBERANIA DE MELILLA

En los estudios hidrogeológicos que se están realizando en la Zona de Soberanía de Melilla hemos encontrado una serie de yacimientos fosilíferos, y de los ejemplares recogidos ha podido la Sección de Paleontología de este Instituto clasificar unos cuantos, si bien con la observación de que por tratarse de moldes internos y no poder apreciarse los diferentes caracteres específicos las determinaciones son muy dudosas. Sin embargo, creemos que el hallazgo de estos fósiles presenta un notable interés para el estudio de la estratigrafía y edad de las distintas coladas volcánicas de la región.

Se incluye una lámina con las fotografías de algunos de los fósiles y un croquis con la situación de los yacimientos.

Núm. 1.—Caliza basta blanca, blanda en cortes frescos y dura al exterior de la ensenada de los Galápagos, playa de amarre de los cables telefónicos, cota 2 m.

Isocardia aff. *multicostata*, Nyst. Plioceno?

Venus sp.

Cardium sp.

Diplodonta rotundata?, Montg. Plioceno?

Núm. 2.—Caliza basta de la Ciudad Vieja, junto al pozo de la Mehal-la, cota 6 m.

Nucula sp.

Chelyconus striatulus, Brocc. Mioceno-Plioceno.

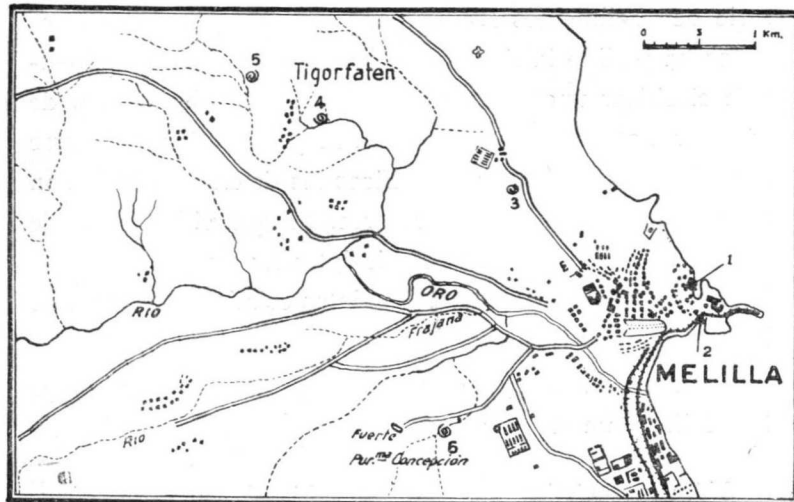
Moldes de Gasterópodos.

Núm. 3.—Caliza basta en la cota 4,76, debajo de arenisca arcillosa y aluvial. 35 m. de profundidad del pozo de la finca de la Vda. de Calderón.

Coelopleurus?

Amussium cristatum, Bronn. Mioceno-Plioceno.

SITUACION DE LOS YACIMIENTOS FOSILIFEROS .



Núm. 4.—Caliza basta del barranco del Tigorfaten, cerca del contacto con las areniscas superiores, cota 70 m.

Cardita sp.

Núm. 5.—Caliza basta del barranco del Tigorfaten, frente a la entrada del manantial militar, cota 98 m.

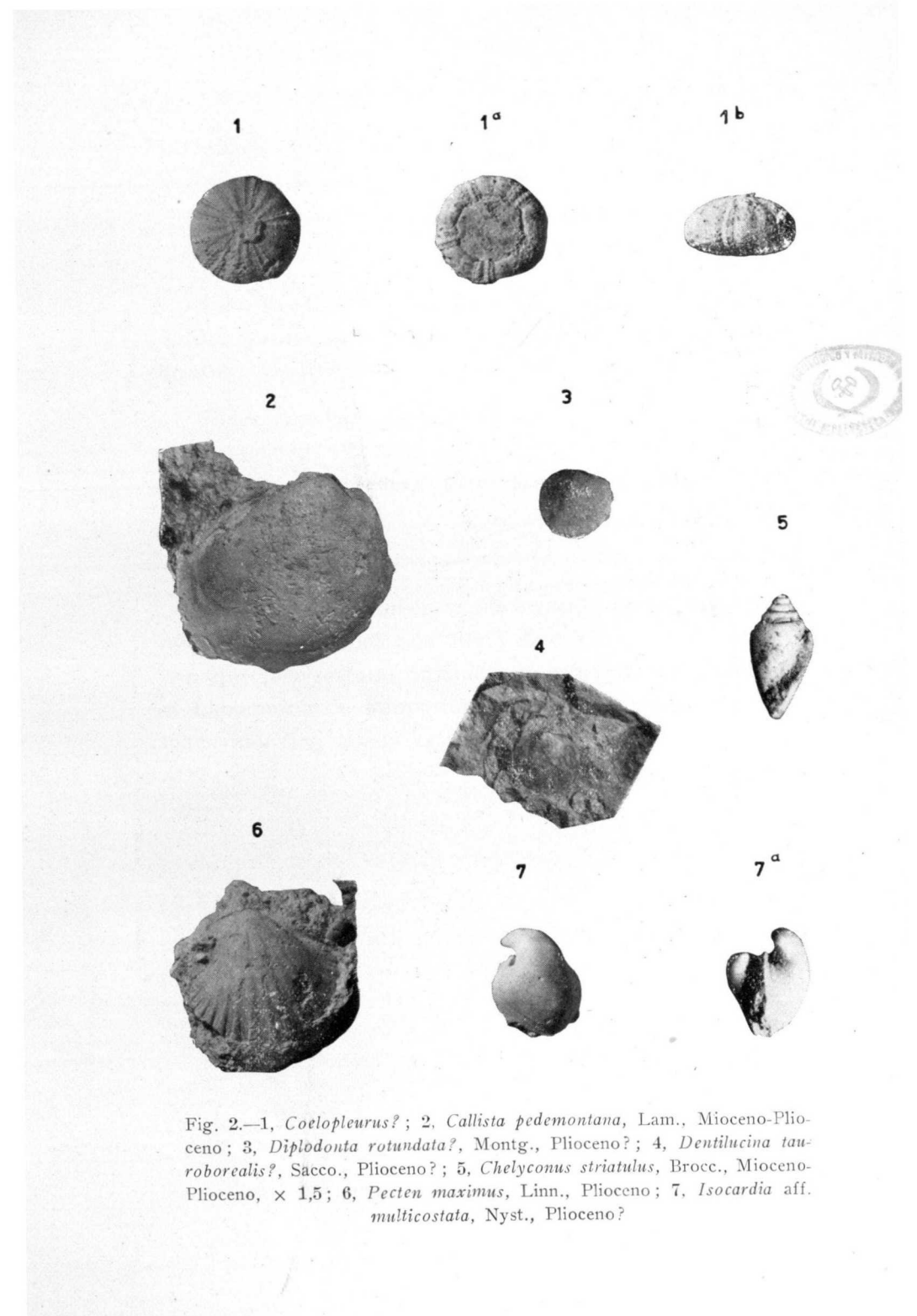


Fig. 2.—1, *Coelopleurus*?; 2, *Callista pedemontana*, Lam., Mioceno-Plioceno; 3, *Diplodonta rotundata*?, Montg., Plioceno?; 4, *Dentilucina tauroborealis*?, Sacco., Plioceno?; 5, *Chelyconus striatulus*, Brocc., Mioceno-Plioceno, $\times 1,5$; 6, *Pecten maximus*, Linn., Plioceno; 7, *Isocardia* aff. *multicostata*, Nyst., Plioceno?

Dentilucina tauroborealis? Sacco. Plioceno?

Lutraria sp.

Callista pedemontana, Lam. Mioceno-Plioceno.

Cyprae sp.

Núm. 6.—Caliza basta del fondo del pozo de la finca de don Julio Queipo, profundidad 37 m. y cota del fondo 9 m.

Pecten máximus, Lin Plioceno.

Modiola sp. Plioceno.

Callista pedemontana, Lam. Mioceno-Plioceno.

Arca sp.

Venus sp.

Aparte de los yacimientos citados se ha encontrado otros muchos con material más difícil de clasificar, e incluso se han apreciado texturas orgánicas en estudios realizados por el Laboratorio de Petrografía sobre tobas traquíticas formadas por fragmentos cementados con vidrio volcánico.

Alumbramiento de aguas subterráneas en
Vall de Uxó (Castellón)

POR

ENRIQUE DUPUY DE LÔME

ENRIQUE DUPUY DE LOME

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS EN VALL DE UXO (CASTELLON)

1.º ANTECEDENTES

En las proximidades de Vall de Uxó, provincia de Castellón, se ha realizado un interesante alumbramiento de aguas subterráneas, tanto por el caudal obtenido, relativamente importante, como por la dificultad que supuso el tener que emplazar las labores de captación precisamente dentro de una zona de reducida extensión.

Fué destinado este alumbramiento a abastecimiento de la gran factoría de calzados y curtidos que en Vall de Uxó posee la Sociedad «Silvestre Segarra e Hijos».

Tanto para atender a las necesidades de su fábrica como a las del poblado de productores que ha construído la Sociedad y demás dependencias anejas, se requiere un volumen de agua muy considerable, que llega incluso a sobrepasar los 7.000 m³ diarios.

Para conseguir disponer de este caudal en una zona donde las aguas superficiales son muy escasas ha construído la Sociedad un complicado y costoso sistema de captación y conducción, con el que consigue alumbrar en invierno la cantidad de agua suficiente, mientras que durante el estiaje el caudal disminuye, y solamente se dispone el estricta-

mente suficiente para, con precauciones, atender a las necesidades que hemos señalado.

Preocupa evidentemente a la Sociedad esta escasez de agua en verano, que puede llegar incluso a interferir con el programa de futuras ampliaciones del complejo industrial que posee en Vall de Uxó.

Las labores de captación a que nos hemos referido están situadas en el paraje «Del Fondeto», inmediatamente al Sur de la loma de la «Montañeta», a unos seis kilómetros de Vall de Uxó.

Consisten estas labores en seis pozos, numerados del uno al seis, y cuyas profundidades oscilan entre los 23 metros del pozo número I y los 61 del pozo número VI.

El agua de los pozos se eleva a un gran depósito construido en la cúspide de la «Montañeta», y desde allí se conduce a la fábrica.

Más adelante insistiremos en la descripción de estas labores.

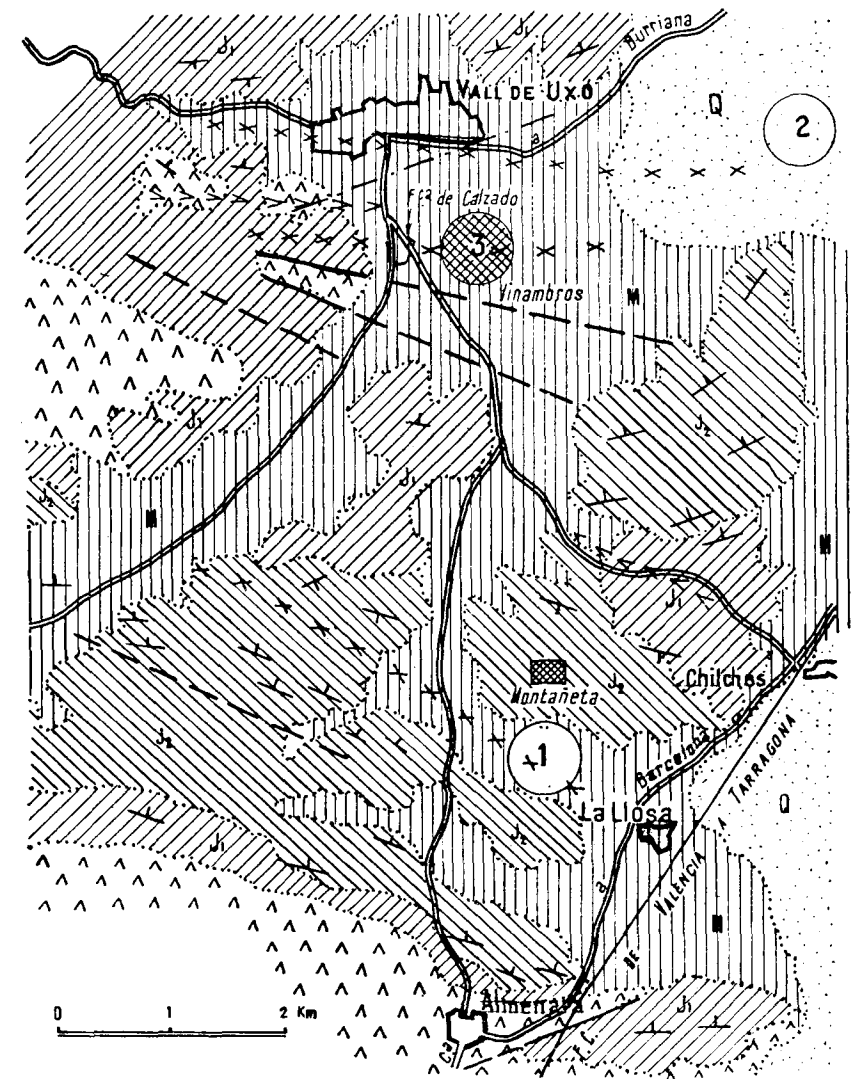
Pretende la Sociedad el conseguir disponer en estos pozos de mayor caudal en estiaje, ya que el que proporcionan en invierno es holgadamente suficiente.

Por otra parte, desearía también la Sociedad el iniciar labores de alumbramiento de aguas en otro paraje más próximo a la fábrica para disminuir así el elevado costo que supone la elevación y conducción de aguas exclusivamente desde el paraje donde ahora se alumbra.

Sobre ambos extremos va a consistir el estudio que exponemos en las páginas siguientes.

2.ª DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La disposición geológica de las series que ocupan el área de Vall de Uxó es muy interesante, tanto desde el



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN VAL DE UXÓ (CASTELLÓN)

- ① Zona de los pozos del paraje La Montañeta
- ▨ Balsa de la Montañeta
- ② Pozos del Ayuntamiento de VAL DE UXÓ
- ⊗ Zona en cuyo interior se propuso y ha efectuado el sondéo
- Q CUATERNARIO
- MIDCENO
- J₂ JURÁSICO SUP.
- J₁ JURÁSICO INF.
- ▲▲▲ TRIÁSICO Keuper

punto de vista estratigráfico como por la diversidad y violencia de los accidentes tectónicos que las afectan.

No siendo el objeto de este trabajo un estudio geológico detallado, vamos a limitarnos a exponer las características fundamentales, deteniéndonos especialmente en la descripción de aquellos factores que más estrechamente están relacionados con la hidrología subterránea.

a) *Estratigrafía.*

En el área que hemos recorrido, y que aparece representada en el mapa adjunto, afloran las siguientes series estratigráficas que enumeramos por orden de mayor a menor antigüedad:

1.º *Triásico.*

Los depósitos del Bunt-Sand-Stein, muy potentes en la región inmediatamente al Sur-Oeste de la que ahora consideramos, no llegan a aflorar en ésta, pues se hallan recubiertos por depósitos más recientes, con un espesor total suficiente para que descartemos el posible interés hidrológico de esta formación. Lo mismo podemos decir en cuanto a las calizas del Muschelkalk, que afloran también al Sur del área que ahora nos ocupa.

Mucho mayor interés presentan las formaciones arcillosas del Keuper, cuya presencia condiciona, como veremos, la circulación y concentración de aguas subterráneas en la zona.

Se presenta el Keuper con su facies característica de arcillas y margas arcillosas, en ocasiones abigarradas, pero predominando los tonos rojos. Se encuentran intercalados algunos niveles de yesos discontinuos. Aflora el Keuper en los lugares indicados en el mapa, y constituye el subs-

tratamiento de las series posteriores en toda el área que consideramos. Si bien los trastornos tectónicos de los afloramientos impiden apreciarlo con exactitud, puede estimarse el espesor del Keuper en unos 150 a 200 metros.

Sobre las arcillas del Keuper se encuentran carñolas y calizas dolomíticas del Suprakeuper; su potencia es pequeña y su comportamiento, desde el punto de vista hidrológico, puede asimilarse al de la serie jurásica que describimos a continuación.

2.º *Jurásico.*

La serie jurásica es aquí poco potente, y se encuentra evidentemente incompleta. En nuestros estudios geológicos en la región valenciana situada al Sur-Oeste de la zona que ahora consideramos hemos tenido ocasión de describir un Jurásico poco desarrollado pero muy completo, en el que se distinguen un Lías poco potente, un Dogger bien definido y un Malm calizo muy completo, en el que la riqueza de fósiles de algunos tramos nos ha permitido hacer una subdivisión detallada.

No hemos tenido tiempo ni ocasión de clasificar aquí con detalle la serie jurásica, ya que esta labor cae fuera de los límites y objeto del presente informe. Hemos distinguido, por lo tanto, sólo dos tramos de Jurásico: inferior y superior. El primero comprende, probablemente, el Lías, incompleto, y Dogger inferior, y el segundo, el Dogger superior, y quizás la parte baja del Malm.

Ambos están constituidos por calizas grises y negras, con algunas intercalaciones de calizas margosas tableadas.

En general, la serie jurásica completa, bastante fisurada, constituye un nivel hidrológico permeable.

El espesor conjunto del Jurásico en esta zona excede

poco de los 100 metros y el espesor total de la serie caliza permeable encima de las aguas del Keuper debe estimarse en unos 150 a 180 metros.

3.º *Mioceno.*

Rellenando los valles que dejan entre sí los pliegues de las series descritas se encuentran depósitos arcillosos miocenos.

Están formados por arcillas ocreas y margas arcillosas, que situamos en el Mioceno superior, posiblemente Sarmatiense-Tortoniense.

Son en general impermeables, y su espesor, variable de unos puntos a otros, oscila alrededor de los 30 metros.

4.º *Cuaternario.*

Por último, en la parte oriental de la zona recorrida, se encuentran depósitos cuaternarios. Son tierras arcillo-sabulosas ligeramente permeables. El agua que pueda circular por ellas es sólo muy somera, y por lo tanto irregular, disminuyendo considerablemente en verano, por lo que su interés es muy escaso.

b) *Tectónica.*

Como hemos dicho, la disposición tectónica de las series que acabamos de describir es en general muy violenta.

Se encuentran una serie de pliegues paralelos, orientados N.-70-W. y de los cuales los más interesantes, de Norte a Sur, son los siguientes:

- 1.º Sinclinal al Sur de la «Montañeta».
- 2.º Anticlinal de Chilches.
- 3.º Sinclinal al Oeste de la fábrica.

4.º Anticlinal del Vall de Uxó.

5.º Sinclinal al Norte del Vall de Uxó.

Todos estos accidentes aparecen representados en el mapa que acompaña a esta Memoria.

Se encuentran además una serie de roturas y contactos anormales a lo largo de algunos de los cuales aflora el Keuper.

Son los más importantes de estas roturas las que limitan los asomos jurásicos al Norte y Sur de Almenara y la que afecta al flanco meridional del primer sinclinal citado.

Inmediatamente al Oeste del Vall de Uxó los pliegues son más violentos, y existen en esta zona profusión de pequeñas roturas fácilmente visibles. Hemos representado en el mapa las más interesantes, y su posible prolongación hacia el Este por debajo del recubrimiento mioceno.

Una característica tectónica muy interesante de esta zona es la elevación hacia el Este de los ejes de los pliegues.

Puede apreciarse con facilidad en todos ellos, y da lugar a una sucesión de niveles de Oeste a Este, apareciendo hacia Oriente sucesivamente los más bajos.

Culmina esta disposición en la rama meridional del primer sinclinal, en la que llega a aparecer, en el extremo Este, el Keuper debajo de la serie Jurásica.

A continuación insistiremos en la gran importancia que, desde el punto de vista de la captación de aguas subterráneas, tiene este fenómeno.

3.º *HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA*

Vamos a estudiar ahora, brevemente, las condiciones de circulación y concentración de agua en esta zona, para

aplicar a continuación las conclusiones deducidas al problema concreto del abastecimiento de agua a la factoría.

a) *Condiciones estratigráficas y tectónicas. Circulación de aguas subterráneas.*

Acabamos de examinar las principales características geológicas de las series que afloran en esta región.

Según hemos visto, existe una formación impermeable, el Keuper, recubierta, salvo en lugares aislados en que aflora, por calizas fisuradas, por las que la circulación del agua es relativamente sencilla.

Un débil espesor de tierras arcillosas miocenas recubre en ocasiones las formaciones calizas y, por último, hacia el Este existe una somera cobertura cuaternaria, de escaso interés hidrogeológico.

Según acabamos de ver la circulación de agua subterránea se verifica especialmente a través de las formaciones calizas, cuya potencia sabemos que oscila alrededor de los 150 metros.

Esta circulación se verá guiada por los pliegues de las formaciones calizas, que forman una sucesión de anticlinales y sinclinales, orientados aproximadamente de Este a Oeste, y cuyo eje tectónico desciende de Este a Oeste, mientras que, por el contrario, el relieve topográfico desciende de Oeste a Este.

El agua forzosamente circulará por los ejes de los sinclinales y, a causa del relieve topográfico, tenderá a descender desde el Oeste, ya que la captación se realiza en las sierras occidentales, situadas a mucha mayor altura que la zona que consideramos.

Esta circulación, a través de las calizas, se verifica de una manera irregular, siguiendo las líneas de diaclasa y

planos de fractura, y aprovechando, en ocasiones, el ensanchamiento de las grietas producido por disolución y arrastre sucesivo.

Contribuye a esta circulación irregular el hecho de que el buzamiento del eje de los pliegues en la terminación oriental de los mismos sea precisamente opuesto al sentido Oeste-Este de descenso de las aguas hacia el mar.

Las aguas, por lo tanto, no pueden circular aquí a lo largo de los planos de estratificación, tan frecuentes en estas calizas tableadas, y ello explica el que, en pozos relativamente próximos, los caudales alumbrados sean muy diferentes.

Sin embargo, todo este sistema circulatorio está modificado por la presencia del Substratum de Keuper impermeable.

Como ya hemos dicho, el eje de los pliegues tectónicos tiende a buzarse hacia el Oeste, y ello produce una elevación hacia el Este del Keuper infrayacente, elevación que culmina al Este del Almenara, donde el Keuper llega a aflorar en superficie.

Cuando la profundidad de este manto impermeable de arcillas rojas coincide con el nivel hidráulico subterráneo, o es menor que él, se produce una acumulación de agua en el contacto de las calizas con las arcillas infrayacentes. Esta acumulación puede dar origen, y de hecho así ocurre al Este de Almenara y al Este de Vall de Uxó, a caudales muy considerables.

En la zona de Este de Almenara, al alcanzar el Keuper la superficie, el agua llega a aflorar y da origen a unas lagunas con caudal muy constante y alimentación subterránea.

Hacia el Oeste, el agua continúa acumulándose en el

contacto margas-calizas, en razón de la impermeabilidad de aquéllas, y de la pendiente de los ejes de los pliegues, favorable ahora a la circulación en sentido Este a Oeste.

Tenemos, en resumen, un descenso desde el Oeste de las aguas infiltradas en las grandes alineaciones montañosas que se encuentran a occidente del país que ocupamos.

Este agua encuentra su camino por los ejes de los sinclinales, que forman a modo de canales subterráneos y desciende hacia Levante por las grietas y diaclasas, pero *en contra* del sentido de buzamiento de los planos de estratificación.

Al llegar al contacto con el Keuper impermeable se detiene el agua, y—guiada por el mismo contacto Keuper-calizas—, alcanza la superficie en determinados lugares.

Se produce, indudablemente, una acumulación de aguas subterráneas en esta zona de contacto Keuper-calizas, precisamente en la parte oriental del área que consideramos, y en aquellos lugares en que, al ascender el eje de los sinclinales, impide el basamento de Keuper que continúe la circulación de agua hacia el Este.

En conjunto tenemos, por lo tanto, dos aspectos diferentes, en cuanto a la circulación y acumulación del agua subterránea.

En primer lugar, podemos considerar los ríos subterráneos que descienden desde el Oeste por los ejes de los sinclinales. La circulación se verifica de una manera irregular y discontinua por las grietas y fracturas de las calizas, y por ello la captación es difícil y aleatoria, pudiendo encontrarse pozos muy próximos con caudales diferentes.

En segundo lugar tenemos las acumulaciones de agua subterránea que se encuentran en el contacto calizas jurásicas-margas del Keuper, también en los ejes de los sin-

clinales, pero en aquellos lugares en que el Keuper asciende a causa de la inclinación de los ejes de los pliegues. El agua así acumulada será sensiblemente constante y se podrán, con bastante posibilidad, alumbrar caudales apreciables.

Examinadas, por lo tanto, las condiciones generales de circulación, vamos ahora a aplicar estos conceptos al caso concreto que nos ocupa.

b) *Zona de los pozos al Sur de la «Montañeta».*

Están situados los seis pozos que antes hemos citado precisamente en el eje del más meridional de los sinclinales que estudiamos.

El caudal del pozo número 1 alcanza los 10.000 litros por minuto en invierno y llega a quedar seco en verano. En el número 2 el caudal en invierno es de 3.000 litros por minuto y en verano de 2.000 litros por minuto. En el número 3 se alumbran 3.000 litros por minuto en invierno y 500 litros por minuto en verano; y en el número 4, 11.000 litros y 1.700 litros, respectivamente. En el número 5 se han alumbrado sólo 400 litros por minuto, y en el número 6, actualmente en construcción, da 1.700 litros por minuto y alcanza una profundidad de 61 metros.

El agua captada por todos estos pozos proviene de la circulación por el nivel de calizas jurásicas, es decir, corresponde al primero de los sistemas que antes hemos citado, y a ello obedece la irregularidad en los caudales de pozos muy próximos.

Se da, además, la circunstancia de que hacia el Este se han perforado profusión de pozos destinados al riego de los arrozales que existen en esa zona.

Aunque sus profundidades son en general menores que

las de los pozos que acabamos de citar alcanzan, en cambio, a causa de la elevación hacia oriente de los ejes de los pliegues, niveles tectónicos más bajos que aquéllos y, por lo tanto, al extraer considerables caudales en las épocas de riego del arroz, llegan a dejar prácticamente secos los pozos de la Sociedad.

Podría conseguirse en estos pozos de la Sociedad un caudal más constante e incluso mayor, si se llegase en ellos al contacto de las margas del Keuper y las calizas jurásicas.

En los pozos construídos se ha atravesado un débil espesor de recubrimiento mioceno, y se ha penetrado desde 10 a 40 metros en las calizas.

Según hemos dicho en otro lugar, el espesor total del paquete jurásico debe estimarse en unos 150 metros. Evidentemente, en la zona donde están emplazados los pozos no se atraviesa absolutamente todo el paquete, ya que las capas más altas han quedado hacia el Oeste, pero habida cuenta de la inclinación de las mismas y de los pequeños accidentes que en profundidad se pueden presentar parece prudente contar por lo menos con este espesor de calizas antes de alcanzar el contacto con el Keuper.

Resulta, por lo tanto, una profundidad excesiva para ser alcanzada mediante la profundización de los pozos, y por ello aconsejamos que en lugar de esto se perforen sondeos en el fondo de los mismos.

No siendo necesario el perforar un sondeo en cada uno de los pozos existentes, y siendo idénticas las características hidrogeológicas, en el contacto antes mencionado para cada uno de ellos, dejamos al buen criterio de la Sociedad, y a la ponderación de otros factores técnicos y económicos, la elección de en cuáles de los seis pozos se perforará el sondeo.

c) *Zona al Este de Vall de Uxó.*

Según dijimos, deseaba también la Sociedad «Silvestre Segarra e Hijos» conocer las posibilidades de alumbramiento de aguas en algún punto más próximo al emplazamiento de la fábrica.

De acuerdo con las condiciones hidrogeológicas generales antes expuestas se hallaría un emplazamiento favorable en el eje de uno de los sinclinales, y precisamente en su parte oriental, es decir, donde el substratum de Keuper asciende hacia la superficie.

Dos ejes sinclinales paralelos existen inmediatamente al Sur de Vall de Uxó. Hacia el Este, el recubrimiento mioceno impide apreciar su prolongación oriental, pero la disposición de las capas en los flancos meridional y septentrional, especialmente las calizas de la Sierra de la Punta, nos indican también que el eje de los pliegues asciende hacia el Este.

Prueba de ello tenemos además en la zona donde el Ayuntamiento de Vall de Uxó ha perforado con éxito varios pozos para abastecimiento y riego. Corresponde esta zona exactamente a la prolongación oriental del más septentrional de los dos sinclinales citados.

Creemos, por lo tanto, que sería conveniente investigar el más meridional de estos pliegues, ya que su eje pasa casi por la misma fábrica.

Consideramos interesante el realizar un sondeo en las proximidades del eje de dicho pliegue y alcanzar con él el contacto Keuper-carñolas.

A tal efecto, señalamos en el mapa una zona en la que creemos puede emplazarse el sondeo con ciertas posi-

bilidades de éxito siempre, claro está, dentro de lo aleatorio de todas estas labores.

No conviene alejarse hacia el Norte o Sur de la zona marcada para evitar las líneas de fractura que señalamos, ya que si bien pudieran suponer una vía fácil de circulación de agua, también pueden acarrear la presencia de diques de Keuper que interfieran con las condiciones generales de circulación.

Hacia el Este la elevación del eje del pliegue acentúa las posibilidades de éxito, pero creemos que no es interesante realizar otros alumbramientos en zonas alejadas de la fábrica.

4.º RESUMEN

Como resumen de cuanto llevamos expuesto, hemos establecido las siguientes conclusiones, en las que se incluye nuestro dictamen a la Sociedad «Silvestre Segarra e Hijos»:

1.ª En la zona que hemos recorrido existe una circulación subterránea de agua procedente de las alineaciones montañosas situadas al Oeste.

2.ª Esta circulación se realiza por los ejes de los pliegues sinclinales orientados sensiblemente de Este a Oeste y a través de las grietas de las calizas jurásicas.

3.ª Existe un substratum de Keuper impermeable que asciende hacia el Este. En la parte oriental de los ejes sinclinales se produce en consecuencia una acumulación de agua subterránea.

4.ª Es conveniente realizar la captación de aguas subterráneas en el contacto de las calizas jurásicas con el Keuper infrayacente. Deberá alcanzarse este contacto median-

te sondeos, cuya profundidad media se estima en unos 15 metros.

5.ª Aconsejamos la perforación, en el paraje al Sur de la «Montañeta», de dos sondeos de unos 150 metros cada uno, en el fondo de dos de los pozos allí construídos.

6.ª Aconsejamos también la perforación de un sondeo de investigación, cuya profundidad será de 200-250 metros en un punto situado en el interior de la zona rayada en el mapa. Al Este de la fábrica.

7.ª En cualquier caso, los sondeos deberán pararse al penetrar en las arcillas del Keuper.

5.º LABOR REALIZADA

Aproximadamente un año después de redactado el informe que antecede se han realizado los trabajos de alumbramiento de aguas subterráneas que describimos a continuación.

La Sociedad «Silvestre Segarra e Hijos» ha preferido iniciar las labores de captación en la zona más próxima a la fábrica; es decir, en el interior de la zona rayada que se indica en el punto 6.º del párrafo anterior.

Se ha construído en esta zona un pozo de 80 metros de profundidad, y en su fondo un sondeo de 220 metros de hondura, con lo que la profundidad total alcanzada ha sido de 300 metros.

La serie estratigráfica que han atravesado estas labores ha sido la siguiente:

De 0 a 40 mts.	Cuaternario y Mioceno Superior. Tierras arcillosas.
» 40 a 63 mts.	Arcillas del Keuper.
» 63 a 83,60 mts.	Yesos del Keuper.
» 83,60 a 93,50 mts.	Margas calcáreas del Jurásico Superior en contacto con el Keuper.

De 93.50 a 96.50 mts.	Margas calcáreas del Jurásico Superior en las que se observan todavía señales de contacto mecánico con el Keuper.
» 96.50 a 100 mts.	Calizas ligeramente margosas del Jurásico Superior.
» 100 a 112 mts.	Calizas jurásicas.
» 112 a 114 mts.	Margas calcáreas del Jurásico Superior.
» 114 a 116 mts.	Calizas margosas del Jurásico Superior.
» 116 a 204 mts.	Calizas francas, de tonos más oscuros, que deben pertenecer ya al Dogger y Lias Superior.
» 204 a 215 mts.	Calizas oscuras.
» 215 a 217 mts.	Arcillas y margas blanquecinas, correspondientes a una zona de fractura.
» 217 a 230 mts.	De nuevo calizas francas, oscuras, análogas a las anteriormente cortadas, y que deben corresponder al Dogger Superior, duplicado en el sondeo a consecuencia de la fractura anterior.
» 230 a 250 mts.	Caliza oscura, muy dura, posiblemente del Dogger.
» 250 a 300 mts.	Calizas del Dogger y Lias Superior.

Del examen de esta columna de sondeo se deduce que, tal como se había previsto en el estudio preliminar, las series estratigráficas, afectadas por una tectónica violenta, dan lugar a una serie de repeticiones y duplicaciones.

El Keuper cortado en los primeros metros de perforación, y que corresponde al afloramiento situado inmediatamente al S. O., se halla cabalgando al Jurásico Superior, que en el sondeo se atraviesa a continuación.

La serie Jurásica está duplicada por una fractura a los 216 metros que produce una repetición posiblemente desde el Dogger superior.

Probablemente existirán otras fracturas menores que no han sido puestas de manifiesto durante la perforación.

De este modo se produce una notable alteración de las condiciones teóricas.

Después del Cuaternario y Mioceno superior, y a partir de los 40 metros, debiera haberse cortado una potencia de unos 150 metros de Jurásico y unos 20 de Supra-Keu-

per, lo que, habida cuenta de la inclinación de los estratos, habría supuesto algo más de 200 metros de perforación. Es decir, que al alcanzar unos 250 metros de perforación total, debiera haberse alcanzado la zona de contacto Keuper-Jurásico, con niveles acuíferos interesantes.

Sin embargo, la presencia del Keuper cabalgando al Jurásico en los primeros metros de la perforación, y las duplicaciones de la serie jurásica debidas a las roturas ya citadas han avanzado en más de 100 metros la profundidad teórica necesaria, ya que a los 300 todavía no se ha alcanzado el contacto Infralias-Keuper.

6.º RESULTADOS ALCANZADOS

A los 140 metros en el contacto de calizas jurásicas fracturadas con margas impermeables de la misma edad, se ha cortado un interesante nivel acuífero.

En la actualidad se obtienen 400 litros de agua por minuto, que se extraen mediante una bomba vertical.

El agua asciende, naturalmente, hasta una profundidad de 55 metros, desde cuya profundidad ha de ser elevada por la bomba.

Los niveles calizos inferiores, muy permeables, apenas producen aumento sensible de caudal.

Ha sido una circunstancia desgraciada el que la mayor profundidad a que está situado el nivel de Keuper impermeable, haya impedido que en el sondeo se haya alcanzado su contacto con la serie caliza superior. El hallazgo de un caudal subterráneo apreciable, en condiciones estratigráficas muy lejos de ser perfectas nos ha confirmado que en efecto, el área sinclinal fracturada en que se han situa-

do las labores, constituye, según se supuso en el estudio geológico, una vía importante de circulación de aguas subterráneas, cuyos caudales son, además, independientes de los superficiales o someros, de los que, en este punto están aislados por el nivel superior del Keuper volcado sobre el Jurásico.

Muy probablemente, por lo tanto, en el contacto profundo Infralías-Keuper, se encontrarían caudales subterráneos superiores al atravesado. Sin embargo, la gran profundidad alcanzada ya por la perforación, no hace aconsejable su continuación.

El caudal de 400 litros por minuto no es suficiente para el abastecimiento de la factoría, pero supone una ayuda apreciable, sobre todo en verano.

La localización de las labores, en las inmediaciones de la fábrica, permite que el costo de extracción y conducción de este caudal sea mucho menor que el del agua de que hasta ahora se disponía.

Es muy probable, además, que una extracción continua facilite el acceso y circulación del agua subterránea captada en el sondeo, y produzca un aumento sensible del caudal.

Diagramas estructurales del cuarzo y mica de las rocas metamórficas de la parte oriental de la Hoja de Buitrago de Lozoya

POR

TIRSO FEBREL

TIRSO FEBREL

DIAGRAMAS ESTRUCTURALES DEL CUARZO
Y MICA DE LAS ROCAS METAMORFICAS DE
LA PARTE ORIENTAL DE LA HOJA DE BUI-
TRAGO DE LOZOYA

GEOLOGÍA GENERAL

El mapa que adjuntamos indica la extensión de la zona que hemos estudiado. Tiene por límite occidental la carretera general Madrid-Burgos, desde el kilómetro 56 al Sur, a Buitrago de Lozoya al Norte; por límite Norte el río de Lozoya desde Buitrago a las proximidades del pueblo de Serrada de la Fuente; por límite oriental una línea dirigida de Norte a Sur desde Serrada al cerro cretácico Espartera, y por límite meridional, una línea de dirección Este-Oeste del cerro antes mencionado al kilómetro 56 de la carretera general Madrid-Burgos.

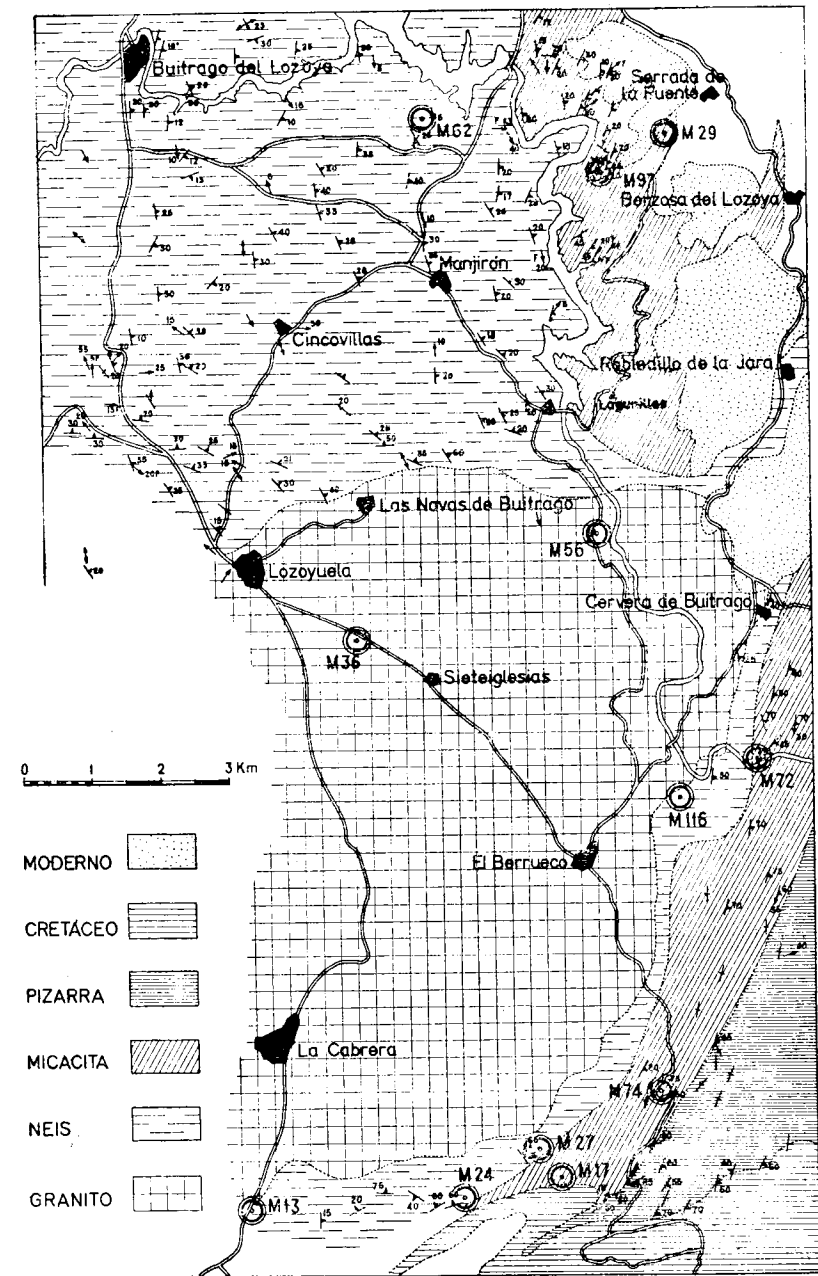
En el mismo mapa figuran los números con que designamos a las muestras orientadas, en los lugares en que fueron tomadas. A excepción de dos muestras orientadas de granito, tomadas no lejos del contacto granito-neis, las restantes pertenecen a los neises, micacitas y cuarcitas micáceas que forman la cobertura del macizo granítico de La Cabrera. En el ángulo Sureste del mapa existe una zona de pizarras, pero su cuarzo y sericita no son medibles.

Más de 200 estaciones de esta zona figuran en nuestra libreta de campo, y aunque el trabajo de conjunto tiene por finalidad la confección de la hoja geológica que no requiere un trabajo tan detallado como el necesario para preparar un buen mapa estructural, hicimos una serie de excursiones complementarias a esta zona para recopilar datos y tomar medidas que no efectuamos en un trabajo preliminar. Han merecido especial atención la orientación de la foliación en neises y esquistosidad en cuarcitas, micacitas y pizarras, toda clase de alineaciones halladas y orientación de diaclasas.

Este complejo metamórfico está formado por neises, micacitas y pizarras, en sentido decreciente de metamorfismo regional a partir del contacto con el granito. La dirección regional es N. NW.-S. SE. de Las Navas a Buitrago de Lozoya, sensiblemente N.-S. o girada algunos grados hacia el Este al Este de Manjirón, N. NE.-S. SW. en las proximidades de Cervera de Buitrago y NE.-SW. en el extremo meridional. El contacto norte granito-neis es discordante, generalmente concordante el contacto oriental granito-neis y también discordante el contacto meridional.

Las capas buzcan con persistencia hacia el Este. El complejo néisico situado al Norte de Las Navas presenta buzamientos generalmente no superiores a los 40°, mientras que al Sur de Cervera las capas buzcan con ángulos superiores, llegando a hacerse verticales e incluso a buzcar al Oeste en el extremo meridional.

La región forma parte de una aureola de metamorfismo regional, y mientras que los neises son a menudo silimaníticos, las micacitas son granatíferas y en algunos parajes, como Los Quemados, del término de Cervera, muy estaurolíticas, y las pizarras y filadios, con frecuencia otre-



Los límites geológicos han sido tomados de la Hoja n.º 484 que está en preparación.

líticos. También hemos tomado muestras de cianita en las proximidades del arroyo de San Vicente.

El tipo de neis más corriente es el neis migmatítico formado por cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa, y ambas micas por componentes principales. Su plano de foliación es bastante ondulado y tiene una buena alineación mineral formada por cuarzo o mica, o ambos componentes, que es el eje de las coronas formadas por las normales a (001) en los diagramas de mica.

Al aproximarnos al granito, el neis pierde su neta foliación y adquiere formas redondeadas de erosión análogas a las del granito; es difícil tomar en el campo la orientación de este neis, pero los diagramas de mica de muestras orientadas del mismo, indican cuál es la dirección del eje de plegamiento del afloramiento, así como la posición del plano de foliación.

Existen áreas reducidas de neis glandular, y un neis micáceo, con una neta esquistosidad, marca un tránsito de los neises migmatíticos a las micacitas. Estrechas bandas de cuarcitas o cuarcitas micáceas están intercaladas en el neis.

Las micacitas tienen un neto plano de esquistosidad y cuarzo y mica blanca por componentes principales. Como en los neises, se observa una buena alineación formada por cuarzo, mica y estaurolita, que es también eje de las coronas incompletas de los diagramas de mica y está situada en el plano S, a 90° del punto de intersección de las coronas de ejes ópticos de cuarzo (alineación B). También existen micropliegues o arrugas paralelas a esa alineación y, por tanto, al eje de plegamiento.

En diversos afloramientos de la zona de neises y micacitas hemos observado una alineación formada por peque-

ñas arrugas o micropliegues, que es más o menos normal a la alineación paralela al eje de plegamiento. Esta alineación puede justificar la rotación que en torno al eje *a* se observa en los diagramas de ejes ópticos de cuarzo.

Estrías o surcos paralelos a la dirección de movimiento (alineaciones *a*) son numerosos, pero de distribución local.

El diagrama número 28 representa los polos de los planos de foliación de neises y de esquistosidad de micacitas y pizarras.

Incluso en tierras de labor, donde no existen afloramientos, el contacto de micacitas con neises se señala con bastante precisión, porque las primeras producen, por meteorización, una tierra más rojiza que la de los neises. También existen cuarcitas interestratificadas con las micacitas. En pizarras y filadíos, secciones de otreilita forman una buena alineación B.

Tanto en neises como en micacitas existe una diaclasa *a* *c* muy neta, normal al eje de plegamiento y a la alineación mineral. Tiene, por tanto, rumbo variable, de NE.-SW. al Norte de Las Navas de Buitrago a SE.-NW. al Oeste de La Cabrera, y buza un ángulo complementario del de buzamiento de la alineación y en sentido opuesto al de este último. Existen en varios afloramientos diaclasas en aspa que se cortan según el eje B, e incluso algunas que se cortan en *a*. También hemos reconocido otros sistemas de diaclasas menos persistentes y de distribución más irregular.

Llevando a proyección estereográfica los polos de las diaclasas de la zona estudiada, veríamos que forman una corona completa, más que máximos, en las zonas en que se proyectan en el diagrama los sistemas más persistentes que hemos encontrado. Esto se debe al cambio de direc-

ción experimentado por el eje de plegamiento, de Norte a Sur, que determina una análoga rotación de las diaclasas de tensión *a c* y de las diaclasas en aspa. Para lograr diagramas más claros tendríamos que proyectar las medidas efectuadas en zonas reducidas, donde el eje de plegamiento mantiene una misma orientación.

Numerosos diques de un pórfido rosa orientados NW.-SE. se encuentran en las proximidades del contacto norte granito-neis, cortando al granito y al neis. Filones y lentejones de cuarzo y vetas aplíticas y pegmatíticas, orientados generalmente según la dirección regional, son numerosos en neises y micacitas.

Para detalles ampliatorios remitimos al lector a los trabajos publicados sobre Somosierra, alguno de los cuales citamos en la bibliografía.

DIAGRAMAS ESTRUCTURALES

Tenían por fin aclarar los siguientes puntos:

- 1) Ver qué tipo de orientación óptica mostraba el cuarzo de cuarcitas, micacitas y neises.
- 2) Detalles de la orientación dimensional de la mica de las referidas rocas y ver si existía orientación cristalográfica (*lattice orientation*) de este mismo componente. La observación detenida de muestras macroscópicas aleja toda duda que pudiera existir acerca de su orientación dimensional.
- 3) Establecer a la vista de los diagramas de cuarzo y mica la posición de los ejes de movimiento.
- 4) Ver si las fábricas de cuarzo y mica son homotácticas o heterotácticas, y si concordantes o discordantes con las estructuras macroscópicas observadas en el campo.

5) Comprobar si con el metamorfismo regional ascendente se mantiene la orientación de los componentes o si sufre alteración.

6) Cambios que experimenta la orientación del cuarzo al pasar de neis a granito.

7) Ver si la deformación experimentada por las rocas que circundan al granito obedece al modelo de los pliegues por flexión (*flexure folds*) o de los pliegues por deslizamiento (*shear folds* o *slip folds*).

Especial interés encierran los apartados 5 y 6, pues mientras que en el 5 la persistencia en la orientación de los componentes minerales indicaría que neises y micacitas pertenecen a una misma unidad tectónica, el 6 es un poderoso auxiliar en el estudio de la génesis del granito.

Vamos a describir las rocas y diagramas respectivos en orden creciente de metamorfismo regional.

Zona de las micacitas

Muestra M. 17:

La muestra macroscópica tiene un plano de esquistosidad bien definido y una buena alineación formada por laminillas de muscovita y situada, como todas las observadas en estas rocas, en el plano anterior. Al microscopio se ve que la roca tiene textura granoblástica esquistosa con cuarzo y muscovita, por componentes esenciales y granate como componente característico.

Las orientaciones o fábricas de la mica y el cuarzo de esta roca vienen representadas en los diagramas núms. 1 a 6. La homogeneidad estructural quedó probada comparando diagramas parciales de una misma lámina delgada o en diagramas preparados de láminas delgadas perpendicu-

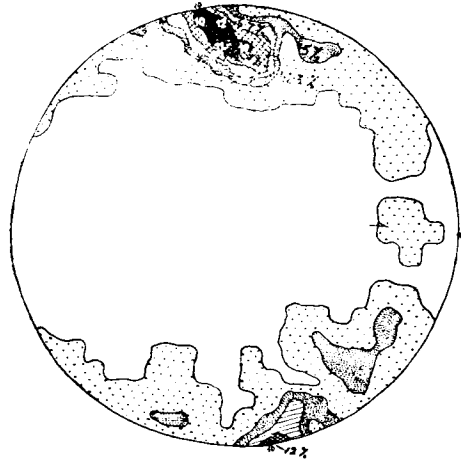


Diagrama 1 (M 17).—100 (001) de muscovita de micacita. La Cabrera (Madrid). Contornos 1, 2, 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8, 9 — 10, 11 y 12 %. Máxima concentración 12 %.

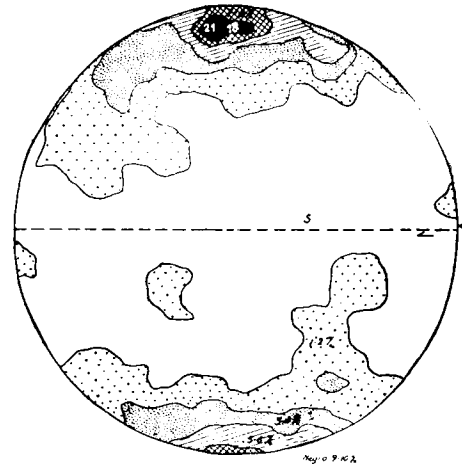


Diagrama 2 (M 17).—200 (001) de muscovita de Sección normal a la del diagrama anterior. La Cabrera (Madrid). Contornos 1, 2 — 3, 4 — 5, 6 — 7, 8 — 9, 10. Máxima concentración, 10,5 %.



Diagrama 3 (M 17).—75 [100] de muscovita de micacita (Sección C). La Cabrera (Madrid). Contornos 1 — 2, 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8 %.

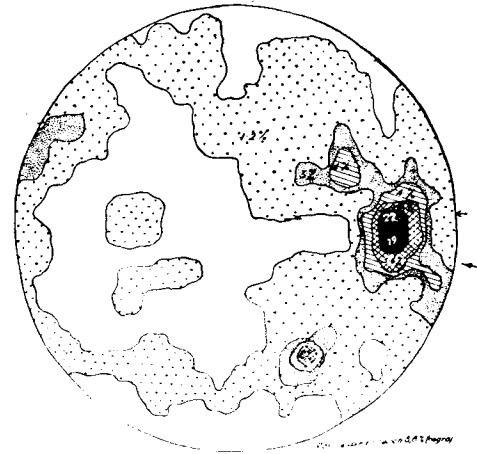


Diagrama 4 (M 17).—250 ejes ópticos de cuarzo de micacita de sección paralela a la del diagrama 1. La Cabrera (Madrid). Contornos 1, 2 — 3 — 4 — 5, 6 — 7, 8 y 9 %. Máxima concentración, 8,8 %.

lares entre sí y normales al plano S. (plano de esquistosidad) de la muestra macroscópica.

El diagrama núm. 1 de muscovita permite establecer la posición de los ejes de movimiento, que vienen representados en el diagrama núm. 6 de cuarzo. También indica que el eje *b* es un eje de rotación externa, que siguiendo la denominación tradicional llamaremos B.

La orientación dimensional de la mica, con un máximo del 12 por 100 para las normales a (001), es indudable, pero su orientación cristalográfica es dudosa, pues el diagrama núm. 3 señala que la dirección de deslizamiento [100] del mineral no muestra máximos elevados en el plano de movimiento *a* B.

Los diagramas núms. 4, 5 y 6 indican el anisotropismo de la fábrica de cuarzo, que muestra el modelo tectónico de las dobles coronas cortándose en *a* (*crossed girdles*). La comparación de los diagramas 4 y 6, preparados de dos láminas delgadas perpendiculares entre sí, desvanece toda duda que pudiera existir sobre la homogeneidad de la fábrica de cuarzo.

El diagrama núm. 4 presenta en la posición del eje *a* un máximo con una concentración máxima del 8,8 por 100 y el núm. 6, en la misma posición, otro máximo con concentración máxima del 7,2 por 100. No se puede dudar del carácter significativo de estos máximos paralelos a la dirección de transporte tectónico. Podemos resumir la fábrica de cuarzo diciendo que muestra dobles coronas con un máximo I en el punto en que se proyecta el eje *a*, dirección de transporte tectónico y punto de intersección de las coronas.

Tanto el cuarzo como la mica muestran simetría monoclinica de movimiento, siendo el plano formado por los

ejes de fábrica a y c , el plano de simetría y el tercer eje estructural B , eje de simetría.

El carácter homotáctico de las fábricas de cuarzo y mica queda probado al observar que el punto donde la corona de muscovita corta al plano de esquistosidad, posición del eje a deducido de la fábrica de mica, coincide con la posición del máximo I de cuarzo, posición del mismo eje deducido de la fábrica de cuarzo, y que el máximo de la fábrica de mica se halla en el plano bisector de las dos coronas de cuarzo, a 90° de la posición del eje a .

La muestra macroscópica tiene una buena alineación formada por laminillas de muscovita que se proyecta en la posición del eje B de los diagramas de mica y cuarzo. Esto demuestra que es una alineación B , normal a la dirección de transporte tectónico y también la coincidencia de los cuadros dinámicos representados por la mica y el cuarzo, con el observado en el campo.

En el diagrama núm. 6 representamos la proyección del plano horizontal con la posición de las coordenadas geográficas Norte (N.) y Este (E.).

La dirección del eje de plegamiento, deducida de los diagramas de fábrica, es de $138^\circ-12^\circ$.

La fábrica de cuarzo pertenece al esquema de las dobles coronas con ejes de rotación normales entre sí $B \perp B'$. Suponemos, dada la analogía simétrica que existe entre los diagramas de cuarzo y mica, estos últimos representativos de una única deformación, y el análogo desarrollo logrado por las coronas de cuarzo, que estas últimas son debidas a una misma deformación y no a dos distintas deformaciones.

Muestra M. 74:

Es una cuarcita micacea cataclástica. El reducido tamaño del cuarzo y la mica hizo que la medición tuviese que ser efectuada con el objetivo U.M. 3 X. 20. Tiene por principales componentes cuarzo y sericita y la magnetita es un accesorio abundante.

Fue cogida en una trinchera de la carretera Torrelaguna-El Berrueco, en zona donde las micacitas están muy replegadas y muestran diaclasas en aspa, cortándose según el eje de plegamiento.

Las fábricas de mica y cuarzo vienen representadas en los diagramas núms. 7 a 9; obsérvese la analogía que tienen estos diagramas con los de la roca anterior.

El diagrama de sericita muestra una corona incompleta en torno al eje B , que es un eje de rotación externa, con un máximo elevado en la posición del eje c . El grado de rotación es inferior al que presentaba el diagrama de muscovita de la roca anterior. Simetría monoclinica de movimiento.

El diagrama de sericita fija la posición de los ejes de fábrica. El eje B es el eje de la corona, el c viene determinado por la posición estadística del máximo de las normales al plano de esquistosidad y el a ocupa el lugar en que la corona corta al plano de esquistosidad.

Los diagramas de cuarzo reproducen el modelo de las coronas cruzadas, ya observado en la muestra M 17. El máximo I , paralelo a la dirección de transporte tectónico, no aparece en este diagrama, y es que para definir la posición de un máximo se requieren muchos más puntos que para determinar la de las dos coronas.

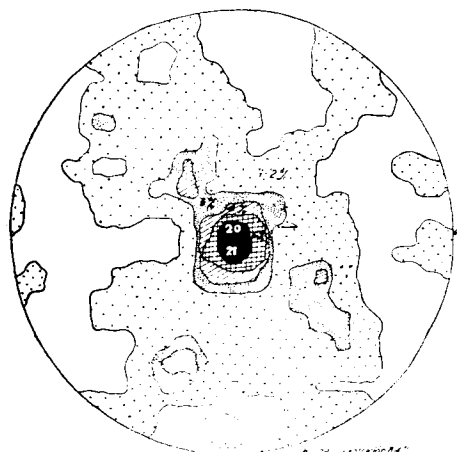


Diagrama 5 (M 17).—Diagrama anterior girado 60° para situar el máximo en el centro de proyección (Sección A). Contornos 1, 2 — 3 — 4 — 5, 6 — 7 y 8 %. Máxima concentración, 8,4 %.

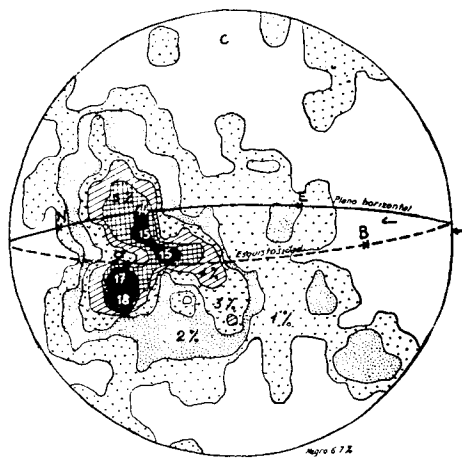


Diagrama 6 (M 17).—250 ejes ópticos de micacita (Sección normal a la de los diagramas 1 y 4). La Cabrera (Madrid). Contornos 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 y 7 %. Máxima concentración 7,2 %.

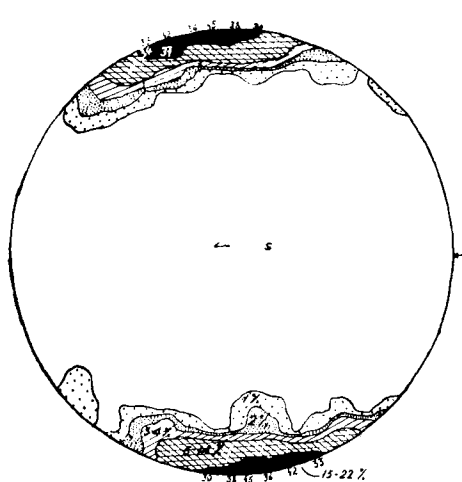


Diagrama 7 (M 74).—200 (001) de sericita de cuarcita micácea cataclástica. Carretera Torrelaguna-El Berrueco. Contornos 1 — 2 — 3, 4 — 5 al 14 — 15 al 22 %. Máxima concentración, 22,5 %.

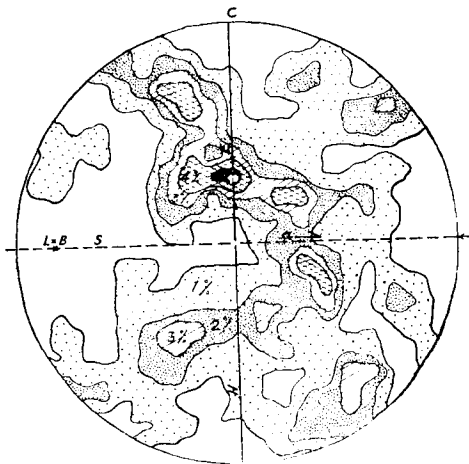


Diagrama 8 (M 74).—200 ejes ópticos de cuarzo de la misma cuarcita de Sección normal a la del diagrama anterior. Contornos 1 — 2 — 3 — 4 — 5 %.

Comparando los diagramas núms. 8 y 9, este último preparado de una lámina delgada normal a la del anterior, fácilmente observamos la homogeneidad de la fábrica de cuarzo. Los planos de las coronas forman ángulo agudo en la dirección del eje *c*.

Como en el caso de la mica, el diagrama de cuarzo permite establecer las posiciones de los ejes de fábrica, que concuerdan con las deducidas en los diagramas de mica que son homotácticos con los de cuarzo.

En el diagrama núm. 8 representamos la proyección del plano horizontal, normal a la esquistosidad, que es vertical, y las posiciones del Norte (N.) y Este (E.) geográficos.

En el plano de esquistosidad existe una débil alineación orientada N. 60 E. - S. 68, cuya proyección en los diagramas ocupa la posición del eje B (alineación B).

El análogo desarrollo alcanzado por las dos coronas de cuarzo favorece la hipótesis de que esta fábrica responda a una única deformación y no a la superposición de una segunda deformación sobre otra anterior.

La única superficie estadística deducida de los diagramas de fábrica de las dos rocas estudiadas, y especialmente del de mica, es la superficie visible en muestra macroscópica y representada en los diagramas de mica por el máximo de las normales al plano basal.

Muestra M 97:

De un pequeño boudin de cuarzo segregado en micacitas.

Está formado exclusivamente por un cuarzo granoblástico, suturado, de buen tamaño de grano y cuya medición puede efectuarse fácilmente con el objetivo UM 1 × 5. El

cuarzo tiene alargamiento paralelo a la alineación del boudin.

El diagrama núm. 10 de cuarzo, preparado de lámina delgada perpendicular al alargamiento del boudin, reproduce el cuadro tectónico de las coronas cruzadas, con máximo I, según la dirección de transporte tectónico. Las coronas de cuarzos son más incompletas que en diagramas anteriores, y esto indica un menor grado de rotación externa.

La concordancia de los campos dinámicos macroscópico y microscópico queda probada al observar la simetría del diagrama de ejes ópticos respecto al centro, proyección del eje del boudin. Del diagrama de cuarzo se deduce la posición de los ejes de fábrica que se proyectan en la periferia del diagrama, los *a* y *c*, y en el centro, el eje B de rotación externa.

Muestra M 29:

De los diagramas de cuarzo y mica de las rocas anteriores se deduce que el eje de plegamiento es un eje de rotación externa, pero también es cierto que en el campo se encuentran buenos ejemplos de pliegues por deslizamiento (*shear folds*) en cuarcitas y micacitas, donde el eje del pliegue ha debido de actuar como eje de rotación interna.

La muestra macroscópica M 29 presenta un pliegue de reducidas dimensiones en cuarcita micácea, que tiene un neto cruceo de fractura (*fracture cleavage*). El pliegue muestra adelgazamiento en las ramas y ensanchamiento en la cresta, la mica no tiene orientación dimensional según la estratificación, sino paralelamente al cruceo y pequeños micropliegues concordantes con el principal, muestran pequeños saltos o discontinuidades en los puntos en que son

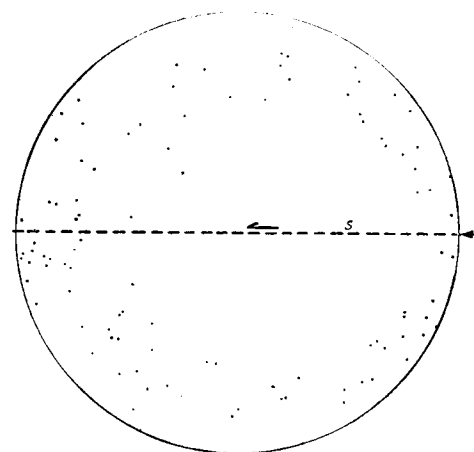


Diagrama 9 (M 74).—100 ejes ópticos de cuarzo de Sección normal a la del diagrama anterior.

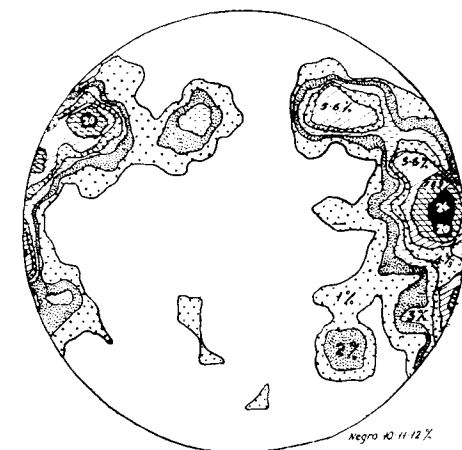


Diagrama 10 (M 97).—200 eje ópticos de cuarzo de un «boudin» en micacita (Sección B). Serrada de la Fuente Contornos 1 — 2 — 3 — 4 — 5, 6 — 7, 8, 9 — 10, 11 y 12 %. Máxima concentración. 12 %

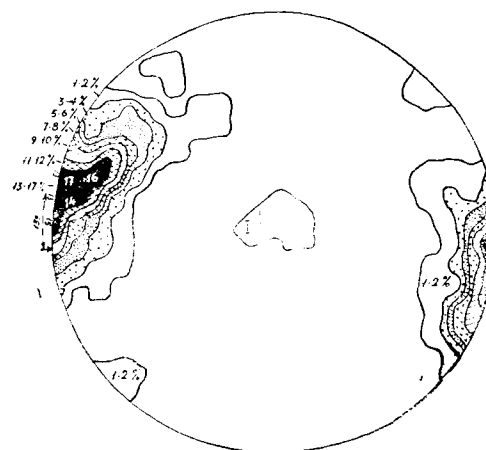


Diagrama 11 (M 29).—100 (001) de muscovita de la rama I del pliegue representado en el centro. Cuarcita micácea plegada (Sección B). Serrada de la Fuente. Contornos 1, 2 — 3, 4 — 5, 6 — 7, 8 — 9, 10 — 11, 12 — 13 al 17 %

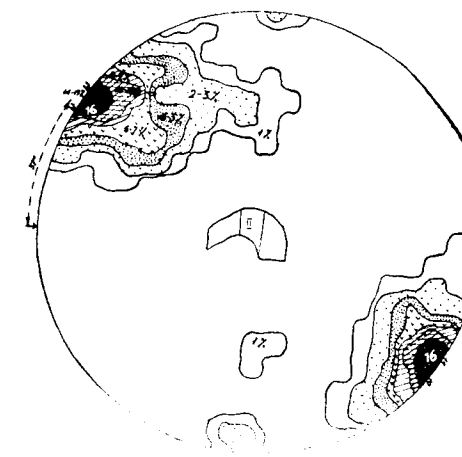


Diagrama 12 (M 29).—100 (001) de muscovita de la cresta II del pliegue anterior. Contornos 1 — 2, 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8, 9 — 10 al 13 — 14 al 19 %.

ortados por el crucero. Todas estas características estructurales son propias de los pliegues de deslizamiento (*shear folds*).

Los diagramas núms. 11, 12 y 13 representan la orientación de las normales al crucero basal de la mica en las dos ramas y el núcleo del pliegue principal. Los diagramas 12 y 13 son prácticamente homogéneos, y los máximos que representan la posición estadística del crucero de fractura se encuentran a 37° y 40° , respectivamente, del índice del diagrama; por el contrario, en el diagrama núm. 11 el máximo de mica se encuentra girado veintitantos grados respecto a la posición que ocupa en los anteriores. Los diagramas de mica indican que ha existido rotación externa alrededor del eje del pliegue, pero al mismo tiempo prueban el control ejercido por el crucero de fractura. La reducida dimensión de las laminillas de muscovita nos impidió medir la dirección de deslizamiento del mineral en secciones paralelas al plano de deslizamiento.

El diagrama núm. 14 representa la proyección de 400 ejes ópticos de cuarzo del núcleo y ramas del pliegue. Parte de su orientación, las dos zonas del 3 por 100 que ocupan posición diagonal, parece ser debida al tipo de deformación que origina los pliegues por deslizamiento. Esas zonas ocupan la posición del máximo III, que supone que el cuarzo se haya situado con el plano del romboedro paralelo al de deslizamiento, y la arista de intersección del romboedro con el pinacoide base o con el prisma ($10\bar{1}0$) paralela a la dirección de deslizamiento. Al hablar de romboedro nos referimos tanto al positivo ($10\bar{1}1$) como al negativo ($01\bar{1}1$). La separación de los máximos diagonales del centro de proyección concuerda con el ángulo formado por la normal al romboedro y el eje óptico.

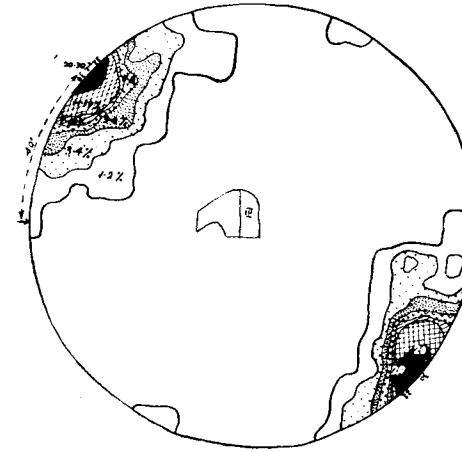


Diagrama 13 (M 29).—100 (001) de muscovita de la rama III del pliegue anterior. Contornos 1, 2 — 3, 4 — 5, 6 — 7, 8 — 9, 10 — 11 al 19 — 20 al 30 %



Diagrama 14 (M 29).—400 ejes ópticos de cuarzo de las ramas y la cresta del pliegue anterior (Sección B). Contornos 0.5 — 1 — 1.5 — 2 — 3 %. Máxima concentración, 3,25 %.

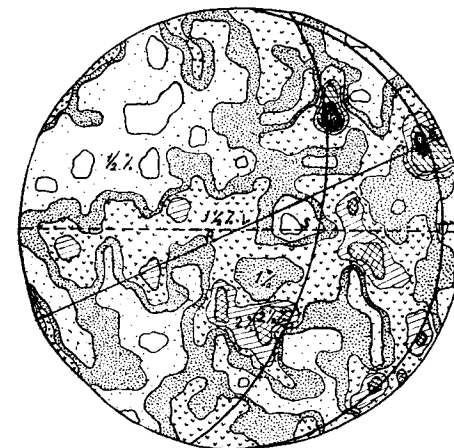


Diagrama 15 (M 72).—300 ejes ópticos de cuarzo de neis en zona de falla (Sección B). Cervera de Buitrago. Contornos 0.5 — 1 — 1.5 — 2 — 2.5 — 3 %. Máxima concentración, 3,3 %.

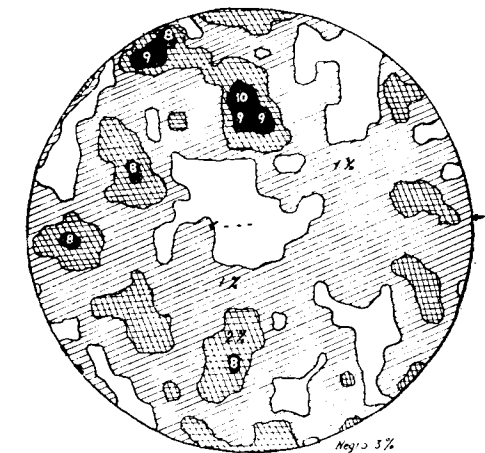


Diagrama 16 (M 27). 300 ejes ópticos de cuarzo de neis migmatítico (Sección B) La Cabrera. Contornos 1 — 2 — 3 %. Máxima concentración 3,3 %.

El resto de la orientación de los ejes ópticos de cuarzo parece formar una incompleta corona en torno al eje de plegamiento, que supone rotación externa en torno al mismo eje.

Como se ve, análogas conclusiones se deducen de los diagramas de cuarzo y mica.

Muestra M 72:

La muestra macroscópica cogida en un afloramiento situado en las márgenes del río Lozoya tiene una buena alineación mineral formada por cuarzo y laminillas de mica y orientada N10E.-O°. Dos diaclasas en aspa orientadas N70E → N70° y N70W → S85 aparecen muy netas, y no hay duda de que son planos de deslizamiento (*shear planes*), ya que hemos observado vetas de cuarzo desplazadas hasta dos metros, según esos planos. El río Lozoya, en las proximidades, tiene un curso en zig-zag según esas direcciones de falla.

Es una cuarcita micácea con buena proporción de materia arcillosa bajo la forma de agregados sericíticos no medibles. El feldespato es muy escaso. El cuarzo muestra buen tamaño de grano, alargamiento según la alineación de la muestra macroscópica y recristalización postectónica sin extinción ondulosa o fisuras.

El diagrama núm. 15 de ejes ópticos del cuarzo de esta roca es mucho más impreciso que todos los estudiados. La ausencia del neto anisotropismo de los diagramas anteriores puede ser atribuido a los efectos de la recristalización postectónica observada en el cuarzo, a la abundancia de mica, que pudo determinar que el cuarzo reaccionase pasivamente a la acción de presiones, o al hecho de haber sido

cogida en una zona de falla, donde movimientos posteriores pudieron modificar la primitiva fábrica de cuarzo.

Ya veremos al estudiar la fábrica de cuarzo en rocas neísicas, que las dos primeras hipótesis no parecen ser responsables de la pérdida de la orientación regional del cuarzo de esta muestra; en neises o en cuarcitas intercaladas con neises, la orientación regional del cuarzo sufre un debilitamiento que sólo podemos atribuir a los efectos de una recristalización postectónica, pero la disminución de orientación nunca supone pérdida total de esta última, y los diagramas preparados de láminas delgadas normales a la alineación mineral muestran siempre un área nula alrededor del centro de proyección, que corresponde al espacio libre entre las coronas de ejes ópticos que se cortan en *a*. Ese espacio libre no se reconoce en el diagrama núm. 15, donde suponemos que la primitiva orientación del cuarzo ha sido modificada por movimientos posteriores en esta zona de falla. El hecho de que las proyecciones de las dos superficies de deslizamiento observadas en el campo pasen por las dos mayores concentraciones del 3 por 100 y 3,3 por 100 del diagrama es también significativo.

Clara simetría triclinica de movimiento debida a la superposición de una deformación sobre una antigua fábrica.

Zona de los neises

Muestra M 27:

Tiene una buena alineación mineral formada por cuarzo y mica. El plano de foliación es mucho menos neto que el de esquistosidad de las micacitas.

Al microscopio vemos que la roca es un neis silimaní-

tico, cuyos componentes principales son cuarzo, feldespato (feldespato alcalino y plagioclasa) y ambas micas. Se reconocen secciones de granate que sobreviven en esta zona superior de la silimanita. En lámina delgada normal a la alineación de la muestra macroscópica, no se ve alargamiento de las secciones de cuarzo, que sin duda se observaría en láminas delgadas paralelas a la alineación, que no han sido preparadas.

La lámina indica, sin necesidad de preparar diagramas de fábrica, que la roca es una tectonita B. La biotita hubiera sido fácilmente medible (no hemos preparado diagramas de biotita), pero la mica blanca forma agregados complejos que hacen imposible su medición. El cuarzo es fácilmente medible aun con los objetivos U.M. de menores aumentos. Muestra recristalización postectónica con buen tamaño de grano y sin indicios de deformación.

Los diagramas de ejes ópticos núms. 16 y 17 indican que la fábrica de cuarzo es mucho más difusa que la de las micacitas, pero es indudable que obedece al mismo modelo tectónico de las coronas cruzadas, sobre todo en el diagrama de puntos núm. 17, en que aquéllas aparecen bien netas. Obsérvese las áreas cero que rodean al centro de proyección del diagrama núm. 16, que son características de los diagramas de ejes ópticos de cuarzo de rocas neisicas. No debe atribuirse carácter significativo a las concentraciones del 3 por 100, debidas a la existencia de superindividuos o agregados cuarzosos, cuyos componentes individuales muestran análoga orientación óptica.

El anisotropismo de los diagramas, a pesar del debilitamiento de la fábrica regional del cuarzo, es indudable. Atribuimos tal debilitamiento a la recristalización postectónica observada en el cuarzo, pues no hemos

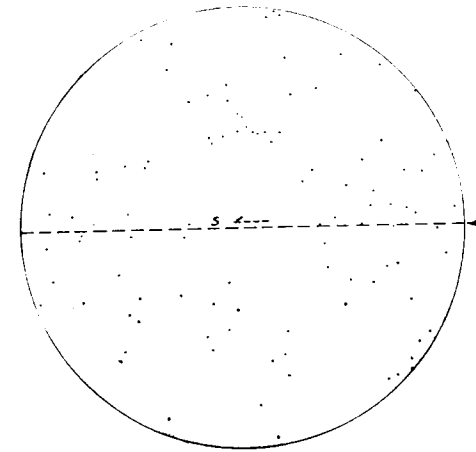


Diagrama 17 (M 27).—Uno de los 3 diagramas parciales de 100 puntos de que está formado el anterior

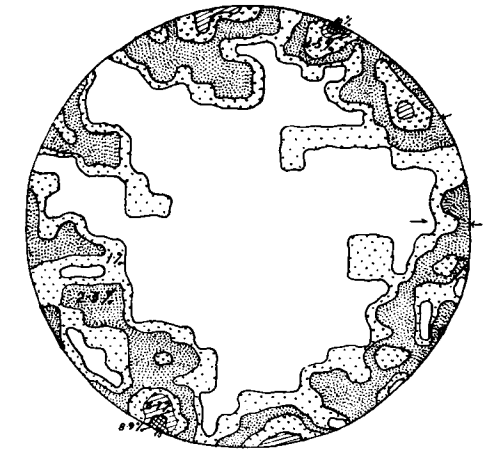


Diagrama 18 (M 24).—100 (00°) de muscovita de neis migmatítico (Sección B). La Calvera. Contornos 1 — 2 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8, 9 — 10 %.

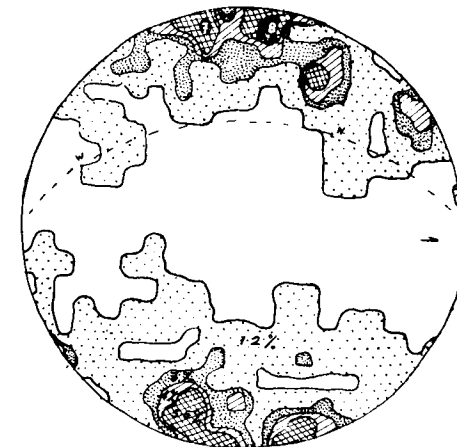


Diagrama 19 (M 24).—100 (00°) de biotita del mismo neis (Sección B). Contornos 1, 2 — 3 — 4 — 5, 6 — 7 y 8 %.

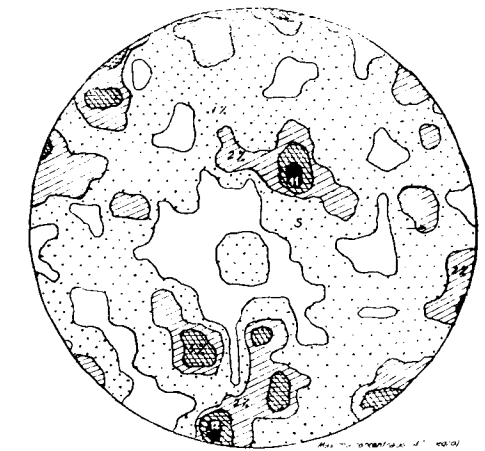


Diagrama 20 (M 24).—200 ejes ópticos de cuarzo del mismo neis (Sección B). Contornos 1 — 2 3 — 4 %.

de suponer que en rocas neísicas, formadas por varios componentes, el cuarzo haya actuado de manera pasiva, pues el mismo hecho se observa en cuarcitas interestratificadas con neises.

Muestra M 24:

Cogida en un afloramiento próximo al de la roca M 27.

De análogas características de textura y de composición que las mencionadas para M 27. Cuarzo y ambas micas son fácilmente medibles.

Los diagramas núms. 18 y 19 representan la proyección de las normales a los cruceros basales de muscovita y biotita, respectivamente.

La comparación de estos diagramas con los obtenidos de la mica en micacitas es interesante. Allí, las normales al plano basal formaban un máximo elevado, que representaba la posición estadística del referido plano basal, y se extendían en una corona parcial, mientras que aquí no existen máximos elevados y las coronas son completas. Esto significa que el movimiento tectónico de la zona de neises ha sido mucho más intenso que el de la zona de micacitas. La fábrica de mica en las micacitas era una fábrica de tránsito entre la de las tectonitas S y la de las tectonitas B, y aquí es la fábrica típica de una tectonita B.

La corona de biotita es mucho más difusa que la de muscovita, que permite la rápida determinación de las posiciones de los ejes de fábrica, de los que el *a* y el *c* son periféricos y el *B*, eje de rotación externa, ocupa el centro de la proyección. Existen dos principales concentraciones del 10 por 100 y 7 por 100 en la muscovita y del 8 por 100 y 7 por 100 en la biotita que, aunque no coincidentes, ocupan análogas posiciones en ambos diagramas. Supo-

nemos que esos submáximos, más que definir superficies *S* a ellos normales, sean debidos a ondulaciones del plano de foliación. Los máximos de muscovita son más significativos que los de biotita. El diagrama núm. 20 de ejes ópticos de cuarzo reproduce, con la parte central ocupada por el área cero, aunque de modo atenuado, el cuadro de las coronas cruzadas.

En el diagrama núm. 19 representamos la proyección del plano horizontal y del Norte (N) y Oeste (W) geográficos.

Muestra M 13:

De un neis migmatítico cogido en un afloramiento situado junto al contacto granito-neis, donde este último corta a la carretera general Madrid-Burgos.

Tiene por componentes esenciales cuarzo, plagioclasa y biotita y son accesorios ortosa, silimanita y muscovita.

Los diagramas núms. 21 y 22 representan las proyecciones de las normales al plano basal de la mica. Las coronas son análogas a las obtenidas para el mismo mineral en la roca anterior. El máximo principal aparece desdoblado en dos submáximos, en el diagrama núm. 22, y que la corona sea tan completa indica transporte tectónico y rotación en torno a *B*. Los dos diagramas núms. 21 y 22 expresan la homogeneidad de la corona *a c* y no homogeneidad de los submáximos debidos a ondulaciones del plano de foliación.

Los diagramas de biotita nos permiten determinar la posición de los ejes de fábrica. La posición estadística del plano de foliación es el círculo máximo que tiene por polo el área de máxima concentración. En el diagrama núm. 22 hemos representado la posición de los ejes de fábrica y en

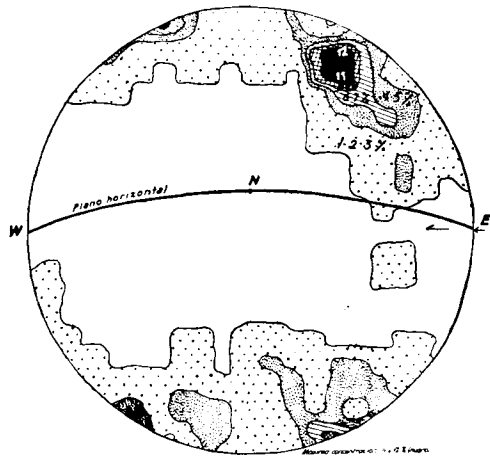


Diagrama 21 (M 13).—100 (001) de biotita de neis migmatítico. Km. 54 de la carretera Madrid-Burgos. Contornos 1 — 2, 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8, 9 — 10, 11 y 12 %.

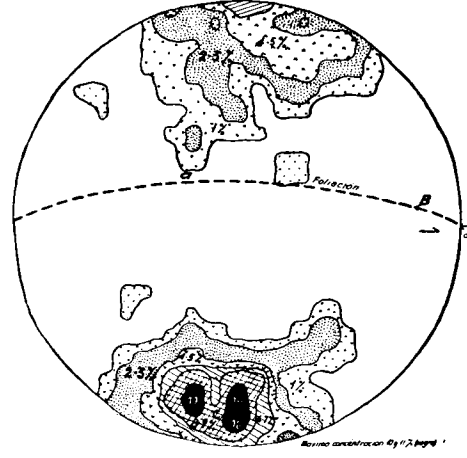


Diagrama 22 (M 13).—150 (001) de biotita en Sección normal a la del último diagrama. Contornos 1 — 2, 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8, 9 — 10 y 11 %.

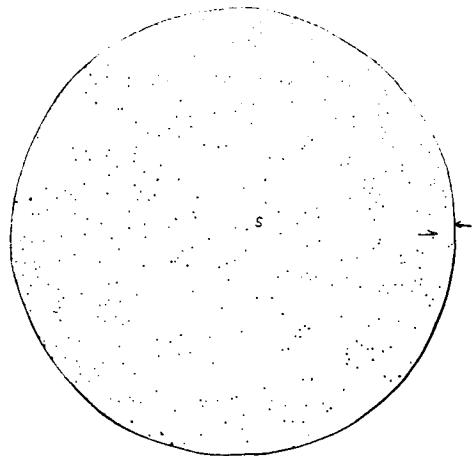


Diagrama 23 (M 13).—350 ejes ópticos de cuarzo de neis migmatítico (Sección B).

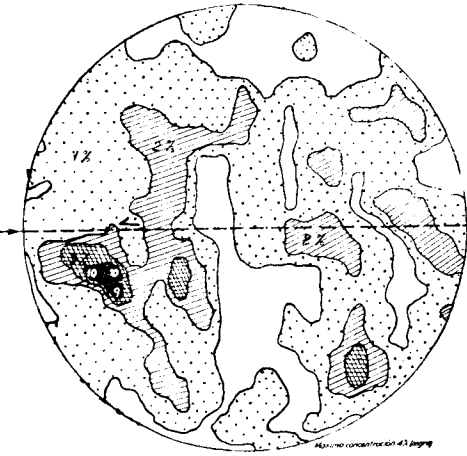


Diagrama 24 (M 62).—250 ejes ópticos de cuarzo de cuarcita (Sección A) Buitrago de Lozoya. Contornos 1 — 2 — 3 — 4 %

el 21 la proyección del plano horizontal, y de las coordenadas geográficas Oeste (W), Norte (N) y Este (E).

La orientación del eje de plegamiento, deducida del diagrama de biotita, es 326°-12°.

Al observar minuciosamente la muestra macroscópica vemos que existe una débil alineación de láminas de biotita que en el diagrama de mica se proyecta en la posición del eje B. Esto indica que esa alineación es paralela al eje de plegamiento (alineación B) y no a la dirección de movimiento.

El diagrama núm. 23 de ejes ópticos de cuarzo es muy impreciso, y a simple vista parece isotrópico. Si aplicamos la prueba estadística de χ^2 (*chi square test*), suponiendo dividida el área total del diagrama en diez áreas parciales Si a

$$Si = \frac{S}{10} = \frac{\pi 10^2}{10} = \frac{\pi 100}{10} = 10\pi$$

cada una de las cuales corresponde una frecuencia teórica m_r ,

$$m_r = \frac{n.^{\circ} \text{ total de puntos}}{10} = \frac{350}{10} = 35$$

y llamamos m_r a la frecuencia efectiva, tendremos :

Áreas	\bar{m}_r	m_r	$\bar{m}_r - m_r$	$(m_r - \bar{m}_r)^2$
1	40	35	5	25
2	39	35	4	16
3	49	35	14	196
4	34	35	-1	1
5	41	35	6	36
6	27	35	-8	64
7	40	35	5	25
8	16	35	-9	81
9	26	35	-9	81
10	28	35	-7	49

$$\chi^2 = \left[\frac{(m_r - \bar{m}_r)^2}{m_r} \right] = \frac{574}{35} = 16,4$$

Para los niveles $P=0,05$ y $P=0,01$ y $v=9$ (número de grados de libertad).

$$\begin{array}{ll} P=0,05 & \chi^2=16,919 \\ P=0,01 & \chi^2=21,666 \end{array}$$

Vemos, por tanto, que existe una probabilidad algo mayor de $\frac{1}{20}$ para obtener una disposición como la representada por los ejes ópticos de cuarzo de una población isótropa; esto nos hace suponer que el cuarzo carece de orientación y, por tanto, que su fábrica es isótropa.

Veamos, sin embargo, que este isotropismo es más aparente que real y debido al modo en que hemos operado. La prueba estadística χ^2 tiene en cuenta el valor absoluto de las diferencias $\overline{m_r}-m_r$, pero no su signo, y si vemos que las primeras diferencias son positivas y las últimas negativas y tenemos en cuenta que el área 1 es periférica y la 10 es central, aquello significa que existen frecuencias por encima de la teórica en áreas periféricas e inferiores en áreas centrales y, por tanto, el diagrama de ejes ópticos tiende a reproducir, de modo muy atenuado, el área central nula de diagramas anteriores.

La aplicación de la misma prueba estadística en el diagrama de cuarzo de la roca anterior M 24 demuestra que su orientación es anisótropa. Ya vimos que al pasar de micacitas a neises el cuarzo perdía su neta fábrica regional que en los últimos, aunque existente, era más difusa; ahora vemos que al aproximarnos al granito, el cuarzo de los neises termina por perder su orientación y acaba por mostrar una fábrica aparentemente isótropa. La pérdida de orientación del cuarzo varía en razón directa a su grado de recristalización.

Muestras M 62 y M 116:

Estas dos cuarcitas fueron cogidas en la zona de los neises, con objeto de averiguar si en esta zona el cuarzo de rocas prácticamente monominerálicas experimentaba la misma disminución de orientación observada en neises, en cuyo caso la hipótesis de que en rocas formadas por varios componentes el cuarzo hubiera podido responder pasivamente a la deformación debía ser descartada.

La roca M 62 es una cuarcita micácea con cuarzo por componente esencial y muscovita, grafito y magnetita por accesorios. La muestra macroscópica tiene una débil alineación formada por laminillas de mica situada en el plano de esquistosidad. El cuarzo muestra recristalización post-tectónica.

La roca M 116 tiene cuarzo y muscovita por componentes esenciales, y plagioclasa y magnetita de accesorios. El cuarzo tiene tamaño de grano más reducido que el de la última roca.

Los diagramas núms. 24 y 25 muestran un anisotropismo mucho más débil que los correspondientes de las micacitas. Orientación más neta en el diagrama núm. 25, donde podemos vislumbrar la posición de las dos coronas cortándose en la periferia del diagrama, sin duda debida al menor grado de recristalización mostrado por las secciones de cuarzo.

Zona del granito

Una de las dos muestras graníticas orientadas fué cogida no lejos del contacto oriental granito-neis, y la otra, más al interior, en una cantera situada junto a la carretera Lozoyuela-Sieteiglesias.

Sería muy difícil reconocer un tránsito de la fábrica de cuarzo en neises a la de este mineral en granitos, en caso de que tal tránsito existiera, si tenemos en cuenta que la orientación del cuarzo en neises ya es muy difusa. Opinamos que los diagramas de mica serían más útiles para aclarar este punto, siempre que en el campo sean cogidas muestras de granito más próximas al contacto granito-neis que las tomadas por nosotros, pues en estas últimas la mica no tiene orientación dimensional apreciable.

Muestra M 56:

La muestra macroscópica tiene una débil alineación debida a un ligero alargamiento de las secciones de cuarzo, según la arista de intersección de dos diaclasas en aspa orientadas N. 25 E. - E. 45 y N. 45 E. - W. 55. Otra diaclasa muy neta orientada N. 50 W. - 90° parece desempeñar el papel de una diaclasa *a c.* Al microscopio, la roca tiene textura granitoidea, y cuarzo, ortosa perfitica, oligoclasa y biotita parda, fuertemente pleocroica, por componentes esenciales.

El diagrama núm. 26 de ejes ópticos de cuarzo, a donde hemos llevado la proyección del plano horizontal y de las tres diaclasas medidas en el afloramiento, indica que las áreas de mayor concentración se sitúan en las proximidades de los dos planos de diaclasa en aspa que se cortan en I., polo de la alineación de cuarzo.

Muestra M 36:

La muestra macroscópica tiene una estructura aparentemente isotrópica. Microscópicamente la roca tiene textura granitoidea y los mismos componentes de la anterior.

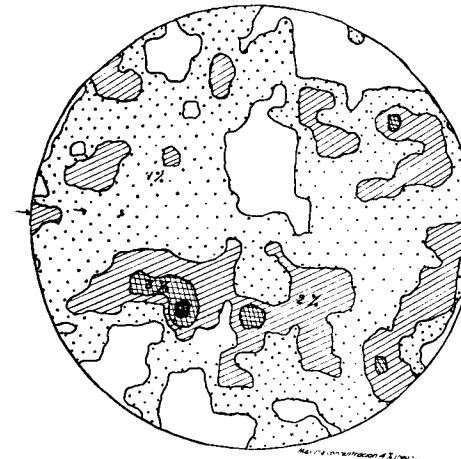


Diagrama 25 (M 116).—300 ejes ópticos de cuarzo de cuarcita (Sección B) El Berrueco. Contornos 1 — 2 — 3 — 4 %. Máxima concentración, 4 %

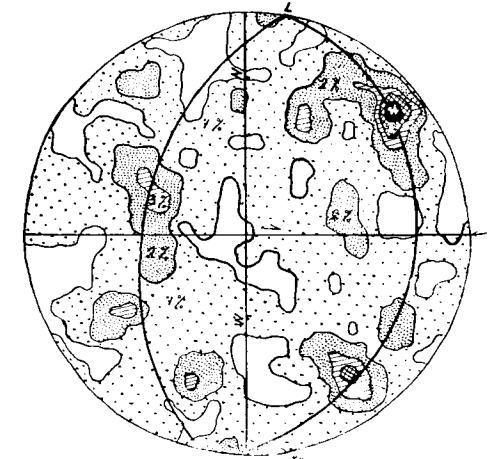


Diagrama 26 (M 56).—280 ejes ópticos de cuarzo de granito. Las Navas Contornos 1 — 2 — 3 — 4 — 5 %.

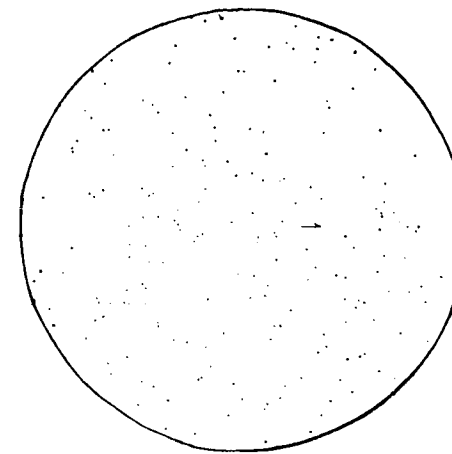


Diagrama 27 (M 36).—200 ejes ópticos de cuarzo de granito. Lozoyuela. Contornos 1 — 2 — 3 — 4 — 5 %.

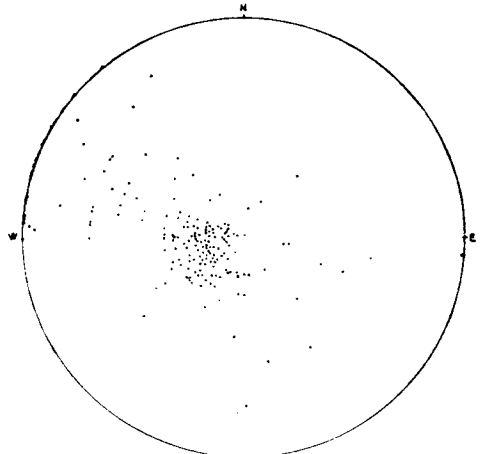


Diagrama 28.—Polos de los planos de esquistosidad y foliación de la zona estudiada

El diagrama núm. 27 de ejes ópticos de cuarzo presenta una fábrica aparentemente isótropa.

CONCLUSIONES

1) En la zona de las micacitas el cuarzo muestra una buena fábrica o estructura regional, compuesta de dos coronas que se cortan en el eje *a* (fábrica de tectonitas con $B \perp B'$). Suele contener un máximo *I* paralelo a la dirección de transporte tectónico.

Al pasar a la zona de los neises, la orientación del cuarzo se debilita, pero su fábrica sigue siendo anisótropa, y algunos diagramas reproducen con fidelidad el esquema de las dobles coronas, cortándose en *a*. Al aproximarnos al contacto granito-neis, el cuarzo pierde su orientación, y su fábrica se hace isótropa. No vemos otra justificación para la pérdida de orientación que experimenta el cuarzo, que una recristalización que actuó con posterioridad al período en el que el cuarzo adquirió su orientación.

En la zona de las micacitas, los diagramas de cuarzo son de suma utilidad para fijar la posición de los ejes de fábrica y ver la naturaleza de las alineaciones halladas en el campo. Así hemos determinado que todas las alineaciones minerales encontradas son alineaciones *B*, paralelas al eje de plegamiento.

El cuarzo muestra en las micacitas simetría monoclinica de movimiento, que se transforma gradualmente en triclinica al aproximarse al granito.

2) La mica tiene orientación dimensional. No hemos reconocido orientación cristalográfica.

En la zona de las micacitas, los diagramas de mica tienen un máximo en la posición estadística del plano de es-

quistosidad, y muestran tendencia a abrirse en una corona incompleta, paralela al plano estructural *a c*, fábrica de tránsito entre la de las tectonitas *S* y la de las tectonitas *B*. Definen al eje *b* como eje de rotación externa (*B*), determinan la posición de los ejes de fábrica y del eje de plegamiento y la naturaleza de las alineaciones halladas en muestra macroscópica.

En la zona de neises la mica tiende a desarrollar coronas completas, fábrica de tectonitas *B*, y, por consiguiente, sus máximos muestran menores concentraciones; compárese el máximo del 22,5 por 100 del diagrama núm. 7 con el máximo del 12 por 100 del diagrama núm. 21. El desarrollo de coronas está en razón directa con el grado de deformación sufrido.

La muscovita muestra máximos con mayores concentraciones y coronas más netas que las de la biotita, lo que supone que la muscovita ha resistido a la deformación más que la biotita.

Las mismas determinaciones que hacíamos con los diagramas de mica en las micacitas pueden hacerse en los neises. La mica muestra simetría monoclinica de movimiento en micacitas y neises.

3) Cuando el cuarzo muestra orientación y su fábrica es anisótropa, las fábricas de cuarzo y mica son homotácticas entre sí y concordantes con el cuadro de movimiento observado en el campo. El análogo desarrollo que presentan las dos coronas de cuarzo y la concordancia entre los diagramas de mica y cuarzo hace suponer que la fábrica de cuarzo haya sido originada por una sola deformación.

4) Los diagramas de mica indican que el eje de plegamiento es un eje de rotación externa y que en los neises el transporte tectónico ha sido más intenso que en las mi-

cacitas. En micacitas y cuarcitas existen pliegues cuya fábrica demuestra que hubo rotación en torno a B y una deformación no afín sobre una única serie de planos de deslizamiento.

5) El cuarzo de los neises conserva la misma orientación, aunque debilitada, del de las micacitas y las micas de los primeros las coronas *a c* de las micacitas intensificadas. Esto indica que micacitas y neises forman una misma unidad tectónica.

Sugerimos que posteriores trabajos sobre la fábrica de estas rocas metamórficas sean orientados en el sentido de estudiar con detalle los cambios que experimenta la fábrica de mica al pasar de neis a granito e investigar las fábricas de mica y cuarzo en zonas de fractura, con el fin de conocer si las orientaciones respectivas revelan algo acerca de la naturaleza del movimiento en aquellas zonas.

BIBLIOGRAFÍA

- FERNÁNDEZ NAVARRO: «Monografía Geológica del Valle de Lozoya». Trabajos del Museo de Ciencias Naturales.
- MARTÍN CARDOSO, G.: «Resumen y comentarios al estudio de Robert Clemens Heim sobre el metamorfismo en la región de Buitrago». NOTAS Y COM., núm. 31. Instituto Geológico y Mínero de España.
- SOLÉ: «Investigaciones sobre morfología de la cordillera central española». Instituto «Juan Sebastián Elcano».

Nota sobre la sucesión estratigráfica del hullero de Asturias, en la zona: El Viso-Olloniego-Riosa

POR

J. A. KINDELAN

J. A. KINDELAN

NOTA SOBRE LA SUCESION ESTRATIGRAFICA
DEL HULLERO DE ASTURIAS, EN LA ZONA:
EL VISO-OLLONIEGO-RIOSA ⁽¹⁾

El Instituto Geológico, en su Sección de Investigaciones Mineras, ha iniciado el año próximo pasado los estudios pertinentes para llegar a una sincronización de las capas de hulla en las cuencas asturianas. Los estudios se realizan parcialmente por zonas suficientemente individualizadas geológicamente, para ir integrando así la sincronización de las cuencas con el máximo detalle, y de forma que los resultados de cada zona puedan constituir publicaciones independientes.

En el año 1956 se ha estudiado la zona más occidental de la Cuenca Central, que se adapta a las Calizas de Montaña, y comprende las explotaciones de El Viso, Tudela de Veguín, Olloniego, Abaña, Mina Nicolasa y Riosa, encontrándose los resultados en preparación, para ser publicados a fin del año actual.

(1) Encontrándose en prensa este artículo, recibimos la triste noticia del fallecimiento del Profesor W. J. Jongmans, uno de cuyos trabajos se comenta.

El autor expresa su condolencia por la pérdida de una personalidad tan destacada en el campo de las Ciencias, muy especialmente en lo que a Paleontología y Paleobotánica se refieren.

Se ha comenzado por esta zona por considerarla la más baja desde el punto de vista estratigráfico, y que sirva por ello de base para extender la sincronización hacia el resto de la cuenca. Se han numerado los distintos paquetes, de abajo a arriba, para eliminar la confusión actual en la nomenclatura, basada en nombres clásicos de capas y minas, que muchas veces se aplican caprichosamente y, en general, con escaso fundamento. Por otra parte, el empleo de dichos nombres sería prejuzgar la sincronización y hasta que ésta se complete no existe base para aplicarlos.

La nomenclatura adoptada consiste en asignar un número a cada paquete y dentro de él otro número a cada capa, ascendentes con la estratificación. Así 3-5, por ejemplo, significa la capa 3 del paquete 5. Se prevé también la subdivisión de paquetes, añadiendo a la cifra correspondiente las letras *a*, *b*, *c*, también en sentido ascendente.

El profesor W. J. Jongmans publica en el tomo 33 de Estudios Geológicos, del Instituto Lucas Mallada, un estudio sobre la flora de los yacimientos de Riosa, que hace dudar de que la zona estudiada sea la más baja estratigráficamente, o al menos, que la sucesión de paquetes que comprende, que se han considerado ascendentes a partir de las Calizas de Montaña, no sea real.

En efecto, W. J. Jongmans, por el estudio de la flora fósil de Riosa deduce que, en esta región, la sucesión de las capas del hullero productivo está invertida y que son más antiguas las más cercanas a las Calizas, sobre las cuales se apoyan con contacto anormal. Es decir, que la columna estratigráfica asciende de Sur a Norte, y, por tanto, contrariamente a lo que se había supuesto en esta primera zona estudiada.

Esta conclusión, contraria a lo unánimemente supues-

to desde Adaro, influiría notoriamente en los estudios de sincronización que se realizan, lo que justifica la intervención del que esto escribe, encargado del trabajo, con la colaboración de varios ingenieros de las explotaciones (1). Por ello se permite analizar a continuación cuestión de tanta importancia.

DISPOSICIÓN GENERAL DE LA PRIMERA ZONA

Como resultado de los estudios realizados, aparte de numerosos cortes estratigráficos detallados, se han croquizado en un mapa escala 1:10.000 las trazas de los distintos paquetes y capas, sobre un plano horizontal de cota cero (nivel del mar). Como la mayoría de los datos se han obtenido de los planos taquimétricos de labores de las distintas explotaciones, el croquizado es de mucha exactitud, aparte de algunas interpolaciones y extrapolaciones que han sido necesarias.

En la figura 1 se presenta un croquis obtenido por reducción del 1:10.000 citado, aproximadamente a escala 1:50.000, aunque sin precisión escalar, que se incluye para orientar la descripción.

Por este croquis puede comprobarse la continuidad de la corrida en toda la zona, interrumpida únicamente por 4 fallas importantes. A saber: entre las explotaciones de El Viso y Tudela de Veguín; entre éstas y las de Veguín y Olloniego; la del río Caudal y la del Riosa.

Las tres primeras dan lugar a corrimientos acusados, pero

(2) En los estudios de la 1.ª Zona prestan su valiosa cooperación los Ingenieros: Sr. Comba, Jefe de la Sección de Investigaciones, y los de las explotaciones, Sres. Marcos Villa, Gutiérrez Quirós, Ayuela, Donapetry, Aldecoa y Crespo.

los paquetes y capas pueden ser fácilmente identificados en las distintas explotaciones, así como sus hastiales, y los macizos de separación.

La corrida es, pues, de gran continuidad y nótese que entre la mina Nicolasa y las explotaciones llamadas de Canales, en Riosa, no existe solución de continuidad.

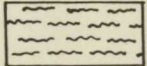
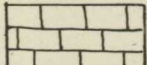
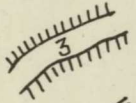

La falla del río Riosa produce alguna mayor confusión, pues da lugar a un cambio brusco en el buzamiento de los estratos: buzamiento hacia las Calizas de Montaña en la región oriental del río (aunque muy cercano a la vertical= 80°) y buzamiento contrario en la región del Oeste (60°). Además, la región occidental (explotaciones de Piedrafita) está muy movida, no sólo en sentido vertical, sino en proyección horizontal. No obstante, se han podido identificar los paquetes y capas, como se ve en la figura 1.

Como indica esta figura, la zona tiene la forma de una gran S limitada hacia Levante (hacia el Norte en Riosa), por las Calizas de Montaña, que forman el borde de la cuenca, en el cual se aprecian algunas soluciones de continuidad longitudinal, llegando incluso el Devoniano a ponerse en contacto directo con el Hullero, en dos puntos: al O. NO. de Olloniego y al NO. de Riosa.

La formación está completa en la región central por Olloniego con la sucesión: Calizas de Montaña-Caleras o Entrecalizas-Generalas o Entrepudingas-San Antonio-María Luisa-Sotón, ateniéndonos a las denominaciones clásicas.

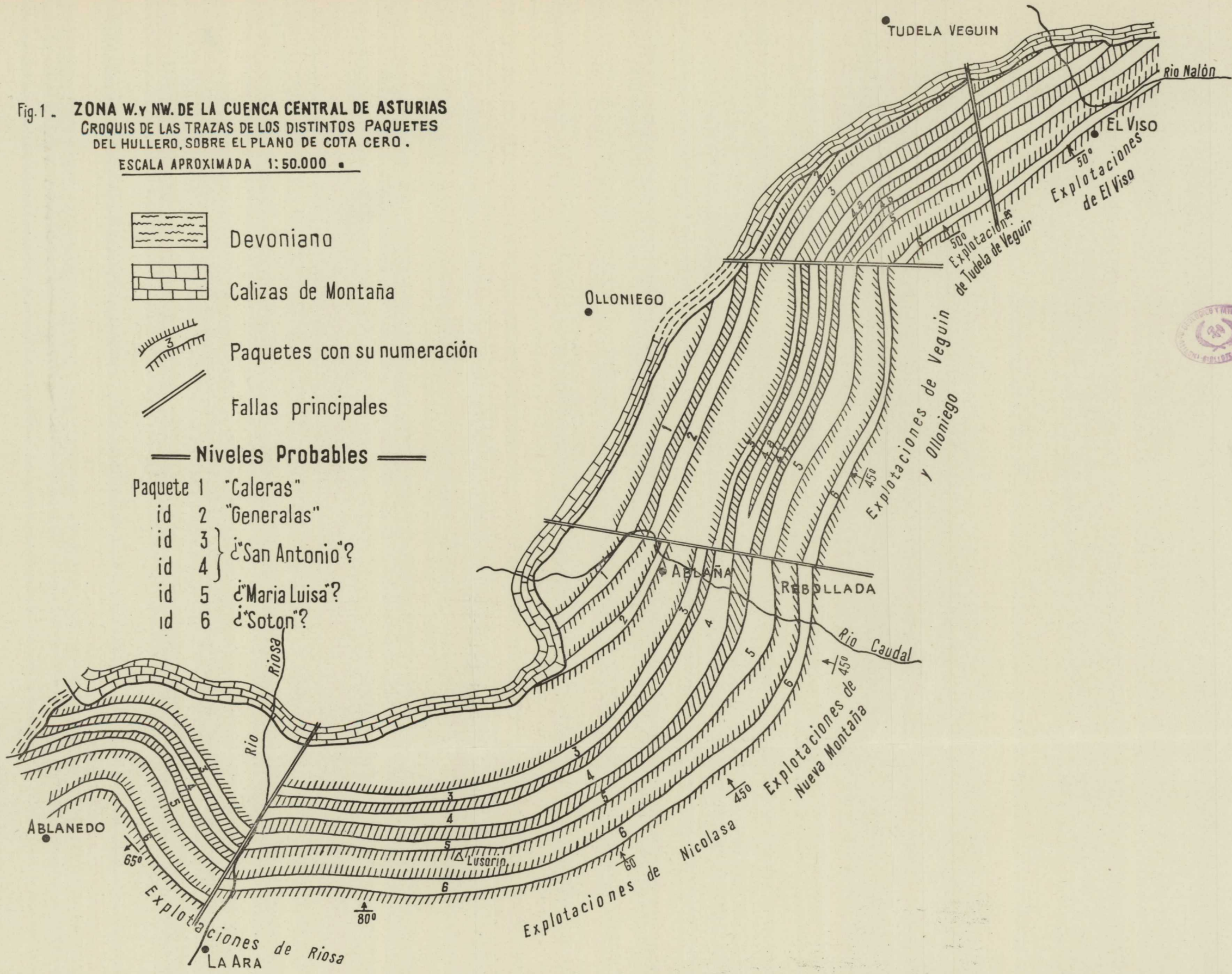
Hacia el Norte desaparecen primero las Caleras (Tudela) y después las Generalas (río Nalón). Hacia el Sur, en la región de Nicolasa, las Calizas de Montaña avanzan y desaparecen también las Caleras y Generalas, que no se

Fig. 1. ZONA W. y NW. DE LA CUENCA CENTRAL DE ASTURIAS
 CROQUIS DE LAS TRAZAS DE LOS DISTINTOS PAQUETES
 DEL HULLERO, SOBRE EL PLANO DE COTA CERO.
 ESCALA APROXIMADA 1:50.000.

-  Devoniano
-  Calizas de Montaña
-  Paquetes con su numeración
-  Fallas principales

— Niveles Probables —

- Paquete 1 "Caleras"
- id 2 "Generalas"
- id 3 } ¿"San Antonio"?
- id 4 }
- id 5 ¿"María Luisa"?
- id 6 ¿"Soton"?



observan tampoco en Riosa, probablemente cobijadas totalmente por las Calizas o destruídas por el empuje.

Por Levante (y Sur en la base de la S) se ha limitado la primera zona por una faja en que existen pocas labores y es hasta ahora muy poco conocida, sirviendo de límite entre la primera y segunda zona. Esta segunda zona se está estudiando en el año actual y la mayor dificultad con que se tropieza es la interpretación de dicha faja de enlace, pues aunque creemos tener ya un criterio fundamentado sobre ello, no hemos podido todavía decidir la cuestión. Sólo podemos afirmar que en la segunda zona se repiten los paquetes de la primera, separados por determinados accidentes tectónicos, localizados en la citada faja. Por ello se ha adoptado esta faja como límite de la primera zona, con el criterio de que cada una de ellas constituya un conjunto geológico suficientemente individualizado.

Resumiendo, podemos concluir que la primera zona está constituída por una corrida continua de paquetes desde El Viso hasta Riosa, en disposición y sucesión sedimentaria semejante en toda la corrida, limitada por las Calizas de Montaña, por un lado, y por el otro por una faja trastornada que la separa de la segunda zona, donde se repiten algunos paquetes de la primera.

Teniendo en cuenta la manifiesta continuidad de la corrida, el sentido de la sucesión estratigráfica ha de ser constante en toda ella y, por tanto, existe contradicción en lo que hasta ahora se había admitido y la sucesión propuesta por W. J. Jongmans para Riosa, extremo que trataremos de aclarar a continuación.

SUCESIÓN ESTRATIGRÁFICA EN RIOSA

El profesor W. J. Jongmans ha realizado un estudio muy detallado y de gran valor de la flora de Riosa y ha llegado a la conclusión de que la sucesión estratigráfica tiene lugar de Sur a Norte: al Sur los estratos más antiguos.

No es necesario incluir aquí las relaciones de fósiles que incluye en su trabajo, que pueden verse en la publicación citada. Sólo nos referiremos a los fundamentos en que el profesor se apoya para sus conclusiones, que pueden resumirse en tres puntos principales.

1.º Encuentra en el Grupo de La Esperanza, el más septentrional, una flora decididamente del Westfaliense D.

2.º En los afloramientos meridionales, ya fuera de las explotaciones, por La Ara y otros parajes, la fauna recogida es Westfaliense B-C.

3.º En las explotaciones de Canales y Piedrafita la fauna tanto puede ser del tramo D como del C del Westfaliense, como indica el Profesor en su trabajo.

Encontrando al Sur la flora B y al Norte la D, y en medio la C-D, es lógico que deduzca una sucesión de Sur a Norte. Es decir, que la estratificación asciende hacia las calizas del borde Norte de la cuenca, si no existen soluciones de continuidad de sedimentación.

Estimamos ocioso transcribir el trabajo del eminente profesor, que puede consultarse en la publicación citada, y creemos haber interpretado correctamente los tres puntos en que al parecer basa sus conclusiones.

De las labores de Ablanedo y de la breve reseña tectónica que incluye, nos ocuparemos más adelante.

SUCESIÓN EN OLLONIEGO

En la figura 2 se representa un corte por Olloniego, que corresponde a la parte central de la zona, en donde la formación está más completa como hemos dicho.

En este corte se indica en la parte inferior, la nomenclatura adoptada, y en la superior el nombre o número de la capa empleados en la explotación y también el nivel probable según las denominaciones clásicas.

En este paraje (explotaciones de Hulleras de Veguín y Olloniego) se han recogido fósiles de su flora, que relacionamos a continuación, con referencias a los de la misma especie citados por W. J. Jongmans en Riosa.

La clasificación ha sido hecha en el Laboratorio de Paleontología del Instituto Geológico. Acompañamos fotografías de algunos de los ejemplares recogidos.

No parece que esta flora pueda señalar con seguridad un claro sentido de sucesión estratigráfica, pues las especies citadas no determinan pisos determinados del Westfaliense.

Así *Alethopteris lonchitica*, Brong, que se encuentra en la capa 4-4, es decir, en el paquete medio de la formación, lo cita W. J. Jongmans como abundante en el Westfaliense A, en el cuadro de subdivisión del carbonífero de Europa occidental («Some problems on Carboniferous Stratigraphy», Congreso de Heerlen 1951).

Las especies coincidentes con las señaladas en Riosa indican los niveles C-D indistintamente, y se encuentran a niveles muy semejantes en Olloniego, teniendo en cuenta que existen algunas discrepancias entre las numeraciones

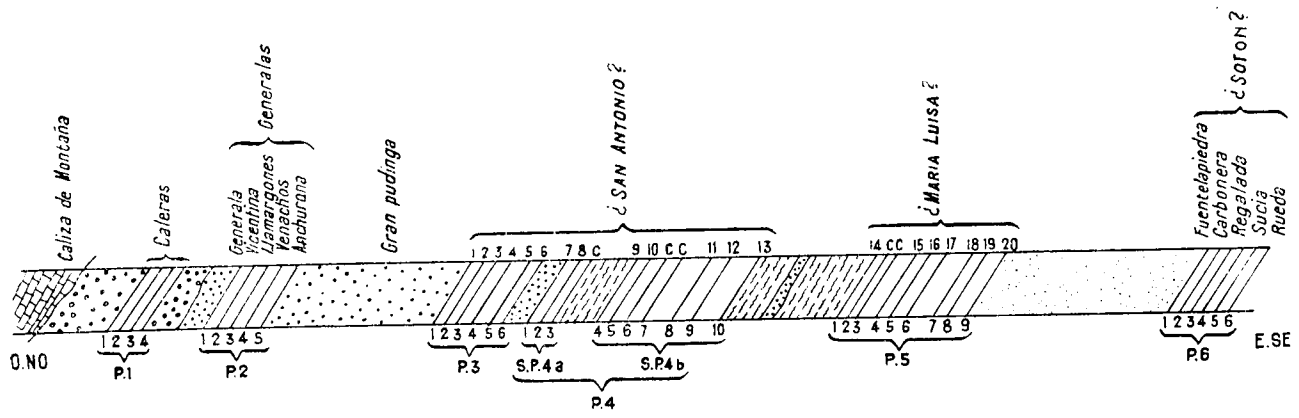






Fig.2 Corte estratigrafico por Olloniego

-  Conglomerados calizos y gonfolitas
-  Pudingas
-  Areniscas
-  Pizarras y areniscas

de las capas, aún en explotaciones contiguas que ahora se han podido unificar con los trabajos de sincronización.

La flora de Olloniego es, pues, semejante a la de Riosa, y no puede especificar un nivel determinado dentro del Westfaliense. A lo más puede sospecharse, como hace W. J. Jongmans, que se trata del Westfaliense C-D, sin poder avanzar más en la clasificación.

Está admitido unánimemente que la sucesión estratigráfica ascendente es en el sentido de los niveles clásicos siguientes: Caleras-Generalas-San Antonio-María Luisa... y como es indudable la existencia en Olloniego de las Caleras, en los parajes más occidentales, seguidos de las Generalas, cubiertas a su vez por la formación realmente productiva, que muy probablemente pueden identificarse con los niveles señalados, parece admisible una sucesión ascendente hacia Levante. Es decir, descendente hacia las Calizas de Montaña.

Desde el punto de vista litológico y de disposición se observa que, en contacto normal, se apoyan en las Calizas de Montaña (con cobijamiento) conglomerados calizos y gonfolitas, que contienen las capas «Caleras» en régimen sefítico a expensas de las calizas. Sobre ellas, un régimen del mismo tipo deposita las pudingas, cambiando la facies calcárea por la silíceo, entre las cuales encajan las Generalas, terminando el paquete con la «gran pudinga». Se desarrolla entonces un régimen samítico con areniscas y pizarras (con un retroceso a pudingas después del paquete 3) conteniendo diversos paquetes productivos, que tienen gran semejanza con los niveles San Antonio y María Luisa.

Nótese que no existen contactos anormales ni accidentes longitudinales, siendo la deposición continua: todo

ello afianza la hipótesis de una sucesión estratigráfica ascendente en dirección O-E, es decir, partiendo de las Calizas de Montaña, hacia la formación evidentemente contraria a las conclusiones de Jongman.

Resumiendo, como hemos hecho para Riosa, nuestras conclusiones para Olloniego se basan en los siguientes extremos:

1.º En Olloniego existe a partir de las Calizas de Montaña la sucesión Caleras-Generalas y probablemente San Antonio-María Luisa, que unánimemente se considera ascendente.

2.º Sin solución de continuidad de sedimentación, la formación comienza en las Calizas a expensas de las cuales se forman los conglomerados calizos que contienen las Caleras, seguidos de un régimen sefítico silíceo, con deposición de las pudingas (con las Generalas) que terminan en régimen samítico, con los paquetes productores. Se trata, pues, de la sucesión ascendente reconocida en toda la cuenca.

3.º La paleontología de Olloniego, como la de Canales y Piedrafita en Riosa, a lo más que puede conducir es a situar las formaciones sobre pudingas en el Westfaliense C-D.

DISCUSIÓN

Se llega, pues, a dos conclusiones contrarias en cuanto a la dirección en la sucesión de estratos, en dos parajes de una formación continua en el sentido de la corrida y es indudable que sólo una de ellas puede ser real.

W. J. Jongmans ha podido determinar que los paquetes del grupo Esperanza, cercano a las Calizas, pertenece al tra-

mo D y así mismo que los afloramientos calizos meridionales pueden asignarse a los niveles B-C. Por tanto, en un primer análisis parece que la estratificación ascendente debe ser de Sur a Norte. En los estratos intermedios encuentra una flora que como indica claramente, lo mismo puede atribuirse al nivel D que al C, e influido quizá por la presencia del B en el Sur, llega a la siguiente sucesión: B » C-D » D hacia el Norte.

Pero esta conclusión presenta muchas dificultades, pues en primer lugar no parece muy segura la determinación de nivel B en las calizas meridionales, ya que se basa (pág. 2 del trabajo que se comenta) en la presencia de Neuropteris, cf. *Attenuata* y *Anularia radiata*.

De estas especies la primera la da como «conferens» por lo cual no tiene valor para una situación estratigráfica precisa, y en cuanto a la segunda, la cita también con la lista de la localidad 102, que atribuye el Westfaliense D. Es decir, que los datos paleobotánicos aportados no son suficientes para deducir una exacta determinación del Westfaliense B. Por otra parte Almela (A.) y Ríos (J. M.^a) han señalado al Sur del paquete de Canales una fauna idéntica a la que existe en la zona de Ablanedo, o sea del Westfaliense D.

Otra dificultad, dentro de las mismas observaciones de profesor para admitir sus conclusiones, se refiere a las labores de Ablanedo, en donde cita una flora del W. D. considera que es aún más alta que la del grupo Esperanza. Pues bien, en el croquis de la figura 1 se comprueba que el paquete de Ablanedo no es una formación aislada sino que se trata del paquete número 6 de nuestra nomenclatura y, por tanto, sería superior al número 3, que co-

rresponde al grupo Esperanza: la sucesión sería aquí contraria a la propuesta por Jongmans.

Por último, la sucesión ascendente hacia el Norte, aun basada en encontrar el W. B. en las calizas meridionales y el D en la Esperanza, podría admitirse si se demostrara la continuidad sedimentaria transversal, lo cual no sólo no se demuestra, sino que, por el contrario, ya hemos indicado que a Levante y Sur de la gran S que forma la corrida, existe una faja trastornada por accidentes tectónicos, que separa la primera y segunda zonas, repitiéndose en la última algunos paquetes de la primera.

Por ello, las calizas meridionales aun atribuidas al nivel B-C, no las podemos considerar como la base de una formación continua que se extiende por el Norte hasta las Calizas de Montaña, sino como una repetición de los paquetes de la primera zona: al menos hasta que no se demuestre que se trata de un paquete continuo, lo cual creemos está muy lejos de la realidad.

En efecto, en el trabajo de W. J. Jongmans que comentamos, en su breve reseña tectónica, señala un fuerte sinclinal en calizas al Sur de Ablanedo y se refiere a la estructura indicada por Almela y Ríos, que señalan varias inflexiones de la caliza hullera en estos parajes. Cita también varios accidentes en esta región meridional, entre otros en Castañar, y es de notar que en esta reseña tectónica indica el conjunto del Hullero de Riosa como Westfaliense ¿B?-C-D, poniendo el nivel B en interrogación.

No puede por tanto concluirse que las formaciones calizas meridionales sean la base del Hullero productivo de Riosa, sino que muy probablemente están separadas de él, desde el punto de vista sedimentario. Por tanto, su

edad o nivel no puede servir de fundamento para la sucesión estratigráfica del Hullero.

Este nivel de las calizas, aun admitiendo la dudosa clasificación B, no puede, pues, aportarse para deducir determinada correlación estratigráfica, por su aislamiento y, por tanto, sólo queda una determinación del Westfaliense D en el grupo Esperanza y una indeterminación en el resto de la formación, en la cual los fósiles pueden referirse indistintamente al D como al C, como reconoce Jongmans.

Se deduce, pues, que no existe base paleontológica bien localizada para llegar a una conclusión tan trascendental como la de invertir la sucesión estratigráfica unánimemente admitida.

El trabajo del profesor Jongmans desde el punto de vista paleobotánico es de gran importancia, y estando respaldado por su alta especialización en la materia, será muy provechoso para los que nos ocupamos de la geología de la región y, muy especialmente, en lo que a la sincronización se refiere.

Nuestra discrepancia estriba principalmente en la localización del material recogido, parte del cual (Westfaliense B) considera W. J. Jongmans situados en la base de la formación, siendo nuestra opinión que están localizados en formación separada de los paquetes que forman el sistema que se discute, aparte de la indeterminación existente en lo que al nivel B se refiere.

CONCLUSIONES

Deducimos de todo lo anterior que no existe base paleontológica *bien localizada* para llegar a una conclusión

tan trascendental como la de invertir la sucesión estratigráfica unánimemente admitida.

No existiendo base paleontológica, hay que recurrir a los puntos de vista que hemos indicado al tratar de Olloniego, que nos llevan a considerar la sucesión ascendente a partir de las Calizas de Montaña, hipótesis que se mantiene desde Adaro.

La formación de la primera zona a partir de la gran pudinga hacia arriba, había que situarla en el Westfaliense D, atendiendo a las especies *Neuropteris ovata*, Hoffm. y *Pecopteris micromiltoni*, Bertr., que W. J. Jongmans ha localizado en el grupo Esperanza, y también a la flora de Ablanedo. En cuanto a las Caleras y Generalas, está admitido que son de niveles más bajos; pero nuestros elementos actuales, no nos permiten su situación exacta. Disponemos de ejemplares recogidos en otras explotaciones de la primera zona, aún no clasificados, y, por otra parte, los Ingenieros colaboradores se ocupan de recoger y localizar constantemente los fósiles que encuentran durante la explotación. Cuando se hayan clasificado un número suficiente volveremos sobre el particular, y también cuando al terminar el estudio de la segunda zona tengamos un criterio concreto sobre la faja de enlace de ambas.



Sigillaria polyploca Boulag. (5-3)



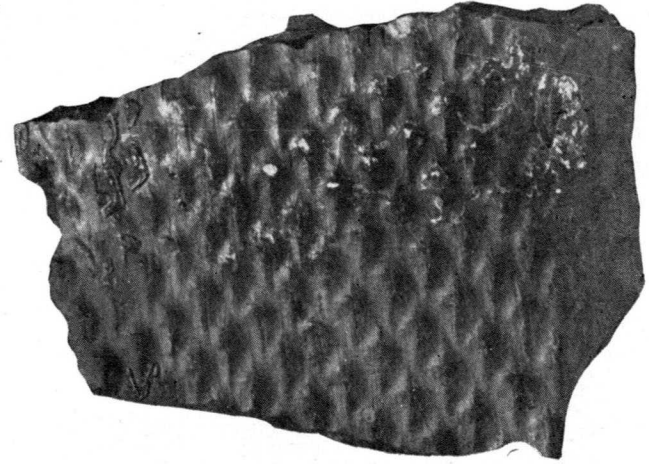
Alethopteris lonchitica Brong. (4-4)



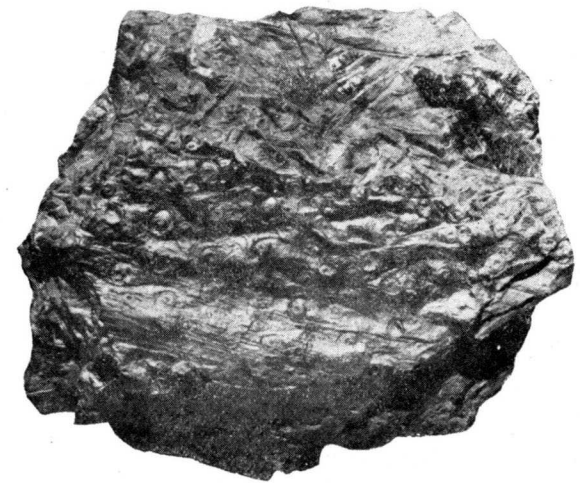
Sigillaria, aff., ovata Saurenr. (4-5)



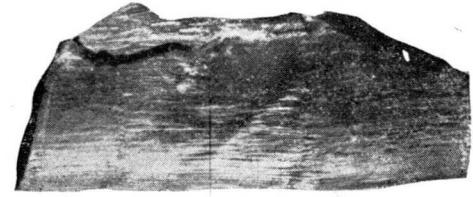
Calamites undulatus Sternb. (4-5)



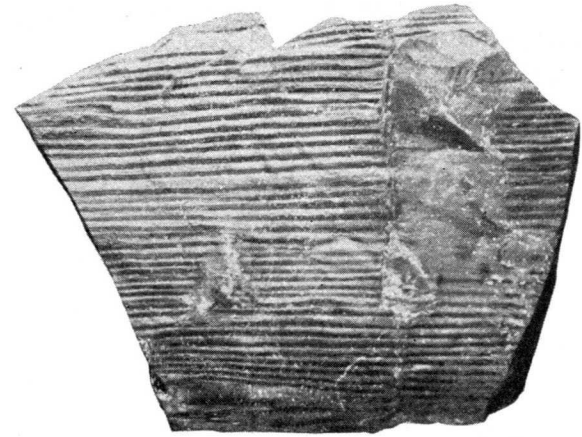
Lepidodendron aculeatum Sternb.



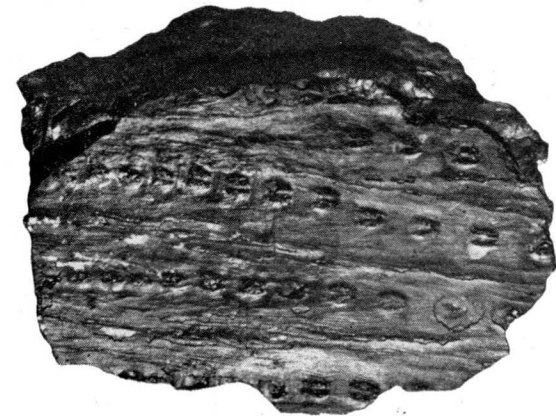
Stigmaria ficoides Sternb. (5-3) (4-5) (4-6)



Calamites cistii Brong. (4-5)



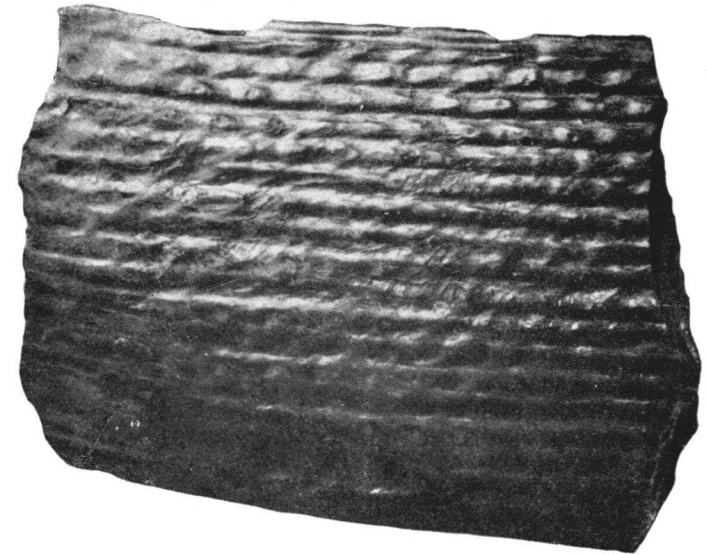
Calamites dubois Artis. (4-5)



Sigillaria reniformis Zeiller. (5-3)



Lepidodendron, aff. rimusun Sternb. (4-6)



Sigillaria pachiderma Brong. (7-5)

El criadero de hierro «Vivaldi» en Ponferrada, León

POR

HANS P. RECHENBERG
Istanbul

HANS P. RECHENBERG

EL CRIADERO DE HIERRO «VIVALDI»
EN PONFERRADA, LEÓN (1)

INTRODUCCIÓN

El autor tuvo oportunidad, durante el transcurso de varias semanas del verano de 1953, de conocer el criadero «Vivaldi» de mineral de hierro. Expresamos nuestro especial agradecimiento al señor Ingeniero diplomado Honigmann, de la empresa Somimet de Bilbao, por su conducción por el terreno y también a la Comunidad Alemana pro Investigación (Deutschen Forschungsgemeinschaft)

En la época de mi visita (verano de 1953) el yacimiento se encontraba en etapa de puesta en marcha (pero mientras tanto había comenzado ya el arranque), y los problemas geológicos y mineralógicos que iban quedando puesto de manifiesto ofrecían al autor un interesante campo de actividad. La historia de este criadero se sale de lo corriente y merece la pena de ser expuesta, si bien sea en breve palabras. El coto «Vivaldi» yace al Noreste de la villa de Ponferrada en la provincia de León, próximo a la aldea de

(1) Versión española por J. M. Ríos, expresamente autorizada por el autor, de la edición original alemana titulada *Die Eisenerzlagertüte «Vivaldi» bei Ponferrada, León, Spanien* aparecida en «Neues Jb. Mineral Abh.», págs. 111-136, núm. 89, parte 1.ª, enero 1956, Stuttgart.

San Miguel de las Dueñas, en la carretera de Madrid a La Coruña. La concesión está igualmente atravesada por el ferrocarril de mismos términos. Al Sur de la concesión «Vivaldi» yace el criadero del coto «Wagner», igualmente de mineral de hierro, mencionado y descrito en la literatura geológica (Sampelayo, Dörpinghaus). Este criadero constituye la prolongación, a lo largo del rumbo, del yacimiento «Vivaldi», ya que ambos yacen en las mismas capas del Siluriano inferior. Los afloramientos de «Wagner» se des-

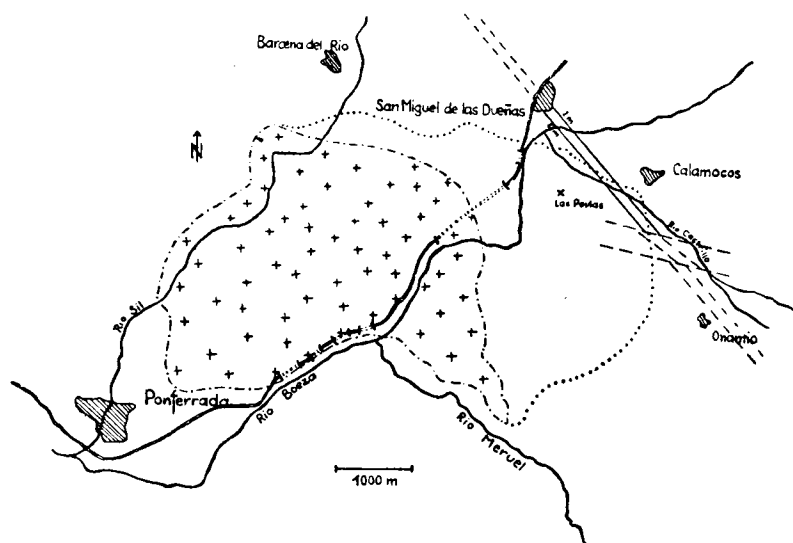


Fig. 1.

cubrieron hacia comienzos del presente siglo y fueron descritos en seguida; no podía, sin embargo, pensarse en su explotación, en un principio, a causa de la excesiva distancia de transporte. Hasta el año 1952, los contornos de una mancha de granito, existente al Oeste del yacimiento, aparecían, con respecto a los estratos silurianos, de acuerdo con el mapa geológico (mapa geológico de España a

escala 1:50.000, hoja núm. 159, Bembibre. Madrid, 1952), según indica la línea de puntos que aparece en la figura 1 del presente texto. Pero hace algunos años se encontró que esta delimitación no era correcta y que allí donde se señalaba o se suponía la existencia de granito hay en realidad Siluriano. O sea, dicho en otras palabras, que el yacimiento del coto «Wagner», del que se había aceptado que terminaba en el supuesto granito, no finalizaba en realidad allí, sino que tenía su prolongación hacia el Noroeste en vez de detenerse, como se presuponía, repentinamente tres kilómetros antes de llegar a San Miguel. Entonces un grupo español reclamó las nuevas concesiones bajo la denominación «Vivaldi» y comenzaron los trabajos de investigación y puesta en explotación.

Esta es la aún joven historia del yacimiento «Vivaldi», que, por consiguiente, no constituye sino la prolongación de las manifestaciones de «Wagner» hacia el Noroeste y no es, por lo tanto, un tipo autónomo de criadero. Hasta ahora se ligaba a la denominación «Wagner», precisamente este tipo de mineral siluriano de Ponferrada, pero, puesto que ahora viene a sumarse el nuevo nombre de «Vivaldi», es mejor, en vez de seguir operando con la asociación de los dos nombres, elegir una denominación neutral que abarque a la totalidad del criadero unitario. Podríamos, por consiguiente, hablar de los yacimientos de hierros silurianos de San Miguel de las Dueñas y distinguir en ellos las concesiones «Wagner» y «Vivaldi». Es mejor adoptar esta designación neutra, porque, como ya hemos mencionado, no se trata de dos criaderos distintos, sino de uno solo, compartido por dos compañías diferentes.

El presente trabajo se ocupa solamente de las capas de mineral que yacen en el dominio de las concesiones de «Vi-

valdi». Las comparaciones y paralelismos que resulta inevitable establecer con respecto a las que existen dentro de las concesiones de «Wagner», sólo se han podido obtener mediante estudio de la literatura geológica preexistente.

1) *Examen conjunto de los criaderos ferríferos del Norte de España.*

España es, por lo que se refiere a los criaderos de hierro, un país rico. Aparte de los tan, y de tan antiguo, conocidos de Bilbao, que caminan actual y lentamente hacia su extinción, los encontramos sobre todo, al Sur del país, en Andalucía, en la costa meridional y en su región Noroeste. También los hay en los Pirineos, pero en la actualidad, y a causa de la dificultad creada por falta de vías de comunicación, no se puede pensar por ahora en su explotación. También los criaderos meridionales renuevan actualmente sus explotaciones, al menos en parte, y aún se tiene allí una reserva considerable. Ahora empiezan a aparecer en el Noroeste de España muchos criaderos ferríferos, de los cuales sólo una pequeña parte es hasta ahora objeto de explotación. También aquí el obstáculo está constituido por las malas comunicaciones, los largos transportes y la carencia de industrias locales del hierro. Pero como estas dificultades de transporte van mejorando progresivamente y otros factores cambian también su signo de negativo a positivo, hay que contar con un incremento del interés con respecto a estos criaderos de modo que cuando hay, además, carbón en la proximidad, se van esbozando los rasgos de un centro de gravedad de la futura industria pesada de España.

Los criaderos de hierro del Noroeste de España se presentan en el Cambriano, Siluriano y Devoniano y, además,

en el Carbonífero, Mesozoico y Terciario. Pero en lo principal aparecen ligados al arco hercínico. Las manifestaciones principales las encontramos en el Siluriano y Devoniano, y en Santander también en el Cretáceo. En el caso de los yacimientos silurianos podemos distinguir dos tipos: los minerales oolíticos que se presentan en el Siluriano inferior y otros más ricos en magnetita. Entre las manifestaciones de minerales silurianos de hierro en España tenemos: San Miguel de las Dueñas («Wagner» y «Vivaldi»), Chana, Corrida de Villaodríz, Sobrado, San Genadio, Fonsagrada, San Pedro del Río, Santa Comba, Santa de Meira, Oscos, Porcia, Babia, Vivero, Galdo y Muras. Las cantidades de hierro almacenadas en estos criaderos son bastante grandes y constituyen una reserva nada despreciable.

De entre los criaderos devonianos, en su mayor parte gedinnenses y ricos en hematites se destacan los de Llumeras, Piedeloro, Castañedo del Monte, Quirós, Teverga, Cencia, Sierra Almagrera, Bufaran, Caranga, Linares, Cordel de la Mesa.

2) *Circunstancias estratigráficas.*

Los depósitos ferríferos aparecen interestratificados con pizarras del Siluriano inferior que alternan con cuarcitas. En la base dominan más bien las pizarras cloritosas; más arriba las pizarras son más arenosas. Muy raramente se han encontrado fósiles. El autor no pudo hallar nada y, según la literatura, lo único que se ha encontrado es *Calymene tristani* y *Bilobites lesueurii*. No hay por ahora división detallada estratigráfica del Siluriano completo con sus criaderos de hierro. Mientras no se disponga de una serie de afloramientos suficientes y, sobre todo, suficiente y sis-

temáticamente bien fijados y datados no hay que pensar en una resolución satisfactoria de este problema. Sólo podrá lograrse algo mediante un trabajo adecuado y bien orientado a objetivos escogidos. Hasta que no dispongamos de esta herramienta nos hemos de limitar a examinar problemas parciales y a señalar las diversas cuestiones y problemas planteados, pero faltarán siempre las grandes líneas directoras y el acoplamiento general. Y sin la posesión de estos grandes rasgos es naturalmente difícil ofrecer una estratigrafía, apoyados en la cual podamos ofrecer una coordinación y designación de las diferentes capas productivas.

El siguiente corte muestra una parte de la serie sedimentaria del dominio de la concesión «Vivaldi».

Corte por el ferrocarril.—Arrumba unos 220° al Oeste de la estación de San Miguel de las Dueñas, cerca de Ponferrada. Los asomos dentro del dominio de la concesión Vivaldi (fig. 2) no valen gran cosa, ya que el terreno está en su mayor parte recubierto por acarreos aluviales. Donde mejor pueden estudiarse es en la estación de San Miguel.

Justo al Suroeste de la estación, donde otros geólogos señalaron la existencia de granitos en trabajos más antiguos, existe una cuarcita que designaremos aquí como cuarcita A.

En primer lugar la cuarcita A no es muy sólida, sino arenosa, moteada, y está más bien constituida como pizarras cuarcíticas, de rumbo 150° y pendiente de 65° al Este. Lisos de adiacasamiento arrumban al N. 40° O. La roca no puede considerarse como cuarcita pura, ya que los granos de cuarzo yacen en un cemento compuesto de sericita y materia carbonosa con algo de limonita. La materia carbonosa aparece parcialmente bajo forma aureolar, lamina-

da, y los cuarzos ordenados, a veces incluso en disposición estirada, de manera que aquí ha tenido lugar compresión laminadora (fig. 3). Pasados 45 metros la roca se vuelve más firme y compacta, más arenosa, pero aún se puede deshacer con facilidad con la mano. A lo largo de 64 metros, en dirección Oeste a partir de aquí, se presenta una cuarcita más clara, finamente fajeada, de 10 metros de grosor. Los granos de cuarzo yacen, sin tocarse entre ellos, en una matriz de sericita bacilar. Tras otros 11 metros viene una intercalación pizarreña de 30 centímetros de grueso, blanda y completa migada (falla). En la superficie del contacto cuarcita-pizarra se presenta en forma completamente esporádica, algo de mineral, y después encontramos de nuevo dos metros de cuarcita.

A partir de allí dominan definitivamente las pizarras nudosas tras una zona de tránsito de unos 15 centímetros, que se ofrece como una alternancia de bancos cuarcíticos e hieladas pizarreñas, pero que no ha suministrado pizarra nodular alguna, sino solamente pizarras lisas, negruzcas. Las pizarras nudosas se ofrecen más allá a lo largo de 50 metros donde quedan cubiertas por el aluvión.

A 140 metros, al Oeste del último afloramiento de las pizarras, comienza la cuarcita B. Tiene una potencia aproximada de unos 20 metros, arrumba a 170° y lleva mineral en su margen oriental. La observación macroscópica denota una cuarcita de grano fino, gris clara, dura y de brillo graso. Contiene muy escasa matriz (algo de sericita), los granos de cuarzo son todos del mismo tamaño, y en preparación delgada se reconoce la presencia de algo de sustancia carbonosa. Tras la cuarcita siguen de nuevo 50 metros de pizarras y, poco antes de la boca del pequeño túnel, aparecen de nuevo cuarcitas (cuarcita C, de 20 metros de gro-

sor). Es más dura que la cuarcita B, de tonos más rojizos, grano más fino, de fractura vítreo-grasa y contiene más impurezas y materia carbonosa que la cuarcita B (fig. 4).

Siguen de nuevo pizarras que, en la boca de salida del túnel, son relevadas por la cuarcita D. Se trata de una cuarcita a hiladas: alternan lechos de cuarzo de grano fino y mucha materia sericítica cementante, con hiladas de cuarzo de grano más basto y muy escaso cemento.

A causa de los aluviones es muy difícil poder apreciar la potencia de la cuarcita, así como la de las capas de pizarras que la suceden. Solamente ya a 100 metros antes del túnel grande se presenta de nuevo una cuarcita, que ofrece analogía con la cuarcita A (arenosa, clara, que no tiene brillo graso-vítreo en fractura). Hasta el contacto se presentan todavía 3-4 bancos de cuarcita, que a causa de la escasez de tiempo disponible no pudieron examinarse con detalle. La cuarcita muestra en el contacto mismo, en examen microscópico, granos de cuarzo de intensa corrosión, desordenados, con mucha materia extraña (fig. 10).

En el caso de las cuarcitas se trata, desde luego, por lo general, de los restos reabajados de una cuarcita primaria (orto-cuarcita de segundo ciclo, Pettijohn), que comportan más o menos detritus según el grado de meteorización.

Por lo que se refiere a la facies sedimentaria como tal hay que admitir que se trata de una facies de umbral. El material fué suministrado por abrasión de una superficie terráquea. Las pizarras y cuarcitas son típicas de sedimentación no puramente marina, pero el espato calizo contenido en las capas minerales habla en cambio de influencias temporales de índole marina. No nos podemos equivocar mucho si asumimos la existencia aquí, como ámbito de sedimentación, de una depresión situada con carácter de an-

tepáis con respecto a una vieja superficie terráquea en comunicación esporádica con el mar abierto, que tuvo un aporte más o menos grande en el curso de diversas transgresiones. No se ha observado la existencia de tránsitos entre las capas de mineral y las cuarcitas. Todos los sedimentos aquí presentes son característicos de la «stable shelf association».

La alternancia pizarra-cuarcita-mineral-pizarra sugiere quizá una ligera inestabilidad del fondo y basamento, si bien la sedimentación del mineral no tenga nada que ver con nada referente a facies de profundidad, sino que depende, en máxima medida, del aporte. Aparte la facies mineral (potencial redox) hay que considerar también cuando se estudia la formación de un criadero de mineral de hierro la cuestión de las profundidades en el momento de la formación, el carácter del aporte y la composición química general de las aguas (véase también pág. 37).

A este respecto sería de gran interés una investigación de cada una de las capas por lo que se refiere a su composición química, es decir, si son silicáticas, o ricas en cal, si se trata de hematites o de magnetita, a todo lo largo de la corrida actualmente conocida.

También Huber y Garrels han discutido en su trabajo este problema. Llegaron a la conclusión de que se trata de un tipo intermedio entre umbral y mar profundo, es decir, de tipo geosinclinal.

Se considera a la cuarcita como una facies de umbral, a la grauwaacka pizarreña como una facies inicial de cuenca y al mineral de hierro como pura formación de depresión (stable basin). La secuencia que nos lleva de lo carbonático a lo hematítico representa, por consiguiente, una colmatación lenta de una cuenca estable y, según los auto-

res mencionados, la falta de material clástico apunta a la existencia de una segunda depresión situada entre la localidad de abrasión del hierro (procedente de un eventual criadero primario) y la de precipitación. Depresión intermedia que habría servido como «trampa» de retención del material clástico. Ambas depresiones habrían estado en comunicación mutua temporal sobre una barra intermedia. También explicaría esto, parcialmente al menos, las diversas facies del mineral de hierro.

En el caso de las pizarras silurianas se trata, en general, de materiales de cuarzo-sericita en lechos muy delgados, cuya superficie es sedosa y brillante, de tacto graso. Al avanzar hacia el contacto con el granito aparecen, en medida incrementante, nudosidades, de manera que a distancia de 250 metros del contacto encontramos ya pizarras moteadas. El cuarzo aparece ya orientado, y se reconocen también los movimientos post-metamórficos que mencionaremos más adelante. Las manchas oscuras de las pizarras, de contornos tan claros y definidos al examen microscópico no aparecen tan nítidas vistas al microscopio. Los elementos componentes están constituidos por una mezcla de sustancia carbonosa y de biotita. Las manchas alcanzan longitudes de hasta un centímetro. La sericita, dispuesta por lo general en pequeñas fajas, yace desordenadamente en la estructura; raramente aparece ordenada.

3) Las concesiones «Wagner» y «Vivaldi».

La concesión «Wagner» yace unos tres kilómetros al Sureste de San Miguel de las Dueñas, en la vecindad de las aldeas Molinaseca, Albarés y Rabanal del Camino. Abarca 1.351 hectáreas y se extiende en dirección Sureste sobre

una longitud de 21 kilómetros, cuya mayor parte está prácticamente sin investigar, tanto geológica como mineralógicamente (*) y las circunstancias técnicas de sus comunicaciones son también difíciles. A principios de siglo, y a unos tres kilómetros al Sureste de San Miguel, se avistaron las primeras manifestaciones de mineral, cuya pista fué seguida después. Se trata de un sistema fascicular de capas paralelas, agudamente levantadas, que constituyen un tendido arco abierto hacia el Norte. El buzamiento de las capas es, por lo general, hacia el interior del arco. El río Castrillo acompaña, en dirección al Sur, al paquete de capas durante los diez primeros kilómetros. El promedio de contenido metálico es de 52 por 100 de Fe., con 0,8 por 100 P y 8 por 100 Si. La estima de las reservas varía entre 50 y 250 millones de T. según diversos investigadores. El autor opina que la cifra auténtica debe quedar entre ambas, pero es evidente que la de 50 millones queda muy por bajo de la real.

La concesión «Vivaldi» (fig. 2) linda al Norte con la de «Wagner» y hacia el Sur enmarca también, en parte, los restantes campos mineros. En 1953 abarcaba en conjunto 1.158 hectáreas y tenía una longitud de 12 kilómetros, en los que aún no se incluye su prolongación por el Norte hasta el río Sil. El conjunto de registros consta de los siguientes registros parciales:

«Vivaldi I»	Núm. 11.590.
«Vivaldi II»	Núm. 11.601.
«Vivaldi III»	Núm. 11.602.
«Vivaldi IV»	Núm. 11.603.

(*) Actualmente se investigan geológica y geofísicamente con gran intensidad. - N. del T.

«Vivaldi I» constituye la prolongación, en la dirección del rumbo y en sentido NO. del campo minero del registro «Wagner» 1.^a, núm. 1.690, mientras que los registros «Vivaldi II» y «Vivaldi IV» limitan con los «Wagner» 1.^a-IV.^a hacia el Suroeste.

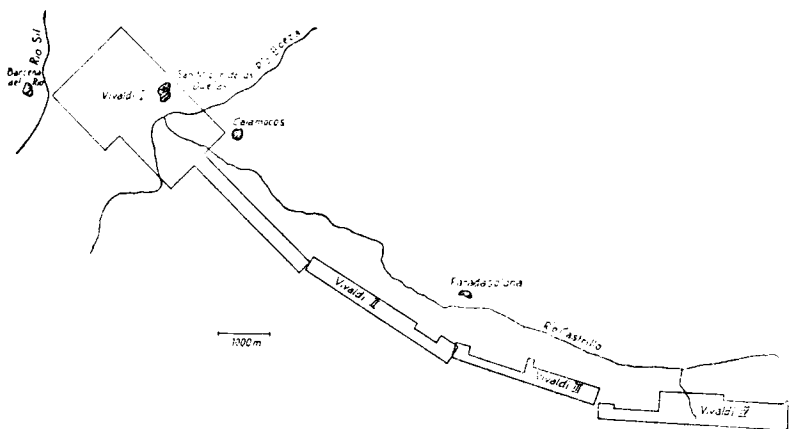


Fig. 2.

El mineral es, en sus líneas más generales, menos calizo que el de «Wagner» y contiene un promedio de 53 por 100 de Fe, 0,8 por 100 P y 8 por 100 Si.

La distancia que los separa del límite del granito es de unos dos kilómetros y es muy posible, y después de las últimas investigaciones parece incluso probable, que el granito se extienda todavía hacia el Oeste por debajo de las primeras capas de «Vivaldi» en forma de una ladera de sesgada inclinación. Desgraciadamente el contacto ha actuado también negativamente en el sentido de que al fundir el granito, en parte, los minerales de los lechos próximos a él, que son más sensibles al calor que los silicatos de las rocas encajantes y como consecuencia de este proceso

de fusión, el mineral ha intruído en la pizarra constituyendo así una especie de conglomerado mineral-cuarzo-pizarra.

En los dominios de los registros de «Vivaldi» las pizarras y cuarcitas del Siluriano inferior son las rocas que constituyen la caja de las capas de mineral de hierro, y todo el conjunto presenta un rumbo de 150-160°, con 60-70° de pendiente al Nordeste. La base de la futura explotación minera está constituida, en lo principal, por dos capas, una de ellas de dos metros de espesor y otra de ocho metros, que están puestas de manifiesto hasta una distancia de unos 900 metros. Ambas capas están constituidas casi con absoluta regularidad y garantizan, como veremos más adelante, el contenido en mineral de la concesión. Además, hay que sumar las manifestaciones de Las Poulas, situadas más al Oeste, donde las capas afectadas por el metamorfismo de contacto han sido calicateadas, así como otras capas eventuales, que se encuentran todavía en el dominio de los registros, pero que causa de su recubrimiento aluvial no han podido ser localizadas hasta ahora.

Las capas de 2 y 8 metros fueron investigadas durante el verano de 1953 mediante calicatas y sondeos a lo largo de 900 metros. Para poder confirmar su existencia en prolongación se han proyectado nuevas perforaciones y calicatas. Puesto que más al Norte, en el río Sil, se encuentran de nuevo igualmente las cuarcitas y pizarras del Siluriano inferior y, además, se han encontrado también fragmentos rodados de mineral de hierro, puede aceptarse, con gran probabilidad, que las capas se extienden más al Norte hasta aquel río. Pudiera ser, desde luego, que exista una falla, pero no hay que esperar grandes deslizamientos o corrimientos de escala mayor.

Hacia el Sur ambas capas de dos y ocho metros arrum-

ban no sólo hasta el último acuñamiento conocido por el momento, sino que continúan más allá, transpuestas únicamente por una falla. Como puede verse en el esquema 1 del texto se altera allí repentinamente el rumbo de las rocas de 150-160° hasta 110-120° y en la sección transversal de la concesión «Wagner» se dice (el autor lamenta no haber podido obtener permiso para hacer el corte transversal) que existen una capa de tres metros, una de cuatro y otra de doce metros, y, además, en la boca de la galería se encuentra la capa de ocho metros de nosotros conocida y más adelante la de dos metros. Toda esta serie de capas se extiende hacia el Sur unos 250 metros y de nuevo se colocan en la primitiva dirección de 150-160°, condicionada allí por un nuevo trastorno (fig. 1). Desde los puntos altos se puede ver cómo las cuarcitas, con sus capas minerales acompañantes, se extienden a lo largo de kilómetros, de manera que las fotografías aéreas deberían resultar muy apropiadas para una prospección. Además, se presenta, como también puede verse desde cualquier punto alto, una alteración en los tipos de vegetación y coloración del suelo correspondientes al punto en que se extinguen las capas, según se aprecia de manera manifiesta.

En el segundo de los puntos mencionados de cambio de dirección, las dos capas de dos y ocho metros quedan cortadas repentinamente y cesan en el río Castrillo. Este hecho, sin embargo, no está condicionado tectónicamente, sino que hay que atribuirlo exclusivamente a efecto de la erosión ocasionada por el río, de manera que es de esperar de todos modos la confirmación de la continuación de ambas capas en la orilla oriental del arroyo. Yacimientos sedimentarios de mineral de hierro, del tipo correspondiente al que hasta ahora tenemos en San Miguel, nunca cesan

repentinamente como consecuencia de circunstancias de facies, sino que la causa es casi siempre de tipo tectónico. Cuando las capas desaparecen sin acuñamiento, pueden encontrarse de nuevo en muchos casos mediante el análisis de los movimientos de dirección. En este caso no podemos aceptar ni descenso en profundidad ni estrujamiento o acuñamiento mediante fallas, puesto que las capas de «Wagner» únicamente alteran algo su dirección, pero continúan sin trastorno. Es, por consiguiente, improbable que las capas de dos y ocho metros desaparezcan aquí de repente.

Mencionemos ahora además que el autor encontró más al Sur, en el valle del río Castrillo, enfrente de la caseta del transformador de «Wagner», a mitad de camino más o menos de La Solana, un retazo de una de las capas. Por parte española se le llamó la atención acerca del hecho de que en las alturas se encuentren nuevos lentejones de mineral. Si bien todos estos puntos de hallazgo no muestran más que un mineral pobre, esto no quiere decir que las capas que arrumban hasta allí no merezcan ser explotadas, ya que la pobreza del mineral debe atribuirse enteramente a las influencias meteorizantes en la superficie y además porque hay que contar con oscilaciones en la proporción del contenido en material de cualquier capa.

Dörpinghaus (1914) estudió y describió los criaderos de «Wagner». En líneas generales sus resultados tienen todavía validez, aunque aquel autor estableció en forma completamente equivocada los contactos de granito y siluriano. Cuando dije antes que los campos de «Vivaldi» y de «Wagner» tienen muchos puntos de coincidencia, debe hacerse la excepción de que la coincidencia no se extiende a los detalles. Morfológica, geológica y topográficamente difie-

ren las circunstancias, porque las capas de «Vivaldi», por lo menos en la medida en que ahora son conocidas y están puestas de manifiesto, aparecen intensamente influenciadas por el contacto con el granito y además no se desarrollan sobre el típico paisaje de colinas característica de esta región, sino que pronto, después de abandonar las montañas en dirección al Noroeste, entran en las llanuras de río Boeza y arrumban bajo la cobertura aluvial hasta llegar al río Sil.

4) *Tectónica.*

Si incluimos en estas consideraciones el campo de «Wagner» con las manifestaciones conocidas de sus capas, nos encontramos con la siguiente serie de lechos, mencionados del Oeste hacia el Este: 1, 8, 2, 12, 4, 3, 8, 2 metros. La repetición de las capas de dos y ocho metros no es necesario atribuirla a anticlinamiento o a asinclinamiento. Por un lado, podría tratarse de una repetición puramente casual; por otro lado, nada definitivo puede decirse hasta que las capas se hayan puesto realmente de manifiesto en una mayor extensión. Puesto que las cuarcitas parecen acunarse, al menos parcialmente, puede que lo mismo ocurra con las capas de mineral, que podrían engrosar o adelgazar o incluso desaparecer a trechos para volver a aparecer de nuevo. A juzgar por los resultados de las investigaciones microscópicas hasta ahora realizadas no cree el autor que pueda establecerse una diferenciación de las diferentes capas a partir de su contenido mineral que permita establecer una orientación en estas materias. Más bien habrá que prestar atención, cuando se vayan trabajando las minas y desde el primer momento, a un análisis tectónico preciso que, junto con los estudios de Petrografía sedimentaria, han de conducir con seguridad al éxito. Por consiguiente, hay que

ser muy cautos al tratar de establecer la correlación entre las capas.

Con el estado actual de conocimientos no se puede establecer nada preciso acerca de la tectónica. Lo único que se dedujo mediante la investigación, es que las cuarcitas muestran casi siempre grietas rellenas con cuarzo. Este cuarzo secundario se distingue del cuarzo como elemento componente de las cuarcitas, en que los cristales son mucho más grandes, y que se han separado sin acompañamiento de sustancia extraña. También hay que admitir la existencia de un reducido desgarre con recristalización.

Más hacia el Norte, en el contacto con el granito, en la proximidad de la carretera que va a la presa, yace una roca intensamente trastornada. La manifestación es, sin embargo, tan poco favorable, que no permite reconocer nada de la vecindad inmediata. Microscópicamente se aprecia que se trata de una roca consistente en cuarzo, biotita y muscovita, y sericita. Atraviesa la placa una pequeña vetilla de cuarzo, cuyos granos de cuarzo son más gruesos que los restantes, los cuales han recristalizado regularmente. Por consiguiente, nos encontramos ante un movimiento post-tectónico. Cual sea la medida que haya alcanzado no es cosa que se pueda reconocer. La roca, desagregada en romboedros, muestra una rotación de unos 45° (fig. 5).

Esta textura no puede tener su origen meramente en una influencia de contacto con el granito, porque las cuarcitas de puro metamorfismo de contacto, por ejemplo, tienen otro aspecto muy distinto (ver pág. 32). Por consiguiente, debe haber actuado una componente de movimiento considerable. Quizá se trate aquí de una pequeña zona de cabalgamiento del Siluriano sobre el granito.

Respecto a la cuestión de si, en el caso de los campos

de «Vivaldi», nos encontramos con un caso de agudos sinclinales, como se ha supuesto por diferentes autores, no podemos decidirnos por ahora nada definitivo, pero a juzgar por el aspecto de los dispositivos nos sentimos muy inclinados a admitirlo.

El trastorno, ya mencionado, causante de una alteración de los rumbos de las capas de mineral y de las pizarras, parece proseguirse en dirección al Noroeste, puesto que los bancos de cuarcita que se presentan al Este del contacto del granito del río Boeza, pueden seguirse varios cientos de metros en dirección hacia el Sur, sin falla. Aquí no encontramos, por consiguiente, ningún trastorno. Desgarres en el sentido del rumbo de las capas, o cabalgaduras, no se han apreciado nunca hasta ahora. Sin embargo, estos movimientos podrían ser la causa de las repeticiones de capas.

5) *Constitución mineralógica de las capas.*

Los geólogos que estudiaron antes estas manifestaciones investigaron los minerales únicamente por transparencia. Basándose en estos precedentes, en sus propias preparaciones delgadas y, sobre todo, utilizando también luz reflejada, el autor ha llegado a las conclusiones que se expondrán inmediatamente: Mencionemos aquí ante todo que sólo se han examinado minerales procedentes de la mina «Vivaldi». Lo que se diga acerca de los minerales de la mina «Wagner» se basa únicamente en el estudio de la litología pre-existente.

Capa de dos metros.—Se pulieron varias placas de material procedente de aquella localidad en que la capa termina bruscamente junto al río Castrillo. Una preparación muestra hasta un 90 por 100 de magnetita, con apenas alguna formación escasa de oolita. El mineral está recrecido

en forma reticular con la roca encajante. Se pudo determinar la presencia de algo de mineral acicular, pero nada de hierro especular (fig. 6). Sin embargo se puede observar la presencia, en la magnetita, de un mineral blanco amarillento, que a veces es netamente anisótropo y que se presenta en forma de gotas. Estas sospechosas inclusiones o, quizá, incluso mezclas (?), no aparecen ordenadas zonalmente.

También en la capa de ocho metros de Paradasolana, situada por consiguiente varios kilómetros al Sur, se pudieron observar tales inclusiones en la magnetita. Aquí son muy netamente amarillentas y sólo se encuentran en ella.

Otras preparaciones de la capa de dos metros de río Castrillo muestran, por el contrario, falta absoluta de magnetita y en cambio ofrecen un mineral brechoso con oolitas, que al parecer, y a juzgar por su raya parda, son un producto de meteorización. De la textura se deduce, sin embargo, que la estructura brechosa ha sido originada mediante movimientos posteriores a la formación del mineral, y que por consiguiente la capa de mineral ha participado indudablemente en el plegamiento consiguiente a la sedimentación. La roca encajante, constituida en forma micáceo hojosa, yace en forma aureolar dentro del mineral, el cual ha penetrado parcialmente en la roca encajante, y por consiguiente era, al menos temporalmente, móvil.

La preparación rica en magnetita muestra, por transparencia, que sin embargo existe constitución oolítica y que los oolitos están en parte ligeramente comprimidos. Entre los oolitos yacen espato calizo y espato de hierro con masa de relleno, en forma de pequeños filones recristalizados. La masa interior del oolito está constituida por thuringita, que

también actúa parcialmente como masa de relleno. No se ha observado la presencia de cuarzo.

Una preparación delgada de la parte de la capa que contiene limonita no manifestó nada especial, aunque aún pudo observarse, parcialmente al menos, la constitución oolítica. El espato calizo y el espato de hierro eran muy escasos y no se encontraba, por lo demás, sino limonita filamentosamente cristalizada, lo que permite sospechar fenómenos de meteorización. El calcio ha sido arrastrado por las aguas de circulación.

Capa de ocho metros.—Se tomó también una muestra de la capa de ocho metros procedente de la misma localidad en que se tomaron las muestras de la capa de dos metros. En el río Castrillo esta capa se compone también, en su mayor parte, de magnetita; la constitución oolítica es algo más intensa que en la capa de dos metros (fig. 8), y afecta más o menos un 50 por 100 del mineral. En las grietas y fisuras de la magnetita se aprecia el comienzo de la martitización. También se observa hematites especular en forma capilar muy fina, y se reconoce muy bien mediante pleocroísmo de reflexión y anisotropía. Faltan aquí por completo las pequeñas inclusiones en forma de lágrimas de la capa de dos metros.

No se pudieron observar ningunas peculiaridades, mediante estudio de preparación delgada. El mineral se parece al de la capa de dos metros.

También se cita en Paradasolana la existencia de una capa de ocho metros. No podemos decidir, a base de los datos que poseemos hasta ahora, si se trata realmente de una continuación de la capa de ocho metros que se encuentra más al Norte o bien si es una nueva capa que, en forma puramente accidental, alcanza aquí el espesor de ocho

metros. Las preparaciones muestran también un contenido en magnetita que rebasa el 50 por 100 (por consiguiente muy alejada del contacto). Domina el mineral brechoide y, como ya mencionamos antes, se presentan de nuevo dentro de la magnetita las pequeñas inclusiones en forma de lágrimas.

Encontramos también lepidocrokita y goethita como productos de descomposición y es posible también que constituyan aquí parcialmente constituciones primarias (fig. 9). La roca encajante en el mineral no se encuentra nunca constituida en forma aureolar (a pesar de su constitución brechoide), pero sin embargo predominan las micas.

Estas observaciones se oponen de todas maneras, en alguna medida, a las de los autores más antiguos. Desgraciadamente nunca se dice de aquéllas más que que las muestras han sido tomadas de tal o cual calicata, pero no presentan ningún mapa o esquema en que pueda apreciarse en qué zona se encontraba. Por consiguiente los datos antiguos no tienen sino validez general y no pueden ser utilizados para una comparación inmediata sino en forma limitada. El que merece más confianza es desde luego Dörpinghaus.

No se apreció la existencia más que de escasas cantidades de magnetita (en cualquier caso sin investigaciones en superficies pulimentadas). Los detalles pueden apreciarse en la literatura correspondiente. Pudiera ocurrir que las composiciones de los minerales no estén sometidas más que a ligeras alteraciones y que éstas sean secundarias, correspondientes al incremento en el contenido primario en ácido carbónico a profundidad, ya que en la superficie ha tenido lugar una oxidación de los carbonatos en limonita. El que exista solamente una forma de oxidación del espato

de hierro con pequeñas cantidades de magnetita no puede deducirlo el autor de las muestras por él examinadas.

Surge de aquí naturalmente, de nuevo, la cuestión de la correlación entre las capas. Antes de que pueda establecerse con exactitud cuántas existen, cómo yacen, si acuñan, si se relevan o reaparecen o si están cabalgadas, no se puede emitir opiniones incontestables acerca del contenido en mineral, con trascendencia respecto a su génesis. No será fácil obtener orientación alguna respecto a las capas antes de que existan suficientes labores subterráneas.

Sin embargo, podemos deducir de las muestras por mí examinadas la conclusión de que la magnetita aparece con mayor intensidad de lo que se admitió anteriormente, y que incluso en dos puntos distanciados uno de otro varios kilómetros, como son la terminación de las capas en río Castrillo y la cuña de La Solana, se ha encontrado abundante magnetita.

6) Génesis.

Del examen y definición del contenido mineral de las capas ferríferas resulta la consideración de hipótesis acerca de la génesis de los yacimientos. Si prescindimos de los contactos descritos anteriormente, que han sido ocasionados por circunstancias locales de tipo especial, y hecha abstracción de la deficiente investigación estratigráfica y mineralógica de las capas de mineral y de sus rocas encajantes, hay sin embargo un hecho en la composición del mineral que resulta peculiar a primera vista: la asociación de magnetita con espato de hierro. Resultaría ahora decisivo, para aclarar este asunto, la realización de una investigación sistemática de todas las capas, normalmente al rumbo, y su desmuestra a lo largo de él. Puesto que todos

los autores antiguos hablan de un mineral casi espático y en cambio el autor ha encontrado mucha más magnetita, hay que admitir que las capas no tienen una mineralización regular, sino que las hay ricas en magnetita y ricas en espato de hierro.

Se plantean entonces las siguientes cuestiones de principio:

¿Es la magnetita mineral de precipitación primaria o ha sido aportada secundariamente como producto de acarreo?

La magnetita puede originarse a partir de limonita y de silicatos hidratados mediante metaforfismo de contacto, incluso bajo la acción de presiones reducidas. ¿Podría tratarse de ese fenómeno en este caso?

El mineral es intensamente calizo, rico en ácido carbónico; las rocas encajantes, sin embargo (pizarras y cuarcitas) son ricas en ácido silícico. ¿Cómo explicarse esta diferencia en los caracteres de la sedimentación, puesto que las zonas de alimentación son las mismas?

Parece descartada la existencia de un criadero fósil, de tipo «placer», puesto que ni las facies pizarreñas en las que están intercaladas las capas de mineral, ni las cuarcitas o los minerales de hierro muestran otros minerales pesados. Lo que ocurriría, desde luego, caso de tratarse de un criadero fósil.

La magnetita es, por consiguiente, de origen primario. Tampoco puede admitirse que proceda de limonita y silicatos hidratados mediante metamorfismo de contacto—incluso bajo presiones reducidas, ya que también encontramos capas ricas en magnetita fuera del granito de contacto. También parece improbable que hayan bastado la reducida presión y escaso calentamiento originados durante

el período de débil metamorfismo regional. Me parecen más próximos a la verdad los resultados de las investigaciones y estudios de James. Según este autor, la magnetita puede precipitar junto con los silicatos de hierro (según Correns los silicatos de hierro pertenecen al grupo de las formaciones diagenéticas) y los carbonatos, a partir de una solución mixta de ferri y ferro compuestos, si bien esto sólo ocurre cuando se presentan circunstancias, con respecto al potencial redox, muy concretas y de rara ocurrencia. Este origen de la magnetita (Taylor) no es el normal, sino que representa una excepción muy marcada. Se trata, en este caso, de una facies especial en la margen inferior del dominio de estabilidad de la hematites (Garrels y Krumbein), situado por consiguiente en la base de la separación oxidica. Podría considerarse la facies de magnetita como una subfacies. Señalemos como importante que el contenido de magnetita no depende, de ninguna manera, del grado de metamorfismo. Las condiciones previas deben haber permanecido entre las facies de la hematites y la del carbonato; los valores pH no deben haber sido especialmente altos, sino que deben haber permanecido más bien alrededor del punto de neutralidad.

Debemos prestar atención al hecho de que el potencial redox es un factor intensivo, exactamente como lo son la temperatura y el valor del pH. Según observaciones de Friedman y otros, puede formarse la magnetita incluso en ríos, es decir, en condiciones de temperatura completamente normales, y también se han observado neo-formaciones de magnetita en las partes de yacimientos oxidadas mediante la acción de aguas meteóricas. En la caliza del Mississippí se encontraron también neo-formaciones de

magnetita mineralizadas por la acción de aguas de infiltración.

Wurm observó la existencia de magnetitas en el Lias de Bodenwöhr.

Según James no es necesario recurrir a ningún vulcanismo para explicar la aportación de material. En el caso de San Miguel de las Dueñas no se ha señalado por ahora ningún vulcanismo submarino, ya que éste debería ser el caso. Más bien se puede deducir, a juzgar por el estado actual de los resultados de las investigaciones, la siguiente serie sedimentaria:

Pizarra.—Cuarcita.—Mineral.—Pizarra.

En una depresión marina de escasa profundidad, en la que dominaba la aportación y un exceso de oxígeno, se sedimentaron lentamente partículas finas procedentes de una zona de arrastre en tiempos de denudación débil (alzamiento débil). Fueron relevadas por el aporte de elementos más bastos (cuarzitas) en tiempos de abrasión más intensa. En el proceso de esta abrasión más intensa, se disolvieron también minerales de hierro (quizá partiendo de yacimientos magmáticos de origen primario), cuya precipitación y sedimentación tuvo lugar más lentamente que en el caso de los granos de cuarzo. A esta secuencia sucedió de nuevo la sedimentación de las facies de pizarra.

El mineral así resultante es complejo:

Magnetita, hematita, silicato de hierro y siderita.

En general, los minerales de hierro silicáticos comportan magnetita, pero a menudo sólo en zonas señaladamente tectónicas, como pliegues agudos, cabalgamientos, etc. Es por consiguiente muy posible que, al menos parcialmente, el contenido de magnetita de los yacimientos de San Mi-

guel de las Dueñas haya resultado realizado también mediante factores tectónicos; pero de las preparaciones estudiadas por el autor se deduce que también en zonas no señaladamente tectónicas se encuentra un contenido bastante alto de magnetita. Otros autores caracterizan las capas puramente como minerales de chamosita oolítica con siderita (de lo que deducen estrechos paralelismos con respecto a los minerales oolíticos de Turingia y Bohemia). Pero por lo que se refiere a las capas por mí investigadas, no me puedo afiliar por completo a esta opinión, aunque debo hacer notar que mis investigaciones sólo se refieren a una parte limitada del criadero. Los investigadores más antiguos únicamente han examinado placas delgadas y no superficies de reflexión, lo que quizá ha conducido también a una evaluación, por bajo, del contenido en magnetita.

Para apreciar los elementos traza existentes en los minerales se practicaron dos análisis espectrales cualitativos (1).

La muestra núm. 1 procede de la capa de dos metros en el sitio en que desaparece junto al río Castrillo. Por consiguiente, alejada de cualquier manifestación apreciable de metamorfismo de contacto. La roca encajante consiste en pizarras oscuras de tipo normal. Una preparación de este mineral muestra hasta un 90 por 100 de magnetita, casi apenas ninguna formación oolítica, algo de hierro especular, ninguna martitización, algo de lepidocrokita. El espato calizo y el hierro espático constituyen la masa de relleno entre los granos de mineral. Chamosita y huringita están presentes en el interior de los oolitos.

(1) Damos las gracias por este estudio a la señorita U. Will del Instituto Mineralógico Petrográfico, de la Universidad Técnica de Berlín.

La muestra núm. 2 está tomada de las calicatas, dentro del contacto con el granito. La roca encajante consiste en pizarras moteadas típicas. Se puede reconocer macroscópicamente como roca mixta, porosa, consistente en mucho cuarzo, cuarcita, limonita, hematites. Microscópicamente se reconoce la existencia de mucha hematites, con lepidocrokita y goethita, recrecidos ambos mutuamente en forma de gel.

Los análisis espectrales dieron los siguientes resultados:

Elemento detectado	MUESTRA N.º 1		MUESTRA N.º 2	
		a)	b)	c)
As.....	ss	st	m	m-st
Si.....	st	st	st	st
Mn.....	st	m	m	m
Mg.....	st	m	m	m
Mo.....	—	—	—	—
Sn.....	m	s—m	ss	ss
V.....	s	ss	—	—
Zn.....	—	s	ss	m
Cu.....	s	s—m	ss	ss
Ag.....	ss	ss	—	—
Ti.....	st	st	st	m
Al.....	m	m	m	m
W.....	—	s	ss	—
Cr.....	m	s	—	—
Ca.....	m	s	s	s
Bi.....	ss	—	—	—
Pb.....	—	—	ss	—
Ni.....	—	—	—	—
Co.....	—	—	—	—

La subdivisión de la muestra 2 en a, b, c, quiere decir:

- a = costra de meteorización consistente predominantemente de limonita.
 b = XX oscuras asentadas en pequeñas drusas, predominantemente de hematites.
 c = limonita implantada en la superficie en forma globular.
 ss = muy débil.
 s = débil.
 sm = débil a intensidad media.
 m = intensidad media.
 st = intenso.

Si se examinan juntas las muestras 2, se nota igualdad en casi todos los elementos; solamente aparecen concentrados el estaño, especialmente en *a* y el cinc en *c*. En mi opinión esto no tiene ninguna significación especial genética, sino que hay que atribuirlo a enriquecimientos locales puramente casuales.

Estaño, wolframio, cinc y plomo se presentan en el mineral de contacto en mayor abundancia que en la muestra número 1, lo que hay que atribuir a intercambio de materia procedente del granito.

También se pone de manifiesto una ligera neumatolisis, de modo que el granito ha suministrado algo de material, aunque poco. Podemos exponer en conjunto los restantes elementos de la siguiente manera:

CAPA DE 2 MS.				MINERAL DE CONTACTO			
st	m und sm	s	ss	st	m und sm	s	ss
Si	Sn	V	As	Si	Mn	Sn	V
Mn	Al	Cu	Ag	As	Mg	Zn	Cl
Mg	Cr		Bi	Ti	Al	Ca	Ag
Ti	Ca					Cr	W
							Pb

No se ha encontrado molibdeno, níquel ni cobalto en ninguna muestra. El titanio es en ambos casos más abundante que el vanadio, lo que, según Hegemann y Albrecht, constituye un indicio seguro de que no se trata de ningún yacimiento extrusivo submarino. La escasez de cobalto permite descartar, según los mismos autores, la idea de una génesis intramagmática.

El análisis cualitativo que acabamos de presentar no permite obtener ninguna conclusión exacta ni de profundo

alcance, ni tampoco permite establecer ninguna comparación con el grupo de manifestaciones de mineral de hierro oxidico que detallan Hegemann y Albrecht, puesto que el mineral se ha examinado aquí como un todo, mientras que para ese objeto debería haberse preparado una selección de minerales (magnetita, así como hematites), con objeto de obtener resultados mejores y más exactos.

Si tomamos, sin embargo, como contraste el grupo genético expuesto por Hegemann y Albrecht, sorprende el alto contenido de titanio y de estaño contenido en la capa de dos metros. El titanio se presenta, según los mencionados autores, en la hematites, pero como según las investigaciones microscópicas existe en pequeña cantidad, hay que pensar que este mineral ha estado sometido a una alteración por metamorfismo de contacto. A ello apunta también el contenido en estaño. El calentamiento, quizá procedente de una apósis granítica, no fué—si es que éste fué realmente el caso—suficientemente intenso como para alterar también la roca encajante. El contenido relativamente reducido en calcio de la capa de dos metros ya había sido establecido microscópicamente. En este punto se diferencian mucho las capas del campo de «Vivaldi» de las restantes capas del criadero que yacen dentro de dominio de las concesiones de «Wagner».

El contenido en magnesio pertenece desde luego a los silicatos de hierro chamosita y thuringita, pero en parte con toda seguridad, también a la estructura reticular de la magnetita.

Es notable y peculiar el alto contenido en arsénico presente en el mineral del contacto con respecto al de la capa. Sin embargo, más bien habrá que atribuirlo, quizá, a una concentración, sino a aporte de material, como en el cas

del wolframio, estaño, cinc y plomo. En cualquier caso resulta, en conjunto de la comparación del mineral de capa con el mineral de contacto, una traslación de la frecuencia en dirección a los valores bajos (ss, s). Sólo los elementos que pudieran resistir las más elevadas temperaturas y las presiones reinantes como el silicio, manganeso, magnesio, aluminio y titanio, se presentan más o menos en las mismas cantidades en el mineral de capa que en el mineral de puro contacto. Todos los otros están contenidos en el mineral de contacto en cantidades menores.

7) *Contacto siluriano-granito y sus manifestaciones de contacto.*

Como puede apreciarse en el mapa de la figura 1, las capas de mineral se aproximan al contacto del granito. En la calicata denominada «Las Poulas» está puesto de manifiesto un mineral de este tipo próximo al contacto.

Las rocas encajantes están constituidas por típicas pizarras de contacto del tipo que se conoce como «pizarras glandulares». En preparación para reflexión aún puede reconocerse en los minerales formas oolíticas, con partículas pequeñas y opacas en el interior. Sólo que en lugar de las magnetitas se presenta aquí en gran cantidad hematites. Por consiguiente, nos encontramos claramente ante una martitización (Ramdohr). Las cáscaras alrededor del núcleo oolítico consisten en hematites y lepidocrokita, etcétera. La lepidocrokita y la goethita se presentan íntimamente entrecrecidas en forma de gel, y se observan intensas cataclasis. La hematites se presenta también, aparte de los oolitos, en otras partes, en grano fino, regularmente como producto de recristalización. La lepidocrokita y la goethita se presentan, parcialmente, recrecidas mutuamente

te en forma casi myrmekítica, y es raro encontrar algún grano de magnetita. Todo el mineral está penetrado por la roca encajante, trastornado y removido.

En placa delgada, parcialmente al menos, se reconoce una ordenación estratiforme del mineral, que hay que atribuir a compresión. También la roca encajante aparece tan finamente recristalizada que es casi imposible la definición de su contenido mineral. En cualquier caso, el cuarzo se presenta en mayor cantidad. Aparte de la mencionada disposición estratiforme del mineral, éste está más o menos finamente distribuido por toda la preparación. De esto se deduce que han actuado dos fases de regeneración, puesto que una grieta está rellena de cuarzo mezclado con mineral y está cortada por una pequeña veta de mineral puro. Esto podría quizás interpretarse en el sentido de que la primera fase de regeneración coincide con manifestaciones de calentamiento exógenas de contacto y que la segunda fase únicamente ha actuado para el mineral, pero no para los minerales de la roca encajante.

En cualquier caso nos encontramos en el contacto del mineral de hierro de Ponferrada ante una martitización típica, que cuando se abran otras calicatas situadas entre las dos manifestaciones que conocemos actualmente, permitirán poner todavía más en claro su desarrollo con respecto al contacto.

Con respecto al mineral puesto de manifiesto en las calicatas de «Las Poulas», hay que decir que aquí, o así lo supone el autor, se trata de la capa núm. 3 (4, 3, 12) de «Wagner», que han saltado a lo largo de una falla orientada al rumbo y cuyo salto se puede reconocer en la cuarcita de la trinchera del ferrocarril, justo junto a la estación de San Miguel, y se han alterado en forma se-

cundaria tan intensamente, mediante el contacto, que ya-
cen ahora en la forma conocida por nosotros. Es bien sa-
bido que bajo la influencia del calor, el mineral se altera
mucho más fácilmente que la roca encajante, que de todas
maneras en este caso también ha alcanzado un alto grado
de metamorfismo de contacto. Su potencia de 20 metros,
así como la estructura peculiar de estas capas, permiten
igualmente interpretar su origen. También es muy posible
que se trate en este caso de una pequeña apófisis del gra-
nito que haya ascendido, y que de esta manera ha ocasio-
nado un alto grado de metamorfismo desproporcionado con
el alejamiento con respecto a la masa principal.

El granito es ácido, se compone de mucho cuarzo, bio-
tita con circonio, pocos feldespatos (en igual proporción
de ortoclasa y plagioclasa). Se observa en el contacto que
la ortoclasa se ha descompuesto, en gran medida, en mos-
covita y sericita, que el cuarzo ha emigrado, que la bio-
tita ya no existe y, en cambio, se presenta algo de augito.

Se nota un marcadísimo sistema de diaclasas verticales
a 150°. En el granito se han encontrado, en diferentes loca-
lidades, cantos de mineral de hierro con magnetita, hema-
tites, lepidocrokita y goethita. Proceden de la zona de con-
tacto. Hay que suponer que tienen su origen en las capas
de mineral existentes por encima del granito, ya que las
manifestaciones más próxima conocidas hasta ahora están
separadas del punto de hallazgo por varias cadenas de co-
linas. También podrían proceder del aluvial, que con es-
pesor grande, al menos parcialmente, se ha extendido sobre
toda la región.

El contacto está muy bien puesto de manifiesto en al-
gunas localidades, porque se abrieron en él calicatas en
busca de wolframio, las cuales cortan el contacto. Inmedia-

tamente en el contacto limitan, uno con otra, el granito y
la cuarcita (fig. 10); las pizarras que se presentan inme-
diatamente detrás (a unos 20 m.) son blandas, descom-
puestas, arrumban a 180° y tienen pendiente de 70° hacia
el Este.

Hacia el contacto, la constitución del granito es más
basta, de tipo pegmatítico.

En el río Boenza, y a la altura de las cuarcitas C o D,
se manifiesta un filón de unos siete centímetros de ancho
que arrumba 240°, y se compone solamente de cuarzo y
moscovita.

Trefzger ha escrito las manifestaciones de estaño y wol-
framio del granito de Ponferrada. Además, se presenta en
el río Sil un pequeño asomo de galena, que se beneficia
con medios primitivos. El filón debe prolongarse por la
cobertura aluvial hasta el valle del río Boenza. El conte-
nido en mineral es monótono: sólo galena con algo de blen-
da y trazas de pirita. La potencia del filón es de 40 a 60
centímetros, arrumba 120-130° en disposición vertical.

Como rocas encajantes se presentan pizarras nodulo-
sas que arrumban a 110° y tienen una pendiente de 43° E.
y se hunden 10° en dirección al N.

Sin duda, este pequeño criadero está en relación con la
intrusión granítica, y debe considerarse como de formación
más moderna.

Para terminar es quizás todavía interesante hablar bre-
vemente de la industria siderúrgica que se encontraba en
explotación en esta región hacia el año 1800, con objeto
de poder apreciar qué es lo que puede esperarse de su
futuro desarrollo.

Según viejas publicaciones y un nuevo resumen esta-
blecido por C. M. Garnelo y P. Barrios, existía en la re-

gión del Bierzo, como también se denomina a la vecindad de Ponferrada, una considerable industria de hierro constituida por siete fábricas que entonces suministraban una parte de la producción de armas del país. En la época de la invasión francesa se destruyó este centro de producción de armamento y hasta ahora no ha podido reconstruirse.

Las condiciones favorables, sin embargo, existen todavía. Además de las manifestaciones de mineral de hierro del tipo de San Miguel de las Dueñas («Wagner y Vivaldi») se presentan:

Minas de la Chana, Coto de Sobrado, Coto San Genadio y otras siete manifestaciones de las que no existe ninguna descripción. Pero es que, además, el carbón, tan importante para la industria siderúrgica, se presenta en cantidades interesantes en la parte oriental de la región, en las cuencas de los ríos Sil, Boeza y Cua. La producción conjunta alcanza al año los 2,5 millones de toneladas.

Sin duda tiene Ponferrada un gran futuro respecto de sus posibilidades industriales, acrecentado por su moderna central de producción de electricidad. Se explota el mineral de los campos de «Wagner» (Sociedad Minero Siderúrgica) y de «Vivaldi». Así es que hay que admitir, por lo menos hasta un cierto grado, que la antigua importancia del Bierzo como centro siderúrgico de España será conquistado de nuevo.

RESUMEN

Resumiendo podemos decir, acerca de la importancia y de las perspectivas futuras del coto «Vivaldi», perteneciente a los criaderos de hierro siluriano de San Miguel de las Dueñas, que yace en posición más favorable, por lo que se refiere a las circunstancias técnicas de tráfico, que

el de «Wagner». Las reservas seguras no son, de momento, altas, pero ascenderán intensamente como consecuencia de los trabajos de preparación actualmente en marcha. Hasta ahora, y según los cálculos del autor, se cuenta con tres millones de toneladas seguras, ocho millones probables y 16-20 millones posibles. Para este cálculo se ha tenido en cuenta solamente la capa de ocho metros, y se han omitido las de dos metros, el mineral de «Las Poulas» y los restantes lechos que seguramente existen en el campo de «Vivaldi». El transporte de mineral se consigue directamente sobre vagón de ferrocarril, puesto que éste atraviesa la concesión. Pero hay que contar, además, con reservas en los restantes campos de «Vivaldi» situados más al Sur.

Desde el punto de vista de génesis se trata de un yacimiento de mineral de hierro sedimentario de tipo primario, que se ha alterado localmente en su contacto con el granito. Se sopesa la posibilidad de una alteración metamórfica de las capas situadas en el campo de explotación de «Vivaldi». Sin embargo, no es posible, por ahora, aducir una prueba definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. BENTRAUS, F.: «Der spanische Bergbau nach Eindrücken einer Studienreise. Glückauf», **89**, 1953, 026.
2. BERG, G., DAHLGRÜN, F. & MARTINI, H. J.: «Die Erze des böhmischen Untersilurs». *Arch. f. Lagerst.*, **75**, 1941, 150.
3. CORRENS, C. W.: «Der Eisengehalt der marinen Sedimente und seine Entstehung». *Arch. f. Lagerst.*, **75**, 1941, 74.
4. DEUBEL, F., BERG, G. & v. GAETNER, H. R.: «Die Erze des thüringischen Untersilurs». *Arch. f. Lagerst.*, **75**, 1941, 140.
5. DÖRFFINGHAUS, W. T.: «Eisenerzlagerstätten vom Chamosittypus bei San Miguel de las Dueñas in der nordspanischen Provinz León». *Arch. f. Lagerst.*, **16**, 1914.

6. FRIEDMAN, S. A.: «Low temperatur magnetite». *Econ. Geol.*, 49, 1954, 101.
7. HEGEMANN & ALBRECHT, F.: «Zur Geochemie oxydischer Eisenerze». *Chemie der Erde*, 17, 1954, S. 81.
8. HOEHNE, K.: «Zum Vorkommen von Magnetit in oolithischem Eisenerz». *N. Jb. Mineral., Mh.*, 1955, 80.
9. HUBER, N. K. & GARRELS, R. M.: «Relation of pH and oxidation potential of sedimentary iron mineral formation». *Econ. Geol.*, 48, 1953, 337.
10. JAMES, H. L.: «Sedimentary facies of iron formation». *Econ. Geol.*, 49, 1954, S. 235.
11. KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L.: «Stratigraphy and sedimentation». San Francisco, 1951.
12. QUIRING, H.: «Eisenerzlager vom Lahn-Dill-Typus in Nordspanien». *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh.*, 1955, 49.
13. RAMDOHR, P.: «Die Erzminerale und ihre Verwachsungen». Berlin 1950.
14. SAMPELAYO, P. H.: «Condiciones más generales de los criaderos de hierro paleozoico (NO. de España)». *Instituto del hierro y del acero*, 5, núm. 1, 1952, 241.
15. SAMPELAYO, D. P. & SAMPELAYO, A. H.: «Yacimientos de mineral de hierro, criadero de las minas "Wagner"». Número especial de «*Minería y Metallurgia*». Madrid, 1948 (?).
16. «Mapa Geológico de España, 1:50.000, Hoja Bembibre (León)». Nr. 159, Madrid 1952.
17. «Mapa Geológico de España, 1:50.000, Hoja Ponferrada (León)». Nr. 158, Madrid 1951.
18. SCHUMACHER, F.: «Spaniens Erzlagerstätten». Leipzig 1926, Beihefte I, Intern. Bergwirtschaft.
19. «Criaderos de hierro de España». Memorias del Instituto Geológico de España, tomo II. *Criaderos de Asturias*, Madrid 1916.
20. TREFZGER, E.: «Über zwei Wolframvorkommen in Spanien». *Z. Erzberg b. Metallhüttenw.*, I, 1948, 137.
21. WURM, A.: «Über Magneteisenerz im Lias v. Bodenwöhr i. B. Geog». *Jahreshefte* 1924, 261.

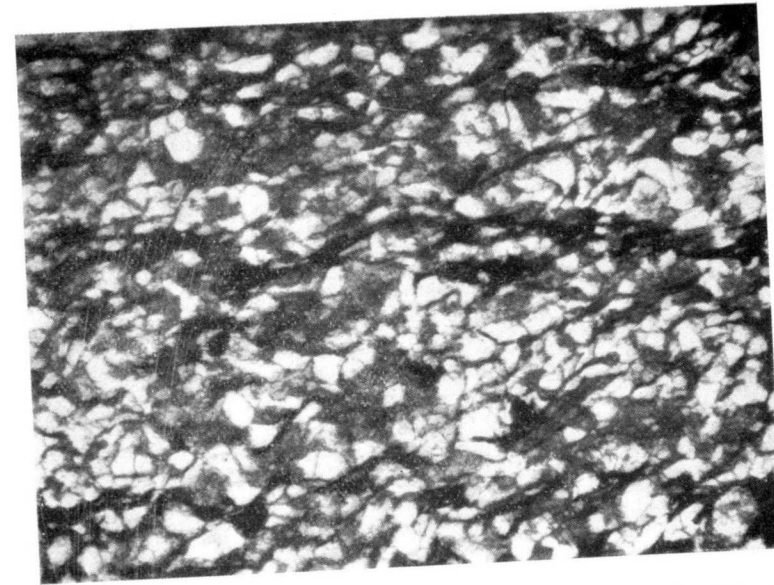


Fig. 3.—50 aumentos. Cuarcita A de la trinchera del f. c. en San Miguel de las Dueñas. En una pasta algo ordenada de cuarzo, sericita y materia carbonosa, yacen granos de cuarzo, igualmente algo ordenados.

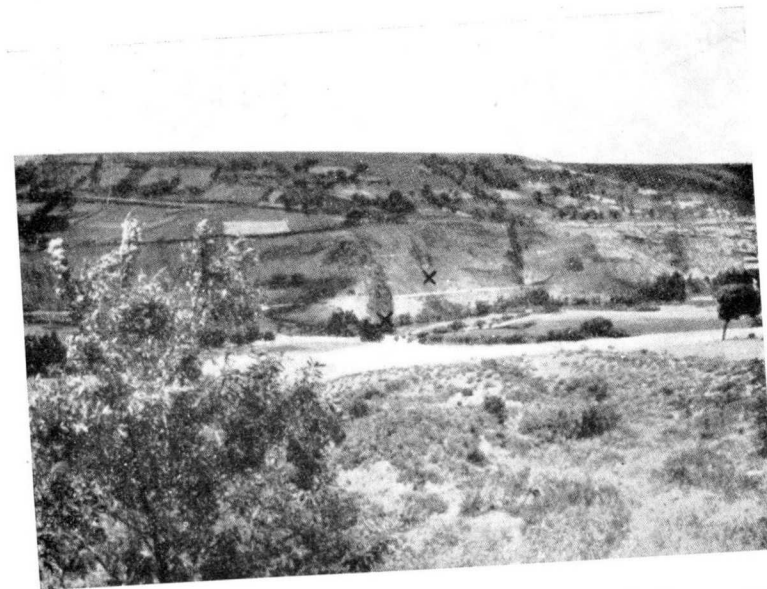


Fig. 4.—Vista desde el punto «Las Poulas» en dirección NO. Se reconocen las cuarcitas B (a la dcha.) y D (a la izq.) de los puntos señalados con cruces.



Fig. 5. — 50 aumentos. Roca intensamente trastornada y disgregada del contacto con el granito.

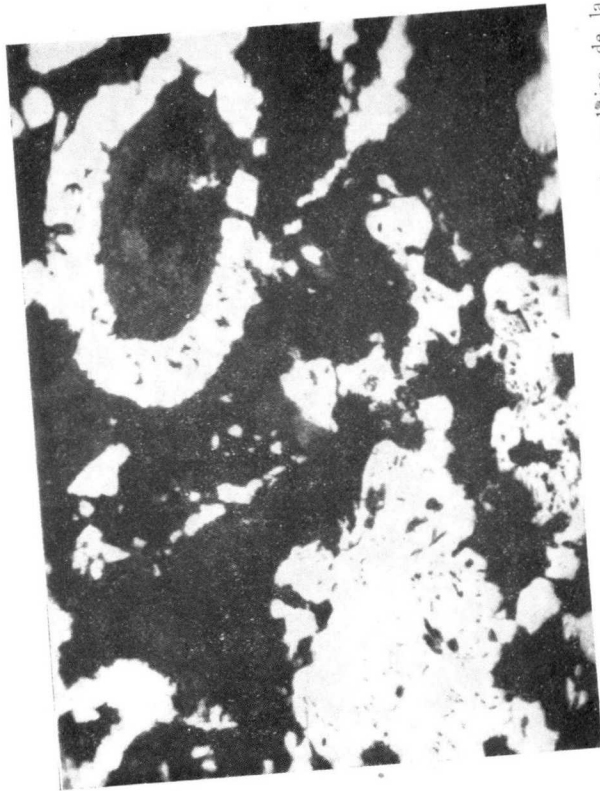


Fig. 6. — 100 aumentos. Inmersión en aceite. Magnetita oolítica de la capa de 2 m.



Fig. 7.—50 aumentos. Placa delgada de la preparación pulida de la figura 6. Capa de 2 m. Magnetita oolítica con silicatos de hierro en su interior. Entre los oolitos espato calizo y de hierro. El espato calizo que rellena la grieta aparece recristalizado.

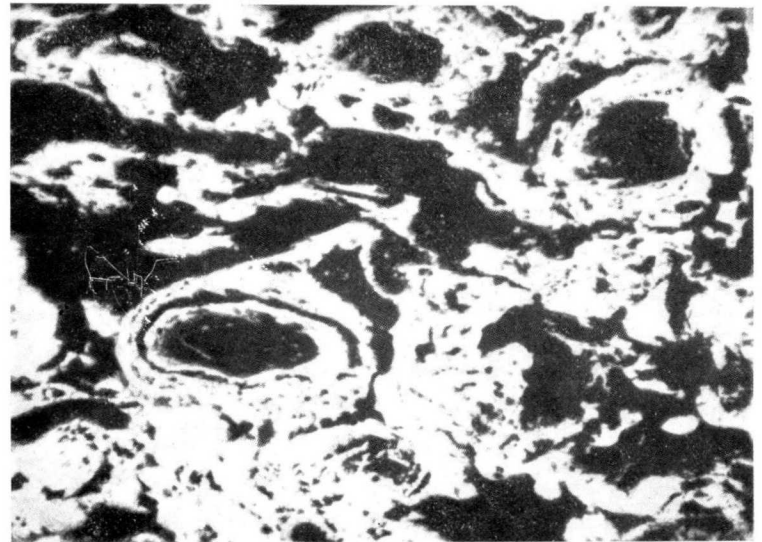


Fig. 8.—220 aumentos. Inmersión en aceite. Constitución oolítica de la capa de 8 m.



Fig. 9.—220 aumentos. Inmersión en aceite. Hierro acicular, recreci en forma de gel con goethita. Extinción de una capa, intensamente meteorizada, en el valle del río Castrillo.

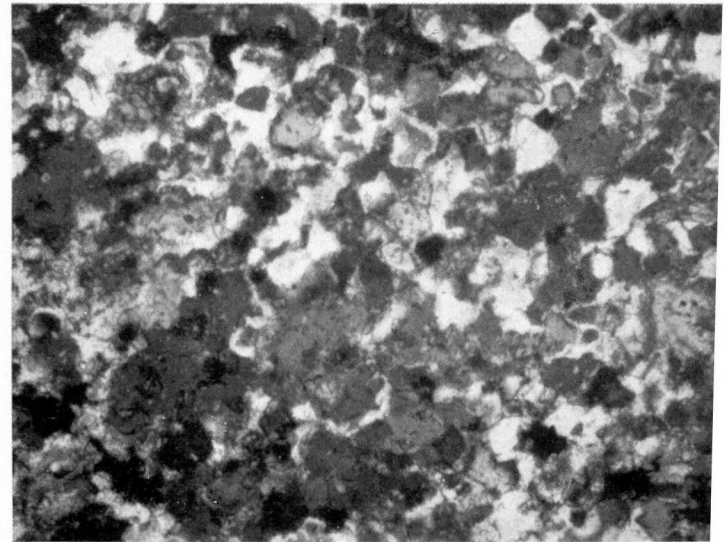


Fig. 10.—50 aumentos. Nícoles cruzados. Cuarzita del contacto di con el granito. Los granos de cuarzo aparecen corroídos. Abunda ma extraña,

Los océanos subterráneos fósiles y el petróleo

POR

Mr. W. BRUDERER

Geólogo de la Compañía Francesa de Petróleo

Mr. W. BRUDERER

LOS OCEANOS SUBTERRANEOS FOSILES Y EL PETROLEO (*)

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS SOBRE EL PAPEL Y ORIGEN DE
LAS AGUAS SALADAS FÓSILES CARACTERÍSTICAS DE LOS
CAMPOS PETROLÍFEROS

Al hablar, en lo que sigue, de las aguas de los yacimientos, no dejaremos de pensar en ningún momento en el petróleo que las acompaña; la estrecha symbiosis en que viven estos dos asociados hace aparecer al agua como un gran gigante que lleva sobre sus espaldas al petróleo como un parásito tenaz y amenudo minúsculo.

En estado de desequilibrio permanente, el petróleo quiere siempre encaramarse al punto más alto de la espalda de su portador, y si la ocasión se presentara, treparía sobre cualquier otro portaparásito más elevado, aun a riesgo de perecer si por una coincidencia desgraciada el portador se deseca haciendo sufrir la misma suerte a su parásito.

En todos los casos de esta asociación, el papel jugado

(*) Versión directa por D. Carlos Muñoz Cabezón del artículo titulado *Les Océans souterrains fossiles et le Pétrole*, aparecido en el «Bulletin de L'Association Française des Techniciens du Pétrole», núm. 120 de fecha 30 de noviembre de 1956, se publica aquí en versión castellana gracias a la amable y expresa autorización dada por la citada Association.

por el agua es capital y hace falta explicar, en primer lugar, el origen de esta agua para tratar de deducir después el origen del petróleo.

La idea de buscar este origen ha llegado a nosotros por una serie de circunstancias especiales, en las cuales hemos visto al agua y a su pequeño parásito ocupando rocas-almacenes de forma tan arbitraria que era necesaria una explicación, no solamente para aclarar los hechos observados, sino también para saber cómo orientar las investigaciones posteriores. Hemos visto que en estas circunstancias el problema a considerar tenía dos facetas: en primer lugar, el lado físico de la asociación agua y petróleo en el depósito, e inmediatamente después las características estratigráficas del depósito mismo.

Sólo los geólogos y los técnicos de explotación del petróleo pueden darse verdaderamente cuenta de la importancia volumétrica de las aguas de los yacimientos, que corresponden a verdaderos océanos fósiles almacenados subterráneamente. Como lo que se trata es de extraer el petróleo, estas aguas no son mencionadas más que en el caso de que constituyan un verdadero problema. Con respecto a su volumen, que se cifra en millones de kilómetros cúbicos, el del aceite no es más que una fracción ínfima; esta fracción de aceite varía en proporción considerable, desde una pequeña montera de aceite anegada rápidamente de manera engañosa por una oleada de agua, hasta centenares de millones de toneladas de aceite flotando sobre un océano de aguas fósiles, cuya extensión puede ocupar la totalidad de la superficie de la cuenca sedimentaria explotada.

Entre los más elocuentes ejemplos citaremos el del campo del Este de Texas, donde el agua extraída obligatoriamente sobrepasa el volumen del aceite, y solamente después

de haber recuperado este agua para inyectarla se ha podido medir y comprobar que desde 1942 a 1955 la cantidad de agua devuelta al depósito ha sido del orden de 300 millones de metros cúbicos. La producción total de este campo, hasta ahora, ha sido de 400 a 500 millones de toneladas métricas de petróleo, y probablemente 700 a 800 millones de metros cúbicos de agua. En realidad, se trata de un volumen de agua extraída accidentalmente, que en comparación con las masas de agua almacenadas en los depósitos, no representa más que el valor de un cubo sacado de un lago.

Al lado de los niveles explotables por su contenido en aceite se conocen en todos los campos otros niveles, que teniendo porosidad y permeabilidad, no contienen aceite, sino solamente aguas saladas fósiles en cantidad importante. Estos casos son bien conocidos por los perforadores por las pérdidas de lodos que ocasionan, pero por otra parte ellos se sirven a menudo de estas capas para deshacerse de las aguas residuales que ensucian los alrededores de los campos petrolíferos.

Las medidas de presión efectuadas, sobre todo en los niveles productivos, muestran hasta qué punto las variaciones de presión, sean debidas a la explotación o a la aplicación artificial de presión, repercuten en los niveles acuíferos a distancias de más de 80 kilómetros y a veces hasta en las estructuras vecinas. Se ha podido sacar partido de estas comprobaciones manteniendo las presiones naturales en descenso por inyecciones de agua complementaria o de gas a presión para mejorar el rendimiento. Estas operaciones son, por otra parte, facilitadas por los drenajes que han sido efectuados en las capas explotadas. En campos situados en las proximidades del mar se ha podido agregar

el agua del océano actual, y si se trata de un gran campo la cantidad a inyectar puede sobrepasar los 100.000 m³ por día.

El poder de absorción de ciertas capas, sobre todo cuando ya han sido explotadas, es asombroso, uno de los ejemplos más interesantes es el suministrado por los campos de Masjid y Suleiman en Persia, que sirven de depósito a los productos residuales del refinado, llevados por tubería desde la refinería de Abadán, situada a 150 kilómetros. Millones de toneladas de productos de deshecho invendibles han sido absorbidos por la bóveda caliza de este campo, donde no queda más que un delgado anillo de aceite de buena calidad todavía explotable, cubierto por una montera de gas con débil presión. Al principio toda esta bóveda caliza del campo estaba repleta de aceite, hoy absorbe los detritus viscosos a razón de un millón de toneladas por año, sin que se hayan notado hasta ahora los efectos visibles en la calidad del petróleo extraído en la parte baja de los flancos de la estructura. Estos productos pesados no descienden, pues, sino que permanecen rellenando los intersticios del depósito que los contiene.

Aparte de estas particularidades físicas descritas anteriormente, la geología está más especialmente interesada en ciertos casos anómalos de distribución de las aguas de los yacimientos, encontradas bajo presión en circunstancias estratigráficas anormales, por ejemplo se tiene masas líquidas que se encuentran concentradas en una cúpula cubierta por una capa transgresiva mucho más moderna. Es evidente que el líquido no ha podido situarse más que después del depósito de la capa discordante que asegura el cierre, puesto que si no se hubiera extendido fuera del depósito durante el período lagunar, en el cual éste estaba más o

menos expuesto a los agentes atmosféricos. Estos casos son más frecuentemente observados a medida que se dispone de un número creciente de campos estudiados.

¿Cómo se explica el caso extremo de la presencia de agua salada en cantidad eruptiva acompañada de gas y de aceite bajo presión en los granitos o en los esquitos paleozoicos metamórficos bajo una cobertura de margas Miocenas? Estas capas del Escudo Primario que han estado abiertas un día a la erosión durante centenares de millones de años, deberían estar secas o no contener más que una débil cantidad de agua dulce o de petróleo, bajo forma de asfalto o materia bituminosa semi sólida. A menudo, se trata de yacimientos de gran envergadura, en los cuales el agua y el petróleo se encuentran encerrados en una situación que podríamos llamar «legal» y que los geólogos clasifican en la lista negra de las «trampas estratigráficas».

Entre los mayores de estos campos no citaremos más que los dos que nos son mejor conocidos, en primer lugar el campo del Este de Texas, ya mencionado, y después el de Kirkuk en Irak; aunque tectónicamente son muy diferentes el uno del otro, ambos son dos «trampas» características. El del Este de Texas es un monoclinial de arenas del Cretáceo medio o inferior cubiertas en discordancia por una capa impermeable de calizas del Cretáceo superior. El del Kirkuk está representado por una bóveda caliza desnuda, en la cual un mismo nivel de agua y su montera de aceite ocupan unidas capas de edades diferentes, que van del Burdigaliense al Oligoceno-Eoceno. La zona Eocena desnuda de esta bóveda está recubierta de capas impermeables transgresivas del Mioceno inferior de facies lagunar (capa de transición de Lower Fars).

En el conjunto de los campos más pequeños hemos te-

nido la suerte de encontrar en nuestros recorridos algunos magníficos ejemplos, tales como el campo de Laque superior, en los cuales las aguas y el aceite están protegidos casi milagrosamente por margas transgresivas del Ypresiense, y los campos Jurásicos de Fosse Rhenan en la Alta Alsacia, que se encuentran conservados bajo una cubierta transgresiva del Paleoceno. Por último, ciertos campos de Marruecos, donde las aguas saladas fósiles, volumétricamente considerables y acompañadas de aceite, están aprisionadas en el granito y en las capas paleozoicas de un antiguo escudo continental sumergido bajo el mar en época Miocena; los sedimentos de esta cuenca Miocena han suministrado la cobertura impermeable a los antiguos depósitos.

En todos los casos citados parece evidente que las aguas fósiles bajo presión no se han podido formar antes del depósito de sus coberturas, puesto que en este caso se habrían derramado con el tiempo. Su colocación no ha podido tener lugar más que en momentos particularmente propicios:

1.º Posteriormente a la cobertura, por medio de plegamientos y emigraciones lejanas.

2.º En el momento mismo de la fase de transgresión que ha suministrado la cubierta impermeable.

No se trata de confundir nuestro problema con el fenómeno secundario de la emigración del petróleo, aquí la cuestión es la *colocación de la masa de aguas fósiles sobre extensiones considerables*. Admitimos que después de una serie de plegamientos, ciertos desplazamientos de fluidos y su compresión pueden fácilmente haber existido, pero esto no explica la presencia de las masas de aguas fósiles presentes en todas las cuencas sedimentarias. Un error frecuentemente muy extendido consiste en considerar única-

mente el petróleo, despreciando estas masas de agua de los yacimientos, siendo así que estos dos fluidos son probablemente de origen común y deben ser considerados como una sola unidad, diferenciándose el uno del otro únicamente por el peso específico.

Es buscando el origen de estas aguas fósiles cuando puede ser que lleguemos a hacer luz en algunos de los casos de su coexistencia «ilegal» con el petróleo y a descubrir, o por lo menos plantear, el problema del origen de este último. No se trata de un descubrimiento excepcional, porque muchos geólogos piensan ya, sin duda, como nosotros.

1.º *El origen de estos océanos fósiles subterráneos puede en muchos casos explicarse por absorción masiva directa de agua de los mares durante los ciclos transgresivos.*

Es, en efecto, a este mecanismo del ciclo transgresivo y a su acción más o menos «catastrófica» a la que nosotros atribuimos el origen primario de las mayores masas de aguas saladas encontradas en terrenos sedimentarios de todas clases, ¿por qué los mismos mares, desplazándose súbitamente sobre rocas porosas en el curso de una transgresión, no pueden provocar absorciones de agua en una escala mayor a todos los ensayos hechos por los hombres en los campos petrolíferos?

La potencia de penetración de un océano transgresivo, con la presión correspondiente a la altura de su columna de agua, será tanto más eficaz cuanto esta presión se ejerza sobre capas desecadas por una larga exposición a los agentes atmosféricos y que se han vuelto más porosas y permeables por una fisuración o dolomitización ocurrida en el curso de fases orogénicas precedentes.

¿Quién dudará que la Naturaleza pueda hacerlo mejor todavía? Puede, en ciertos casos, eliminar el agua dulce de la lluvia almacenada en los niveles porosos que forman parte de cuencas sedimentarias enteras reemplazándola por agua salada que provenga de un océano. Puede también en otros casos realimentar antiguos depósitos de agua salada que en el curso de las orogénesis y la erosión se han ido empobreciendo o vaciando.

2.º *Los elementos infinitamente pequeños que formarán más tarde el petróleo están contenidos en las aguas turbias absorbidas al principio de cada fase transgresiva, en circunstancias favorables.*

Porque existen circunstancias desfavorables, en las cuales cuencas enteras conteniendo aguas fósiles están desprovistas de petróleo y en todas las cuencas petrolíferas hay numerosos niveles de aguas fósiles estériles y sin interés. En otros casos es imposible formar un juicio, porque importantes fracciones de cuencas están fuera del alcance del estudio humano.

3.º *Descripción del proceso de formación del petróleo en el curso de una fase de transgresión.*

Sin querer entrar aquí en los detalles complicados de la geoquímica, se pueden suponer en una transgresión varias etapas y es en una de éstas, al principio, cuando el fenómeno de absorción debe ser más favorable para la acumulación de las aguas. El agua del mar se encontrará entonces muy sobresaturada de materia orgánica y será suficiente imaginar cuál puede ser el efecto de levigación de toda la vida orgánica terrestre sobre una gran superficie costera, entrañando la disgregación de innumerables organis-

mos, no solamente sobre el continente inundado, sino también en la misma mar a causa del cambio de régimen. Figurémosnos solamente la destrucción de bancos de ostras y de moluscos, algas arrancadas, arrecifes hundidos súbitamente en agua profunda, agitada y turbia, así como la muerte de los microorganismos y del Plankton que vivían en suspensión.

Se tendrá así una idea de lo que puede contener una gran marea de este género sobresaturado de restos sapropélicos, que se concentran en ciertas zonas más profundas y más calmas del mar, bien zonas retiradas de la costa o zonas próximas a una costa recortada en bahías y lagunas en régimen de aguas estancadas.

Cantidades fenomenales de estas aguas turbias pueden ser absorbidas instantáneamente sobre una gran extensión por las capas porosas, bien por intermedio de orificios de admisión comunicantes, bien por imbibición directa sobre grandes superficies planas, o por el arrasamiento de dunas costeras. El efecto de retroceso de las aguas dulces eventuales contenidas en estos estratos porosos, será tanto mayor cuanto el nivel hidrostático de agua salada sea más elevado (fig. 1).

Es todavía en esta última etapa de la transgresión en la que se pueden situar los movimientos tectónicos de báscula, que afectando a las plataformas continentales se traducirán por un cambio de la pendiente y de la disposición estructural que favorecerá la absorción del agua del mar (fig. 4).

Este primer proceso de absorción, consecutivo a esta gran marea, será rápidamente seguido de un recubrimiento por un depósito de delgadas capas de legamo más o menos impermeables al principio, pero que después serán su-

ficientes para aprisionar definitivamente el agua salada sapropélica absorbida. En medio sulfuroso inmóvil y en clima cálido, estas capas serán cementadas por anhidrita.

Según los casos y según las inclinaciones de las capas, se podrían establecer efectos de circulación en los niveles porosos que hubieran absorbido la primera oleada de agua, efectos que podrían llegar a la expulsión parcial del agua sapropelizada y a su reemplazamiento por agua salada pobre. Las capas así purgadas no contendrían, pues, al fin de esta operación, más que agua salada desprovista de hidrocarburos. El vaivén de las mareas y su amplitud pueden, por otra parte, tener igualmente una importancia capital sobre el proceso en curso y podrían en algunos casos llegar a un desecamiento de los sedimentos por drenaje a favor de una plano inclinado de escurrimiento.

Se puede concebir que la cuenca y los sedimentos impermeables que vienen a recubrir los niveles porosos subyacentes invadidos por el agua puedan ser ricos en restos orgánicos, bajo forma de hidrocarburos sin haber jugado el papel de *rocas madres que se han atribuido voluntariamente*. Esto no representará, en nuestra opinión, más que los detritus sólidos no aceitosos que no han podido ser absorbidos por la capa sobre la cual forman una pared de filtraje (Filter Cake).

Después de esta fase de absorción de las aguas madres que acabamos de describir, éstas pasarán por un proceso de transformación química y física bajo la acción de los microbios y del H_2S , del calor, de la presión debida al hundimiento y a las deformaciones tectónicas, y del contacto con las rocas-almacén, en resumen, pasarán por todos los procesos de la diagénesis seguidos de la decantación del gas y del aceite y de la emigración de estos productos. Res-

pecto al agua salada residual, ésta alcanzará entonces el estado de clarificación que presenta en los campos de petróleo, después de haber sufrido enriquecimientos y empobrecimientos en sales y minerales de todas clases en el curso de su emigración a través de las rocas.

Llegaremos a considerar que el agua salada no solamente es el mejor medio en el cual el petróleo líquido puede formarse, sino el único. Los cuerpos grasos en suspensión y el agua salada son el uno al otro tan indispensables en la formación del petróleo como el azúcar disuelto en agua dulce en la formación del alcohol; se trata de un proceso de fermentación análogo al de la vinificación.

Los hidrocarburos originados en medio de agua dulce no pueden conservarse bajo forma líquida, sino solamente bajo forma sólida, unidos a los sedimentos, entonces éstos pueden ser interpretados sin razón como «rocas madres». Al contacto del agua dulce el petróleo se vuelve pesado (este contacto no se produce generalmente más que por accidente tectónico o por emigración). Entre tanto, el petróleo puede coexistir con un agua de yacimiento relativamente dulce, a condición de que ésta esté cargada de H_2S que puede tener la misma acción conservadora (aséptica que la sal, pero se podrá suponer también que en este caso de asociación el petróleo no está en su sitio normal, dado que el carácter del agua ha sido modificado por mezcla con aguas dulces terrestres.

Este modo de formación del petróleo por absorción de agua del mar puede aplicarse a cierto número de yacimientos, pero será a menudo difícil demostrar que éste ha sido efectivamente, su ciclo de formación.

En realidad en una cuenca muchos de los datos escapan a la observación porque la región de los «orificios»

admisión» está a menudo situada muy lejos del sector de producción y puede encontrarse hundida o al estado fósil bajo sedimentos inaccesibles, bien en zonas estériles del yacimiento, bien en aquellas zonas que recubre el océano actual (fig. 1).

Repetimos que no conviene dar una importancia particular al petróleo sólo, sino considerarle como formando una unión inseparable con su agua de yacimiento y teniendo un origen común.

4.º *La ausencia o la presencia de hidrocarburos en un depósito saturado de agua salada depende del contenido inicial en materias grasas de las aguas madres oceánicas absorbidas por este depósito.*

En oposición a la teoría de un proceso lento y progresivo que quería hacer derivar al petróleo de una roca madre, es necesario admitir más a menudo la posibilidad de su formación casi espontánea en el punto de partida, provocado por una especie de «puesta en conserva» del agua salada, sobrecargada, anormal o accidentalmente, de materias orgánicas que proceden rápidamente a su fermentación en vaso cerrado. En lugar de tener en cuenta demasiado exclusivamente las *rocas madres* para el origen de estos petróleos, sería indicado dar una mayor importancia al factor capital de las *aguas madres* de las cuales puede derivarse directamente.

En todos los casos de formación por relleno directo de *aguas madres*, es evidente que la roca almacén puede ser considerada como una *roca madre*, pero en un sentido de «madre adoptiva».

Pensamos que en todas las series sedimentarias existen niveles con caracteres bituminosos, aunque no dé lugar su

presencia a yacimientos de petróleo líquido, y su evidencia en tal o cual cuenca no constituya una razón especial para afirmar la presencia de yacimientos de petróleo. Cuenca ricas en sedimentos bituminosos pueden estar totalmente desprovistas de yacimientos de petróleo al estado líquido.

5.º *La cantidad volumétrica y la omnipresencia de aguas saladas absorbidas constituyen los factores esenciales indispensables para la existencia de cuencas petrolíferas o depósitos de importancia industrial.*

Esta ley, a la cual obedecen todos los yacimientos en las cuencas sedimentarias del mundo entero, sin excepción, está perfectamente de acuerdo con nuestras ideas sobre el origen simultáneo de las aguas fósiles y del petróleo.

Cuando se dice «cantidad volumétrica» de las aguas se dice «presión hidrostática» de las mismas, pero este factor de presión depende de las condiciones locales y es menos importante que el factor del volumen y de la extensión lateral de las aguas. Existen campos muy ricos sin que tengan una presión hidrostática elevada y son raros aquellos que no deben ser finalmente explotados por medios de extracción artificial.

CONCLUSIONES

Para llegar a demostrar el origen primario del petróleo y ver si este origen puede corresponder a la hipótesis enunciada aquí, no es suficiente disponer únicamente de cortes de los yacimientos o de perfiles locales de los mismos; es necesario tener la posibilidad de examinar la totalidad de la cuenca por grandes cortes. Las áreas de absorción pue

den estar situadas en lugares muy alejados de los yacimientos actuales, porque el aceite, en su forma presente, ha pasado por las fases de diastasa, de decantación y de emigración. Por otra parte, cuando se encuentran depósitos superpuestos en rápida sucesión, puede tratarse de depósitos espontáneos hechos por rápidas altas y bajas de las mareas, no de petróleo tal y como nosotros lo explotamos, sino de sus aguas madres, de las cuales él se derivará más tarde.

Algunas veces se encuentran grandes cantidades de agua salada en niveles porosos de una cuenca, sin la presencia del petróleo o con cantidad proporcionalmente ínfima de éste. Las aguas de estas cuencas no han sido favorecidas por un ambiente rico en materias orgánicas destruidas. En otros casos los niveles porosos contienen muy poca agua salada, pero están repletos de petróleo pesado no explotable, o de asfalto, caso generalmente constatado en las cuencas que forman las antiplanicies actuales. Al final del levantamiento de estas zonas las aguas han tenido la posibilidad de retirarse hacia los puntos bajos, mientras que el petróleo, privado de presión hidrostática, quedó fijado a la roca. Estos mismos niveles, situados más abajo en la misma cuenca y a menudo en las zonas que se encuentran en los bordes del mar actual, pueden, por el contrario, estar ricamente saturados de agua salada y contener petróleo líquido en cantidad importante.

Estos fenómenos de reajuste son posteriores al verdadero origen del petróleo y representan el fin del ciclo que ha comenzado en una fase transgresiva importante por la absorción de aguas turbias del mar (verdaderas aguas madres) o en el curso de una absorción contemporánea a la sedimentación misma.

Los verdaderos yacimientos de petróleo concentrados en las cúpulas de ciertos anticlinales flotan sobre un verdadero océano fósil de agua salada que rellena el mismo depósito en los sinclinales próximos y en toda la superficie de la cuenca según su extensión.

En cuanto a los arrecifes no juegan más que el papel de trampas para el agua madre y no tienen calidad de generadores del petróleo; tienen el mismo valor de un gran lentejón de arena enterrado rápidamente. Se conocen, por otra parte, arenas superpuestas a los arrecifes, que son productivas del mismo modo que ellos. También puede existir una sucesión de arrecifes donde cada uno poseerá su cobertura estanca y su agua de yacimiento con o sin montera de petróleo. Es la posición y las condiciones del arrecife, en el momento de las mayores transgresiones, los que son decisivos para hacer de él un depósito futuro de petróleo o bien un arrecife fósil estéril. De todas maneras el volumen de aceite representa siempre una cantidad ínfima en comparación con el volumen de agua y el arrecife no se distingue en este sentido de ningún otro depósito de petróleo, sea «arenoso», «calizo» o «dolomítico».

El nacimiento del petróleo, si no ha sufrido el proceso de emigración en detrimento de un yacimiento anterior, debe suponerse corrientemente de edad contemporánea a la fase inicial de la transgresión a que corresponden las capas impermeables que recubren el depósito. Según las circunstancias, no obstante y siempre excluyendo el caso de emigraciones verticales, el origen de su procedencia puede ser de edad considerablemente más joven que la de la cobertura del depósito en el cual se encuentra hoy. Esto es, por causa de transgresiones lejanas. (Ver lámina 1.)

De esta manera un aceite y su agua salada encerrados

en el Cretáceo inferior pueden provenir de una fase transgresiva Miocena, y un aceite y su agua de yacimiento encerrados en un depósito Oligoceno pueden ser de edad Toroniense o Pliocena, etc.

Es probable que también puedan formarse y depositarse depósitos de hidrocarburos en una cuenca en medio de agua dulce, pero la ausencia del agua salada no permitirá su conservación bajo forma líquida, a menos que el porcentaje del H_2S sea bastante elevado para que efectúe el papel de agente de conservación.

A la teoría de una formación lenta, por acumulación de materia hidrocarburada, añadimos la posibilidad de una rápida absorción de agua de mar ricamente sapropelizada en el curso de los períodos transgresivos que llegan al final del ciclo regresivo con reemplazamiento en ciertos casos del agua dulce por agua de mar. Así se puede concebir que cuencas antiguas, inicialmente estériles o repletas de agua dulce, pueden llenarse de agua salada y volverse productivas en petróleo al final de esta sustitución (fig. 4).

El caso inverso puede también producirse por la llegada de aguas marinas no sapropelizadas, estériles, sobre un antepaís ya petrolífero que, bajo el efecto puramente mecánico de esta nueva oleada, sufrirá un rejuvenecimiento y una compresión de su antiguo petróleo vagabundo.

ORIGEN DE LAS AGUAS SALADAS FÓSILES
(CON O SIN PETRÓLEO)

PROTOGENETICO	AUTOCTONO	CATASTROFICO
Como acumulación progresiva y lenta a través de la sedimentación y por derivación de «Rocas Madres», más antiguas que las rocas almacén. <i>Origen muy difícil de admitir y probablemente muy raro.</i>	Por retención residual « <i>in situ</i> » contemporánea a las edimentación. <i>Caso frecuente cuando hay una rápida deposición de capas porosas y una extensión muy grande de estos niveles. El depósito es el mismo la «roca madre» para las aguas y para el petróleo.</i>	Por absorción masiva y espontánea en el curso de transgresiones marinas sobre la plataforma continental. <i>Este caso corresponde a la mayor parte de los grandes volúmenes de aguas fósiles cuya edad es siempre más joven que los depósitos. No hay «rocas madres» sino «aguas madres» cuando estas aguas han transportado el petróleo.</i>

COMENTARIOS DE LOS EJEMPLOS ILUSTRADOS

FIGURA 1.

Región costera plegada sometida a una transgresión marina por simple hundimiento en bloque sin deformación tectónica

Aquí está representada una bóveda caliza erosionada y porosa por la cual pueden sumirse las aguas madres (y otras), colocada poco más o menos en el centro de la zona de subsidencia creada por un hundimiento regional costero (primera fase), se debe suponer este orificio de aspiración en comunicación con otros semejantes, situados aquí y allá en la zona inundada, lo que facilitará explicar la absorción casi espontánea de grandes cantidades de aguas oceánicas.

Se puede también imaginar el nacimiento súbito de orificios de admisión del mismo género bajo los efectos de la erosión submarina producida por las tempestades o las corrientes sobre las plataformas continentales a lo largo de las costas. La marejada que ha invadido las costas holandesas e inglesas en 1954 sintetiza (a una escala mínima) los estragos de un fenómeno análogo sobre las orillas, pero no sus consecuencias, a lo largo de la costa, que pueden ser mucho más importantes y que se nos han pasado por alto.

Es cierto que estos remolinos catastróficos provocan en las proximidades de las costas un halo de aguas turbias conteniendo las materias primas necesarias para la formación de hidrocarburos. Su conservación depende de la velocidad con que los orificios de aspiración sean taponados

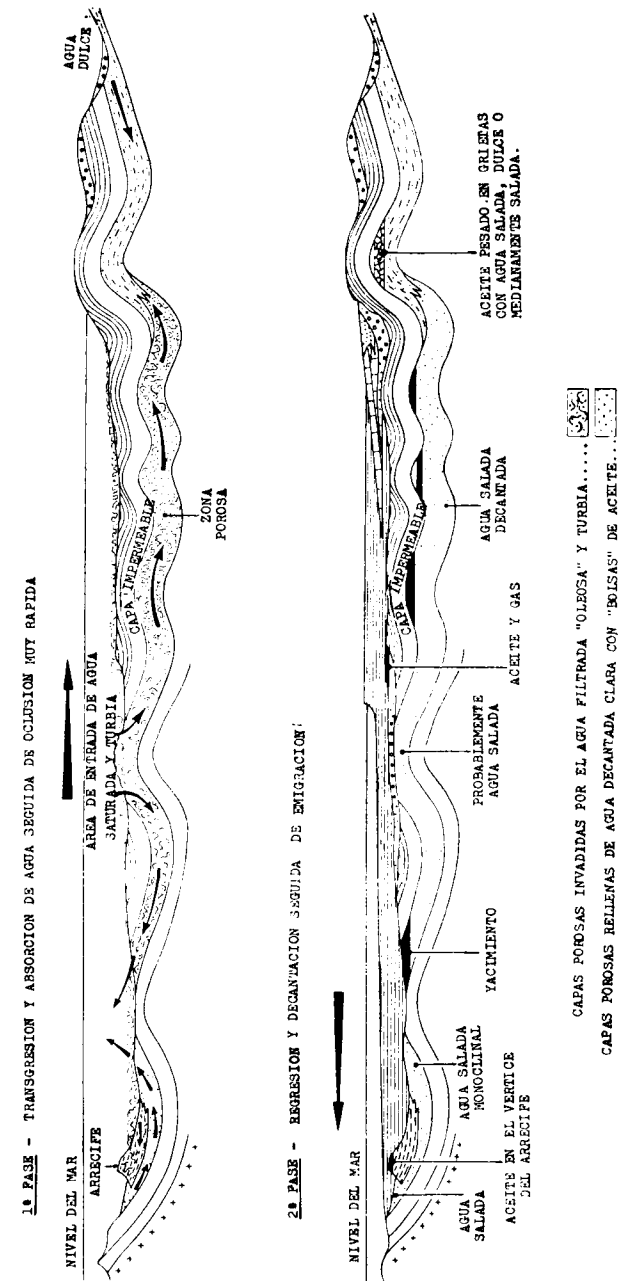


Fig. 1.—Transgresión sobre un ante-pais plegado con zonas de admisión porosas.

para que en los casos favorables el proceso de la «petrolización» pueda comenzar automáticamente.

Veremos más tarde, figuras 2 y 5, que la cobertura protectora puede estar preformada largo tiempo antes de la transgresión de las aguas madres absorbidas.

Por la Geología de superficie ha sido reconocida la existencia de orificios fósiles que reúnen todas las condiciones descritas anteriormente y los sondeos perforados en las cuencas petrolíferas, sobre todo, han suministrado numerosos ejemplos. Estos orificios examinados en superficie están, bien entendido en casos teóricos, secos, pero en profundidad se encuentran muy a menudo repletos de agua salada (como lo que se ha supuesto en nuestra fig. 1), llegando, por circunstancias particulares, a convertirse ellos mismos en depósitos principales de petróleo después de su decantación (segunda fase).

El más bello caso de una capa de admisión de gran magnitud enterrada nos ha sido suministrado por el estudio estratigráfico de la estructura completa del anticlinal de Kirkuk en Iraq. Ha sido necesario para descubrirla numerosos sondeos y una veintena de años de explotación. La zona inicial, la más elevada de este domo, ha revelado ser una antigua plataforma oceánica denudada (domo de Khurmala) sobre el cual reposan en transgresión las capas anhidríticas Miocenas (capas de transición y Lower Fars) que aseguran el cierre estanco del depósito poroso que contiene actualmente el gas y el petróleo a presión.

Las inmensas cantidades de agua salada que rellenan estas calizas Eo-Oligocenas colocadas sobre los flancos y en los fondos de los sinclinales de esta región, sobre una extensión comparable a la del Mar Negro, provienen (según nuestras hipótesis) del Océano del Lower Fars Mio-

ceno, cuyas aguas en la época de la transgresión estaban cargadas de las materias grasas necesarias para la formación de estos hidrocarburos. Pero el petróleo, tal y como nosotros lo explotamos actualmente, en la unión de los domos del campo de Kirkuk, no ha llegado a ocupar esta posición, sino después de los plegamientos pos-miocenos muy recientes, que han determinado una nueva elevación localmente dominante de la antigua cúpula de absorción de las aguas. Las calizas Eo-Oligocenas que la constituyen se han vuelto extremadamente permeables después de una fracturación secundaria microscópica debida a compresiones tectónicas recientes, de tal manera, que este complejo estructural ha llegado a ser el principal centro de acumulación del petróleo por emigración hacia él desde grandes distancias.

Será necesario hacer un estudio paleogeográfico muy interesante de estas capas con respecto a su substratum para sacar deducciones y poder apoyar este estudio por toda una serie de análisis de aguas y petróleos y por los datos de las presiones hidrostáticas. En este estudio lo que cuenta, sobre todo, es la colocación mecánica de las aguas y es preciso no confundir esta colocación con el hecho secundario de la emigración lateral de los hidrocarburos.

Después de esta digresión sobre Kirkuk, que pasa un poco de una simple ojeada a lo representado en la figura número 1, volvemos a esta última, que muestra muy bien cómo una gran cantidad de agua salada fósil y su petróleo encerrados en un depósito de edad Jurásica o Cretácea, por ejemplo, puede muy bien ser de edad Miocena o Pliocena. Esto no excluye que, según el estado de la erosión en una cierta región antes de la transgresión, dos depósitos (o varios) superpuestos y de edad muy diferentes, el uno Cre-

táceo y el otro Jurásico, deban el origen de su petróleo a una sola y única transgresión sobrevenida, por ejemplo, en el Mioceno.

No conocemos todavía ejemplos que correspondan de manera irrefutable a este caso.

FIGURA 2.

Región costera con una losa caliza monoclinal no plegada en el momento de la transgresión

Se puede suponer que la losa, absorbente y porosa, ha estado particularmente protegida por un nivel impermeable anhídrico, depositado, sea después de una fase precedente regresiva, sea al principio de una fase transgresiva

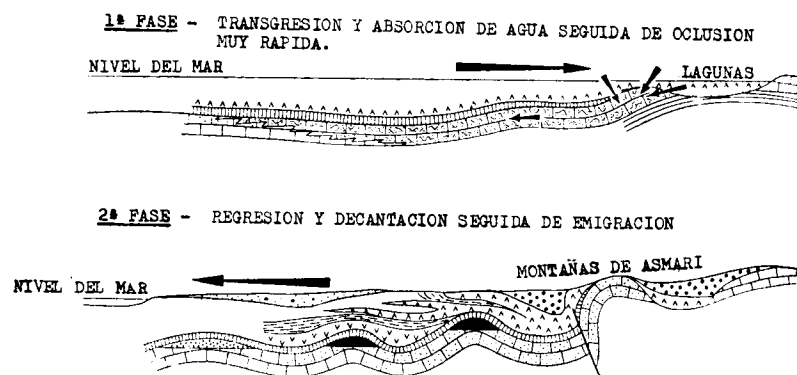


Fig. 2.—Transgresión sobre una plataforma caliza porosa con costas en régimen lagunar de aguas estancadas sulfurosas y sobresaturadas de sal.

más general, en la cual ha constituido el depósito de base, la infiltración de las aguas madres tendrá lugar en los puntos de ausencia estratigráfica de la cobertura.

Contrariamente a la opinión general, no es necesario que la cubierta protectora haya sido formada en todas partes

antes de la transgresión y después de la absorción de las aguas nutritivas; la zona de absorción de la primera fase puede ser taponada con margas o sal y yeso, de una forma que no conocemos. La cobertura bajo forma de anhidrita, por ejemplo, que constatamos en un depósito de petróleo (en la 2.ª fase), puede muy bien haber estado presente largo tiempo antes de la llegada de las aguas madres y ciertamente antes de la llegada del petróleo decantado.

En el caso presentado por la figura 2, la zona de absorción de las aguas transgresivas de la primera fase se extenderá a lo largo de la costa en forma monoclinal bajo régimen lagunar. Nada impide, por otra parte, suponer en este caso la existencia de otros puntos de absorción localizados en otros sectores, pero suponemos que hacia el centro de la cuenca el régimen laguna se volverá francamente marino, las aguas se empobrecerán en materias grasas y que no ha habido plegamientos.

En la segunda fase que es la de la regresión y de los plegamientos, tendrá lugar la decantación de las fracciones oleosas y la formación habitual de los yacimientos.

Las condiciones típicas para un régimen lagunar, representados por la figura 2, han sido inspiradas por las características de los campos de Persia (y en parte por los de Iraq), donde volvemos a encontrar de nuevo el período transgresivo del Mioceno (Lower Fars), responsable de los océanos de aguas saladas almacenadas en las calizas porosas subyacentes llamadas de «Asmari», la Naturaleza, eminentemente sulfurosa de las aguas aceitosas y el gas contenido en estos depósitos calizos irano-iraquíes, parecen confirmar su origen derivado del régimen de aguas estancadas lagunares de Lower Fars. Los depósitos calizos ellos

mismos son netamente marinos y a menudo arrecifales, raramente dolomíticos.

Más todavía en Persia que en Iraq, un estudio especial de la extensión del Lower Fars en contacto con las calizas de «Asmari» sería de gran utilidad. Las condiciones del estudio son aquí particularmente fáciles, gracias a los afloramientos en el antepaís de los campos bordeados por las montañas de «Asmari», bien definidas.

La posición de los grandes lentejones de caliza de «Asmari», henchidos de petróleo y parecidos a barcos cisternas colocados a lo largo de la playa de Lower Fars, nos parecen muy sugestivos (ver fig. 2 bis).

FIGURA 3.

Transgresión sobre un cono de deyección formando playa en el borde de una plataforma continental emergida

Nuestro ejemplo ilustrado ha sido copiado de una publicación sobre el campo complejo de Pembina, en el Canadá («World Petroleum», noviembre 1954).

Las arenas cretáceas, que reproducimos aquí, se encuentran en el borde de las Montañas Rocosas, y tienen todos los caracteres de un inmenso cono de deyección aluvionario, con lentejones de areniscas de estratificación entrecruzada y conglomerados. No sabemos si en el caso concreto de Pembina este cono estaba ya extendido bajo las aguas submarinas y si estaba colocado sobre la cornisa continental. Suponemos, para nuestro caso teórico, que las aguas saladas transgresivas portadoras de los gérmenes de petróleo no son embebidas por éste cono hasta el momento de la invasión marina que pone fin al ciclo continental, pero es también posible que esta invasión haya podido te-



LEYENDA





- Campos petrolíferos de Asmari..... 
- Campos petrolíferos en el Cretáceo..... 
- Serie transgresiva de Fars..... 
- Formaciones costeras anteriores a la transgresión de Fars..... 

Fig. 2 bis.—Situación de los campos petrolíferos iraníanos de Asmari con respecto a la transgresión de Fars.

ner lugar por oleadas sucesivas. En este último caso, las aguas fósiles y los aceites deberían demostrar una cierta variedad de composición.

La emersión de la cadena de montañas ha provocado en seguida un hundimiento de la antigua zona alta (segunda fase de nuestra figura), y esta inversión de las condiciones tectónicas ha provocado una emigración y concentración de las fracciones ligeras hacia las puntas de los biseles en que terminan las capas. Se puede pensar que al final de la segunda fase las arenas del cono contenían aguas y aceites mezclados, con débil presión, repartidos sobre grandes superficies (particularidades similares a las

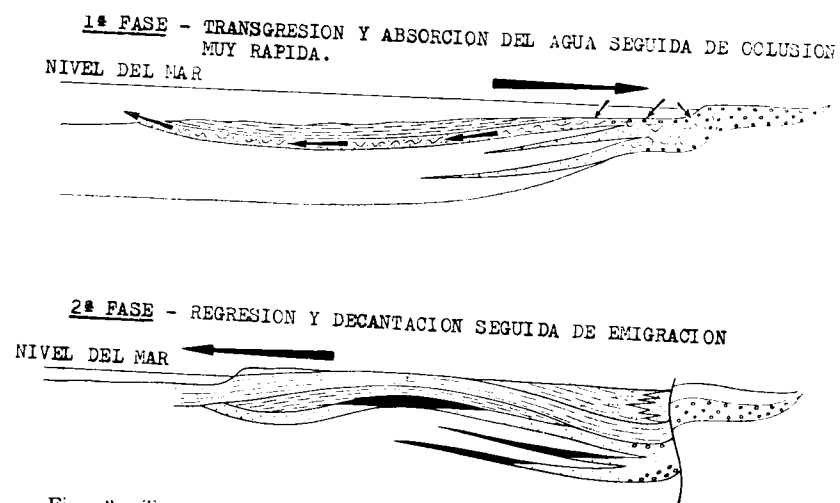


Fig. 3.—Transgresión sobre una zona costera en bisel con conos de deyección.

presentadas actualmente por las arenas terciarias de Pechelbroom), y que solamente por una serie de movimientos tectónicos ha tenido lugar una mejor separación de los aceites. Es, en efecto, gracias a los cambios en los niveles topográficos producidos después del nacimiento de una ca-

dena de montañas, como se puede dar un nuevo impulso a las presiones hidrostáticas de las aguas fósiles conservadas en los depósitos situados en el antepaís.

Si en lugar de hundirse la gran masa principal del cuerpo arenoso de este cono aluvionario se hubiera elevado o transformado en una zona de abombamiento, habría podido dar lugar al nacimiento de un enorme campo excepcionalmente rico, puesto que contendría en un solo punto los aceites repartidos por las digitaciones. Pensamos en el campo de Burgan o Kuwait, que reúne todas estas condiciones, con 1.300 pies de arenas ricamente impregnadas, agrupadas en cuatro unidades masivas y que constituyen una concentración arenosa local que no han sido jamás reconocidas con esta amplitud en los campos vecinos.

Los campos de este origen, con todas las variaciones posibles, deben ser frecuentes sobre todo en las cuencas con numerosas capas de arena superpuestas, donde los ritmos regresivos y transgresivos se suceden rápidamente (California, por ejemplo).

La existencia de un régimen dunar de tipo sahariano, antes de la invasión de las aguas, nos parece reunir las condiciones ideales para el origen de este género de yacimientos.

FIGURA 4.

Posibilidad de expulsión de las aguas dulces contenidas en una antigua cuenca continental y su reemplazamiento por aguas saladas transgresivas

Teóricamente será suficiente que la presión de las aguas saladas transgresivas sea superior a la de las aguas dulces para determinar la expulsión completa de estas últimas por

la zona hundida del geosinclinal sumergido, bien entendido que el mismo proceso de sustitución podría aplicarse a aguas saladas antiguas por aguas saladas nuevas.

Solamente en el caso en que el agua salada nueva de reemplazamiento fuera un agua madre sembrada de materias grasas, la formación del yacimiento de petróleo sería posible.

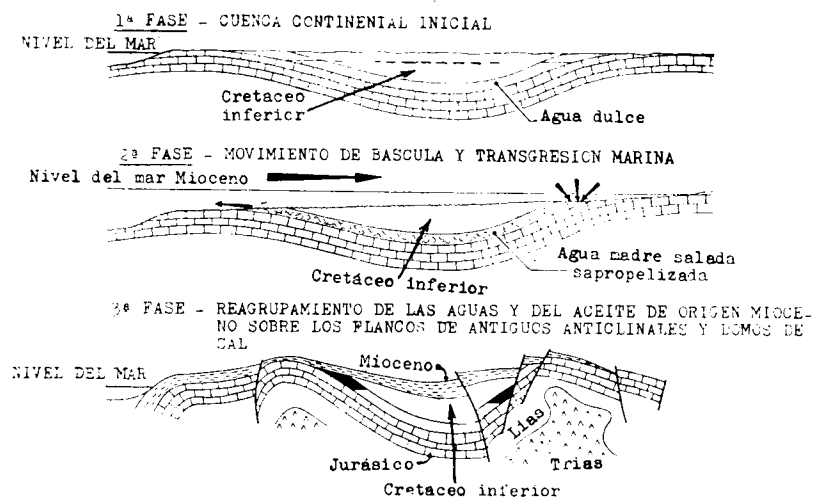


Fig. 4.—Transgresión marina sobre una cuenca continental en régimen de agua dulce.

De esta manera, las masas de aguas residuales de las cuales se derivaría, encontrarían un depósito prestado, en el cual, anteriormente a la transgresión, había líquidos de naturaleza totalmente diferente que han sido expulsados (aguas dulces, salobres, saladas antiguas y es posible petróleo antiguo).

Creemos que en esta categoría de origen se colocaría el gran campo del Este de Texas. La edad de sus aguas saladas y de sus aceites, encerrados en las arenas del Cretáceo

infra-medio, de un espesor extraordinario (Woodbine sands), es contemporánea a la cobertura transgresiva más moderna depositada en el Cretáceo superior (Austin Chalk). Esta explicación nos parece la única posible, vista la neta discordancia angular que encierra este yacimiento monocinal perteneciente al flanco de un antiguo geosinclinal erosionado. Nos abstenemos de hacer aquí una descripción más detallada.

Otro país que ha sido terriblemente sometido a transgresiones y regresiones, probablemente a causa de su subsuelo móvil, que contiene depósitos de sales Triásicas en profundidad, es Alemania, en particular en las cuencas de Hannover. Cuando examinamos las grandes unidades tectónicas de esta región, estamos tentados de atribuir un papel preponderante en el nacimiento de las aguas de yacimiento y de los aceites contenidos en los depósitos del Cretáceo inferior, y en el techo del Cretáceo, a las transgresiones Senonenses y Paleocenas. (Los petróleos del Lías-Triás forman parte de otros ciclos.)

Entre el gran número de campos alemanes tenemos dos ejemplos que nos parecen reunir estas posibilidades: el campo de Hanigsen-Nienhagen, que contiene un océano de aguas saladas sobre el cual flota un yacimiento de aceite, encerrado en las areniscas del Cretáceo inferior. Estas areniscas están situadas sobre el flanco alejado de un domo de sal triásica y aparecen truncadas por una transgresión Senonense en condiciones parecidas a las de nuestra figura 4. El origen de las aguas madres de este yacimiento podría muy bien ser contemporáneo a la transgresión Senonense (o más jóvenes todavía).

Estamos tentados de sacar la conclusión de que las aguas madres de todos los campos del género del de Reitbroek

(productivo en el techo del Cretáceo) deberán su origen a la transgresión Paleocena. En un país como Alemania, donde se dispone ciertamente de una colección muy rica de análisis de aguas y aceites y de numerosos perfiles de pozos, se podrá probablemente llegar a deducir conclusiones más positivas sobre el origen y las relaciones de las aguas madres y del petróleo, o sea en el sentido que nosotros acabamos de expresar aquí, sea en el sentido de hipótesis diferentes más pausibles.

FIGURA 5.

Rejuvenecimiento de antiguas aguas madres y de sus depósitos petrolíferos agotados por la llegada de nuevas aguas saladas aportadas por transgresiones oceánicas recientes

Se trata en realidad de un verdadero «Waterflooding» establecido en gran escala por la Naturaleza.

Estas nuevas aguas madres pueden estar totalmente exentas de materias grasas, no aportando ninguna adición de aceites; su acción es enteramente mecánica; sin embargo, algunas veces pueden comprimir antiguas aguas de yacimientos, agotadas por la erosión y «entrampar» el petróleo de antiguos yacimientos, transportarle y reponerle en yacimientos transformados, en nuevas condiciones totalmente diferentes.

En esta categoría de posibilidades disponemos de un ejemplo muy bello que hemos seguido desde hace varios años (ver fig. 5), el de los campos llamados de Oued Beth, en Marruecos.

Estos campos están caracterizados por un antepaís formado por un escudo primario (Devoniano-Precambriano), ricamente embebido de aguas saladas conservadas bajo una

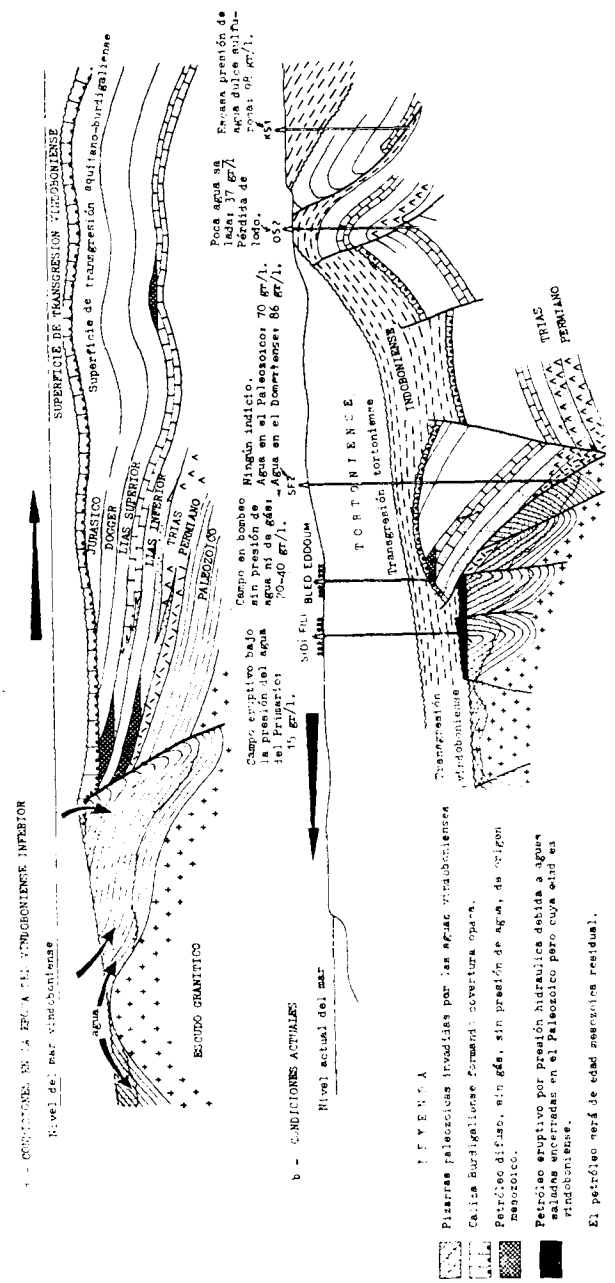


Fig. 5.-Transgresión terciaria sobre un antepaís heterogéneo compuesto de un escudo primario permeable y de sedimentos mesozoicos impermeables.

cobertura terciaria (Tortonense-Helveciense) en contacto con un surco Jurásico-Triásico colocado bajo una cobertura Burdigalo-Aquitaniense prácticamente desprovista de agua a presión y en gran parte invadido por aguas dulces.

Las importantes cantidades de agua salada almacenadas en el Escudo, principalmente en los esquistos primarios, pero también en el granito si éste es poroso son, en nuestra opinión, debidas a la transgresión Miocena. Pero el aceite que existe en ciertas «trampas» del Escudo Primario está sellado por los sedimentos del Lías-Triás que están en contacto fallado con el Escudo y que contienen todavía algunos residuos de yacimientos de petróleo mantenidos a una débil presión por sus antiguas aguas madres mesozoicas. El régimen productivo de los campos de una y otra parte de la falla que separa el Escudo Primario de la fase mesozoica es totalmente diferente.

Los pozos en el Primario y en el granito se inician por erupción debida a presión hidráulica de las aguas (de origen Mioceno). Su petróleo está completamente desprovista de gas.

Los pozos de los campos mesozoicos deben ser bombeados; sus aguas de yacimientos carecen de presión y la proporción de gas disuelta en el aceite es insignificante.

El análisis de las aguas muestran que las aguas del Primario tienen una composición bastante homogénea en toda la superficie reconocida por los sondeos, conteniendo alrededor de 15 gramos de sal por litro y teniendo un carácter próximo al de un agua de mar relativamente fresca y poco mineralizada en sales complejas. Las aguas encontradas en el Lías-Triás varían considerablemente; siempre son saladas en los yacimientos del borde del Escudo, de 20 a 40 gramos por litro; muy saladas en las capas triásicas, y,

bien entendido, sobresaturadas en la vecindad del macizo salino. Por último, son a menudo dulces y sulfurosas, o saladas y sulfurosas, o realmente dulces en los pliegues alejados del contacto con el Escudo.

La colocación de esta distribución de las aguas, muy diferentes química y cuantitativamente, nos parece así bastante fácilmente explicable: en el momento de la transgresión Miocena el Escudo plegado en sinclinales de pizarras alrededor de un macizo de cúpulas graníticas está enormemente abierto y convertido en permeable por una larga exposición y peniplanación, mientras que el surco mesozoico situado a un nivel más bajo del Escudo estaba herméticamente cerrado por una capa impermeable de calizas Burdigalienses.

Estamos persuadidos de que un proceso parecido de «Waterflooding» natural es responsable de la formación de los yacimientos Jurásicos-Liásicos de la fosa del alto Rhin, en Alsacia. Las aguas marinas de la transgresión terciaria (Paleocena o Eocena) son a menudo vertidas sobre una costa erosionada y emergida desde el Jurásico (ausencia total de sedimentos Cretáceos) y ellas son las que han provocado la levigación de antiguos fondos de yacimientos de petróleo que se han encontrado todavía actualmente de una manera esporádica bajo la cobertura Paleocena.

Este rejuvenecimiento hidráulico ha sido probablemente realizado sin aporte de hidrocarburos complementarios.

Estos aceites Mesozoicos no han tenido ninguna relación directa con los aceites terciarios que se han encontrado más altos en la serie estratigráfica, en las capas terciarias de Pechelbroon. Se trata de dos tipos de aceites y dos tipos de agua superpuestos, cuyo origen es diferente. Se conocen también en Marruecos aceites en el Terciario, de muy

poca importancia, situados lejos de la zona de Oued-Beth, y que en este caso son también de origen terciario, sin la menor relación posible con los aceites Mesozoicos originales o con los emigrados en el Primario.

CONCLUSIONES FINALES

Hemos sometido los cinco esquemas tectónicos anteriores a la meditación de los geólogos; cada uno puede, en su esfera de acción, llegar a conclusiones parecidas o contrarias a las nuestras, y no es preciso, sobre todo, limitarse a buscar únicamente el origen del petróleo por la busca de sedimentos bituminosos, sino también, y sobre todo, explicar el origen posible de las aguas de yacimiento.

No podemos terminar sin decir que sólo los conocimientos geológicos y estratigráficos completos, no solamente de los depósitos en particular, sino también del conjunto de depósitos en toda la extensión de cada cuenca (conocimientos completados por análisis químicos de las aguas y aceites y medidas de presiones hidrostáticas), pueden permitir trazar el proceso del origen de los petróleos y de las aguas de los yacimientos, cosa que ha sido siempre más o menos teórica hasta nuestros días.

Datos sobre el Eoceno inferior del Rif Septentrional (Marruecos)

POR

PAUL FALLOT, MICHEL DURAND DELGA y JEAN MAGNE

PAUL FALLOT, MICHEL DURAND DELGA y JEAN MAGNE(*)

DATOS SOBRE EL EOCENO INFERIOR DEL RIF SEPTENTRIONAL (MARRUECOS)

La porción septentrional del arco rifeño, consta de tres unidades estructurales que cabalgan del interior al exterior y de Norte a Sur; la zona paleozoica interna, la Dorsal caliza compuesta de varias imbricaciones y la zona margo-esquistosa denominada también «zona del Flysh» (1), (2).

Uno de nosotros intentó con L. Doncieux (3), en un estudio que hicieron de los Foraminíferos, una primera discriminación de depósitos senonenses y numulíticos existentes en estos parajes. De ello resulta la siguiente concepción:

La zona paleozoica está privada de toda covertera mesozoica o terciaria, salvo entre Río Martín y el Oeste de Ceuta, donde el Oligoceno con *Lepidocyclines* recubre el Primario. Destacamos de paso que en el macizo primario en las cabillas de Argelia, el Oligoceno también llega con transgresiones sobre el Paleozoico.

En la Dorsal existen el Senonense de Rosalinas y el Numulítico, que están implicados en los acarrees. El primero, bajo la forma de margas-calizas poco espesas, fué señalado entre la región de Tetuán y el Djebel Tazaot, en todo transgresiva sobre el Lías. En cuanto al Terciario, co-

(*) Traducción del francés por María Concepción López de Azcona, Licenciada en Ciencias geológicas.

mienza por los conglomerados lutecienses, es tenido por transgresivo, a su vuelta, sobre cualquier piso más antiguo.

En la zona margo-esquistosa, el Cretáceo superior está constituido por las margas foliáceas ennegrecidas con patina verde oliva. Hacia el alto se intercalan corrientemente capas abigarradas con lechos finos de microbrechas de Rosalinas.

En fin, en la creta alta, prolongada alrededor de 12 Km. al exterior de la caliza Dorsal, de bases muy potentes gredosas, coronando la serie margo-esquistosa: fué atribuída con duda (2) al Cretáceo terminal. Este gres no existe en los accesos de la Dorsal.

El Luteciense, comienza según los puntos por conglomerados o por lechos calizos y microbrechas, estando considerado como transgresivo sobre el Cretáceo.

Con el fin de comparar las facies rifeñas con las de las regiones homólogas de Argelia, las láminas delgadas utilizadas por Doncieux fueron reestudiadas (M. D. D.). La presencia de *Globorotalia* y de Globigerinas en potentes testigos en los niveles calificados de senonnenses sugiere que se trata del Eoceno inferior: este término es empleado en el sentido clásico, incluyendo en él al «Paleoceno» (Montien-Thantien). El lavado de las margas-calizas, de donde proceden estas láminas, permite el desprendimiento de Foraminíferos, que, rápidamente examinados por M. J. Sigal, fueron estudiados por uno de nosotros (J. M.). Estos resultados nuevos demuestran que el Eoceno inferior está representado, tanto en el Dorsal calizo como en la zona margo-esquistosa.

1. *Dorsal calizo*.—El Eoceno inferior fué caracterizado en las imbricaciones del Sur de Tetuán y en Djebel Bobena.

Al Sur de Tetuán, uno de nosotros refirió al Senonense (4) las margas calizas reposando sobre diversos términos del Lías: por una parte, en el elemento estructural externo culminan en el Hafa el Ma; por otra parte,

entre el Djebel Gorgues y el cerro de Dar-Jarjor, es decir, en un elemento interno prolongando hacia el Norte la capa de Djebel Kelti. Los nuevos documentos paleontológicos se refieren únicamente a este sector último.

Hemos encontrado, sobre el Lías calizo, las calizas margosas con *Aptychus* (Neocomiense probablemente), después de las margas-calizas indicadas asignadas al Senonense. Las pudingas descansan en discordancia sobre el conjunto. Su base ha librado *Nummulites atacirus* Leym. y *N. uroniensis* (de La H.) A. Heim (det. Doncieux), la coexistencia de ellos podría indicar el Luteciense medio.

Dos muestras procedentes del supuesto Senonense fueron examinadas. En el cerro de Dar-Jarjor, una marga-caliza gris clara suministró una microfauna bastante rica, en la que dominan las formas plactónicas, caracterizando al Paleógeno: *Globorotalia membranacea* (Ehrenberg), *Gl. compressa* (Plummer) *Gl. (Trucorotalia) crassata var. aqua Cush.* y *Renz, Gl. (Tr)* cf. *acuta* Tolmin, *Gl. (Tr) angulata* (Wite) frequents, *Gl. (Tr) sp.*, *Globigerina pseudobulloide* Plum., *G. triloculinoide* Plum., *G. finlayi* Bronnimann, *G. sp.*, *Cibicides sp.*, *Bulimina sp.*

La muestra segunda procede de los senderos de acceso de la vertiente Sur del cerro; se trata de una caliza más compacta, de tono variable del gris al violáceo. Su microfauna, bastante pobre, contiene: *Globorotalia (Trinacorotalia) naussi* Martín, *Gl. (Tr) acuta*, *Gl. (Tr)* (Cush), *Gl. (Tr)* cf. *aragonensis* Nuttal *Globigerina linaperta* Finlay, *G. soldadocensis* Bron., *Gl. sp.* Esta asociación indica el Paleoceno superior o todo lo más los niveles más elevados del Eoceno inferior (Ypresien ?).

Refirámonos al fin que al Norte del cerro de Dar-Jarjor, al pie Este de la cota 1037, las margas habían proporcionado (3), p. 54) una microfauna con ciertos elementos, tales como *Globorotalia velascoensis* (Cush.), que están en la actualidad considerados como paleocenos.

En resumen, se encuentra, «bajo la pudinga de Dar-Jarjor, horizontes finos de margas datados como del Paleoceno (9) y presiense íntimamente ligados al Cretáceo superior y recubiertos por el Luteciense transgresivo».

En los bordes del Djebel Bobena, una docena de kilómetros al Sur, varios afloramientos pequeños senonenses fueron cartografiados al Oeste de Ihay-Hatwn (4). Reposan sobre el Lias medio-superior de la capa de Djebel Kelti; algunos de ellos son coincidentes bajo el Permo-Trías de la capa de la Cudia el Babat. En varios puntos de la edad senonense superior (Campaniense Maestrichtiense superior) de estas margas-calizas pudo ser confirmada gracias a las asociaciones de Rosalinas. Así, el afloramiento más septentrional (en 113,7/91.9) muestra niveles rosas con *Globotruncana fornicata* Plum., *Gl. linnei* (de Orb), *Gl. elevata* var. *stuartiformis* Dalbiez y var. *elevata* (Brotzen), *Gl. cf. stuarti* (Lapp.) *Gl. conica* White, *Gumbelina plummerae* Loetterle. Siempre, cerca del mismo lugar las calizas paleocena compactas, de un gris algo negráceo, suelen proporcionar una microfauna paleocena bastante rica, donde dominan numéricamente las Globigerinas: *Globorotalia membranacea*, *Gl. compressa*, *Gl. (Truncorotalia) angulata*, *Gl. (Tr.) cf. acuta*, *Gl. (Tr.) crassata* var. *acqua*, *Gl. (Tr.) sp.*, *Lenticulina* sp. No se pueden precisar las relaciones de este paleoceno con las pudingas del Numulítico más elevado, ausentes en este

punto: se conoce por otra parte (3) que estas últimas reposan directamente sobre el Lias no lejano al occidente de este punto.

Al Oeste de Djebel Bobena, en el borde extremo de la cadena, las margas de facies senonense fueron consideradas en un ojal (4) bajo el Numulítico en el barranco al Sur de Dahar Afusan (El Ihanten). En una lámina delgada tallada de una muestra que procede de la base de la serie supuesta senonense, se encuentran conchas gruesas de Globigerinas netamente terciarias. El lavado de margas-calizas grises amarillentas, procedentes probablemente del mismo horizonte, ha liberado una microfauna rica del Eoceno superior con numerosas Globigerinas: *Globigerina lissimilis* Cush. y Berm., *G. linaperta*, *G. increbescens* Bandy, *G. cuachitaensis* var. *senilis* Bandy, *G. Bulloides* var. *cryptophala* Glaessner, *Cibicides* cf. *grimsdali* Nuttall, *Bulimina* sp., *Bolivina* sp., *Vulvulina* sp., *Vulvulina* sp. Salvo error de marbete de la muestra estudiada, se deduce que ni el Senonense ni el Eoceno inferior no aparecen en este ojal.

A 5 km. al Sur de Djebel Bobena se encuentran transgresivos sobre el Lias, algunas manifestaciones del Senonense superior, en general al estado de margas-calizas grises o rosas con Rosalinas. Una de ellas está coronada, en la Cudia Chantus, por horizontes microbrechicos ricos en Orbitoides (4) y Siderotilinas. No conocemos allí indicio alguno del Eoceno inferior.

Al Sur del Oued Laud, alrededor de Djebel Tazaot, es decir, en las regiones muy internas de la Dorsal, uno de nosotros había indicado (1) transgresiones sobre el Lias, de finos conglomerados con detritus de Belemnites y margas calizas, referidos al Senonense, según

L. Doncieux. Esta asignación es muy incierta. Del examen detallado de secciones delgadas se permite evocar a: Malm o al Cretáceo inferior. De todas maneras, estos horizontes están directamente sobremontados por el Luteciense transgresivo, sobre el cual descansa el de Tazaot, formado por dolomías triásicas y del Primario. En este sector no aparece traza alguna del Eoceno inferior.

2. *Zona Margo-esquistosa*.—En el exterior de la caliza Dorsal hemos podido caracterizar el Eoceno inferior, entre el Senonense y el Luteciense, en dos puntos situados al Noroeste de Xauen, en las cercanías del Zoco el Arba de Beni Hassan (4).

Un primer afloramiento se encuentra en los bordes de la carretera, alrededor de seis kilómetros al Sureste de esta última localidad, no lejos de la Casilla de Hamara; reina allí un Flys margo-esquistoso más o menos arenoso [(3), pág. 39], compuesto por lechos de margas rosadas y por microbrechas calizas. Estas muestran raras *Fissurina ovalis* (Kaufmann), abundantes *F. laevigata* (Kaufmann), de Textularidos y de malas Rosalinas. Si ciertamente se trata del Cretáceo superior, esta microfau-na no permite precisar el nivel. Por encima, el Flysch eoceno comienza [(1), pág. 71] por calizas grises, finamente conglomeradas, asociadas a margas rosas. Considerado hasta aquí como probable luteciense, este horizonte revela en un cemento calcitoso unos prismas grandes de albíta autígena, de innumerables organismos en lo que la asociación demuestra la edad paleocena: Orthophragmines (*Discocylinaseunesi* Douv., *Asterodiscus taramellii* Mun.-Ch.) y Operculinas (*Operculina*, cf. *heberti* Mun.-Ch.) determinadas por la señorita Neumann; pequeñas Alveo-

linas (*Alveolina* gr. de *primacva* Reich.) y Rotalidos que recuerdan al «*Rotalina*» *cayeuxi* Lapp. (det. de M. J. Cu-villier); Milolidos, *Planorbulina*; fragmentos de Equinoderimos y de Briozoarios. *Disc. seunesi*, *Alv. primacva*, *Op. heberti* son especies del Paleoceno (ante-ypre-siano); el «*Rot.*» *cayeuxi* fué definido en el Senonense superior de Biarritz; el *Ast. taramellii* empieza en el Paleoceno, pero continúa hasta el Eoceno superior.

La señorita Lemoine ha estudiado en placa delgada las algas de este nivel. Se sabe que los documentos algológicos concernientes al Eoceno inferior mediterráneo casi son inexistentes. Las formas observadas aquí, teniendo en cuenta las incertidumbres procedentes de su estado fragmentario, muestran, no obstante, una asociación desconcertante: una especie de «Lattorfien» ligurina (*Mesophyllum ligusticum* Air?), otros priabonienses u oligocenos (*Lithophyllum mengaudi* Lem., *L. sp.*, *Mesophyllum royo* Mir.), otros puramente eocenos (*Lithophyllum sp.*, *Mesophyllum*, cf. *sicrae blancae* Howe?, *Lithothamnium andrusovi* Lem., *L. sp.*), otros todavía de posición estratégicamente desconocida (*Amphiroa sp.*, *Jania sp.*, *Lithothamnium sp.*). Por otra parte, un *Lithophyllum* recuerda mucho *L. impositum* Lem. del Danés de Viena.

Se observa por otra parte, en estas calizas un número grande de secciones de un organismo alargado extraño, evocando la forma de una pluma y recordando algo a la *Lithoporella melobesioides*. Las cuadrangulares alargadas se reúnen perpendicularmente u oblicuamente a un eje muy fino. Ellas alternan o se dan la cara (fig. 1).

Estas indicaciones tuvo la atención de proporcionárnoslas M. G. F. Elliott y la señorita Paul Lemoine; de ellas resulta que se trata de un alga de posición sistemática dudosa, *Distichoplax biserialis* (Dietrich), para la cual fundó P'ia el género *Distichoplax*. Esta especie parece característica del eoceno inferior (sentido lato) de las regiones mediterráneas: en particular, la señorita

Lemoine dijo haberla observado en unas muestras de M. L. Mengaud procedentes de los alrededores de Santander y en otras recogidas por H. Douvillé en Gan (Basess-Pirénées). En los dos casos parece se trata de Ypresiano con *Numulites atacicus*, *N. globulus*...

Elliot da también numerosas citas de *Distichoplax biserialis* en el Paleoceno-Eoceno inferior (6). Es interesante observar que esta especie coexiste, en el Rif, con la *Disocyclina scunsi* y *Alveolina* gr. *primæva*, fósiles buenos paleocenos antepresianos.

Un segundo jalón del Eoceno inferior existe a lo largo del Oued Afkiren (Exila), a dos kilómetros al Suroeste del Zoco el Arba. Encima del Senonense esquistoso, con intercalaciones gredosas, el Numulítico comienza por esquistos rojizos con lentejones de caliza brechoide gris. Este horizonte está considerado como luteciense [(2), págs. 70-71], puesto que contiene Ortho-phragmines. En efecto, otro de los diversos fragmentos (Oursins Bryozoaires) tiene *Disocyclina scunsi*, *Asterodiscus taramellii*, *Operculina* cf. *heberti*, características del Paleoceno.

Entre las algas calizas de este horizonte (datos de la señorita P. Lemoine), la mayor parte fueron señaladas como del Luteciense al Oligoceno (*Jania nummulitica* Lem., *Corallina abundans* Lem., *Archacolithothamnium dallonii* Lem., *Lithothamnium moreti* Lem.), una sólo existente en el Eoceno (*Lith. andrusovi* Lem.), únicamente se conocen dos en el Oligoceno («Rupeliem») de Liguria (*Mesophy fructiferum* Air., *Lithothamnium rovertori* Air.). Se señalan las diferencias de composición en la flora entre estos yacimientos y el precedente: aquí en Exila se encuentran *Archacolithothamnium*, los *Lithothamnium* son numerosos; allí no hay *Lithophyllum*, frecuentes en el otro yacimiento.

No lejos de allí, encima de este horizonte paleoceno, hay areniscas blandas con *Nummulites irregularis* Desc.,

N. subirregularis de La H., *N. atacicus* Leym., *N. subatacicus* H. Douv., *N. globulus* Leym., *N. gallensis* Heim., asociación considerada por Doncieux (3) como luteciense, pero donde la edad ypresiana no está excluida.

CONCLUSIONES

Los hechos anteriores establecen la existencia, ignorada hasta aquí, del Eoceno inferior en la caliza Dorsale de la zona margo-esquistosa del Rif. Algunas novedades, descubiertas al azar por el estudio de documentos antiguos, se multiplican probablemente después de nuevas investigaciones sobre el terreno. Entretanto, se imponen algunas observaciones.

En el Dorsale, los perfiles trazados hasta aquí por uno de nosotros (P. F.) permiten pensar que el Paleoceno-Ypresiano sigue al Maestrichtiense, bien que la zona micropaleontológica de pequeñas Globigerinas con conchas finas del «Danes» (5) no han podido ser identificados todavía. Por encima, el Luteciense comienza por una pudinga, transgresiva a la vez sobre el Lias, el Senonense y el Eoceno inferior. Es probable que la emersión donde su conglomerado de Nummulites señala el fin, corresponda a una fase de erosión, en el curso de la cual muchos de los depósitos del Eoceno inferior fueron destruidos. Así se puede pensar en que la extensión de estas formaciones fué más amplia de lo que aparenta actualmente.

De todas maneras, no se conocen, por el momento, depósitos datados del Senonense y del Eoceno inferior más que entre el río Martín y el Oued Lau, en las unidades inferiores de la Dorsal. Los dos puntos donde el

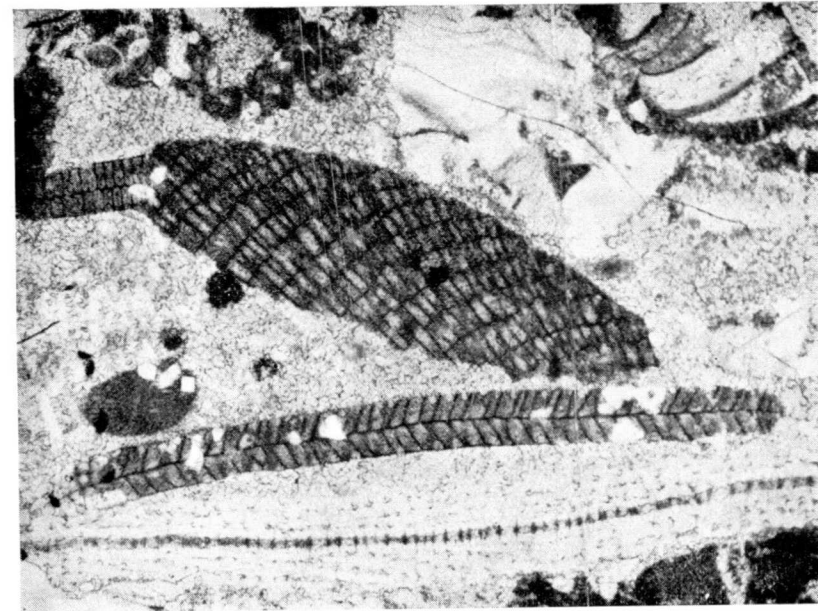
Eoceno inferior está caracterizado, pertenecientes, por otra parte, a la capa del Djebel Kelti, bastante externa.

Si se despliegan las capas, es preciso situar el parautoctono a menos de cinco-seis kilómetros al Este-Nor-Este de su posición actual, y los afloramientos paleocenos de Dar-Jarjor y de Djebel Bobena, a una veintena de kilómetros todavía más al Este. El Eoceno inferior no es conocido ni en la capa de Babat ni sobre el Paleozoico interno. Esto no es más que a manera de hipótesis, que se puede buscar un enlace paleogeográfico directo con el dominio mediterráneo y con el mar paleoceno que baña ciertos sectores del Mediodía de España, que serán descritos en otra ocasión.

Es una realidad que la cuenca paleocena del Dorsale está en relación con la del Zoco el Arba, a pesar de las diferencias que existen entre sus facies. Si, en efecto, al Noreste reinan margas plantónicas y al Suroeste microbrechas con grandes foraminíferos, esto se explica normalmente por el alargamiento original de estas series: heteropisma ya observable en el Cretáceo.

Cualquiera que sea la situación del Paleoceno del Zoco del Arba, en un complejo semejante al Flysch, conduce a pensar en que la sedimentación en la zona margo-esquistosa fué continuada, al menos localmente, del Cretáceo al Eoceno. Así se explicará que el límite entre los depósitos de los dos períodos sea corrientemente indeciso.

La cuestión de la extensión del Paleoceno en las capas más meridionales del Rif y del Prerrif (5) está todavía muy mal conocida para que se pueda epilogar sobre las relaciones de estas cuencas. En todos los casos, los resultados resumidos anteriormente muestran que los es-



Caliza paleocena del Zoco-el-Arba de Beni-Hassan. Parte inferior, sección de *Discocyclina seunesi*; parte superior, sección de *Distichoplax biserialis*; parte central, Alga *Melobesia*. Aumentos, 60.

quemas paleogeográficas admitidos en cuanto al Eoceno inferior marroquí deberán sufrir modificaciones importantes. Diversos indicios, que son mencionados aquí, hacen pensar en que podría ocurrir lo mismo en los sectores homólogos de las Kábilas de Argelia.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) A. MARÍN y P. FALLOT: *Mem. Inst. Geol. y Min. España*, 1936.
- (2) F. FALLOT: *Notes et Mem. Serv. Geol. Maroc*, núm. 40, 1937.
- (3) P. FALLOT y L. DONCIEUX: «*Bol. Inst. Geol. y Min. España*», 54, 1937.
- (4) A. MARÍN y P. FALLOT: *Mapa geológico de la Cordillera del Rif al 1/50.000*, Madrid, 1936.
- (5) J. CUVILLIER, F. DALBIEZ, C. GLINTZBOECKEL, M. LYS, J. MAGNE, V. PERBASKINE y M. REY: *Proceedings IVth world Petroleum Congr.*, Rome, 1955, Sect. 1, D, pap. 6, p. 517-44.
- (6) G. F. ELLIOT: *Micropaleontology*, vol. II, pp. 327-334, 1956.

El problema del «Estrato cristalino», en el
Nord-Este de la Provincia de Sevilla (España)

POR

JACQUES BABRIÈS

JACQUES BABRIÈS

EL PROBLEMA DEL «ESTRATO CRISTALINO»
EN EL NORD-ESTE DE LA PROVINCIA DE
SEVILLA (ESPAÑA) (*)

Las formaciones cristalofilianas del macizo de Lora del Río, consideradas como Antecambrianas (*estrato cristalino*) parecen corresponder a sedimentos metamórficos del Paleozoico inferior.

En el Nordeste de la provincia de Sevilla (Sierra Morena), uno de sus accidentes tectónicos principales (el cabalgamiento del Pedroso) divide a la región en una zona septentrional esencialmente sedimentaria y paleozoica, y un conjunto meridional caracterizado por la abundancia de macizos cristalinos y cristalofilianos. El complejo cristalofiliano de Lora del Río es una unidad geológica perteneciente a esta zona, unidad limitada al Sur por la inflexión del Guadalquivir, y al Oeste, por la serie cuarzo-esquistosa de Villanueva de las Minas (Paleozoico inferior, Cambriano, y puede ser Infracambriano).

Los antiguos trabajos de J. Macpherson (1) asignaban

(*) Publicado en C. R. de la Academia de Ciencias de París —CCXLIV, pág. 2632 a 5, 20 de mayo de 1957—. Traducción del francés por M.^a Concepción López de Azcona, Licenciada en Ciencias Geológicas.

(1) *Bol. Com. Mapa Geol. de España*, VI, 1879, pág. 27.

al Siluriano los terrenos de facies sedimentarias de esta región; las rocas metamórficas constituyen el *Estrato Cristalino*, de supuesta edad Precambriana. Los trabajos de J. Gavala (2) y de W. Simon (3) han reducido considerablemente el dominio del Siluriano, asignando la mayoría de estas formaciones sedimentarias al Cambriano e incluso al Infracambriano, con un máximo de probabilidad.

Las observaciones que son el objeto de esta nota tienden a demostrar que el *Estrato Cristalino* pertenece, al menos en esta región, a sedimentos del Paleozoico antiguo modificados por metamorfismo general. En efecto:

1.º El ciclo sedimentario del Paleozoico antiguo comienza por un conglomerado, donde la potencia media es del orden de 10 a 15 metros, y que solamente aparece en el corazón de algunos anticlinales. Esta formación parece corresponder al conglomerado de base, aunque el substratum no sea visible en punto alguno. Está compuesto de guijarros redondeados, pudiendo alcanzar hasta 10 centímetros de diámetro, englobados por un cemento esquistogredoso. Los bloques están constituidos esencialmente por cuarzo, cuarcitas blancas o gris azuladas, por esquistos arcillosos claros y por rocas cristalinas, sobre todo ácidas. Una tal composición revela la proximidad de un zócalo Antecambriano, provisto abundantemente de afloramientos graníticos y cristalinos.

2.º El complejo cristalino de Lora del Río se compone de una serie de cuarcitas feldespáticas (microclino), de neises de biotita y de neises graníticos con nódulos de

(2) *Bol. Inst. Geol. Min. España*, IL, 1927, págs. 1-79.

(3) *Abhdlg. Senckenberg. Naturforsch. Gesell.*, CCCCXXXV, 1951, págs. 31-52.

cordierita, encerrando algunos núcleos de granito de artesis en la zona central. En este conjunto silicoaluminico y cuarcítico se intercalan diferentes facies particulares, y cierto más básicas, tales como cipolinos, neises piroxénicos, anfibolitas y neises grafitosos. Estas rocas se presentan en bancos, en lentejas o en rístras, y se reparten en manera importante en las bandas privilegiadas, con longitudes de 3 a 4 kilómetros. Pero ningún elemento de serie metamórfica se encuentra en los guijarros del conglomerado de base del Paleozoico.

3.º La naturaleza petrográfica de estas formaciones cristalofilianas testifican una variedad en los sedimentos originales, variedad en todos puntos comparable al ciclo sedimentario del Paleozoico inferior. La sedimentación comienza, encima del conglomerado de base, por el depósito de una serie clásica potente: arcosa, gres, cuarcitas y quistos gris azulados (capas del Tambor, según W. Simon); este conjunto detrítico está sobremontado por rocas más ricas en carbonatos, con margas azuladas, calizas (capas de Campoalla) y, en fin, por margas abigarradas, esquistos, encerrando la fauna de *Saukianda* de Alcañiz (capas abigarradas de Manis, cúspide del Cambriano inferior).

4.º El alargamiento de los lentejones básicos y la reacción en esta facies (amfibolita, neises piroxénicos, grafito, etc.) tienen una dirección sensiblemente Nor-Oeste-Sur-Este; esta unidad pertenece, pues, a la orogénesis pirenaica, que también afecta a las formaciones primarias de la región.

5.º En fin, el hecho que parece muy importante es la existencia del paso lateral entre los sedimentos paleozoicos y las series metamórficas, en el borde occidental

macizo de Lora del Río. Este paso es muy visible en los valles de Galapagar y de la Huesna, en el Este y en el Norte inmediatos a Villanueva de las Minas. En toda la zona situada al Sur del accidente del Pedroso, los sedimentos cambrianos hacen preveer una metamorfosis ligera, del tipo «esquistos verdes» (desarrollamiento de clorita, muscovita, talco, albita, turmalina, un poco de epidota, etcétera). En la región de Villanueva de las Minas consisten en una serie de cuarcitas micáceas gris violáceo y de esquistos gris verdoso, que se transforman progresivamente hacia el Este, en esquistos satinados y cloritosos, con gran desarrollo de la mica, después en esquistos y en micaesquistos con minerales (andalucita, alterada muy corrientemente en muscovita), que inician la serie metamórfica completa de Lora del Río. La transición entre los dos conjuntos sedimentario y cristalofílico es gradual y tiene lugar de manera concordante.

Estas observaciones muestran que las formaciones cristalofílicas del Nordeste de la provincia de Sevilla no pueden pertenecer al substratum antecambriano del Macizo Hespérico: El *Estrato Cristalino* no será, pues, de edad antecambriana. Debemos, por lo tanto, considerarlo como el resultado de un metamorfismo general de la serie sedimentaria del Paleozoico inferior. Estas conclusiones están de acuerdo con la tendencia actual que se diseña en el estudio de los complejos graníticocélicos de Sierra Morena. Anteriormente F. Lotze (4), en 1937, demostró que en el Norte de la provincia de Huelva el «cristalino de Aracena no era arcaico». Más recientemente (1953), F. Hernández-Pacheco (5) concluye que las formaciones de fa-

(4) *Zeits. Deutsch. Geol. Ges.*, CV, 1937, pág. 134.

(5) NOTAS Y COM. INST. GEOL. MIN. ESPAÑA, XXXI, 1953, págs. 3-34.

cias de *Estrato cristalino* de la provincia de Badajoz, a Sur del Guadiana, «son masas de esquistos postdamiense y de niveles acadienses que han sufrido un metamorfismo general intenso, esquistos que pueden, por otra parte, dar rocas granudas ácidas, gracias a fenómenos netos y típicos de migmatización».

Cuanto se refiere al problema de la edad del metamorfismo que afectó a esta serie sedimentaria del Paleozoico inferior sólo podemos dejarlo en el terreno de la hipótesis. El Siluriano sólo está poco transformado, todo a lo más es prueba de un metamorfismo ligero. Faltan los afloramientos devonianos; los terrenos postsilurianos están representados en la cuenca hullera de Villanueva de las Minas, por las capas del Westfaliense medio, que no revelan traza alguna de metamorfismo. Se puede pensar que el metamorfismo es de edad varisca, enlazada con las fases bretona y sudete. Pero se nos ofrece una solución con el hecho de la puesta en evidencia de la fase sárdica en la parte occidental de Sierra Morena. La existencia de un primer metamorfismo de edad caledoniana y de un segundo, varisco, podría explicar el hecho de que el Siluriano está muy poco metamorfozido, contrariamente a los sedimentos del Cambriano muy transformados.

Notas relativas a un viaje realizado a los Estados
Unidos para el estudio de la minería del hierro

POR

S. DE LA CONCHA

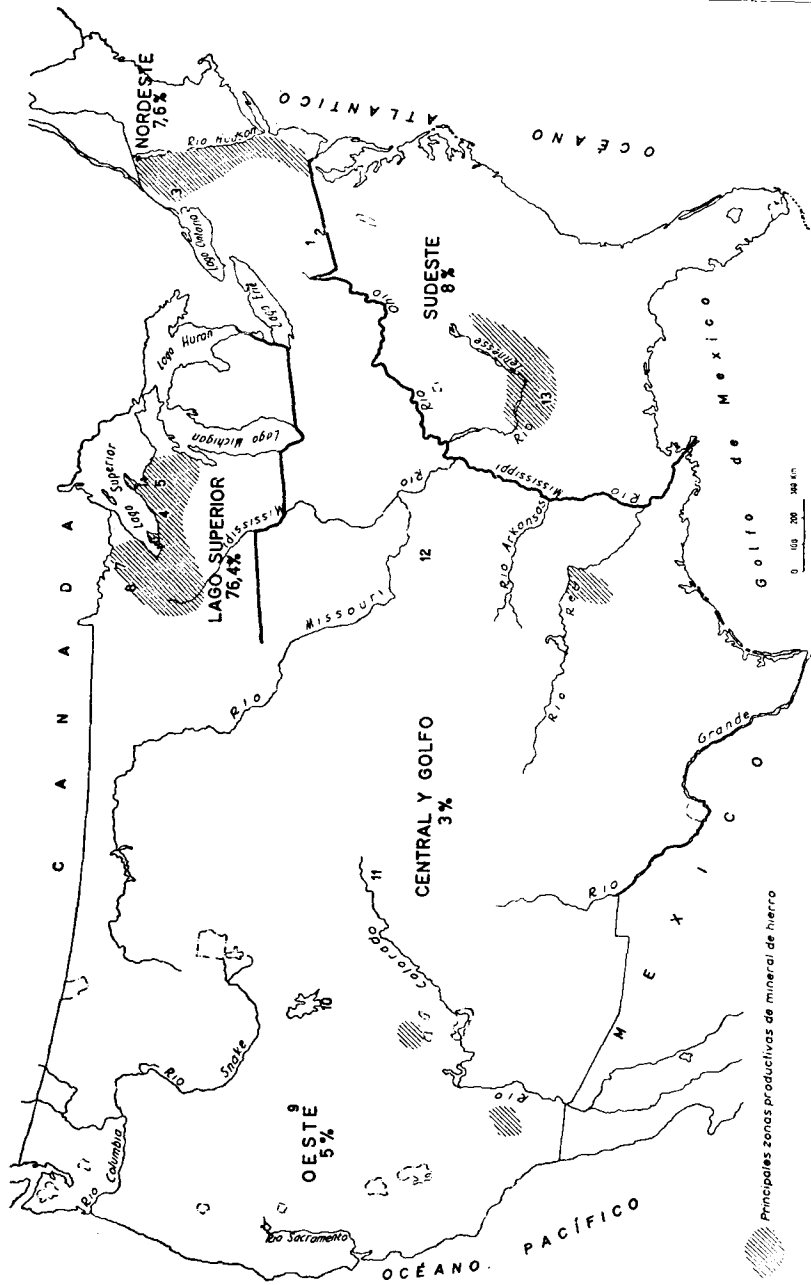
S. DE LA CONCHA

NOTAS RELATIVAS A UN VIAJE REALIZADO
A LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL ESTUDIO
DE LA MINERÍA DEL HIERRO

Bajo los auspicios de la Dirección General de Minería en conexión con la de Cooperación y organizado por la International Cooperation Administration (ICA), hemos realizado, un grupo de técnicos españoles, un viaje por los Estados Unidos con el fin principal de estudiar la productividad de las minas de hierro, con un programa que se desarrolló del 15 de agosto al 28 de septiembre último.

En este viaje hemos visitado una serie de explotaciones de minería de hierro que se numeran por el orden que se visitaron en el adjunto mapa, y otras de volframio (8), cobre (10) y cinc (11). En el mapa se apuntan también la importancia relativa de los distintos distritos de minería de hierro en cuanto a su contribución a la producción total de la nación americana.

Es obligado la redacción de un informe por el grupo asistente de los estudios realizados; naturalmente dicho informe ha de redactarse una vez sedimentadas y clasificadas las observaciones efectuadas y cotejadas con los datos tomados y literatura que por Empresas y elementos oficiales americanos nos han facilitado. La casi totalidad de esta información está todavía en camino y parece, por



1. Cornwall Mine-Lebanon-Pennsylvania. — 2. Grace Mine-Reading-Pennsylvania. — 3. Benson Mine-Newton Falls-New York. — 4. Geneve Mine-Ironwood-Michigan. — 5. Wauseca Mine-Iron River-Michigan. — 6. Ashland-Wiscosin. — 7. Estaca Mine-Hibbing-Minnesota. — 8. Hawkins Mine-Hibbing-Minnesota. — 9. Getchell Mine-Calconda-Nevada. — 10. Kennecott Mine-Bingham-Utah. — 11. Eagle Mine-Gilman-Colorado. — 12. Iron Mountain-Ironton-Missouri. — 13. Edwards Mine-Birmingham-Atabama.

Principales zonas productivas de mineral de hierro

tanto, precipitado lanzar a la publicidad estas notas. Sin embargo, accediendo a requerimiento del Jefe de Publicaciones de este Instituto, y con la excusa para estas rápidas líneas y croquis, de su misma rapidez creo pueden ofrecer el interés de estimular a nuestros compañeros y Empresas mineras. Estímulo para aprovecharse de la presente coyuntura que la nación americana ofrece para mostrar su técnica de primerísima fila y facilitar toda la información posible. Aunque algunos sistemas no sean aplicables a nuestros criaderos, cualquier detalle utilizable puede representar muchas pesetas a la Empresa que facilita y coadyuva al viaje de sus técnicos.

Además de las visitas a las minas hemos tenido una serie de reuniones y conferencias, tanto con elementos particulares como Asociaciones de Ingenieros, Mineras y Metalúrgicas y casas productoras de maquinaria, como de la Administración, Bureau of Mines, Departamento de trabajo. Relaciones exteriores, tocando no solamente temas técnicos, sino laborales y sociales que contribuyen a formarse un cuadro de distintos aspectos de este país, hoy a la cabeza del mundo.

Con este preámbulo pasamos a dar unos cuantos datos de las minas visitadas con unos croquis muy esquemáticos, para evitar descripciones geológicas.

En el Estado de Pennsylvania y haciendo centro en Lebanon, visitamos las minas Cornwall (1) y Grace (2) de la Cía. Bethlehem-Cornwall. En la Cornwall núm. 4 el criadero consiste en una masa lenticular de 600 metros de anchura y 70 metros de grueso, con un buzamiento de unos 30° con magnetita, calcopirita con pequeña proporción de oro y plata y pirita con cobalto asociado. La ley

del mineral es de 34,51 por 100 Fe., 0,325 por 100 Cu. y 1,22 por 100 S.

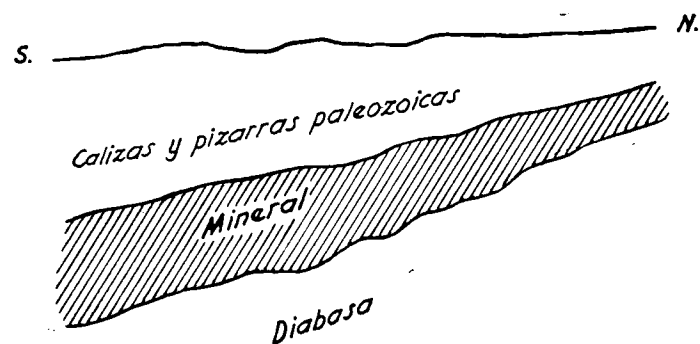


Fig. A.—«Cornwall Mine» (1).

La explotación se hace por el método «block caving» adaptado a la naturaleza deleznable del mineral. En el nivel de arrastre el mineral se carga por raspas a vagones de cinco toneladas y se extrae por «skip» en pozo inclinado de 10 Tm.

La producción diaria es de 4.750 Tm., equivalentes en lavadero a 2.200 toneladas de mineral de hierro del 61 por 100 Fe., 50 Tm. de calcopirita del 25,5 por 100 Cu. y 54 Tm. de pirita del 49 por 100 S. y 1,25 por 100 Co., constituyendo éstas la mayor fuente nacional de producción de cobalto.

El rendimiento interior es de 17 Tm. mineral bruto/hombre y el rendimiento total de 14 Tm./hombre. La escala de jornales varía de 1,89 a 2,8 dólares por hora, trabajando cuarenta horas semanales en cinco días a ocho horas diarias.

El mineral a la salida a la superficie sufre una primera trituración y separación magnética de estéril grueso, y pasa bien a carga para el lavadero situado en Lebanon o a un

depósito regulador (foto 1) capaz para 600.000 Tm., del que el mineral se carga mediante una pala a vagón. El lavadero trata 6.500 Tm./día y consiste en molido, separación magnética y flotación diferencial para la separación de la calcopirita y pirita. Los finos de magnetita pasan a sinterización o pelletización, según los tamaños, cuyas instalaciones están contiguas al lavadero.

La mina Grace se encuentra en preparación sobre una masa de mineral de magnetita que no aflora y queda a unos 500 metros de la superficie. Fue descubierta por prospección geofísica aérea, comprobándose después, por sondeos mecánicos en cuadrícula de 160 metros de lado desde la superficie y por otros desde el interior, los perfiles geofísicos. Por la investigación realizada se le calcula un cubo cercano a los cien millones de toneladas. El revestimiento de las galerías principales de estas minas se realiza con hormigón preparado en la boca del pozo y conducido por tuberías hasta el sitio de empleo, con un encofrado móvil montado sobre las vías de la galería.

La Benson Mine (3), de la Cía. Jones & Laughlin Steel, se halla situada en las proximidades de Newton Falls. Se explota, a cielo abierto, un neis mineralizado con magnetita y martita que aparecen en una corrida de unos 900 metros sobre la rama E. del pliegue de los neises. La magnetita se presenta en la parte norte con feldespatos ortoclases, mientras que la martita predomina hacia el sur con microclinos. Se hace una clasificación de los sitios de arranque, entre mineral magnético o no, con vistas al tratamiento distinto que se le da en el lavadero, según predomine una u otra clase. La carga se efectúa con excavadoras a volquetes Euclides y Mac de 35 Tm., produciendo diariamente 14.000 toneladas del 23 por 100 Fe., lo

que representa una producción anual de 5.000.000 toneladas brutas y 1.600.000 toneladas de concentrados del 61 por 100 Fe. La concentración del mineral clasificado como magnético se hace a base de separadoras magnéticas y cribas. La de la martita, con espirales Humphrey y flota-

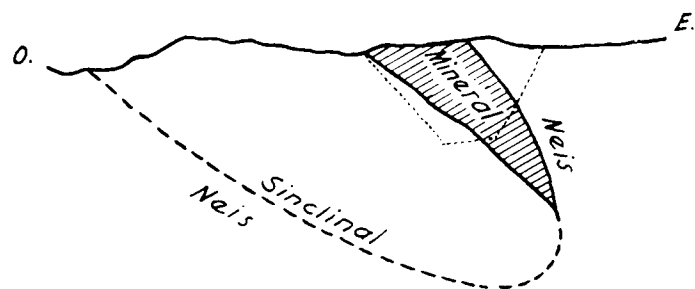


Fig. B.—«Benson Mine» (3).

ción, sinterizando los productos obtenidos en ambos circuitos.

La Geneve Mine (4), de la Pickands Mather, está situada cerca de Ironwood y en el grupo de minas del llamado «Gogebic Range» del Lago Superior, que encajan en bancos de pizarras y cuarcitas del Huroniano, con el 25 a 35 por 100 Fe., y en el que las disoluciones descendentes han dado lugar a enriquecimientos secundarios, sostenidos por una serie de diques de diorita; estos enriquecimientos con hematites del 60 al 65 por 100 Fe. son los que motivan la explotación actual. La mina más importante del grupo es la Peterson, con una producción actual de unas 600.000 toneladas anuales y preparándose para llegar a los dos millones de toneladas, con extracción mediante «skip» de 50 toneladas. Visitamos la Geneve, mina ya muy trabajada, y en la que se explota por hundimientos hasta los 900 metros de profundidad, necesitando adaptarse la explotación

a las variables condiciones de los hastiales y descomposición de las dioritas. Los trabajos preparatorios necesitan mucha madera por el empuje del terreno, y se utilizan mucho también los cuadros de hierro con la clave encajada en los pies derechos para facilitar el que vayan cediendo al empuje, sin deformación. El mineral es deleznable, y en la clasificación y trituración que se hace a bocamina se desechan—provisionalmente—los tamaños mayores de 2,5''

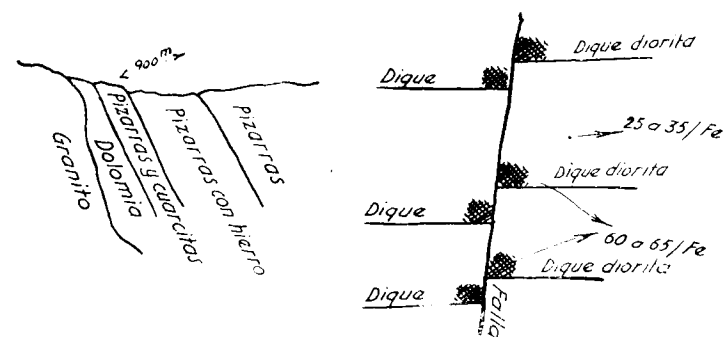


Fig. C D.—«Geneve Mine» (4).

como estéril, que quizá en su día se concentrará mecánicamente.

La Wauseca Mine (5), de la M. A. Hanna, está situada cerca de Iron River, y sobre el llamado «Menominee Range», del Huroniano superior, muy plegado y con una capa casi vertical de 30 metros de potencia en hematites roja y parda, del 52 por 100 Fe., en el fondo del sinclinal, con carbonatos del 35 por 100 Fe., y 35-40 por 100 SiO₂, que no se explotan en la parte alta; la corrida es de unos 3.400 metros. Los terrenos antiguos están cubiertos por aluviones glaciares que embeben gran cantidad de agua, con lo que la explotación tiene un desagüe en la mina del orden de los 115 litros/segundo y de 500 litros/segundo en

la superficie para rebajar el nivel hidrostático. Es notable el servicio de desagüe en el interior, con bombas sumergidas, completamente automáticas y sin personal alguno de vigilancia, con señales a distancia para caso de avería o cualquier contingencia.

La explotación se realiza con pisos cada 36 metros y subniveles a altura variable según las condiciones del terreno, generalmente a unos 12 metros y formando cuarteles separados por pilares, recuperándose luego un 50 por 100 de estos pilares al final de la explotación. El mineral se arranca por fajas en abanico y retirada, cayendo por pozos gloria a la galería inferior, desde donde se carga con raspa a las vagonetas. Una vez arrancada toda la altura, se rellena por pozos, o por chimeneas hechas con sondas de 30", y se empieza, después del relleno, la recuperación de los pilares. El relleno se prepara en la superficie, con arranque por pala sobre los aluviones y trituración a menos de 3/4" y desmenuado y clasificación para eliminar arcilla y obtener la preparación de tamaños convenientes, con lo que se domina la distribución y evita atoramiento de las arenas.

Los jornales de los obreros son de 1,95 a 2,65/hora en jornada de ocho horas diarias, seis días a la semana. Esto constituye una excepción, pues casi todas las minas trabajan solamente cinco días semanales; por este motivo el jornal del sábado tiene un recargo del 50 por 100 sobre el habitual. La producción diaria es de 2.200 toneladas de mineral del 52 por 100 Fe. (58 por 100 Fe. en seco) y los rendimientos de la mano de obra son del orden de 18 toneladas/hombre para el interior y 12 toneladas/hombre total.

La Extaca Mine (7) y la Hawkins Mine (8), respectivamente de la United States Steel y de la Cleveland-Cliffs

Iron, están situadas en las proximidades de Hibbing, bre el «Mesaba Range», que constituye la formación importante de mineral de hierro de la nación. Se calcula que la extracción total de minerales de hierro de los Estados Unidos, hasta el presente, es del orden de 3.900 millones de toneladas, y a ellos ha contribuido el «Mesaba Range» en un 54 por 100. El criadero comprende las famosas taconitas, rocas silíceas muy duras, con un 25 a 30 por Fe. diseminado en la roca y cuya corrida alcanza a 200 kilómetros, con potencias de 1,5 a 3 kilómetros y reservas del orden de los 5 a 10.000 millones de toneladas.

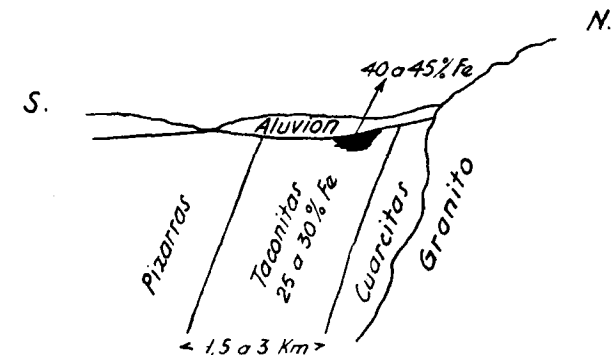


Fig. E.—«Extaca Mine» (7).

ladas. El hierro se presenta mayormente en hematita y magnetita finamente diseminada en la roca, con corrientes secundarias, en las cuales se iniciaron en sus comienzos las explotaciones. La magnetita predomina al E. de la formación y los hematites al O. Extraídos los minerales ricos, empezaron las explotaciones de los pobres, con lo que el tamaño del mineral de hierro permitía una concentración mecánica sin llegar a límites prohibitivos de trituración, sobre todo para los minerales no magnéticos.

Casi todas las explotaciones se llevan a cielo abierto y con plantas de preparación mecánica. En la Extaca Mine se están estudiando los métodos de arranque, movimiento de grandes masas y concentración de taconitas con magnetita finamente diseminada para llegar a unos resultados económicos de gran importancia para la formación y con vistas a si son satisfactorios montar una explotación del orden de los 5 a 10 millones de toneladas año. En la perforación se está empleando también el sistema de «yet piercing» (foto núm. 3), en que el trabajo se hace mediante la combustión de una mezcla de oxígeno y fuel-oil, alcanzando temperaturas de 4.500° F., produciendo la pulverización de la roca por la acción de la temperatura y el efecto mecánico de los chorros de fuego.

Otros ensayos de interés que se están realizando, no sólo en este criadero, sino en general en todos los de explotación a cielo abierto, es sobre el empleo de explosivos, utilizando el nitrato amónico con una mezcla de gas-oil al 5 por 100, con lo que se vienen obteniendo economías, en el coste de explosivos, de alrededor del 30 al 40 por 100.

Para el estudio de concentración se ha montado una planta de 6.000 toneladas/día llamada Pilotak (contracción de las palabras planta «piloto» y «taconita»). En ella se tritura todo el mineral a menos de 3/4" y se aplican diversos circuitos de molienda hasta a menos de 100 mallas, con clasificación en vibros y concentración magnética; todo el lavadero, incluida la trituración primaria, se maneja con 16 hombres, por relevo, incluidos capataces y personal de todas clases.

La Compañía cuenta con unas instalaciones de sinterización y nodulación para 1.000.000 toneladas/mes. El mi-

neral sinterizado tiene una ley del 64 por 100 Fe., SiO₂ y 0,01 por 100 P.

En la Hawkins Mine se trata mineral de hematites el que se aprecia ésta, a simple vista, en tamaños avel dentro de la taconita. El arranque se hace mediante cavadoras a volquetes de 25 toneladas y cuenta con un vadero de 800 a 1.000 toneladas/hora. La concentración hace a base de cribas y líquidos densos, empleando un separador una emulsión de ferrosilicio de densidad 3, día entre la de la ganga 2,7 y el mineral 3,3. Este ferrosilicio se recupera magnéticamente.

En Ashland (6) visitamos uno de los cargaderos, del Lago Superior, en los que la estructura avanza sobre el lago y la carga se hace por gravedad y puentes de depósitos de 375 toneladas cada uno. La carga puede hacerse en cuatro buques a la vez, dos en cada costado calculan pueden cargar un barco de 17.500 toneladas en tres horas y media.

La Iron Mountain Mine (12), de la Ozark Ore Co., situada en Ironton y se explota por cámaras y pilares aureola de una intrusión de andesita porfídica en un clinal paleozoico. En la rama E. predomina la magnetita y en la O. los hematites, variando la ley del mineral en los distintos sitios. El límite de explotabilidad se considera como el 27 por 100 Fe., y el arranque diario es del orden de 1.500 a 2.000 toneladas, con una media del 35 por Fe., que se reducen en el lavadero a unas 1.000 toneladas diarias de concentrados del 53,5 por 100 Fe.

La explotación se hace por niveles a 22 metros de altura, con subniveles intermedios, y dejando columnas de 6 × 6 metros a una distancia variable, según la naturaleza del terreno. La perforación se hace con jumbos de

martillos, y la carga, con palas eléctricas Bucirus de 3/4 yarda; donde no hay sitio suficiente, por la naturaleza del terreno y distancia entre pilares, para el trabajo de la pala

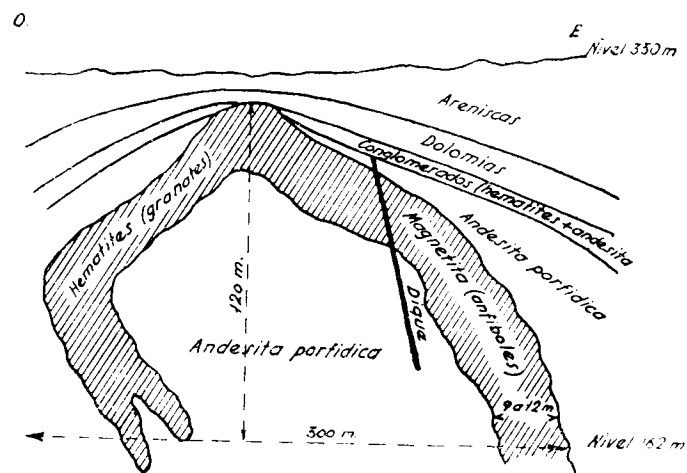


Fig. F.—«Iron Mountain Mine» (12).

(ancho mínimo de 7 m.), se utilizan cargadores Eimco de gas-oil, de 125 HP.

El transporte de zafras se efectúa con volquetes de 8 toneladas por rampas de hasta el 20 por 100, a descargar en pozos o depósitos de la machacadora instalada en el interior y que reduce el mineral a menos de 6". Los tajos de la pala están calculados para la obtención de 800 toneladas/relevo con un maquinista de pala, tres conductores de volquetes y cinco martilleros para la perforación. El rendimiento total de la mano de obra en mina y exterior es de 11,5 toneladas de mineral bruto/hombre.

Con las alturas de tajo con que se trabaja es interesante apuntar también que el saneo se hace sobre carros con escalera extensible hasta el techo, y se emplea la entibación colgada («roof bolting»). Esta se utiliza muchí-

simo en todas las minas que hemos visitado y con buen resultado. Consisten en redondos, generalmente de 1,8 metros de largo, cuya cabeza termina bien en cuña o bien en tuerca, y que una vez introducidas en el barreno previamente ejecutado, se aprietan a máquina, abriéndose la cabeza con la presión y dejando el techo como cosido. Cuando el techo además de fracturado es flojo, el redondo sostiene una arandela para sujetar telas metálicas que impiden la caída de piedras.

La concentración en el lavadero se hace a base de cribas, en las que obtiene un 90 por 100 de los concentrado y de mesas y flotación de los finos para separar los granates de la ganga.

La Edwards Mine (13), de la Republic Steel Co., está situada cerca de Birmingham. Se explota una capa de sedi-

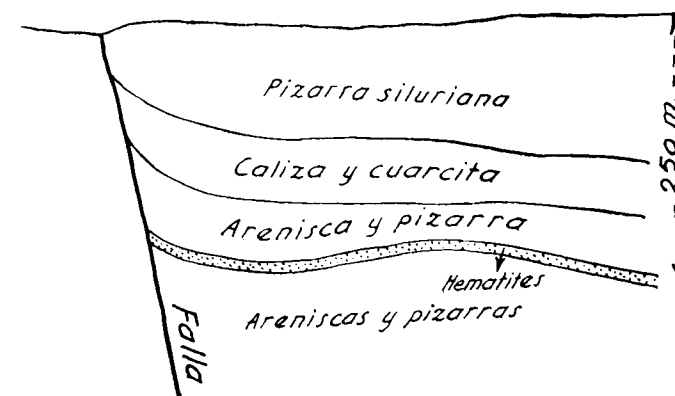


Fig. G.—«Edwards Mine» (13).

mentación marina, ligeramente ondulada, buzando unos 2 a 30° y con potencia media de 2,4 metros. Se arranca por cámaras y pilares, aprovechando en principio un 60 por 100 del criadero, y más tarde, al recortar los pilares, se

recupera otro 10 por 100. El mineral *in situ* es hematites del 32 por 100 Fe., 20 por 100 CaO, 14 por 100 SiO₂ y 0,24 por 100 P., que después de trituración se manda tal cual está al horno alto, para mezcla con otros minerales.

La perforación se hace con jumbos de dos máquinas; la carga, con cargadores Joy a lanzaderas, y éstas, a vagones de 25 toneladas, que siguen por la galería general, según las ondulaciones de la capa con pendientes hasta el 8 por 100, en trenes de siete vagones arrastrados por dos locomotoras de trolley de 300 HP. cada una; la longitud total de la galería general de arrastre es de unos 5 kilómetros y va a descargar en el depósito del «skip» de 5 toneladas, con plano inclinado al exterior.

Los Joys, servidos por un maquinista y un auxiliar, cargan unas 600 toneladas/relevo con tres lanzaderas en servicio por Joy. La producción es de 3.200 toneladas diarias, con un rendimiento total de 12 toneladas/hombre. Los jornales de los obreros varían de 2,02 a 3 dólares/hora en jornadas de ocho horas diarias y cinco días por semana.

En la legislación laboral las Empresas tienen obligación de pagar el seguro de accidentes, el del paro y la mitad del de vejez, importando en conjunto alrededor del 6 por 100 de los jornales. El obrero debe pagar solamente la mitad del seguro de vejez, que importa alrededor del 1,5 por 100 del jornal. Con independencia de estas cuotas obligatorias, paga el obrero la de su sindicato y el impuesto estatal sobre los ingresos como cualquier otro ciudadano. Otras ventajas sociales, tales como asistencia médica, vacaciones, etc., no son obligadas por el Estado, pero van incluídas en los contactos colectivos acordados para un determinado plazo entre las Empresas y los Sin-

dicatos. En algunos de estos contratos figura también un aumento del jornal base por cada tanto por ciento que suba el coste de la vida, según estadísticas oficiales. La Empresa que reduce su producción o que no necesita obreros puede despedirlos inmediatamente, existiendo en este aspecto un criterio absoluto desde el punto de vista exclusivo de la productividad de la Empresa y pasando el obrero automáticamente a percibir el seguro de paro, el cual oscila alrededor del 30 por 100 del jornal en activo.

La producción total de mineral bruto de los Estados Unidos en el año 1956, cifras expresadas en toneladas largas (1.016 kg.), fué de 146.097.575 toneladas, de las cuales el 60 por 100 pasó por talleres de concentración mecánica, resultando en conjunto una producción de mineral vendible de 97.846.936 toneladas del 51,47 por 100 Fe. Dicha cifra se reparte en 61,2 por 100 de mineral sin concentrar, 27,9 por 100 de concentrado y 10,9 por 100 de mineral sinterizado. De la producción bruta el 81,9 por 100 fué extraído a cielo abierto y el 18,1 por 100 en interior. Por clases corresponde el 12,7 por 100 a magnetita; e 82,9 por 100, a hematites roja; el 3,3 por 100, a hematites parda, y el 1,1 por 100, a subproductos (cenizas de pirita).

Las importaciones alcanzaron en el mismo año de 1956 la cifra de 30.431.152 toneladas, y los países que han exportado más de un millón de toneladas (se da la cifra entre paréntesis) son: Canadá (13,7), Venezuela (9,2) Perú (1,8), Brasil (1,2), Chile (1,5) y Liberia (1,2). Cas todos ellos, con importante o total participación del capital y técnica de las grandes empresas siderúrgicas norteamericanas. En estas circunstancias se encuentran grandes criaderos de estos países, entre los que citamos lo

de Quebec-Labrador, del Canadá, en los que es mayoritaria la M. A. Hanna Co., y con una reserva segura de 400 millones de toneladas de hematites del 55 por 100 Fe., otros 400 millones de toneladas probables y 2.200 millones más de cubicación posible, siendo el criadero explotable a cielo abierto. En Venezuela, los criaderos del Pao, propiedad de la Bethlehem y descubiertos en el año 1936, con una reserva segura de 70 millones del mineral del 68 por 100 Fe., y los de Cerro Bolívar, descubiertos en el año 1947 y propiedad de la United States Steel, con 400 millones de toneladas seguras del 63,5 por 100 Fe. explotables a cielo abierto.

Con los datos y cifras expuestos resaltamos:

Mecanización al 100 por 100, tanto de las explotaciones a cielo abierto como las del interior. Alto y admirable nivel de vida de la clase obrera. Con estos dos factores, los criaderos de pequeño cubo no cuentan. Agotamiento progresivo de los minerales ricos y puesta en explotación de criaderos considerados tiempos atrás como inexplotables, con talleres de preparación mecánica costosos de instalación y suponiendo la concentración un nuevo e importante elemento en el costo de producción. Apuntamos que en el año 1956 se concentró el 60 por 100 del mineral arrancado, mientras que, v. gr., en el año 1942 se concentró el 36,3 por 100 con leyes totales medias del 51,47 por 100 Fe. y 51,08 por 100 Fe., respectivamente.

Más del 75 por 100 del mineral producido no es objeto de venta, por pertenecer a las propias compañías siderúrgicas y puede, por tanto, en un caso dado, considerarse el coste de explotación de una mina como el coste de un elemento de la fabricación de un producto terminado.

Y, por último, estas Compañías poseen grandes reser-

vas de minerales pobres en el país y grandes reservas de minerales ricos en otros países del mismo hemisferio y de su influencia, con lo que pueden conjugar diversas soluciones a sus necesidades de mineral de hierro.

La Getchell Mine (9), de scheelita, está situada en Galconda, a 330 kilómetros al NE. de Reno. Primeramente la mina se explotó para la obtención de oro, el cual se presentaba en relación con una intrusión de andesitas terciarias en dolomías paleozoicas. Con el oro se presentan

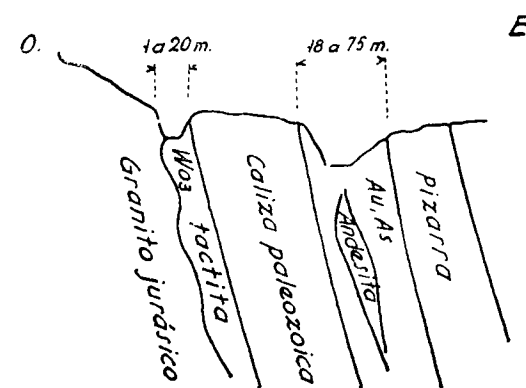


Fig. H.—«Getchell Mine» (9).

minerales de arsénico, rejalgar y oropimente, que también fueron ocasionalmente objeto de explotación preferente para fabricar, a petición del Gobierno, gases asfixiantes

La scheelita se presenta en el contacto de una intrusión granítica jurásica con las calizas paleozoicas, apareciendo también con la scheelita algunas interesantes concentraciones de molibdenita. La explotación se realiza casi toda a cielo abierto, con un rendimiento de zafras de 0,48 por 100 WO_3 , y necesitando un desmote de un metro cúbico de zafra por tonelada de mineral. La mina fu

objeto de una explotación intensiva durante la última guerra mundial y la de Corea. El Gobierno tenía un programa de compras para los minerales nacionales de volframio al precio de 63 dólares unidad en tonelada corta, que terminó en mayo de 1956. Posteriormente se aprobó otro programa de compras al precio de 55 dólares unidad, para una cantidad limitada de concentrados, que se dió por terminado en noviembre de 1956, quedando su prórroga pendiente de aprobación del Congreso. Con este motivo y los actuales precios del mercado, la mina sólo desarrolla muy limitados trabajos de preparación. Todas las otras minas de scheelita del país están actualmente paradas.

La mina cuenta con un lavadero, con el mismo servicio de trituración para mineral de volframio y el del oro, pasando después las zafras respectivas a dos circuitos distintos. En el de scheelita se instaló flotación diferencial para recuperar la molibdenita.

La mina de cobre Kennecott (10) está situada en Bingham, a 48 kilómetros al SO. de Salt Lake City, capital del estado de Utah. El criadero consiste en una masa intrusiva de monzonita impregnada con pirita, calcopirita y bornita, entre cuarcitas y calizas del Carbonífero. La explotación se hace a cielo abierto, por bancos de unos 15 metros de alto y 19 metros de ancho, ofreciendo la vista de la corta (foto 6) un aspecto grandioso. La carga se hace con palas eléctricas de capacidad de 6.300 toneladas por relevo a vagones de 100 toneladas, que por locomotoras eléctricas se arrastran al lavadero distante unos 25 kilómetros. Las líneas eléctricas van paralelamente a los bancos, con postes metálicos que pueden desplazarse fácilmente sin necesidad de tocar los cables.

Diariamente se arrancan 180.000 toneladas de estéril

y 90.000 toneladas de mineral de alrededor del 0,8 por 100 Cu. El lavadero es todo de flotación, obteniéndose primeramente un concentrado de 30 por 100 Cu. y 1,5 por 100 de molibdenita, la cual se separa y recupera por nueva flotación diferencial. Del lavadero pasan los concentrados a la fundición, donde se obtiene cobre del 99,4 por 100, y a la refinería electrolítica situada cerca del Lago Salado, donde se obtiene el cobre del 99,96 por 100, con una producción mensual de unas 16.000 toneladas.

La mina de cinc Eagle (11), de la New Jersey Zinc Co., está situada en Gilman. El criadero consiste en mantos y chimeneas encajados en caliza dolomitizada del Carbonífero. La mineralización predominante de las chime-

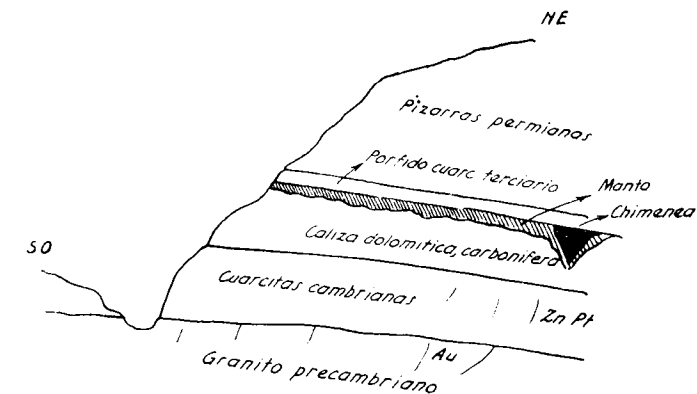


Fig. I.—«Eagle Mine» (11).

neas consiste en pirita con algo de calcopirita y cobre grises. La de los mantos en marmatita, pirita, diolagita y galena. La marmatita, o variedad ferrosa de la blenda contiene aproximadamente 54 por 100 Zn. y 11 por 100 Fe.

El mineral se oxida rápidamente, desarrollándose

oxidación por las pequeñas fracturas. La mina sufrió varios incendios por combustión del mineral, y para prevenirlos se tiene en el interior un depósito de lamas dispuestas para bombearlas al sitio requerido. Este depósito se alimenta con el estéril de la explotación, el cual se machaca y muele al tamaño preciso.

El método de explotación se adaptâ a la potencia del manto y a la naturaleza del mineral, que en ocasiones es arenoso y no se mantiene sin sujeción. En espesores de manto pequeños de 16' a 24', se emplean prismas de madera cuadrada de 5' x 5' x 7' — 10'', en que cada prisma produce 23 toneladas. Cuando el manto es más potente, se emplea el sistema Mitchell modificado, y en el que la longitud de los palos laterales de cabeza es de 10' en lugar de 5', produciendo cada prisma 150 toneladas; en el piso inmediatamente inferior, los palos van soportados por otros en forma acodada en lugar de recta. El arranque se efectúa por tajos de dos prismas o 10' anchos, 100' alto y 50' largo, y una vez excavados se rellenan con estéril del propio tajo. El mineral cae sobre las plataformas y pasa a las tolvas sobre la galería de arrastre, por donde es conducido con locomotoras de trolley al lavadero. Este, como los talleres de reparación, está situado por completo en el interior de la mina, teniendo salida los productos concentrados mediante un socavón, a la orilla del río Eagle, por cuyo estrecho valle pasa el ferrocarril.

La producción de la mina es del orden de las 1.200 toneladas diarias de mineral del 11 por 100 Zn. y 1,75 por 100 Pb. En el lavadero se emplea el sistema de flotación diferencial, deprimiendo el cinc y la pirita para obtener concentrados de plomo del 65 por 100 Pb., 4 por 100 Zn. y 4 por 100 Cu., y reactivando el cinc para flotarlos y

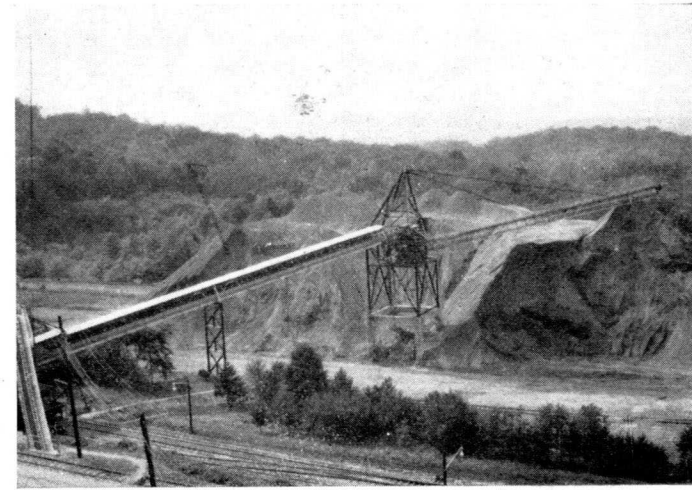


Foto núm. 1.—Depósito de mineral de la «Cornwall Mine». Lebanon, Pennsylvania.



Foto núm. 2.—Voladura de mineral en la «Benson Mine». Newton Falls, New York.

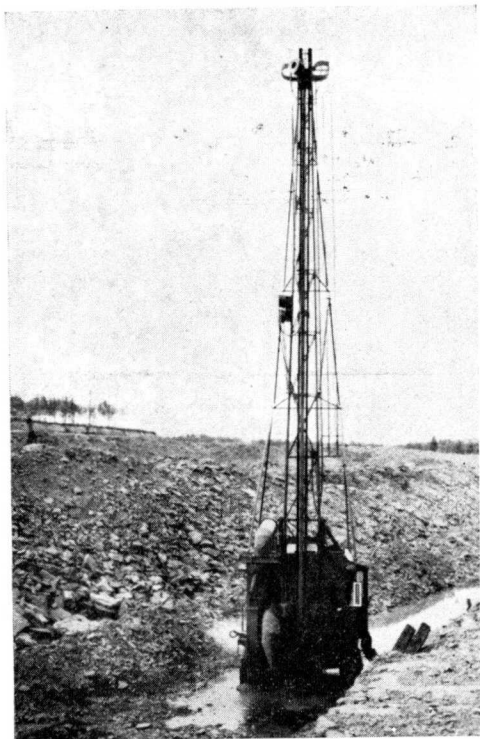


Foto núm. 3.—«Set Piercing» trabajando en la «Extaca Mine». Hibbing, Minesota

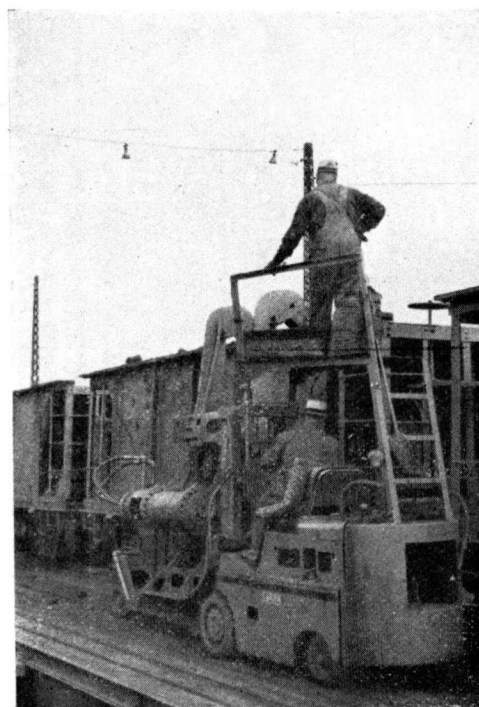


Foto núm. 4.—Sacudidor de vagones en el embarcadero de Ashland, Wisconsin.



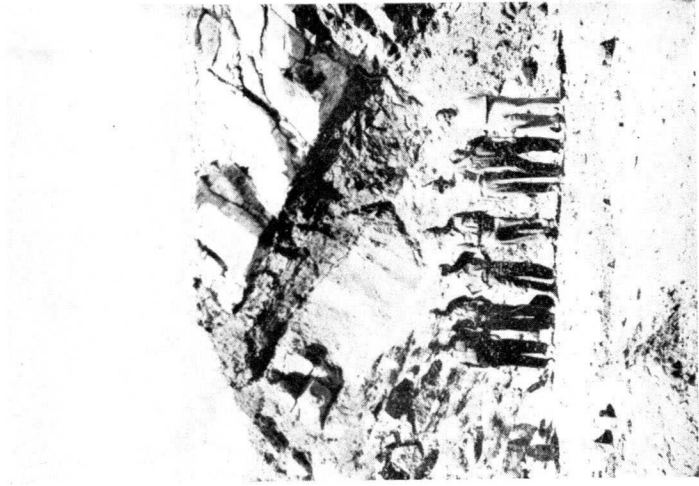


Foto núm. 5.—Filón de tacita entre granito al muro y calizas al techo en la mina de Scheelita «Getchell», Galeonda, Nevada.

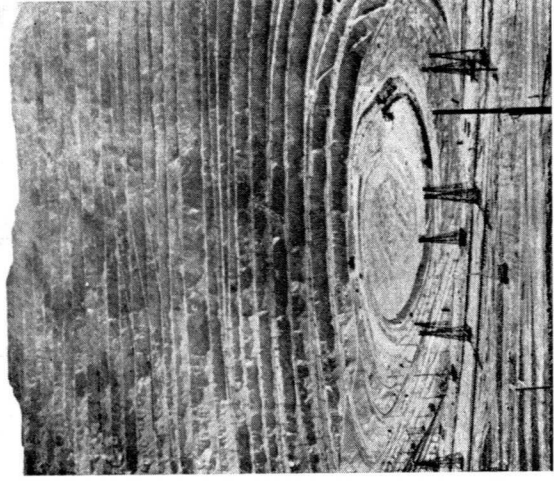


Foto núm. 6.—Corta de la mina de cobre «Kennecott». Bingham, Utah.



obtener un concentrado del 50 por 100 Zn., 0,50 por 100 Pb. y 0,80 por 100 Cu.

La baja de la cotización del volframio, cobre, cinc y plomo está ocasionando una crisis a las minas de estos metales. Las de volframio están todas paradas, así como algunas de plomo y cinc. Por ello no extraña que en el Congreso anual de la Minería Americana, celebrado en el mes de septiembre en Salt Lake City, y al cual asistimos, hubiese el clamor al Estado en solicitud de protección a las minas de estas clases, pidiendo un precio garantizado para el volframio y elevación de las tarifas aduaneras para los otros metales citados.

Notas vulcanológicas

POR

ANTONIO DUE ROJO, S. I.

ANTONIO DUE ROJO, S. I.

NOTAS VULCANOLÓGICAS

Como casi todas las ciencias actuales, tiene hoy la vulcanología abundantes ramificaciones que se extienden a muy diversos dominios: historia, geografía y topografía de los volcanes; estudio y análisis de las erupciones desde el punto de vista termodinámico, químico y petrográfico; clasificación de tipos eruptivos y estadística del proceso de cada uno, en orden al diagnóstico y pronóstico de sus fenómenos, con lo que no pocas veces se ha logrado prevenir o evitar muchos de los efectos catastróficos que suelen producir, y en casos excepcionalmente favorables, incluso aprovecharlos industrialmente; por último, las íntimas relaciones que ligan el factor volcánico con las teorías geogónicas, orogénicas y geotectónicas, han contribuido no poco a esclarecer problemas oscuros relativos al origen, formación y evolución presente y futura del globo terrestre, tales como su constitución química y propiedades físicas en cada una de sus partes, y los misteriosos procesos físico-químicos en que se contiene la historia de la Tierra.

DATOS DE OBSERVACIÓN

El procedimiento más obvio de investigación vulcanológica es, a semejanza de otras ramas de la geofísica, la re-

colección sistemática de datos de observación, así eventuales, cuando se trata de erupciones esporádicas, como sistemáticas, cuando son de ritmo más o menos constante, en cuyo caso se establecen observatorios fijos para este fin. El que en circunstancias más favorables se ha podido instalar es el que hoy existe en las cercanías del Paracutín, el benjamín de los volcanes, que por primera vez en la historia vió el hombre brotar del seno de la tierra; en este caso el «hombre» se llamaba Dionisio Pulido, que en la tarde del 20 de febrero de 1943 vió interrumpido, y ya para siempre, el cultivo de su maizal, por una columna de humo a poca distancia de la yunta con que araba, mientras el suelo, cada vez más caliente, empezaba a quemar las plantas de sus pies desnudos; con violenta rapidez se desarrollaron las siguientes fases de la erupción, y a los pocos días una legión de funcionarios, geólogos, periodistas y fotógrafos invadían aquella comarca, que en adelante había de figurar en el mapa geológico con caracteres, no sólo diferentes totalmente de los que antes tuvo, sino también cambiantes en peor en el curso del tiempo, hasta justificar de día en día la definición que del fenómeno daban los labradores mejicanos de las cercanías: «¡El infierno suelto, compadrito!» Una Comisión conjunta de entidades científicas del país y de los Estados Unidos ha establecido allí una estación permanente para recoger toda clase de datos y hacer diversas clases de mediciones y análisis (18); desde principios de 1943 hasta 1952 el material sólido emitido se cifra en 3.560 millones de toneladas, con un máximo inicial de diez millones en las dos primeras semanas y mínimo de 65.000 durante todo el año 1951, por lo que se refiere a material piroclástico; en cuanto a la emisión de lava, el máximo es de 650.000 toneladas *por día* en algunas épocas

de 1943 y el mínimo de 170.000 *durante todo* el segundo semestre de 1951; el vapor de agua medido sólo en la primavera de 1945 ofrece un peso medio de 13.000 ton./día, y el total en los nueve años se calcula en 39 millones. La gráfica que expresa en ordenadas los volúmenes en función del tiempo viene a ser una curva de extinción que tiende a hacerse asíntota del eje de las abscisas (5) (18).

En tiempos más recientes se ha aprovechado otra oportunidad favorable en la erupción del monte Spurr del 9 de julio de 1953, cuya fase inicial pudo observarla de cerca y en condiciones ventajosas el personal de la tripulación de un avión a chorro, que se encontraba a poca distancia cerca de Anchorage, Alaska; en menos de una hora, la nube en forma de hongo subió a más de 20 kilómetros de altura; de ella se desprendió una lluvia copiosa, que derretió mucha nieve cercana al cráter y represó, al arrastra diversos materiales, un río inmediato, que llegó a formar un lago de varios kilómetros de largo. En Anchorage, 130 kilómetros del volcán, la capa de cenizas depositada alcanzó unos seis milímetros de espesor; pero se debió a la dirección favorable del viento, ya que en sentido opuesto apenas se notó cambio alguno de coloración en el campo de nieve a muy pocos kilómetros. La nube volcánica subió hasta su altura máxima a los cuarenta minutos de comenzar la erupción, y en ella se sucedían los relámpagos con intervalos de tres segundos; a las cinco horas se abrió un cono secundario en la vertiente S. del monte y un hora después comenzó a caer ceniza, mientras la lluvia acrecía los afluentes del río Chakachatna (3).

Largos años de observación de los dos clásicos volcanes italianos, el Etna y el Vesubio, han establecido una clara diferencia entre ambos, de gran importancia en

orden práctico: el primero es más activo, y por lo mismo, más seguro para los sicilianos, así por desahogar con más frecuencia y facilidad su peligroso contenido, como por ser mayor: por su enorme cráter de 40 kilómetros de diámetro se extiende y derrama la lava sin dificultad; en cambio, el otro se mantiene obstinadamente inactivo desde 1944, y suele represar años y años energías que han dado lugar a explosiones violentas, generalmente localizadas sobre una misma área no tan extensa (17); es muy difícil la predicción que muchos desean por parte del profesor G. Imbo, Director del Observatorio Vesubiano, por tener este volcán una periodicidad caprichosa, que unas veces se abrevia y otras se dilata, como lo manifiesta su historia de los últimos trescientos años (8).

DATOS GEOTÉRMICOS

Uno de los elementos de juicio que han de intervenir en la discusión del origen de la energía térmica cortical, manifestada principalmente en los volcanes, es naturalmente el flujo de calor a través de las rocas, hasta donde es dado comprobarlo por medidas directas; éstas se han hecho recientemente en muchos sitios y en muy diversas condiciones, y aun cuando los datos así obtenidos son relativamente escasos, permiten enunciar un valor medio bastante probable, que se cifra hoy en $1,0 \cdot 10^{-6}$ cal./cm.²/segundo: es el producto del gradiente térmico por la conductividad, y calculando el total del calor que de esta suerte llega a la superficie terrestre, viene a ser de $6 \cdot 10^{12}$ cal./seg., es decir, unas 25.000 veces menor que el que esta superficie recibe del Sol (9) (pág. 105).

Veamos ahora algunos resultados parciales de esta clase

de medidas: un millar de ellas, corregidas hasta la décima de grado F., se hicieron hace poco en diferentes localidades canadienses de Ontario y Quebec, a profundidades muy diversas, y al mismo tiempo se determinaba en el laboratorio la conductibilidad térmica de 300 muestras de rocas recogidas cerca de los puntos cuya temperatura se obtuvo; estadísticamente se comprobó la probabilidad de los valores y así se pudo trazar aproximadamente el mapa geotérmico de la región; se obtuvieron para el flujo cifras que variaban entre 0,69 y $1,05 \cdot 10^{-6}$, es decir, algo inferiores por término medio al valor general arriba indicado; la conductibilidad no fué muy variable, de modo que de ordinario a mayor gradiente térmico correspondió mayor flujo (13). Otra investigación semejante fué hecha en el Escudo Canadiense a lo largo de tres kilómetros de una región minera y a profundidades hasta de 2.285,6 metros en tres minas; por métodos semejantes a los anteriores se obtuvo para el flujo superficial un valor bastante uniforme de $1,0 \pm 0,02 \cdot 10^{-6}$, previa corrección de los efectos de una supuesta glaciación en aquel lugar; al mismo tiempo se hicieron observaciones de la estructura cortical y de la distribución de radiactividad, resultando de ellas que en general, ésta y el flujo térmico crecían hacia el margen continental, y que allí probablemente menos del 50 por 100 de este flujo puede explicarse como de origen radiactivo; ambos factores, gradiente y conductibilidad, eran del mismo orden de magnitud que los admitidos para la Tierra en general; hasta se verificó *in situ* alguna prueba directa de conductibilidad, cuyo resultado coincidió exactamente con el del laboratorio (10). Durante los veranos de 1950-1953 el Dominion Observatory de Ottawa y la Sección de Meteorología del Departamento de Transportes de Reso-

lute Bay organizaron la colocación de termistores a intervalos hasta una profundidad de 192,12 metros en la isla de Cornwallis, Canadá, utilizando perforadoras de diamante, mientras la conductibilidad de las muestras era determinada por el método de la barra dividida; allí la conductibilidad media, bastante normal, iba unida a un alto gradiente recíproco (25,4 m. °C), lo que dió un valor excepcional del flujo hacia la superficie: $2,9 \pm 0,4 \cdot 10^{-6}$; la extrapolación en la gráfica indicó que la región permanentemente helada (*permafrost*) se extiende en aquel sitio hasta $390,14 \pm 3,05$ metros de profundidad (14). En Grass Valley, California, el bajo gradiente térmico facilita considerablemente los trabajos mineros; hechas las mediciones y determinada la conductibilidad de 14 muestras de granodiorita y 15 de porfirita, se obtuvo un flujo de $0,73 \pm 0,01$ y $0,66 \pm 0,01$, respectivamente, para topografía constante o teniendo en cuenta la evolución térmica durante un millón de años, corregidos ambos casos de irregularidad topográfica; no se ha encontrado aún la explicación de tan bajo nivel (2).

Pueden considerarse como puntos singulares en las gráficas geotérmicas o en los mapas de este género trazados mediante ellas, las diversas formas de fuentes termales, que, bajo nuestro punto de vista actual, pueden dividirse en tres clases: 1) *no volcánicas*, en cuanto al origen del agua y del calor; 2) *intermedias*, donde sólo el *exceso* de calor se debe a un gradiente térmico anormal de procedencia volcánica, pero no el agua; y 3) *volcánicas*, en las que tanto el exceso dicho como parte del agua y mucho del contenido mineral proceden del vulcanismo. Las pruebas de que depende su genuinidad volcánica son: a) la relación de temperaturas a diferentes niveles, incluida la superficial

del agua que de ellas brota; el gradiente geotérmico del sistema de fuentes, considerado como una sola unidad geológica, y la presencia de posibles manantiales de calor; b) el contenido mineral de las aguas y su posible origen, con especial atención a los componentes más solubles, que rara vez se suelen depositar en las venas del terreno, tales como el bromo, el cloro y menos a menudo el azufre y el anhídrido carbónico en sus varias combinaciones: todos estos son indicadores críticos, sobre todo considerados juntamente; c) la composición de los gases asociados al agua termal; d) las variaciones en el caudal de las fuentes y en el nivel de las aguas, relacionados con las fuentes de origen meramente pluvial; y f) la geología regional y local, edad y extensión de las rocas ígneas (24). De signo contrario y por causa de orden meteoro-astronómico es la anomalía térmica antes citada, a que se da el nombre de *permafrost*; en unas perforaciones para medidas geotérmicas cerca de Barrow, Alaska, hubo que tener en cuenta la perturbación de su nivel introducida por la perforación misma; la isogeoterma de 0° C varía en aquella localidad entre los 20 y los 40 metros de profundidad, creciendo ésta con la cercanía de grandes masas de agua; por debajo de nivel de penetración del cambio estacional se obtuvieron temperaturas no inferiores a -10° C. Es este un «terreno poco cultivado, a juicio del profesor MacCarthy (12) y habrá que completar los datos de observación antes de aventurar explicaciones del todo satisfactorias en la materia.

Omitimos aquí, por brevedad y por haberlo hecho ya en otro lugar, lo relativo a la forma especial de fuente termal de los geysers, las tentativas y éxitos de aprovechamiento industrial de diversas manifestaciones eruptivas, su pro

nóstico en la actualidad (11) y algunas relaciones de la actividad humana con la de los volcanes (4).

TEORÍAS VULCANOGÉNICAS

Todas ellas intentan explicar dos cosas: de dónde vienen las materias eruptivas y cuál es la fuente de energía termodinámica que provoca las erupciones. Desde la primitiva concepción elemental de un globo terrestre lleno de material líquido incandescente, a modo de gigantesca caldera, cuyas paredes serían la corteza y las válvulas de seguridad de los volcanes, se han buscado causas de orden *mecánico* (presión ejercida por las masas cercanas que exprimen su contenido a la corteza, mareas lunisolares, polodía...), *químico* (agua oceánica filtrada, que al oxidar los álcalis y metales desarrolla calor), *nuclear* (radiactividad terrestre, que en ciclos de 30 millones de años alternativamente almacena y desprende calor) y hasta *heliomagnético* (manchas solares); más acertadamente podrían dividirse las teorías en dos clases: las que parten de un globo terrestre primitivamente caliente que se ha ido enfriando, o al revés, asignan su origen al polvo cósmico frío, que ulteriormente se ha calentado: una y otra se valen después de hipótesis paralelas hasta llegar al estado actual y explicación de las erupciones.

Se hizo notar más arriba que el flujo térmico observado hoy aporta a la superficie una cantidad de calorías 25.000 veces menor que la recibida del Sol; pero al intervenir el factor tiempo, esa cuantía deja de ser insignificante: en un millón de años equivaldría a 40 millones de cal./cm². El calor interno halla a su paso el obstáculo de los estratos superiores ya enfriados, cuyo espesor crecería naturalmente

con el tiempo, a no ser que la conductividad creciera también con la profundidad; pero semejante proceso durante $3 \cdot 10^9$ años exigiría en el manto una conductividad prácticamente metálica, en vez de la propia de los silicatos (que está en proporción de 6 por 1.000 respecto de aquélla) y, por tanto, ese calor no puede ser, como quería lord Kelvin, una mera consecuencia del enfriamiento planetario: lo sumo, una quinta parte podría tener tal origen; todo lo demás tiene que proceder del seno mismo de las rocas (9)

LA RADIATIVIDAD

Consideraciones de orden astronómico persuaden en general que la distribución de materiales radiactivos en planeta no puede ser homogénea, y, por consiguiente, tiene que ser diferente la temperatura que por esta causa desarrolla a distintos niveles, y ello produciría corrientes de convección en el interior del globo terrestre (22); con estos movimientos de una masa fluída en el núcleo se ha asociado los cambios rápidos en el campo magnético de Tierra y hasta las fluctuaciones irregulares, es decir, inexplicables por la sucesión de estaciones, en su velocidad de rotación (13). Se ha calculado que la velocidad del gradiente térmico en el seno de la Tierra es del orden de 1 centímetro por año (15). Ahora bien, ¿qué temperatura puede producir el proceso radiactivo?, y a partir de una Tierra fría al principio y sin pérdidas ulteriores de calor ¿cuál sería esa temperatura? Desde luego la respuesta depende de la cuantía inicial de material radiactivo; según Urey, si fué la misma de los meteoritos (de una edad aproximada de $4 \cdot 10^9$ años) en los que la radiactividad se debe sobre todo al potasio y no al uranio, sería hoy de so-

1.500° C. (7); otros cálculos de la probable distribución de materiales radiactivos, y con referencia al límite del manto y comienzo de la corteza, llegan a la conclusión de que allí no es posible admitir más que unos 450° C., insuficientes para la fusión de las materias volcánicas (9).

LA TEMPERATURA DEL NÚCLEO

No consta, a juicio de Urey, que el núcleo de hierro-níquel, hoy generalmente admitido, estuviese ya en el centro de la Tierra desde su formación; ello implicaría una coagulación poco probable de los cuerpos que la constituyeron, y equivaldría a admitir que llegaron primero los fragmentos planetesimales que contenían hierro, que *se posó* éste, y luego vinieron aquellos en que predominaban las rocas; la separación o *colada* tiene que haber sido posterior a la formación inicial del globo terrestre, y como tal separación engendra calor... A esto hay que responder que semejante solución es solamente parcial; queda por resolver, para explicar la coagulación del núcleo, cómo pudo separarse ese hierro de las rocas en que estaba englobado, estando toda la masa en estado sólido. Se ha pensado en el impacto posterior de nuevos planetésimos, que a su vez desarrollarían también calor; pero éste sería solamente superficial y habría de irradiarse hacia el exterior. Más aceptable es la teoría fundada en la presión ejercida sobre el interior de la masa a medida que ésta iba creciendo con sucesivas aportaciones; semejante proceso, ¿cuánto calor sería capaz de originar? Se calcula que al borde del núcleo las rocas del manto han sufrido hasta hoy una compresión por la que su densidad normal de 3,3 ha aumentado hasta 5,6, o sea una presión de 1,4 millones de atmósferas,

bastante para elevar la temperatura de una mezcla a partes iguales de hierro y rocas a algo más de 4.000° C.; teniendo en cuenta la disminución del gradiente térmico con la profundidad, y aplicando el caso a la olivina, se obtuvo para ésta como límite superior de temperatura en dicho borde 5.300° K. (20), y utilizando solamente datos sísmicos, para diversos materiales, esta cifra la reducen otros a 2.700° K. (21). Esa temperatura, de que depende la solución del problema vulcanogénico, debe satisfacer a dos condiciones, impuestas por la discontinuidad revelada en los datos sísmicos: ha de ser suficientemente alta para fundir el hierro, y al mismo tiempo inferior al punto de fusión de las rocas del manto; el problema, sencillo en apariencia, en realidad es insoluble, por no ser conocida la temperatura de fusión del hierro a tal presión, a pesar de lo cual se puede admitir con probabilidad una cifra comprendida entre los 4.000° C. en que parece liquidarse el hierro en esas condiciones, y los 6.000° C. en que se calcula habrían de hacerlo las rocas; por lo demás, siendo el hierro buen conductor del calor se sigue que no habría variación notable de temperatura en el interior del núcleo. Para las antiguas teorías de una Tierra formada en estado líquido, esos 5.000° hubieran parecido un nivel térmico muy bajo; pero la geogonía actual, por agregación de partículas frías, la dificultad es explicar un nivel tan alto, pero es verosímil que baste para ello una compresión cada vez mayor, debida al acrecimiento planetesimal; queda la cuestión de cómo pudo concentrarse el núcleo (7).

LA TEORÍA DE LOS «POROS»

La ingeniosa y al mismo tiempo sencilla explicación de T. Gold, denominada teoría de los «poros», no sólo resuelve el problema básico que acabamos de plantear, sino que nos lleva desde el núcleo hasta el mismo cráter de los volcanes y resuelve de paso otras cuestiones geológicas interesantes. Partiendo de una composición inicial de partículas de diversa composición, donde unos elementos químicos podrían estar próximos a otros diferentes, podemos concebir las partículas de hierro como incluidas en multitud de pequeñas localizaciones, que llamaremos «poros», por ser realmente cavidades llenas de hierro líquido; fácilmente se comprende que éste pase de unos a otros simplemente por la acción de la gravedad, resultando así un acrecimiento de los más cercanos al centro de la Tierra, por aportaciones de los de arriba, más alejados, proceso favorecido por la misma presión de los materiales rocosos circundantes; tal es, en resumen, la teoría sencilla que su autor aplica al vulcanismo, a la génesis de los terremotos, a la formación de los depósitos minerales, de los océanos, de la atmósfera y, acaso, de los continentes.

En efecto, otras sustancias, además del hierro, se hubieron de liquidar durante la compresión creciente; entre los silicatos de hierro y magnesio, que predominaban en la composición, había sin duda, en proporción menor, materias más fácilmente liquidables que el hierro, tales como el plomo, estaño, azufre... y agua, que formaron asimismo poros, con la diferencia de que para los menos densos que el medio que los contenía, el flujo líquido sería hacia arriba, hasta llegar a un nivel donde la presión cada vez me-

nor que los impulsaba fuese ya insuficiente para ello; e entonces no hallaban hendiduras por donde salir, quedarían aprisionados por la última capa de roca que los separaba de la superficie hasta que una grieta, accidentalmente abierta, les permitiera salir a impulsos de la compresión interna residual (erupción volcánica). El obstáculo que impidiera la eyección pudo ser la misma bóveda maciza de roca o también un tapón formado en el mismo conducto, lo que depende del diferente punto de fusión de los materiales emitidos. Hay volcanes que lo hacen a un nivel térmico relativamente bajo (unos 900° C.), y en la meseta india del Deccan ha tenido lugar en tiempos pasados un caso extremo de flujo copioso de lava, debido a esta circunstancia favorable de eyección fácil y sin obstrucción alguna: al espesor del lecho de lava es de dos o tres kilómetros y una extensión de medio millón de kilómetros cuadrados otro tanto ha sucedido en las costas del Canadá y Alaska en los estados norteamericanos de Washington, Oregón, Idaho y California, y parecido origen tienen enormes mesetas de la Argentina, Brasil y Sur de Africa (23).

Por el contrario, si el punto de fusión es muy alto, la obstrucción se produce fácilmente, con la grave consecuencia de que, al crecer más y más la presión interna, llega ésta a vencer la resistencia del tapón y la erupción resultante puede ser violentísima: tal fué el caso del Krakatoa en su famosa explosión de 1883.

Las fisuras de la corteza terrestre, aptas para provocar fenómenos volcánicos, se encuentran, como es lógico, a lo largo de los plegamientos montañosos, sistemáticamente asociados con los volcanes. Recientemente, M. Ewing, en sus expediciones oceanográficas, da cuenta de haber descubierto una grieta continua que se prolonga por 72.40

kilómetros en el fondo oceánico, de unos 30 kilómetros de anchura media y 2,4 de profundidad respecto del suelo submarino; parece ser un accidente geológico bastante reciente, y su recorrido coincide en muchas partes de su largo trayecto con las líneas volcánicas y sísmicas de la corteza terrestre: recorre de N. a S. el Atlántico, da la vuelta al Africa hacia el océano Indico en su rama principal; otra pasa entre la Antártida y Nueva Zelanda hasta el Pacífico, donde se divide nuevamente en dirección a la isla de la Pascua por un lado, y sube por el otro al golfo de California; cree Ewing que este descubrimiento será de utilidad para determinar el origen de los accidentes terrestres mayores y sus cambios a través de su historia geológica (19).

En oposición a los sistemas de montañas de formación reciente, claramente asociados hoy al vulcanismo, los antiguos, como los Highlands escoceses, tienen ya sólidamente obstruídas las salidas posibles de los depósitos de materias ígneas, o bien ha faltado la suficiente conexión entre poros vecinos, y así se habrían librado de erupciones, no sólo las Islas Británicas, sino también toda la parte oriental de los Estados Unidos. Resulta, pues, el vulcanismo, una consecuencia obvia de la presencia inicial de materiales pétreos de bajo punto de fusión y pequeña densidad, al tiempo de formarse la Tierra; aun en el Krakatoa, el punto de fusión de sus lavas era todavía notablemente inferior al de los silicatos predominantes en la corteza; pero este flujo de rocas ligeras en estado líquido no puede lógicamente limitarse al caso extremo de los materiales emitidos por los volcanes: habría que admitir estados intermedios respecto de otros elementos acaso más abundantes que ellos en la composición de los planetésimos. Y aquí hallaríamos

la explicación más natural de la emersión de los continentes, tan misteriosa hasta ahora; no quiere esto decir que todos ellos procedan de volcanes desconocidos hoy y muy numerosos en épocas geológicas remotas: bastaría que en determinadas regiones de la corteza hubiera habido un exceso de tales rocas más ligeras, que viniese a constituir base o cimiento continental, sin que precisamente llegase a aflorar a la superficie exterior; de un modo semejante que podríamos llamar volcánico en sentido muy amplio, los océanos y la atmósfera tendrían su origen más verosímil por compresión y eyección, en la misma masa primitiva del globo terrestre.

Descartada más arriba la radiactividad como insuficiente para dar razón del calor exigido por los fenómenos volcánicos, y admitido actualmente como probable el hecho de que las rocas de la corteza contienen uranio en proporción mayor de las del manto inmediato inferior, y desde luego muy superior al que contienen los meteoritos litófilos, cuya analogía con los materiales del manto son notablemente acentuadas, podría darse una explicación, dentro de la teoría de los poros, a esta desigual distribución: en parte sería debida al tamaño excepcionalmente grande del átomo de uranio, que por lo mismo puede más fácilmente introducirse por los intersticios de las rocas ligeras que por los de aquellas que tienen superior densidad, por la sencilla razón de que los átomos de las primeras están mucho más separados entre sí que los de las segundas; cómo se dé lugar a esta preferencia por parte del uranio, constituye la segunda fase del problema en la teoría de los poros: si se admite una uniformidad inicial, de suyo bastante verosímil, en la distribución del uranio terrestre, su ulterior concentración en regiones tan someras como parece ocupar hoy, se debería

paradójicamente a un proceso íntimamente ligado con el de la emersión de elementos poco densos, que nos ha servido para explicar el vulcanismo.

En efecto, consideremos uno de aquellos poros en su trayectoria desde el interior a la superficie: en la periferia de esa pequeña masa de roca líquida menos densa, donde se halla en contacto con la más densa que la rodea, el uranio tiende, por la razón indicada, a incorporarse al contenido del poro, y este proceso se repite a lo largo de todo el trayecto, recogién dose así nuevas «muestras», así de uranio como de otros átomos pesados, para quienes vale igual motivo de incorporación: inútil es advertir que semejantes poros «colectores» de uranio, plomo, oro, platino, hierro, níquel, cobre, etc., no los acopian en tal cantidad que lleguen a adquirir una densidad excesiva por la que dejen de ser masas *ligeras*: consta sobradamente que la proporción relativa de tales elementos pesados ha sido siempre muy reducida. Sin embargo, aunque relativamente escasos, estos elementos llegan de hecho a concentrarse (venas y filones metalíferos); la misma teoría de los poros suministra de ello una explicación, puesto que esos materiales, disueltos en la roca líquida menos densa, al llegar al fin de su camino, llegarán en tales condiciones de presión y temperatura, que habrán de solidificarse, cada uno en su nivel propio, donde halla las debidas circunstancias para su punto específico de fusión, distinto del de los demás, disueltos como él en el mismo poro. Gold aplica esta misma teoría a la formación de los aceites minerales; la presencia de hidrocarburos en pequeñas proporciones, descubierta por Urey en los meteoritos, implica la probabilidad de que las bolsas de petróleo hayan venido también por compresión desde el interior de la Tierra, en vez de ser

exclusivamente un producto de origen orgánico; si esto fuera verdad, tranquilizaría a los que auguran un agotamiento más o menos próximo de los depósitos actuales... con tal que el gasto industrial no sea más rápido que el ritmo hipotético de producción (7).

VULCANES Y TERREMOTOS

Si se compara un mapa volcánico mundial con uno sísmico, la coincidencia de las alineaciones de epicentros con las de volcanes parece evidente *a primera vista*; subrayamos esta apreciación primera, porque en realidad un segundo examen más atento revela algunas diferencias: en los llamados «arcos» de islas, equivalentes submarinos de las cadenas de montañas continentales, como por ejemplo las de Indonesia y las de Barlovento, predominan los focos sísmicos en los extremos del arco, mientras que la línea de volcanes se extiende de un modo más continuo por el centro; en otras series paralelas, como ocurre en los Andes los volcanes se hallan tierra adentro y los epicentros más hacia la costa o en el mar cerca de ella; en general no coinciden *exactamente* unos y otros. Ya lo hizo notar en su «Historia del Nuevo Mundo» el misionero jesuita Bernabé Cobo, en 1653, advirtiendo esta discrepancia de la realidad con la *común opinión* de que los terremotos son de origen volcánico.

Veinte siglos de observación han suscitado acerca de vulcanismo más problemas que los resueltos y otro tanto hay que decir, en proporción, de la sismología, mucho más moderna: para nuestro propósito actual interesa recordar algunos hechos comprobados: 1), el límite de profundidad focal, hasta ahora medida, es de unos 700 kilómetros; 2), 1

discontinuidad en el manto, denominada de los 20", porque a esa distancia epicentral hay un cambio drástico, en más, de la velocidad de las ondas P y S, que corresponde a una profundidad de 413 kilómetros ; y 3), la posición relativa antes apuntada, de volcanes y epicentros sobre el mapa. El primer intento de solución al problema lo ofrece Gold en su teoría de los poros : según él, es plausible la hipótesis de que al vaciarse rápidamente uno de estos poros *gigantes* durante su desplazamiento hacia arriba, y ocupar su lugar, a impulsos de la presión, los materiales sólidos circundantes, lo hagan en forma violenta y provoquen desequilibrios, sacudidas o hundimientos capaces de engendrar ondas sísmicas ; a esto se podría objetar el gran tamaño postulado por dicho autor para esos depósitos situados a considerable profundidad (lo aplica precisamente a los batismos), aunque aduce en su favor un buen argumento : que así se explica el límite de los 700 kilómetros para distancias hipocentrales, nivel donde las ondas sísmicas no revelan discontinuidad alguna que lo justifique, y, en cambio, en la teoría de los poros se comprende la necesidad de señalarlo, por el mero hecho de que las condiciones del medio varían gradualmente y ha de haber un sitio en que empiecen a ser favorables para una clase de procesos y no para otros ; habría que imaginar, en los últimos centenares de kilómetros una verdadera red de poros y canales en pugna por abrirse paso hacia afuera, y por ella circularía una cantidad de material líquido en proporción apreciable respecto de la masa sólida que lo contiene. Como en la actualidad continúa ese proceso, no hay duda que todavía podrán ocurrir cambios notables de estructura en la superficie de la tierra, así de carácter volcánico como orogénico : seguirán creciendo las masas continentales o, mejor dicho,

elevándose al crecer el espesor de sus cimientos básicos (vulcanismo en sentido amplio) con nuevas aportaciones de rocas ligeras bajo las ya existentes ; quizá ocurrirá esto con no pocas irregularidades topográficas al levantarse el continente por una parte más que por otra, formando altiplanicies de un lado y tierras bajas en el opuesto ; acaso se formarán también nuevas cadenas montañosas... No hay que olvidar que los geólogos explican satisfactoriamente tanto la orogénesis como la epirogénesis, combinando y completando mutuamente las dos teorías hoy fundamentales en este punto : la de las corrientes lentas de convección bajo la corteza, y la de inestabilidad y fallo de elasticidad en la corteza misma (1) ; no se opone a ellas la de Gold : se limita a iluminar alguna de sus fases.

E. Bullard en el capítulo dedicado al estudio del interior de la Tierra en la excelente obra editada recientemente por Kuiper, «The earth as a planet», que varias veces hemos citado (9), al enfrentarse con el enigma del origen del calor volcánico, propone una solución que podría calificarse de *irónica* respecto de las teorías antiguas sismogénicas, porque al revés de ellas, va a buscar la causa de la energía volcánica en los terremotos, o dicho con más propiedad, el fenómeno sísmico es la ocasión de que la energía tectónica antes represada, desarrolle el calor que da lugar al vulcanismo ; en efecto, tal causa tiene que ser a un tiempo de carácter local e intermitente, como lo sugiere la distribución topográfica y cronológica de los volcanes. La fuerza elástica almacenada en la corteza (considerada aquí juntamente con las primeras porciones del manto) y liberada repentinamente en el terremoto, lo hace parcialmente en forma de ondas elásticas, incapaces de engendrar un calor apreciable, pero el resto se disipa térmicamente e

las cercanías del foco sísmico por fracción en los planos de una falla o por distorsión plástica o fractura de rocas; no se ha podido hacer un cálculo cuantitativo, pero parece verosímil que la cuantía de ambas clases de energía sean del mismo orden de magnitud, y como esta energía térmica se halla localizada, es probablemente suficiente para fundir las rocas inmediatas.

Si tomamos como ejemplo los focos sísmicos superficiales (hasta $h. = 60$ km.) alineados a lo largo del Japón y la península de Kamchatka, la cifra de Gutenberg y Richter (6) que totaliza la energía irradiada en forma de ondas es de $1,7 \cdot 10^{26}$ erg./año y para una capacidad térmica de los materiales circundantes de $1,0 \text{ cal./}^\circ\text{C. cm}^3$, el incremento de calor será de $3,4 \cdot 10^{-5}\text{-C./año}$, que solamente en treinta millones de años subiría ya a los 1.000°C. , de modo que admitiendo alguna pérdida de calor por conducción o por quedarse allí en estado de calor latente, es fácil comprender la fusión de los materiales comprendidos entre los 20 y los 60 kilómetros de profundidad; en cierto modo el plazo antes señalado peca de exageradamente largo, sobre todo si, como parece admisible, la energía de las ondas es menor que la térmica.

Esta sencilla explicación da cuenta del hecho de encontrar asociados en el mapa los focos sísmicos y los volcanes, el que éstos aparezcan después de los terremotos y perduren cuando han cesado; aunque esto último es difícil de comprobar, algunas regiones de Italia y Sicilia parecen mostrar una actividad volcánica desproporcionada a la sísmica, como si hubiesen quedado allí residuos de una mayor sismicidad pasada; por el contrario, hay localidades donde la deformación mecánica ha podido desarrollar energía suficiente para explicar la cuantía actual de vulcanis-

mo...; harán falta ulteriores investigaciones para corroborar mejor esta teoría. Hasta ahora el hecho que me ha prestado a proponer hipótesis diversas y en particular la que estamos exponiendo, es la disposición sistemática en arcos, sobre todo en el Pacífico occidental, de sistemas oceánicos, sistemas montañosos o su equivalente en series de islas, líneas de volcanes y de focos sísmicos normales intermedios y profundos; partiendo del exterior de los arcos desde su convexidad, el orden suele ser: fosas tectónicas, guías de plegamientos y elevaciones, y a continuación focos sísmicos de profundidad *creciente*; las cadenas volcánicas jóvenes suelen coincidir con los focos de $h. = 10$ kilómetros, las más antiguas con los de $h. = 200-300$ kilómetros, y los focos muy profundos se agrupan hacia el centro geométrico del arco o al menos forman otro arco concéntrico más interior.

Todo ello indica claramente una marcada relación entre la geología histórica y el esfuerzo por reconstruir un pasado de millones de años, utilizando las huellas inciertas o menos enterradas en los estratos de la corteza terrestre.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AGGARWALA, B. D. y SAIBEL, E.: «A hypothesis of formation of mountains and continents». *Transact. A. G. U.*, v. 38, números 245-247, abril 1957.
- (2) CLARK JR., S. P.: «Heat flow at Grass Valley, Calif.». *Ibid.*, números 239-244, abril 1957.
- (3) COULTER, W. J. H.: «The Mt. Spurr eruption, July 9, 1953». *Ibid.*, v. 36, número 2, págs. 199-202, abril 1955.
- (4) DUE, A.: «Vulcanología práctica». *Razón y Fe*, v. 151, números 189-194, enero 1955.
- (5) FRIES JR., C.: «Volumes and weights of pyroclastic material and water erupted by Parícutin volcano». *Transact. A. G. U.*, v. 34, número 4, págs. 603-616, agosto 1954.

- (6) GUTENBERG, B. y RICHTER, C. F.: «Seismicity of the earth and associated phenomena». Princeton, 1949.
- (7) HOYLE, F.: «Aux frontières de l'astronomie». Paris, 1956.
- (8) IMBO, G.: «Vesubius believed awakening». *Sc. Dig.*, pág. 44, octubre 1956.
- (9) KUIPER, G.: «The earth as a planet». Chicago, 1954.
- (10) LEITH, T. H.: «Heat flow at Kirkland Lake». *Tr. A. G. U.*, v. 33, núm. 3, págs. 435-443, junio 1952.
- (11) LONGWELL, C. R., KNOPF, A. y FLINT, R. F.: «Physical Geology». New York, 1939.
- (12) MACCARTHY, G. R.: «Geothermal investigation on the arctic slope of Alaska». *Tr. A. G. U.*, v. 33, núm. 4, págs. 589-593, agosto 1952.
- (13) MISENER, A. D., THOMPSON, L. G. D. y UFFEN, R. J.: «Terrestrial flow in Ontario and Quebec». *Tr. A. G. U.*, v. 32, núm. 5, páginas 729-738, octubre 1955.
- (14) — — «Heat flow and depth of permafrost at Resolute Bay». *Ibid.*, v. 36, núm. 6, págs. 55-60, diciembre 1955.
- (15) PEKERIS, C. L.: «Thermal convection in the interior of the earth». *Monthly Notices, R. A. S. Geoph. Suppl.*, v. 3, núm. 8, páginas 343-367, diciembre 1955.
- (16) RUNCORN, S. K.: «The earth core» (Sympos., mayo 1953). *Tr. A. G. U.*, v. 35, núm. 1, págs. 49-63, febrero 1954.
- (17) *Science Dig.*, pág. 39, marzo 1951.
- (18) *Science Dig.*, pág. 72, mayo 1952.
- (19) *Science Dig.*, pág. 56, junio 1957.
- (20) UFFEN, R. J.: «A method of estimating the melting-point gradient in the earth mantle». *Transact. A. G. U.*, v. 33, núm. 6, páginas 893-896, diciembre 1952.
- (21) VERHOOGEN, J.: «Thermal expansion of solids and the temperature at the boundary of the earth core». *Tr. A. G. U.*, v. 36, núm. 5, págs. 866-874, octubre 1955.
- (22) — — «Von Zeipel's theorem and convection in the earth». *Ib.*, v. 29, núm. 3, págs. 361-365, junio 1948.
- (23) WEBSTER, G.: «Volcanoes: nature's blast furnaces». *Wonders of Science*, New York, 1955.
- (24) WHITE, D. E. y BRANNOCK, W. W.: «The sources of heat and water supply of thermal springs». *Tr. A. G. U.*, v. 31, núm. 4, páginas 566-574, agosto 1950.

Noticias

Prórroga a favor del Estado de la reserva de los yacimientos de tantalita y niobio en las provincias de Orense y Pontevedra.

Por Orden del Ministerio de Industria de 6 de julio de 1957, se ha acordado prorrogar la reserva provisional de referencia por un año, a partir del 15 de julio de 1957.

Se exceptúan de esta reserva las zonas «A» y «B» de la provincia de Orense que a continuación se indican:

Zona «A», situada al Sur del paralelo 42º, con limitación al Oeste y Sur por la frontera con Portugal, y al Este, por la carretera de Ginz de Limia a Baltar, y por la alineación del vértice topográfico de Balta (824 m.) al vértice Farrelo (1.397 m.) hasta la frontera con Portugal.

Dentro de esta misma zona «A» queda prorrogada la reserva provisional por un año, dentro del área limitada por las alineaciones de los vértices Quintano (1.163 m.), Lovios (406 m.), Lovios-Leyes (802 m.), Leyes-Vilarino (891 m.), por el paralelo 42º y por la frontera con Portugal.

Igualmente queda prorrogada por un año la reserva provisional dentro del área limitada por el vértice Couto (973 m.), vértice San Tomé (1.071 m.) por el punto de intersección de la línea eléctrica con la carretera Orense-Portugal, próxima al kilómetro 20 de dicha carretera y cerrando el contorno por la citada carretera hasta el paralelo 42º.

Zona «B», limitada por el perímetro formado por el punto de entrada en Portugal del río San Lorenzo, vértice los Chairros II (1.184 m.), vértice Majedo (1.249 m.), vértice Seixo (1.107 m.), vértice Panedo (1.107 m.), vértice Pioboo (922 m.) y vértice Laza (482 m.), carretera de Laza-Verín hasta el kilómetro 2, a partir de Verín; vértice Uzal (1.070 m.), vértice Foz de Uza (936 m.), vértice Cabanco (959 m.) y vértice Fragas (818 m.), cerrándose el perímetro por el contorno de la frontera con Portugal.

Reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias en la zona denominada «Salamanca Segunda».

Se reserva provisionalmente a favor del Estado, con las limitaciones que se expresan en el artículo 48 de la vigente Ley de Minas, los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Parajes denominados «Valdemascaño», del término municipal de Hinojosa del Duero, y «La Mata Nafonso», del término municipal de Sobradillo, provincia de Salamanca, donde se reservaron 28 pertenencias con el nombre de «Salamanca Segunda», tomando como punto de partida un mojón de mampostería enlucido con cemento, de forma prismática, de sección cuadrada, terminando en un remate piramidal. Está situado en la finca propiedad de Leandro Manzano, a cinco metros de la línea de separación de los términos municipales de Hinojosa de Duero y Sobradillo, y a 48 metros, en dirección S-278g86m-O, del cruce de la mencionada línea con el camino de Fregeneda a Sobradillo. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

Al eje de la imagen del Corazón de Jesús, de Hinojosa de Duero, 19g88m. A la veleta de la torre de la iglesia de Sobradillo 179g40m. A la esquina S. de las casas «Los Umbrales». 359g74m. Desde el punto de partida, con dirección N.-17g67m.-E., y a 400 metros, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección E.-17g67m.-S., y a 200 metros, se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección S.-17g67m.-O., y a 700 metros se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección O.-17g67m.-N., y a 400 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección N.-17g67m.-E., y a 700 metros, se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección E.-17g67m.-S., y a 200 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 28 pertenencias solicitadas.

Los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias en la zona denominada «Salamanca Tercera».

Se reserva provisionalmente a favor del Estado, los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Parajes denominados «Sierro de la Horca» y «El Pocito», del término municipal de Sobradillo, donde se reservarán 68 pertenencias con el nombre de «Salamanca Tercera», tomando como punto de partida el mojón de mampostería, enlucido con cemento, de forma prismática, de sección cuadrada, terminado en un remate piramidal. Está situado en el «Sierro de la Horca», en la finca propiedad de Lucas Martín. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

A la imagen del Corazón de Jesús de Sobradillo, 30g65m. Al eje de la cruz del convento sito en las proximidades de Sobradillo, 226g65m. A la veleta de la torre de la iglesia de Sobradillo, 305g91m. Desde el punto de partida, con dirección N.-8g65m.-E., y a 900 m., se colocará

la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección E.-8g65m S., y a 200 metros, se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección S.-8g65m-O., y a 1.700 metros, se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección O.-8g65m-N., y a 400 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección N.-8g65m-E., y a los 1.700 metros, se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección E.-8g65m-S., y a 200 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 68 pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias en la zona denominada «Salamanca Cuarta».

Se reservan provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Paraje «Teso del Villar» del término municipal de Guadramiro, donde se reservarán 32 pertenencias con el nombre de «Salamanca Cuarta», tomando como punto de partida un mojón de mampostería, enlucido con cemento, de forma prismática, de sección cuadrada, que termina en un remate piramidal, situado en la parte más elevada del lugar denominado «Teso del Villar». Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

Al eje de la torre de la iglesia de Guadramiro, 54g28m50s a la veleta de la torre de la iglesia de Yecla de Yeltes, 171g60m. Desde el punto de partida, con dirección N.-33g20m-E., y a 400 metros, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección E.-33g20m-S., y a 20 metros, se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección S.-33g20m-O., y a 800 metros, se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección O.-33g20m-N., y a 400 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección N.-33g20m-E., y a 800 metros, se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección E.-33g20m-S., y a 200 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 32 pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias en la zona denominada «Badajoz Segunda».

Se reservan provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Paraje denominado Valderrascón, del término municipal de Alburquerque, donde se reservarán ochenta y cuatro pertenencias con el nombre de «Badajoz Segunda», tomando como punto de partida un mojón de mampostería enlucido con cemento, de sección cuadrada, que termina en un remate piramidal. Está situado en la finca propiedad de don Pedro José Bueno, en la prolongación aproximada hacia el norte de la tangente de salida de la curva situada en el 26 Km. 9 Hm. de la carretera de Valencia de Alcantara a Badajoz y a 174 metros del mencionado hectómetro. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

A la esquina N. de la casa de don Pedro José Bueno, 178g9m. A la esquina NO. de la casa de don Sebastián Vay, 220g41m. A la esquina S. de la casa El Verdugo, 331g44m50s. Desde la segunda estaca, con dirección S.37g3m-O. y a 2.100 m., se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca con dirección O.-37g3m-N., y a 400 m., se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección N.-37g3m-E., y a 300 m., se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado el perímetro de las ochenta y cuatro pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida, expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva provisional a favor del Estado, de yacimientos de toda clase de sustancias en la zona denominada «Badajoz Tercera».

Se reservan provisionalmente a favor del Estado, con las limitaciones que se expresan en el artículo 48 de la vigente Ley de Minas, los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Paraje denominado La Calderilla, del término municipal de Alburquerque, en la finca propiedad de doña Soledad Fernández, donde se reservarán sesenta y cuatro pertenencias con el nombre de «Badajoz Tercera», tomando como punto de partida un mojón de mampostería, enlucido con cemento, de sección prismática cuadrada, que termina en un remate piramidal. Está situado en la margen izquierda del camino de La Nave y a 334 metros de la casa Las Hilanderas. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

A la esquina N. de la casa Las Hilanderas, 174g74m. Al eje de la torre de la iglesia de San Mateo, de Alburquerque, 201g47m. A la esquina S. de la casa El Sesmo, 335g60m. Desde el punto de partida, con dirección S.-43g98m.-O. y a 100 m., se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección N.-43g98m.-E. y a 1.600 m., se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección E.-43g98m.-S. y 400 metros se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección S.-43g98m.-O. y a 1.500 m. se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado el perímetro de las sesenta y cuatro pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida, expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias en la zona denominada «Salamanca Primera».

Se reservan provisionalmente a favor del Estado, con las limitaciones que se expresan en el artículo 48 de la vigente Ley de Minas, los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Parajes denominados «Seto de la Horca» y «El Santino», del término municipal de San Felices de los Gallegos, donde se reservarán 78 pertenencias con el nombre de «Salamanca Primera», tomando como punto de partida un mojón de mampostería enlucido con cemento, de forma prismática, de sección cuadrada, terminado en un remate piramidal. Es situado en la finca de don Francisco Robledano, a 40 metros de la esquina N. de la casa sita en dicha propiedad y en una dirección N. 23g36m.-E. y a 5 metros al S. de un muro de mampostería seca que separa esta finca de la colindante. Dicho punto de partida queda fijado por las tres visuales siguientes:

Al eje de la torreta de la ermita situada en el cerro de la Moorá en territorio portugués, 307g51m. A la esquina S. del torreón del Castillo de San Felices, 355g75m. Al vértice geodésico Monteoliva, 393g46m. Desde el punto de partida, con dirección N.-24g18m.-E., y a 100 metros de distancia, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca con dirección E.-24g18m.-S., y a 100 metros, se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección S.-24g18m.-O., y 2.600 metros se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección O.-24g18m.-N., y a 300 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección N.-24g18m.-E., y a 2.600 metros se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección E.-24g18m.-S., y a 200 metros se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 78 pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida, expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias en la zona denominada «Córdoba Tercera».

Se reservan provisionalmente a favor del Estado, con las limitaciones que se expresan en el artículo 48 de la vigente Ley de Minas, los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Paraje denominado «Carboneras Altas», del término municipal de Torrecampo, en finca propiedad de don Antonio Herruzo, donde se reservarán 24 pertenencias con el nombre de «Córdoba Tercera», tomando como punto de partida un mojón de mampostería de sección cuadrada, de 30 por 30 cm., que sobresale 15 cm. del suelo. Está situado en una loma a 603 metros en dirección S.-7g63m.-O. de la esquina SO. de la casa denominada la Posada del Pastor, a 18 metros en dirección N.-54g-67m.-E. de la parte más al Norte de una calicata procedente de trabajos mineros antiguos, y a 158 metros en dirección S.-87g92m.-O. de la Fuente del Quejigo, sita en la margen derecha del regajo de la fuente del Madroño. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

A la esquina SE. de las ramadas del «Tímao», N.-30g63m.-E. A la esquina NO. de la casilla de los Cerros del Guarda de la finca La Garganta de la Sociedad de Peñarroya N.-38g53m.-E. A la esquina SO. de la casilla del Humo N.-45g80m.-E. Desde el punto de partida, con dirección E.-17g50m.-S., y a 200 metros, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección S.-17g50m.-O., y a 300 metros, se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección O.-17g50m.-N., y a 400 metros, se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección N.-17g50m.-E., y a 600 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección E.-17g-50m.-S., y a 400 metros, se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección S.-17g50m.-O., y a 300 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 24 pertenencias solicitadas.

Los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida, expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la S. E. N.

Reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias en la zona denominada «Córdoba Cuarta».

Se reserva provisionalmente a favor del Estado, con las limitaciones que se expresan en el artículo 48 de la vigente Ley de Minas, los yacimientos de toda clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Parajes «Carboneras Altas y Bajas», en finca propiedad de don Antonio Herruzo y don Bartolomé Torrico, respectivamente, donde se reservarán 28 pertenencias con el nombre de «Córdoba Cuarta», tomando como punto de partida un mojón de mampostería de forma prismática de sección cuadrada, de 30 por 30 cm., terminando en un remate piramidal de 10 cm. que sobresale un total de 20 cm. del suelo. Está situado en la cuerda que la loma que forma la linde entre las citadas fincas y 673 metros en dirección O.-62g8m.-N. de la esquina SE. de la casilla del Doctor, a 320 metros en dirección S.-48g32m.-O., del cruce del regajo del Zaz con el camino de Torrecampo a la Posada, y a 210 metros en dirección O.-28g82m.-N. del cruce del citado regajo con el camino de herradura Villanueva de Córdoba a la Posada del Pastor. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

Al eje de la torre de la iglesia de Pedroches, S.-91g85m.-O. A la esquina SE. de la casilla del Doctor, O.-62g8m.-N. A la esquina SO. de la casilla del Pumo, N.-85g58m.-E. Desde el punto de partida con dirección E.-23g30m.-S., y a 200 metros se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección S.-23g30m.-O., y a 400 metros se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección O.-23g30m.-N., y a 400 metros, se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección N.-23g30m.-E., y a 700 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección E.-23g30mm.-S., y a 400 metros, se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección S.-23g30m.-O., y a 300 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 28 pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias en la zona denominada «Córdoba Segunda».

Se reservan a favor del Estado, con las limitaciones que se expresan en el artículo 48 de la vigente Ley de Minas, los yacimientos de toda

clase de sustancias que puedan encontrarse en la zona que se señala a continuación:

Paraje denominado «Cerro Gordo», del término municipal de Pozoblanco, donde se reservarán 15 pertenencias con el nombre de «Córdoba Segunda», tomando como punto de partida un mojón de mampostería enlucido con cemento, de forma prismática, de sección cuadrada, de 30 por 30 cm., terminado en un remate piramidal de 10 cm.: en total sobresale 20 centímetros del suelo. Está situado en una loma encuadrada entre el arroyo de Los Tiemblos, al N.; el Cerro Corona de Majadahonda, al S. y el arroyo del Tomilloso, al O., distando unos 80 metros en dirección O.-68g-50-N. del punto más alto del citado Cerro Corona de Majadahonda, y unos 120 metros, en dirección E.-35g-50m.-S. de la unión de los citados arroyos. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes:

A la esquina NE. de la casilla de La Vana, S.-1g70m.-E. A la esquina NO. del Cortijo del Cantador, S.-43g73m.-O. Al eje de la polea del castillete de la mina «La Lolita», N.-15g-50m.-O. Desde el punto de partida, con dirección O.-29g-S., y a 200 metros, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección N.-29g-O., y a 100 metros, se colocará la segunda estaca. Desde la segunda estaca, con dirección E.-29g-N., y a 300 metros, se colocará la tercera estaca. Desde la tercera estaca, con dirección S.-2g-E., y a 500 metros, se colocará la cuarta estaca. Desde la cuarta estaca, con dirección O.-29g-S., y a 300 metros, se colocará la quinta estaca. Desde la quinta estaca, con dirección N.-29g-O., y a 400 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 15 pertenencias solicitadas.

Todos los rumbos se refieren al Norte astronómico y son centesimales.

La reserva provisional así establecida, expirará cuando se haya elevado a reserva definitiva. Esta reserva se efectúa a petición de la J. E. N.

Prospección de petróleo en Suiza.

Nuevamente se ha insistido por parte del profesor Arnold Heim, sobre el interés que podría tener para Suiza, la realización en su territorio de una investigación geofísica, principalmente por métodos sísmicos, encaminada al estudio de sus reservas petrolíferas.

Investigaciones patrocinadas por la C. E. C. A.

La Comunidad Europea del Carbón y del Acero, acordó destinar 200.000 dólares para la organización de concursos y dotación de premios para los trabajos de investigación orientados hacia la mejora de los aparatos medidores de grisú, del óxido de carbono y del oxígeno en la

atmósfera de los yacimientos mineros. También destina 1.500.000 dólares para las investigaciones capaces de reducir el consumo de coque siderúrgico en la producción de acero.

Planes del «Euratom».

En el informe titulado «Un objetivo para el EURATOM», se da cuenta de que los seis países que lo forman podrán tener instalada en un período de diez años una potencia de origen nuclear del orden de 15 millones de kilovatios.

La cantidad destinada a la adquisición de uranio, natural o enriquecido, será del orden de 2.000 millones de dólares, calculándose que el costo del enriquecido en Europa, será del doble al triple del enriquecido en los Estados Unidos.

Los gastos de instalación de estas centrales representan un incremento de 4.000 millones de dólares, con relación a las clásicas de la misma potencia.

El «Borazon».

Tanto la industria del petróleo, como todas aquellas que utilizan herramientas cortantes, necesitan materiales de mayor dureza que el diamante y que resistan sin quemarse temperaturas más elevadas.

Con estos fines se ha preparado por una importante firma industrial el «borazon», que no es más que un nitruro de boro sometido a presiones superiores a los 70.000 kg/cm² y temperaturas de 2.750° C., con lo que se logran diminutos cristales de coloración variada capaces de rayar al diamante y resistente a temperaturas elevadas.

Mercado de metales.

Se ha observado en los últimos meses menos demanda de cinc, en primer lugar, por el anuncio del gobierno británico de que pondrá a la venta en los próximos nueve meses la cantidad de 27.000 T. de Zn. y en segundo lugar, el proyecto de cese de compra por parte del Gobierno de los Estados Unidos, de plomo y cinc para las reservas estratégicas.

El Gobierno de este último país, ha decidido también, el cese de la acumulación de las reservas de níquel.

El platino ha experimentado una baja del 10 por 100 como consecuencia de las ofertas hechas al mercado por la Baker Platinum.

Las minas de hierro de Salzgitter (Alemania).

La gran importancia que va alcanzando la explotación y beneficio de los minerales pobres de hierro, la tenemos de manifiesto en el importante coto de Salzgitter, entre Brunswick y Goslar, en la Alemania occidental, donde se calculan unas reservas de 2.000 millones de T. con un 23 por 100 de hierro. La marcha de la industrialización fué la siguiente: en el año 1937 se lograron 240.000 toneladas de hierro y en 1952 se alcanzaron 1.800.000 toneladas, representando actualmente esta cuenca una producción del orden del 36 por 100 de la correspondiente a la Alemania occidental.

La industria británica del carbón.

La racionalización de los métodos de trabajo, así como la modernización de las instalaciones, produce un aumento de rendimiento que quedó bien palpable en la industria británica del carbón.

En el año 1956 se produjeron 222 millones de toneladas con 703.000 operarios, siendo las productividades medias las siguientes: en 1947, de 2,86 toneladas; en 1955, de 3,27 toneladas; en 1956, de 3,33 toneladas; y durante el primer semestre del año actual, de 3,34 toneladas.

El petróleo y el gas natural del Sahara.

Las reservas petrolíferas de Hassi Messaud se calculan de 100 millones de toneladas, produciendo cada uno de los dos primeros sondeos 400 t. diarias de petróleo.

En cuanto a gases naturales, los dos primeros sondeos de Hassi R'Mel dieron a 2.000 m. una importante formación de gases de buena calidad, rica además en gasolina.

El elemento 102.

Desde el descubrimiento del mendelevio en 1955, no se había logrado obtener otro elemento sintético hasta el año actual, que se logró el 102 bombardeando el curio, que es el elemento 96, depositado sobre una lámina metálica fina, con iones de carbón acelerados en el ciclotrón de 225 cm. de Estocolmo. Se sospecha que el isótopo logrado tiene una masa de 253, y emite partículas «alfa» de 8 millones de ev., con un período de semidesintegración de unos diez minutos. Es el único transuránico descubierto en Europa.

Los yacimientos de lignito de Madrás.

Los grandes yacimientos de lignito de Neyveli, de la India Meridional, a los que se les calcula unas reservas de 2.000 millones de t., se van a poner en explotación, destinando a su industrialización la cantidad de 52 millones de libras. En este complejo industrial se explotaron anualmente 3,5 millones de t., con las cuales se lograron entre otros fines la producción de 200.000 kw. de energía eléctrica, 70.000 t. de abonos nitrogenados y 380.000 t. de briquetas.

El beneficio de minerales de hierro pobres.

Se han destinado 90 millones de dólares, para montar por la casa Krupp, en Essen-Borbeck, la planta siderúrgica más importante para el beneficio de minerales de hierro pobres. En esta empresa participarán siete acerías.

Proyecto de la comisión de energía francesa.

En el programa del tercer plan francés de la Comisión de Energía se aprecia, como en los dos anteriores, la gran atención prestada a la demanda de energía; por ello se destinan en la metrópoli las siguientes cantidades en millones de francos franceses para la modernización de las instalaciones:

Carbón	127.000
Coque	30.000
Electricidad	1.500.0000
Gas	260.000
Petróleo	630.000
Energía Nuclear	420.000

Estas cantidades representan la importante suma de 3.060.000 millones de francos franceses.

El petróleo de Africa del Sur.

En el año 1950 se creó la Compañía «South African Coal, Oil and Gas Corporation, Ltd.» (SASOL) para la obtención de petróleo y otros productos a partir del carbón.

La factoría de Vereeniging ha logrado una producción de 144.000 toneladas de petróleo al año, habiéndose vendido el primer petróleo SASOL en febrero de 1956. Dispone la Compañía de tres yacimientos de hulla con unas reservas de 665 millones de toneladas, de los cuales son beneficiables actualmente la mitad.

Los productos obtenidos son amoniaco líquido, sulfato amónico, alquitrán, disolventes aromáticos, disolventes orgánicos de tipo oxigenado, propano, butano, ceras y parafinas.

La tectónica del mar del Norte.

Se han destinado cuatro millones de DM. para los estudios geológicos y tectónicos del mar del Norte, con el fin de comprobar si se prolongan bajo el fondo marino los yacimientos petrolíferos de la costa alemana, de la Baja Sajonia y de Schleswig-Holstein.

El uranio en la República Federal alemana.

Entre los países pobres en reservas uraníferas de interés industrial, figura Alemania Occidental, a la que se le asignan unas 50 toneladas de metal. Esta es la causa de sus activas investigaciones en pos de los minerales radiactivos de las series largas. La prospección se efectúa principalmente en la Sajonia Baja, Hesse, Baviera y Renania-Palatinado. Las menas se investigan principalmente en los yacimientos de lignito y en las areniscas rojas, como sucede en la comarca de Waldeck (Hesse).

El mercado de metales.

La impresión general del mercado de metales al comenzar este cuarto trimestre del año es de debilidad. La del níquel por la decisión de la Oficina de Movilización para la Defensa de no efectuar compras durante el año 1958. La del estaño por las restricciones de las importaciones de Francia e India y por la disminución de la producción de hojalata inglesa. La del cobre por el gran incremento de las existencias mundiales. Dentro del mercado del plomo, mercurio y cinc, se aprecia algo de incertidumbre, por lo que los operadores están a la expectativa.

Uranio en Africa Ecuatorial francesa.

Se ha confirmado oficialmente por Francia el descubrimiento de una importante formación uranífera en el Africa Ecuatorial francesa.

Uranio en Alemania

Parece ser que se han descubierto importantes formaciones de uranio económicamente explotables, cuatro en Baviera y dos en Baden-Württemberg.

La primera fábrica que se proyecta para el tratamiento de mineral de uranio, pertenecerá a la firma Gewerkschaft, Brunhilde, se ubica en Ellweiler del Rheinland-Pfalz y será capaz de producir 5.000 toneladas anuales, costará 120.000 dólares y podrá ampliarse a 20.000 toneladas anuales.

Plan holandés de energía nuclear.

En el informe que el Gobierno holandés presentó a su Parlamento sobre energía, se destaca que en 1975 será preciso producir en las centrales termoelectricas 8.650 millones de Kw. en lugar de los 3.000 millones actuales, de los cuales sólo se podrá cubrir un tercio con lignito y hulla. Por lo tanto, se justifica la necesidad de recurrir a la energía nuclear.

Por ello proponen invertir de 1962 a 1975 la cantidad de 9.500 millones de florines en centrales eléctricas, correspondiendo a las nucleoelectricas 3.860 millones y dentro de ellas se emplearán 436 millones de florines en materiales escindibles.

La energía nuclear francesa.

Se espera en el país vecino que a principios del año 1958 comience a funcionar diez reactores nucleares de energía, y que en 1975 se pueda cubrir con la energía nuclear todas las necesidades energéticas de la nación.

Se está ultimando un gran plante de beneficio de minerales de uranio y torio procedentes de la isla de Madagascar, lo que permitirá a Francia superar la producción de torio de la India y del Brasil.

La producción hullera alemana.

De continuar el ritmo actual, la producción hullera alemana podrá aumentar, en un plazo de veinte años, en un 30 por 100, o sea pasar 134,4 millones de toneladas en 1956 a unos 175 millones en 1977.

Jornadas de la combustión de los combustibles sólidos y pulverizados.

Organizadas por el Instituto Francés de los Combustibles y de la Energía, tendrán lugar en París, del 4 al 7 de diciembre, las mencionadas jornadas. Los temas que se tratarán en las mismas son: La preparación de los carbones. Características de los carbones concernientes a la combustión. El mecanismo de la combustión de carbones sólidos y pulverizados. Los materiales de utilización: A) Calderas de carbón pulverizado, preparación, transporte y combustión; B) Hogares de potencias grandes y medianas (excluidos combustibles especiales y carbón pulverizado); B') Hogares a combustibles especiales y desecho; C) Hogares para caldeo de locales; D) Aplicaciones a los hornos. Verificación. Conducción. Ensayo y Corrosión.

El aluminio.

El tercero de los elementos, desde el punto de vista de su abundancia terrestre, es el aluminio, los dos puestos anteriores los ocupan el oxígeno y el silicio. Las reservas mundiales de bauxitas se calculan en tres mil millones de toneladas, lo que corresponde a 600 millones de toneladas de aluminio metálico.

La producción mundial de aluminio se colocó en 1956 a la cabeza de todos los metales, figurando a continuación del acero, pasando de 7.300 toneladas en 1900 a 3.334 millones de toneladas en 1956, más 700.000 toneladas de aluminio refundido. El consumo durante dicho año fué de 3,8 millones de toneladas.

Los dos tercios de la producción pertenecen a los Estados Unidos y a Canadá, correspondiendo a Europa solamente el 18 por 100.

A principios del pasado año de 1957 había en el mundo 84 fundiciones de aluminio, de ellas sólo 38 estaban en Europa.

Las pizarras aluminosas suecas.

En Suecia se cuenta con una mena casi inagotable de uranio, se trata de sus pizarras aluminosas, con un contenido en uranio de 200 a 300 g. por tonelada, lo que representa una reserva del orden de un millón de toneladas de uranio. Durante el año de 1957 se consiguieron 10 toneladas de uranio, para el año 1960 esperan llegar a las 20 y para 1970 a las 200.

Estas reservas de uranio han estimulado el proyecto de dos instalaciones de energía nuclear, una de calefacción y otra eléctrica, denominadas «Adán» y «Eva».

La central de calefacción estará montada en Farsta, cerca de Estocolmo a una profundidad de 36 metros, esperando que para 1960 la ciudad esté suministrada de agua caliente procedente de dicha central. El reactor necesitará once toneladas de uranio y treinta de agua pesada. La ciudad que consta de 30.000 habitantes y tendrá el suministro de agua de 100-110° C.

La central nucleoelectrica se calcula se pondrá en marcha en 1963.

El di-beta-cianoetoxietano.

Se preparó un nuevo disolvente a partir del etano, que se espera tenga una importancia fundamental en la industria petroquímica, se trata del di-beta-cianoetoxietano, con la fórmula $\text{NC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$.

Subproductos del gas natural.

La Sociedad de productos químicos de Aquitania se propone montar una serie de factorías en la región del Lacq, para la obtención de acetileno, metanol y amoníaco a partir del gas natural.

Notas bibliográficas

CRISTALOQUIMICA

CANDEL VILA (R): *Cristaloquímica*. Separata de la «Enciclopedia Labor», volumen II. *La materia y la energía*, págs. 735-825, con 120 figuras y dos láminas en color. Editorial Labor, Barcelona, octubre, 1956.

Este trabajo es continuación natural de la *Geoquímica* escrita por el doctor Candel en esta misma Enciclopedia y se compone de una introducción y de cuatro capítulos. En la introducción trata del átomo y de la molécula hasta dejar bien sentada la realidad de la existencia de este edificio fundamental de la Física.

En el capítulo primero se trata de las teorías geométricas de la estructura de la materia: de los conjuntos reticulares; de los 230 grupos espaciales posibles, terminando esta parte de la obra con la distribución sistemática de estos últimos según clases de simetrías llamadas Singonias en Cristalografía.

En el capítulo segundo, primeramente, se aborda la cuestión de los procedimientos experimentales de la determinación de las estructuras. Se comienza por exponer el gran descubrimiento de Laue, al utilizar los cristales naturales como red de difracción de los rayos X, uno de los experimentos más fecundo de nuestro siglo, ampliamente aprovechado después por físicos y cristalógrafos para averiguar la estructura de la materia. Sigue refiriendo los distintos métodos propuestos para la determinación de las estructuras: Rayos Roentgen, de diferentes frecuencias; rayos X; efecto Ramón; ondas hertzinianas; etc., con indicaciones parciales sumamente interesantes, siempre acompañadas de gráficos aclaratorios.

En el capítulo tercero se trata de los estados físicos de la materia y de la estructura de la materia comenzando por una exposición sobre las características fundamentales que definen a los estados sólido y fluido, así como a los estados amorfo, líquido y gaseoso; características de los llamados cambios de estado y fenómenos que intervienen, etcétera. Bajo el epígrafe estados mesomorfos se estudian los cristales líquidos como estado particular de la materia con las modalidades llamadas *estado neumático* y *estado esméctico*, de cuyos importantes estudios ha derivado una revisión de los conceptos clásicos relativos a la materia cristalina.

De todo esto se pasa a los nuevos conocimientos estructurales de

las fibras de los vegetales y de los animales; estructura del caucho; ductilidad y maleabilidad de los metales; etc., cuestiones todas de gran interés científico y práctico.

El capítulo cuarto está dedicado a los tipos estructurales en los cristales, empezando por el estudio detallado de las distintas conexiones que existen entre las partículas y de las que se establecen cuatro modalidades: el *enlace iónico* o *heteropolar*; el *covalente* u *homopolar*; el *metálico*; y el *molecular* o *residual*.

Trata de la importancia y alcance de la llamada coordinación ideada por Alfredo Werner, admitiendo los átomos centrales alrededor de los cuales se ordenan, se coordinan, los demás átomos o grupos atómicos; los denominados índices de coordinación que se derivan de aquí; y su aplicación a las estructuras cristalinas, muy fecunda en resultados. En una tabla figuran representados los principales tipos de esquemas y poliedros de coordinación trazados por Niggli, debidamente explicados en el texto y referidos a ejemplos concretos.

Después de unas consideraciones bajo el epígrafe radios atómicos y radios iónicos, se trata de la ordenación de los elementos basándose en ello y dando lugar a las tablas de Goldschmidt y Boldyrew, se explica toda la importancia que tienen ambos radios y, finalmente, se deducen las leyes cristalóquímicas correspondientes basándose en ellos.

La última parte está dedicada a la descripción sumaria de los principales tipos de estructuras en los cristales figurando primero la de los elementos químicos; después la de las aleaciones y, en tercer lugar, la de los compuestos intermetálicos pasando por todos los elementos y clases principales, todo aclarado con las correspondientes figuras y datos numéricos. El estudio continúa de la misma manera con los compuestos heteropolares y compuestos homopolares.

La obra termina con el epígrafe Propiedades físicas y estructura en donde se patentiza la enorme trascendencia que tiene todo lo estudiado en las líneas anteriores para poder tener una explicación de las propiedades físicas de la materia en relación con la estructura de los cuerpos.

El autor, lo mismo que hizo en la Geoquímica, en todos los capítulos alude repetidamente a los españoles que han trabajado en esta clase de investigaciones y a los resultados que han obtenido.

El libro está magistralmente redactado e impreso con una gran pulcritud, con gran profusión de figuras y de láminas, algunas de éstas en color.—V. S. B.

GEOLOGIA

FABRIÈS, JACQUES: *Le problème de l'«estado Cristalino» dans le Nord-Est de la province de Séville (Espagne)*. «C. R. de l'Acad. des Suisses», CCXLIV, páginas 2032 a 4, 20 mayo 1957.

Las formaciones cristalofílicas del macizo de Lora del Río, consideradas como antecambrianas (estrato cristalino), parecen corresponder a sedimentos metamórficos del Paleozoico inferior.—L. F.

JENSEN, M. L.: *Sulfurisotopes and mineral paragenesis*. «Econ. Geol.», II, páginas 268 a 91, mayo 1957.

Los estudios de la relación S^{32}/S^{36} en minerales sulfurosos indican la carencia de variaciones significativas en muestras seleccionadas del mismo criadero; pero en los que ahora hacen los autores han logrado encontrar diferencias de hasta el 4 por 100. Esto da una base para efectuar estudios de la génesis y paragénesis de los diversos sulfuros. El estudio geológico e isotópico de muestras seleccionadas conduce a lo siguiente: 1) Las relaciones isotópicas dan un medio para distinguir la exsolución y reemplazo. 2) El mecanismo del reemplazo de un sulfuro por otro no es siempre un mecanismo de difusión de los cationes metálicos pequeños, pero, además, incluye un cambio de los grandes aniones del azufre. 3) Los minerales hipogénicos fluidos dan lugar a filones, pero con variaciones en la composición isotópica, que se evidencia por el estudio isotópico de los minerales formados. 4) La reacción isotópica que tiene lugar durante el enriquecimiento supergénico sugiere que los minerales hipogénicos y supergénicos se puedan distinguir por el análisis isotópico.—L. F.

FOXTROTÉ, JOSÉ MARÍA: *Tectoniques superposées dans la Sierra Nevada (Cordillera bétique, Espagne)*. «C. R. Acad. des Sciences», CCKLV, 1.324 a 26, 14 de octubre de 1957.

En la región Nord-Occidental de la Sierra Nevada y zonas vecinas, aprecia el autor la superposición de cuatro tectónicas de estilos y edades diferentes.

1.º Tectónicas de capas de acarreo; su edad, según los datos del autor sobre esta región, debe ser posterior al Triás y anterior al Mioceno. Pero estas observaciones en zonas cercanas pueden, por otra parte, hacer volver a una edad posterior al Oligoceno inferior.

2.º Plegamientos de fondo, que dieron lugar a la formación a la bó

veda grande de la Sierra Nevada. Su desarrollo, forzosamente lento, se efectuó sobre todo después del Mioceno, pero pudo iniciarse antes.

3.º En las hiladas en el complejo alpujarrico, la formación de pliegues agudos y de débil envergadura pueden estar en relación lejana con el plegamiento del fondo.

4.º Tectónica de fractura de edad neógena superior probablemente del Cuaternario.—L. DE A.

GEONUCLEONICA

KULP, J. LAURENCE y EXKELMANN, WALTER R.: *Discordant U-Pb ages and mineral type*. «Am. Mineralogist», XLII, páginas 154 a 64, marzo-abril de 1957.

Consideran en minerales tipos las diferentes edades deducidas por las relaciones isotópicas Pb^{206}/U_{238} , Pb^{207}/U_{235} , Pb^{207}/Pb_{206} y Pb^{206}/U_{232} .

Cada estructura mineral parece tener una constante y característica discordancia, excepto la monacita, que tiene una doble discordancia:

Pezblenda, $\frac{206}{238} < \frac{207}{235} <$ edad probable.
 Uranineta, $\frac{206}{232} < \frac{206}{238} < \frac{207}{235} <$ edad probable.
 Monacita, cenotima, $\frac{206}{232} <$ edad probable $\frac{207}{235} < \frac{206}{238}$.
 Monacita, $\frac{206}{232} < \frac{206}{238} < \frac{207}{235} <$ edad probable.
 Circon y esfena, $\frac{206}{232} < \frac{206}{238} < \frac{207}{235} <$ edad probable.
 Samarsquite, torita, esfena, $\frac{206}{232} < \frac{206}{238} < \frac{207}{235} <$ edad probable.
 Euxenita, $\frac{206}{238} < \frac{207}{235} < \frac{206}{232} <$ edad probable.

Las diversas estructuras minerales influyen considerablemente en la estabilidad y alteración. Para un mismo mineral, los plomos procedentes del uranio pueden estar en diferente ambiente estructural que el plomo procedente del torio.—L. F.

GLOVER, R. N. y WALT, D. E.: *The natural radioactivity of lanthamum*. «Phil. Mag.», II, páginas 49 a 56, enero 1957.

La desintegración del La^{138} , como miembro intermedio de un triplete-isobárico natural, la han estudiado los autores por medio de destellómetro y tubo espectrométrico proporcional. Han confirmado dos de los tres rayos γ mencionados por los primeros investigadores, los cuales tienen energía de $(0,8 \pm 0,01)$ y $(1,44 \pm 0,02)$ Mev.

No se han observado cuantos de aniquilación. Coinciden los estudios en mostrar que estos rayos γ no son en cascada y que la transición 1,44 Mev. pertenece a una rama de captura electrónica. Proponen un esquema concordante con los resultados de otros investigadores de las

actividades β^- y β^+ del Cs^{138} y Pr^{138} . Los periodos de semidesintegraciones parciales son: el de captura electrónica $(1,34 \pm 0,06) \times 10^{11}$ a., los de β^- $(4,1 \pm 0,7) \times 10^{11}$ a. y $(3,5 \pm 0,3) \times 10^{11}$ a., medidas por cómputo directo de los rayos β y por cálculo de los impulsos de los rayos de 0,81 Mev. La relación de las ramas se estiman como de 70 por 1 para la captura electrónica y 30 por 100 para la emisión β^- .—L. DE A.

SVEN GAVELIN: *Variations in isotopic composition of carbon from metamorphic rocks in northern Sweden and their geological significance*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», XII, páginas 297 a 314, 1957.

Han determinado la relación $^{12}C/^{13}C$ en 168 muestras de grafito precoces de Suecia, de las formaciones sedimentarias Precambriana Caledoniana. El fin de esta investigación tiene por objeto el ver si las variaciones en la composición isotópica del carbono resuelven problemas petrogenéticos, que no son solucionados por los métodos petrográficos. No se puede establecer correlación entre la relación $^{12}C/^{13}C$ el grado de metamorfismo cinético, termal o regional. Es posible que las variaciones $^{12}C/^{13}C$ respondan a fluctuaciones del medio sedimentario original, pero en definitiva nada se puede establecer concerniente al mecanismo del fraccionamiento isotópico en fondos sedimentarios. L. F.

MARFEE, K. L.: *Natural variations in the nitrogen isotope abundance ratio in igneous rocks*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», XII, páginas 185 a 98, 1957.

Un examen preliminar de la proporción y composición isotópica del nitrógeno contenido en las rocas ígneas muestra que hay una variación sustancial (alrededor del factor 25) en el contenido de nitrógeno en las rocas, y que la composición isotópica del nitrógeno varía regularmente dentro de unos pocos por cien.—L. F.

GLOVER, R. N. y WALT, D. E.: *A search for natural radioactivity in uranium*. «Phil. Mag.», II, páginas 697 a 699, mayo 1957.

No han detectado actividades α ni β . Comparando el semiperiodo de γ en el límite inferior alcanzado en el contador proporcional a rayos X y k se aprecia la imposibilidad de detectar estos rayos X usando una muestra sin enriquecer. Calculan que para lograr un efecto apreciable en el contador se necesita partir de 250 g. de pentaóxido de vanadio que esté enriquecido a 50 veces en V^{50} .—L. F.

GEOQUIMICA

HIROSHI ONISHI y SANDEL, E. B.: *Meteoritic and terrestrial abundance of tin*. «Geochim. et Cosmochim. Acte», XII, páginas 262 a 270. 1957.

Los autores consiguieron valores medios del Sn:

Condritas, 1 p. p. m.

Fase metálica de las condritas, 5 p. p. m.

Sideritos, 2 p. p. m. (medio de $<0,5$ a 10).

Rocas ultramáficas, 0,5 p. p. m.

Rocas máficas, 1,7 p. p. m.

Rocas graníticas, 3 p. p. m.

El estaño contenido en la parte superior de la litosfera puede considerarse como 2 ± 1 p. p. m.; las rocas graníticas y máficas, consideradas como con peso análogo.—L. F.

CANDEL VILA (R.): *Geoquímica*. Separata de la «Enciclopedia Labor», volumen II: *La Materia y la Energía*, págs. 549-600, con 40 figs y 4 láms. en color. Ed. Labor, Barcelona, octubre 1956.

El doctor Candel Vila nos ofrece un trabajo muy completo de esta ciencia de nuestros tiempos cada vez más variadas y de mayor porvenir. El desarrollo del tratado comienza por unas consideraciones generales sobre la Geoquímica, seguidas de una breve historia de su origen, de su desarrollo y de las relaciones con otras ciencias.

El primer capítulo está dedicado al estudio de la composición química de la Tierra y de los cuerpos cósmicos. El segundo a la disposición y concentraciones de los elementos químicos. El tercero a los procesos geoquímicos.

En el primer capítulo se sientan las características químicas básicas de nuestro planeta, o sea, composición, clasificación, sus elementos, frecuencia de los mismos, etc., pasando después, de una manera natural, al estudio de los cuerpos cósmicos atmósfera solar, estrellas nebulosas, etcétera. El resultado de este estudio conduce al conocimiento de la proporción del número de átomos de cada elemento en el sistema cósmico correspondiente, que es constante, estableciéndose el llamado «clarke» de donde la disposición, en trazados de diagramas, de los elementos pares e impares, de cuyo estudio gráfico y numérico se deducen importantes consecuencias y leyes, llamándose estas Astroquímica, la Helioquímica, la Geoquímica y la Cristalquímica.

De dicho «clarke» y de las consideraciones sobre el mismo se llega a interpretaciones posibles sobre las evaluaciones estelares en párrafos

y gráficos de un alto interés. Se termina el capítulo tratando de la evolución pregeológica de la Tierra.

El capítulo segundo trata de la migración y de la dispersión de elementos; de los ciclos de migración; de las asociaciones geoquímicas típicas; de la distribución de los elementos en la corteza terrestre; e

El capítulo tercero trata, en primer lugar, de los ciclos de los procesos geoquímicos y después de las diferenciaciones magmáticas en etapas epimagmática; fluida-neumatolítica y la hidrotermal, cuestiones todas trascendentales y básicas para Petrografía. Se pone atención especial en las sucesiones de minerales tipomórficos, pegmatíticos, graníticos, etc., y sus paragénesis. Se trata del apasionante tema de la genitización pasando revista a todas las opiniones modernas importantes que se han venido sucediendo desde Michel-Lévy hasta nuestros días.

Se termina con una exposición de los principales tipos de sistemas y concentrados de los minerales acompañados de sus correspondientes esquemas interpretativos, broche de gran interés en las investigaciones explotaciones mineras, principalmente las metálicas.

El trabajo es de gran interés por todos los conceptos y está escrito con una claridad excepcional recogiendo las últimas investigaciones científicas. Encierra, además, un dato que no debemos dejar en silencio: tanto al tratar de la breve historia de esta ciencia, como a través de todas las páginas, siempre se recogen los nombres de aquellos compañeros nuestros que una manera más o menos directa se han ocupado de la Geoquímica o han efectuado trabajos íntimamente relacionados con ella, citas que, como es muy natural, han de satisfacer a todo lector español.—V. S. B.

METALOGENIA

THADEU (DECTO).—*Algunos problemas metalogénicos*. 1.ª parte, *Teoría metalogénica moderna*. Separata de «Técnica», núm. 272, págs. 48-493. Inst. Sup. Técnico. Lisboa, 1957.

El autor, ingeniero de minas que ha dirigido varias explotaciones y yacimiento portugueses importantes, nos ofrece en este trabajo la primera parte de unas interesantes conferencias que pronunció a ingenieros y licenciados en Ciencias geológicas de los Servicios de prospección de la Junta de Energía Nuclear en febrero de 1957.

Este fascículo, como su título indica, constituye una introducción al desarrollo de los problemas metalogénicos y es la parte dedicada a la exposición de las teorías modernas sobre el origen y manera de yacimiento de los minerales metálicos.

Dejando por sentadas las teorías de Lindgren, Niggli, empieza a exponer los trabajos Fersman, quien partiendo de la consolidación geológica

ral de los magmas graníticos pasa al estudio de las pegmatitas, su obra magistral. Según este autor un magma granítico, en vía de enfriamiento, al mismo tiempo que deposita productos sólidos por cristalización, sufre una destilación fraccionada que permite la liberación de los materiales volátiles (formaciones neumatolíticas) cuya composición va variando a lo largo del proceso y cuyos materiales se van depositando ordenadamente a través de la roca encajante. De aquí se pasa a los procesos que conducen a los distintos tipos de granito, de pegmatitas y de formaciones hidrotermales, por concatenaciones lógicas de factores de hechos naturales, viéndose al mismo tiempo como aparecen los distintos componentes mineralógicos de los granitos; la formación de los distintos filones metalíferos (casiterita, volframita, scheelita, limonita, oro, cobre, etcétera) y la aparición final de los hidrotermalitos, con blenda, galena, uranio, cobalto, níquel, etc., y las gangas cuarzosas, carbonatizadas y calcedónicas. Con esto Fersman establece el diagrama del proceso de enfriamiento y diferenciación de los magmas al que llama «clave geoquímica de los magmas granodioríticos», con el cual se pueden comparar los diversos yacimientos de filiación granítica que resulta de excepcional utilidad en la práctica.

Al estudiar la distribución de los minerales dentro de los batolitos y alrededor de los mismos, da la explicación de estas distribuciones en función de las condiciones físico-químicas de las diferenciaciones magmáticas y deduce la regla de la distribución zonal de las mineralizaciones.

Se prosigue todavía en la exposición de la teoría de Fersman, pero después Thadeu pasa a ocuparse de los trabajos efectuados por autores americanos en los tiempos posteriores a Lindgren. En este sentido cita en primer lugar a White que sostiene que la mineralización endógena no tienen dependencia genética con las rocas magmáticas y las considera como acumulaciones de los minerales en profundidad. Cita después a Brown quien dice que las mineralizaciones están en función de los pesos específicos y la volatilidad de donde resulta su disposición general en zonas. Nombra también a Schmitt para el cual ciertos tipos de yacimientos son exclusivos de determinadas épocas geológicas, sin parangón en las otras.

Hace referencia a Sullivan, de Australia, quien parte de una época pregeológica en las que los elementos químicos se distribuirían por las distintas capas de la litosfera en función de afinidades geoquímicas y que después durante los tiempos geológicos los fenómenos volcánicos transportaron los elementos calcófilos y siderófilos hasta la corteza silícea.

Después se ocupa del alemán Schmeiderhöhn, quien con Niggli desarrollaron y profundizaron los principios teóricos de Lindgren y trató de explicar las mineralizaciones «aberrantes» como mineralizaciones hidrotermales secundarias. Punto importante de este autor es el extenso estudio que hace para poder explicar la distribución de las mineralizaciones en función de la historia geotectónica de la litosfera por el que llega

a la conclusión de que cada orogenia ha tenido su metalización propia.

En relación con el hidrotermalismo secundario se citan a otros autores.

Se exponen las ideas de Djalma Guimarães basados en los estudios de los macizos graníticos brasileños y los yacimientos mineralógicos relacionados con ellos. Cree que el origen de los macizos graníticos pueden explicarse por fenómenos de metamorfismo profundo conduciendo a una sustitución metasomática operada sobre los minerales de rocas que descendieron a las zonas más hondas de los geosinclinales cualquiera que sea la naturaleza de los mismos. Por transformismo petrográfico admite la sustitución de la plagioclasa y minerales ferromagnesianos por microclina, cuarzo y moscovita. El desarrollo de la granitización sería provocado, o facilitado, por el proceso de destilación del agua de constitución de los silicatos y del agua de imbibición de las rocas, etcétera. Las emanaciones magmáticas serían debidas a las sustancias volátiles ricas en Cl, B, F, SH₂, etc. Las emanaciones magmáticas, al ser de naturaleza ácida, lixivian todos los tipos de rocas provocando disoluciones y precipitaciones que facilitan el proceso de granitización y al mismo tiempo abultadas por el agua de constitución disuelven todos los elementos metálicos y compuestos metálicos que se hallan en las rocas procedentes que atraviesan dan lugar a las concentraciones mineralógicas metalizadas. De aquí que para este autor brasileño los yacimientos típicos de minerales son, en todos los casos, concentraciones transportadas por emanaciones magmáticas, pero no procedente directamente de un origen magmático puro. Como se ve, para este autor, los macizos graníticos desempeñan un papel pasivo en el proceso metamórfico.

Finalmente bajo el epígrafe *Teorías metasomáticas* se exponen estas ideas escogiendo a dos autores representativos: uno, Wepe tratando de los yacimientos de wolframio; y otro, Van Biljon, tratando de la cromita-magnetita-platino, en cuyo detalle no es necesario entrar, pues sobradamente se comprende lo que quieren explicar por génesis metasomáticas.

El Sr. Thadeu, después de exponer las teorías que acabamos de indicar, termina con unas reflexiones muy atinadas a manera de conclusión final. A la vista de la gran diversidad de teoría y a los fallos que parcialmente suelen tener casi todas en la práctica minera, llevan a este autor a preguntarse si la ciencia de los yacimientos no se encontrará en una fase de verdadera *alquimia*. Pero por otro lado dice: las prospecciones efectuadas directamente en las minas prueban que las teorías pueden conducir a resultados concretos. En la primera mitad de este siglo las concepciones magmáticas y los procesos de diferenciación tuvieron un desarrollo excepcional y alcanzaron un gran auge al reforzarse por los nuevos métodos e instrumentos de investigación las posibilidades de los reconocimientos previos de los yacimientos, si bien la realidad en rep

tidas ocasiones muestra anomalías y casos discrepantes. Por eso, con posterioridad a aquéllas teorías tomaron incremento los conceptos meta-somáticos abriendo un nuevo campo de posibilidades.

Muchos problemas quedan candentes y por hoy la atención no olvida que las asociaciones de los minerales, las paragénesis, continúan siendo base práctica del estudio de los yacimientos mineralógicos.

La interesantísima exposición del ingeniero Decio Thadeu termina con una lista de obras de Metalogenia con cita de más de sesenta títulos. Esperamos con especial interés la segunda parte de estas conferencias en las que este autor nos ha de exponer sus puntos de vistas personales y los resultados de su acreditada experiencia al frente de minas metálicas.—V. S. B.

MINERALOGIA

BRANCHE, GEORGES; ROJERT, MARIE-EDITH; CHANTRET, FRANCIS; MORIGNA, BERNARD, y POUGET, ROBERT: *La francevillite, nouveau minéral uraniumifère*. «C. R. Acad. C. Paris», CCNCL, páginas 87 a 91, 1 julio 1957.

Determinan los autores las características físicas y la composición química del nuevo mineral de uranio denominado francevillita. Este mineral es un vanadato hidratado de uranio y de bario, encontrado en Africa ecuatorial francesa. Generalmente una parte importante del bario está reemplazada por el plomo.—L. de A.

CANDEL VILA (R.): *Geognosia I. Mineralogía*. Separata de la «Enciclopedia Labor», vol. I: *El Universo y la Tierra*. págs. 589 a 796, con 416 figuras, láminas en color y en negro. Ed. Labor, junio 1955.

La obra se compone de las siguientes partes: Introducción, Morfología mineral, Física mineral y especies minerales. Como se ve (y no podía menos de ocurrir) el tratado se ajusta a la misma distribución de materias de todos los libros de Mineralogía, sin embargo, aunque el autor no puede evadirse de esta sistematización universal, el manual que nos presenta, por varios conceptos, resulta de un excepcional interés.

Después de una introducción breve y sugestiva pasa, inmediatamente, a la Morfología mineral. Se definen los estados amorfo, cristalino y cristal, y se entra en el estudio de las formas geométricas y cristalográficas basándose en la ley de simetría, clases de simetría y singonias. A continuación se describen las formas más típicas, simples y compuestas de cristales más frecuentes y especies que los adoptan.

Es de señalar la forma magistral con que el autor ha sabido comen-

diar la extensa materia que por naturaleza abarca esta parte de la Morfología. En la explicación de las cuestiones generales, para que resulte más comprensibles, se va apoyando en las figuras más indispensable atinadamente escogidas, y así al llegar al estudio complejo de las simetría formas y tipos, en lugar de ir reseñándolas monotonamente en varias páginas, lo simplifica ordenándolo todo en tres tablas cada una de ellas distribuidas en el mismo número de casillas. En la primera se expresa la deducción giral y giroidal de las 32 clases de simetrías y la representación estereográfica de sus elementos. En la segunda tabla se representan las formas típicas normales de cada una de las 32 clases de simetría colocadas, cada una, en el número de la clase de simetría que le corresponde. En la tercera tabla se reúnen los ejemplos más típicos de cristales de especies minerales, muy conocidas, colocadas también en las correspondientes 32 casillas, que indican, a su vez, el número de la clase de simetría a la cual pertenecen, de acuerdo con las dos tablas precedente. Es evidente la claridad con que se expone todo este vasto campo de formas de los cristales tan copioso en otros tratados de esta materia.

Sigue el estudio de los agregados de cristales, agregados paralelos maclas (de tanta importancia en cristalografía), cristales miméticos, etc. El capítulo termina con la parte dedicada a la técnica del estudio de los cristales, aparatos necesarios y métodos para su aplicación, principalmente los goniómetros. El último epígrafe titulado Fundamentos del análisis cristalógico, lleva una información completísima de los grandes adelantos conseguidos en este ramo de la Mineralogía debidos a trabajos de los investigadores que se citan.

El capítulo segundo de la obra versa sobre las propiedades físicas de los minerales ligados a la simetría, con los apartados correspondientes a las propiedades mecánicas, térmicas, magnéticas y eléctricas. De todo el que más ocupa la atención del autor es el de las propiedades ópticas tratando de la luz, de la refracción, de los elipsoides de refracción, polarización, aparatos de polarización, etc. Del microscopio polarizante resalta la importancia de la llamada platina universal de Fedorow, con la cual pueden determinar todas las constantes ópticas de un cristal o de grano cristalino único. Y trata después de la aplicación de este microscopio al estudio de los minerales con luz natural y con luz polarizada, con todo su inmenso campo de experimentaciones y aplicaciones. Son importantes los párrafos sobre investigación óptica de los minerales opacos donde se especifican las características de los diferentes microscopios meta-gráficos y técnicas de su empleo.

La parte dedicada a la aplicación de los rayos Roentgen, al estudio de la estructura de los cristales, es muy completa. Se exponen las experiencias de Laue y además los trabajos de Bragg (padre e hijo), cuales determinando la equidistancia entre los planos reticulares de materia cristalizada abrieron el camino para entrar en el conocimiento de las primeras estructuras, excepcionalmente fecunda después. De aquí

guió la determinación de las distancias absolutas entre los átomos de los cristales. Todo esto va ilustrado con figuras y ejemplos adecuados.

Sigue el estudio de las propiedades térmicas, magnéticas, eléctricas, etcetera, cuyo campo es más restringido que el de la anterior, pero, sin embargo, también se incluye una información sobre todas las investigaciones más recientes.

El tercer capítulo trata de los fenómenos químicos y simetría de los cristales, estudiándose la corrosión, la disolución y crecimiento de los cristales, isomorfismo, morfotropía, etc., cuya enumeración de epígrafes es suficiente para darse idea del interés total que encierran.

El cuarto y último capítulo *Especies minerales* ocupa una gran parte de la obra total. Empieza abordando, en primer término, la cuestión fundamental del criterio que se debe seguir para adoptar una clasificación racional de los minerales, hace historia de las más conocidas y de los fundamentos en que se apoyan y después de añadir comentarios muy atinados se decide por adoptar una clasificación muy similar a la seguida por Lapparent, Ruyley y Read por entender que es la que mejor responde a un criterio verdaderamente geológico. Comprende los siguientes grupos: 1) Elementos de las rocas fundamentales. 2) Elementos de los yacimientos minerales. 3) Minerales metálicos; y 4) Combustibles minerales.

Pretender seguir cada una de estas categorías en esta reseña sería impropiedades. Por esta razón nos limitamos a referirnos a todos ellos de una manera global. Así las especies se disponen siempre en grupos naturales definiendo sus propiedades, sus modos de yacer, sus afinidades, etcétera. En todos los casos se destacan las relaciones que las especies tienen con la petrografía y con la minería. Todas cuantas especies se describen están representadas en el libro mediante dibujos, fotografías y microfotografías. Constantemente se hacen alusiones a las aplicaciones prácticas y económicas de cada uno de los minerales. Las citas de localidades españolas no se olvidan nunca.

La obra es completa por el contenido de su texto, por la ponderación de las materias y por la amplia información, al día, que domina a lo largo de todos los capítulos. Se agranda la estimación de este tratado porque sus numerosas páginas figuran constantemente los nombres de los mineralogistas españoles con alusiones a sus trabajos más importantes. Y también se consignan los nombres y los caracteres de las especies minerales genuinamente españolas con los yacimientos más representativos de nuestro país.

La edición es impecable. Está dotada de profusión de dibujos a línea, grabados, láminas en negro y en color. El libro será de gran provecho para todo aquél que esté interesado por estas cuestiones y quiera conocer la hermosa ciencia de los minerales.—V. S. B.

PROSPECCION

BERBEZIEL, J. y FABRE, P.: *Le matériel radioélectrique dans la recherche des minerais radioactifs*. Informe C. E. A. núm. 601. París, 1956.

Comienzan el informe con las clásicas generalidades de los elementos radiactivos naturales y de la detección de sus radiaciones. Consideran los diversos tipos de aparatos utilizados normalmente para la prospección de los minerales radiactivos, como son el contador Geiger-Müller, el detector de destellos y los aparatos de radioprospección.

Tratan de la prospección en la superficie, consideran cómo se tiene que efectuar en detalle, cómo se ha de orientar sistemáticamente y de su realización desde avión o automóvil. Hablan de la aplicación a los sondeos y a las labores mineras.

Terminan con un capítulo de análisis de minerales y otro referente al estudio de los mismos.—L. de A.

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

	Ptas.
BOLETINES	
Boletines, cada tomo	75
Agotados, 1 a 26, 38, 39, 41 a 45, 48, 50, 56.	
NOTAS Y COMUNICACIONES	
Notas y Comunicaciones, cada número	40
Agotados números 1, 8, 10, 13 y 19.	
MEMORIAS	
GEOFÍSICA.	
La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas. Tomos 1.º, 2.º, 3.º y 4.º, cada uno	240
Idem, id. Tomo 5.º	150
CRIADEROS DE HIERRO.	
Hierros de Murcia	40
Idem de Asturias	40
Idem de Galicia. Tomos 1.º y 2.º agotados	40
Idem de Galicia. Tomo 3.º (dos fascículos cada uno)	40
Idem de Sevilla, Jaén y Córdoba	75
VARIOS.	
Estudio petrográfico de la Serranía de Ronda	50
Monografía de las melanopsis	50
Conchas bivalvas de agua dulce	50
Memoria del Uranio (agotada)	50
El petróleo	50
Cuenca del Alto Tajo. Alcalá de Henares	50

La cordillera del Rif (dos volúmenes de texto, uno de láminas) ...	150
Reservas mundiales de pirritas (dos volúmenes)	75
Reservas mundiales de fosfatos (dos volúmenes)	75
Libro Jubilar (tomos I y II, cada uno)	75
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955) publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España	20
El Cretáceo en España	75

GUÍAS GEOLÓGICAS.

Estrecho de Gibraltar	40
Los platinos de la serranía de Ronda	40
Minas de plomo y cobre Linares-Huelva (francés o inglés)	40
Sierra Morena-Sierra Nevada	40
Terciario continental de Burgos	40
Minas de Almadén (francés)	40
Isla de Mallorca	40
Sierra de Guadarrama	40
Aranjuez	40
Asturias (sólo en francés)	40
Sierra Morena-Llanura Bética	40
Despeñaperros	40
Guía geológica del ferrocarril Madrid-Sevilla	40
Idem id. Madrid-Irún	40

BOLETINES DE SONDEOS.

Tomo 1.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Cada fascículo	30
Tomo 2.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Idem	30
Tomo 3.º (fasc. 1.º)	30

MAPA GEOLOGICO

CARTOGRAFÍA.

Mapa Geológico de España, escala 1:1.500.000 (entelado)	75
Idem id., a 1:1.000.000 (cuatro hojas) 1955	250
Idem id., hojas sueltas, cada hoja	100
Idem id., escala 1:400.000 (cada hoja)	20
Idem id., nueva edición (cada hoja)	30

	Ptas.
Mapa provincial de Barcelona, Cádiz, Huesca y Lérida, escala 1:200.000, cada uno	50
Hojas del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	20
Atlas estratigráfico de la cuenca hullera asturiana	75
Mapa de Guinea, escala 1:400.000	20
Mapa Manantiales Minero-Medicinales de España, a 1:1.500.000...	40
Idem Vulcanológico	40

MEMORIAS.

Explicación Mapa Geológico, tomo 1.º, escala 1:1.000.00	75
Idem id., explicación tomo 2.º	75
Explicación del Mapa Geológico de España, por don Lucas Mallada, escala 1:400.000 (agotados los volúmenes 4.º, 5.º y 6.º) ...	50
Memoria provincial de Lérida y Huesca	50
Memorias del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	20
Datos para el estudio de las hojas del Mapa Geológico 1:50.000.	
Gijón-Oviedo	30
Catálogo	15

Estas publicaciones se mandan a provincias, enviando por anticipado su importe por Giro Postal, más gastos de correo.

PARA LAS LIBRERÍAS.—Los pedidos hechos por librerías tendrán un 25 % de descuento, que deberán descontar al hacer el envío de su importe por Giro Postal.



INDICE

	PÁGS.
Descubrimiento del primer yacimiento de mamíferos miocénicos de la cuenca valenciana, por M. CRUSAFONT PAIRÓ y J. TRUYOLS SANTONJA	3
Consideraciones geocronológicas del A ⁴⁰ , por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	23
Yacimientos fosilíferos de la Zona de Soberanía de Melilla, por S. DE LA CONCHA	31
Mumbramiento de aguas subterráneas en Vall de Uxó (Castellón), por ENRIQUE DUPUY DE LÔME	37
Diagramas estructurales del cuarzo y mica de las rocas metamórficas de la parte oriental de la Hoja de Buitrago de Lozoya, por TIRSO FEBREL	57
Nota sobre la sucesión estratigráfica del hullero de Asturias, en la zona: El Viso-Olloniego-Riosa, por J. A. KINDELÁN	91
El criadero de hierro «Vivaldi» en Ponferrada, León, por HANS P. RECHENBERG	107
Los océanos subterráneos fósiles y el petróleo, por MR. W. BRUDERER	145
Datos sobre el Eoceno inferior del Rif Septentrional (Marruecos), por PAUL FALLOT, MICHEL DURAND DELGA y JEAN MAGNE.	181
El problema del «Estrato cristalino», en el Nord-Este de la Provincia de Sevilla (España), por JACQUES BABRIÈS	195
Notas relativas a un viaje realizado a los Estados Unidos para el estudio de la minería del hierro, por S. DE LA CONCHA	203
Notas vulcanológicas, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	227
Noticias	251
Notas bibliográficas:	
Cristaloquímica	271
Geología	273
Geonucleónica	274
Geoquímica	276
Metalogenia	277
Mineralogía	280
Prospección	283
Instituto Geológico y Minero de España	285