

Biblioteca

16-2-4

AÑO 1956

NUM. 44

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA



Sumario

Alumbramiento de aguas subterráneas en la provincia de Albacete, por ENRIQUE DUPTUY DE LÓME.—Pág. 3.

X Zona reservada de molibdenita de los términos municipales de Setcasas y Molló (Gerona), por S. DE LA CONCHA y J. E. COMA.—Pág. 21.

X Estudio geológico de los alrededores de Mota del Cuervo (provincia de Cuenca), por JOSÉ MARÍA FONTBOTÉ y ORIOB RIBA.—Pág. 33.

X Nota sobre la investigación de los aluviones de la Laguna de Antela en Ginzo de Limia (Orense), por L. BARRÓN y ALEJANDRO H. SAMPelayo.—Pág. 73.

Diagramas estructurales del cuarzo de granulitas de las «Old Lizard Series» de South Cornwall (Inglaterra), por TIRSO PRARL.—Pág. 89.

Notas mineralográficas, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.—Pág. 119.

Edad de los meteoritos, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA.—Pág. 141.

Noticias.—Pág. 147.

Notas bibliográficas: Criaderos, pág. 165.—Geonucleónica, pág. 166.—Geoquímica, pág. 169.—Nucleónica, pág. 170.—Petrografía, pág. 171.—Prospección, pág. 172.—Química mineral, pág. 173.—Radiactividad, pág. 173.

Instituto Geológico y Minero de España.—Pág. 175

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA



NÚMERO 44

MADRID

C. BERMEJO, IMPRESOR
GARCIA MORATO, 122.—TELEF. 88-06-19

1956

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.

Alumbramiento de aguas subterráneas en la
provincia de Albacete

POR

ENRIQUE DUPUY DE LÔME

ENRIQUE DUPUY DE LÔME

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA PROVINCIA DE ALBACETE

ESTUDIO PRELIMINAR

Se ha realizado este estudio preliminar de hidrología subterránea en la provincia de Albacete, con objeto de determinar previamente aquellas zonas de la provincia en que podría ser más interesante el emprender obras de alumbramiento de aguas subterráneas.

Se trata, por lo tanto, de un trabajo de índole general con el que únicamente se pretende aportar un punto de partida para futuras investigaciones más detalladas.

Se acompaña, para mayor claridad en la exposición, un croquis de la provincia de Albacete en el que aparecen representadas las diferentes hojas del Mapa Nacional a escala 1 : 50.000, en que aquélla se halla dividida.

El extremo meridional de la provincia está cubierto por las hojas de Yeste, Yetas, Elche de la Sierra e Iso. Corresponde esta región al borde septentrional de las cadenas béticas y, concretamente, a la parte Norte de las sierras de Cazorla y de Segura.

La serie estratigráfica es aquí la siguiente :
Paleozoico (solamente en el borde oriental).

Bunt-sand-stein : Potentes niveles de margas rojas con bancos de arenisca intercalados.

Muschelkall : Calizas dolomíticas en débil espesor y solamente en la parte meridional de la zona.

PROVINCIA DE ALBACETE

Hojas del mapa a escala de 1:50.000

	715 EL PROVENCIO	716 S. CLEMENTE	717 QUINTANAR del-Rey	718 INIESTA	719 VENTA DEL Moro
739 LA ALAMEDA de Carvera	740 VILLARROBLEDO	741 MINAYA	742 LA RODA	743 MADRIGUERA	744 CASAS IBÁÑEZ
762 TOMELLOSO	763 SOTUÉLAMOS	764 MUNERA	765 LA GINETA	766 VALDEGANSA	767 CARCELEN
787 ALHAMBRA	788 EL BONILLO	789 LEZUZA	790 ALBACETE	791 CHINCHILLA de M Aragón	792 ALPERA
	814 VILLANUEVA de la Fuente	815 ROBLEDO	816 PEÑAS de S Pedro	817 PETROLA	818 MONTEALEGRE
	840 BIENSERVIDA	841 ALCARAZ	842 LIETOR	843 HELLIN	844 ONTUR
	865 SILES	866 YESTE	867 ELCHE de la Sierra	868 YSO	869 JUMILLA
	887 ORCERA	888 ESTAS	889 JUMILLA	890 CALASPARRA	
908 PONTONES	909 NERFÚ	910 CAMAJACA	911 CEHESIN		

Keuper : Potentes niveles de margas rojas y grisáceas, con yesos.

Suprakeuper : Carniolas y calizas margosas.

Lías : Potente espesor de margas grises y margas calcáreas blanquecinas, muy extendidas.

Jurásico : Calizas del Oxfordiense.

Eocretáceo : Calizas bien desarrolladas en la Sierra de Segura. Calizas y margas del Neocomiense y calizas neríticas del Urgo-aptense.

Mioceno marino : Calizas, areniscas y molasas del Burdigalense y Vindoboniense.

Mioceno continental : Arcillas y margas tortoniense-sarmatienses. Arcillas y calizas lacustres pontienses, en pequeñas manchas aisladas.

Cuaternario : Depósitos diluviales y aluviales someros.

La disposición tectónica de estas series es muy violenta. Corresponden, como hemos dicho, al arco septentrional de las cadenas béticas, y se hallan violentamente plegadas, observándose incluso corrimientos, especialmente del Mioceno marino.

En general, tanto las series estratigráficas como su disposición tectónica, no son apropiadas para el alumbramiento de grandes caudales subterráneos. El hecho de aflorar en gran parte de la zona el Keuper o el Liásico, ambos impermeables, supone una grave dificultad a este respecto.

Las calizas cretáceas pueden dar lugar a niveles acuíferos interesantes, siempre que la disposición tectónica de los estratos sea apropiada.

Se trata toda esta zona de un país agreste y poco cultivado, en el que predominan los pinares y el monte bajo.

En conjunto, el alumbramiento de aguas subterráneas en el borde Sur de la provincia de Albacete habrá de ir precedido de estudios detallados y costosas labores, que sólo en circunstancias especiales, cuya determinación queda fuera de nuestras atribuciones, podrán ser remuneradoras.

Más al Norte se encuentra la franja ocupada por las hojas de Bienservida, Alcaraz, Lietor y Hellín.

La serie estratigráfica es aquí, en líneas generales, la misma que acabamos de describir, y la disposición tectónica de las series, correspondiente ya al arco externo de las cadenas béticas, es menos violenta.

Tanto en esta zona como en la que acabamos de considerar, las condiciones meteorológicas son favorables para la acumulación de aguas subterráneas.

Aquí, además, son las circunstancias geológicas más apropiadas. En la parte occidental de esta segunda franja, es decir, en la comprendida en las hojas de Alcaraz y Bienservida, existe un horizonte hidrológico interesante en el contacto de las calizas del Suprakeuper con las margas inferiores.

El agua, sin embargo, tiene en esta zona fría y agreste escaso valor.

Más al Este, en la zona de Lietor, y especialmente en la de Hellín, el clima es más templado, y el país, de topografía ondulada, permite los cultivos. En esta región el agua para riegos representa una mayor riqueza, y ésta sería aún más elevada si el agua fuese conducida a las zonas más bajas de la provincia de Murcia. Ocupan el país alineaciones jurásicas (Bajociense, Oxfordiense, Sequanense y Kimeridgense), recubiertas parcialmente por depósitos urgoaptenses, y en el resto de la zona enmascaradas por sedimentos miocenos, ya sea marinos (Vindoboniense) continentales (Tortoniense-Sarmatiense), o bien por depósitos cuaternarios.

En otras zonas la serie jurásica está emergida y da origen a las sierras que cubren el país.

El agua que se filtra en las calizas Oxfordienses se de-

tiene al alcanzar el Lías infrayacente o el Keuper. Constituyen estas calizas oxfordienses un nivel hidrológico muy interesante, cuya captación podría intentarse mediante galerías que penetrasen en las sierras jurásicas.

Sería también interesante un estudio tectónico detallado de esta zona, que permitiese establecer la posible existencia de sinclinales o cubetas en las formaciones jurásicas. En estas estructuras cabría la esperanza de alumbrar agua surgente.

Inmediatamente al Norte de la zona que acabamos de considerar se halla la franja de la provincia de Albacete, ocupada por las hojas de Villanueva de la Fuente, Robledo, Peñas de San Pedro, Pétrola y Montealegre.

En la zona ocupada por las hojas de Villanueva de la Fuente y Robledo, la estratigrafía es muy sencilla. Sobre el substratum paleozoico se encuentra un espesor considerable de arcillas y areniscas del Bunt-sand-stein, coronadas por un pequeño recubrimiento de margas yesíferas del Keuper. Sobre estas margas descansa un espesor que oscila entre los 20 y 80 m. de carñiolas del Suprakeuper, muy corroídas. Hacia el Este, en la hoja de Robledo, siguen a las carñiolas unas alternancias de margas, calizas margosas y carñiolas, que representan el tránsito del Suprakeuper al Lías inferior.

En la hoja de Villanueva las series triásica y supra-triásica están horizontales. Lo mismo ocurre en la parte Norte y Oeste de la de Robledo, pero en la zona oriental y meridional de esta hoja las formaciones se presentan francamente onduladas. Existen aquí algunas manchitas alóctonas de Mioceno marino. La existencia de un nivel continuo de carñiolas horizontales descansando sobre las margas del Keuper da origen a un nivel acuífero fácilmente al-

canzable mediante pozos. La porosidad de las cañiolas es tan considerable, que varios arroyos de la zona pierden gran parte de su caudal, que se filtra en ellas para recuperarlo unos kilómetros más adelante.

Se trata de una zona muy rica en aguas superficiales y subterráneas, pero el agua en esta zona, de suelo pedregoso y clima frío, tiene muy poco valor y apenas se utiliza.

Hacia el Este, en la zona ocupada por la hoja de Peñas de San Pedro, las características hidrológicas varían sensiblemente. Las margas del Lías, con intercalaciones de calizas margosas, alcanzan gran extensión y desarrollo. En el extremo N.-E. de la hoja penetran las formaciones infracretáceas que se extienden más al Norte, y se encuentran pequeñas manchas de Mioceno marino y depósitos continentales más extensos de Mioceno superior.

En general, las series son poco permeables, y en conjunto, no cabe albergar esperanza de alumbrar en esta zona caudales considerables.

En el borde oriental de esta hoja se encuentran ya formaciones calizas del Jurásico medio y superior, que se extienden por la contigua de Pétrola, donde las alineaciones jurásicas ocupan grandes extensiones. Hacia el Este son recubiertas estas capas por depósitos infracretáceos, concretamente calizas arenosas, areniscas y arenas del Albense.

En las calizas jurásicas es difícil alumbrar caudales no profundos, ya que falta un nivel impermeable infrayacente. Sería preciso realizar estudios tectónicos detallados para determinar la existencia de estructuras tectónicas favorables y realizar en ellas los afloramientos mediante labores ejecutadas a gran profundidad. No creemos que el costo de las mismas sea rentable, habida cuenta del escaso valor del agua en esta zona.

En las series del Infracretáceo las alternancias de niveles porosos y otros impermeables da lugar a nivelitos acuíferos, en los que brotan la mayor parte de los manantiales de la zona. Los depósitos infracretáceos son mucho más extensos y potentes en la hoja limítrofe de Montealegre. Mediante labores emplazadas en lugares adecuados, en estas formaciones se podrían alumbrar caudales considerables. La lluvia es en esta región ya bastante más escasa, y ello constituye un indudable factor negativo. La mayor parte de la zona es montañosa, y en ella el agua para riego tiene muy poco valor.

Más al Norte de esta franja se encuentran las hojas de El Bonillo, Lezuza, Albacete, Chinchilla, Alpera y Almansa.

En las dos primeras, las características son las de las hojas situadas inmediatamente al Sur; es decir, cañiolas del Suprakeuper descansando sobre margas arcillosas del Keuper, y recubiertas (especialmente en Lezuza) por margas y calizas liásicas.

En el contacto de las margas del Keuper y las cañiolas se encuentra el mismo nivel acuífero, especialmente cuando ambas formaciones están tendidas. Es este nivel el que da origen a las famosas lagunas de Ruidera. El suelo es en esta zona muy pedregoso, y está ocupado por monte bajo y únicamente por algunos campos de cereales, creados artificialmente, agrupando las piedras en tapias y majanos. En las zonas recubiertas por margas liásicas, las características hidrológicas son más desfavorables.

En la hoja de Albacete el problema es esencialmente distinto.

Ocupa casi la totalidad de esta hoja el fondo de una

antigua laguna, hoy desecada, pero prácticamente sin salida natural.

En el borde Occidental asoman las calizas y margas del Lías, y en el Sur-Oriental, calizas jurásicas, especialmente del Oxfordiense.

La depresión que, con ligeras modificaciones, existía ya en el Mioceno, está recubierta por calizas arenosas helvecienses en su parte Oriental, y por depósitos del Mioceno continental, en casi su totalidad.

Están constituidos estos últimos depósitos por arcillas del Sarmatiense-Tortiense, sobre las que descansan en lugares aislados calizas pontienses, recubiertas en ocasiones por un delgado nivel arcilloso ligeramente más reciente.

Toda esta serie está recubierta por depósitos arcillo-sabulosos del Cuaternario, bastante potentes.

Como se trata de una zona prácticamente sin salida natural para las aguas, existe la posibilidad—y de hecho así ocurre—de alumbrar en ella caudales considerables.

Un nivel hidrológico interesante lo constituye el contacto del Sarmatiense-Tortoniense con los depósitos superiores, especialmente cuando éstos están constituidos por la caliza pontiense.

Sería interesante determinar, especialmente en la zona Sur-Oriental, la existencia de estructuras jurásicas favorables debajo del recubrimiento Mioceno.

Más al Este se hallan las hojas de Chinchilla, Alpera y Almansa.

En la hoja de Chinchilla afloran principalmente formaciones del Infracretáceo en su parte septentrional y central, y calizas jurásicas en la meridional. En estas últimas el agua se filtra fácilmente, por falta de un nivel inferior

impermeable, y sólo podría ser captada mediante labores profundas emplazadas en lugares adecuados.

En las formaciones del Infracretáceo existe un nivel superior (posiblemente Albense) permeable, que yace sobre margas aptenses.

Las condiciones son en general favorables para la circulación de agua subterránea, pero no existen estructuras apropiadas que favorezcan su acumulación.

— En la hoja de Alpera afloran casi exclusivamente calizas, areniscas y margas del Aptense y Albense, recubiertas parcialmente por formaciones arcillosas del Mioceno Superior y depósitos diluviales.

En el extremo oriental de la hoja se encuentra un asomo triásico orientado Norte-Sur.

La pluviosidad es escasa, y aunque las condiciones estratigráficas son favorables, no se encuentran grandes niveles acuíferos. Podría ser interesante el estudio hidrológico de la zona de contacto del Infracretáceo y el Triás, donde cabría la posibilidad de alumbrar caudales considerables. En nuestra opinión, y prescindiendo de circunstancias especiales que desconocemos, el agua tiene también en esta zona un valor muy relativo.

En la hoja de Almansa las condiciones son especialmente interesantes. En la parte meridional de la hoja afloran calizas y margas del Aptense. Estas mismas formaciones ocupan el tercio oriental de la hoja, formando la parte del borde occidental del Macizo del Caroch. En el Norte y Oeste de la hoja se encuentran calizas aptenses, coronadas por calizas y areniscas del Albense y Cenomane. Estos mismos niveles afloran también en el Macizo del Caroch, donde están, además, recubiertas por gruesas calizas turonenses.

En la zona occidental se encuentra la mole helveciense del Murgón de Almansa, que dibuja un suave sinclinal de eje N.-80-W. y descansa hacia el N. y O. sobre calizas cretáceas.

Separando el Murgón de Almansa del Macizo del Caroch existe una amplia faja triásica, recubierta por sedimentos miocenos lacustres.

Esta faja se halla en contacto, al Este y Oeste, mediante dos grandes fallas Norte-Sur, con el Cretáceo y Helveciense, respectivamente. Sería interesante la investigación detenida de estos contactos, pues cabe encontrar acumulaciones de aguas subterráneas, filtradas en las masas calizas, y detenidas en las margas impermeables del Keuper.

Todavía es más interesante el borde Sur de la faja triásica de Almansa.

Aquí el Keuper presenta la disposición de un asomo diapírico, y en el Cretáceo, que se encuentra más al Sur, se presentan pequeñas inflexiones que podrían favorecer la acumulación de agua subterránea.

En los bordes del diapiro triásico se observan sobre el Keuper calizas del Suprakeuper y margas del Rético inferior. La existencia de estas margas es un factor interesante, pues garantiza la existencia de un nivel impermeable aun encima de las arcillas del Keuper.

En el centro de la cuenca de Almansa se encuentran depósitos cuaternarios arcillo-sabulosos, que yacen sobre el Mioceno, y quizás en parte sobre el Keuper.

Contienen niveles acuíferos que se explotan en profusión de pequeños pozos. Sería también conveniente el estudio de esta cuenca cuaternaria, y la investigación, mediante sondeos, de su substratum.

Vamos a estudiar ahora la zona de la provincia de Al-

bacete, situada al Norte de la que acabamos de describir. Está ocupada por las hojas de Sotuélamos, Munera, La Gineta, Valdeganga y Carcelén.

En las hojas de Sotuélamos y Munera volvemos a encontrar las carniolas del Suprakeuper, recubiertas hacia el Este por margas y calizas del Lías inferior. Comienzan a extenderse ya por esta zona depósitos arcillosos del Mioceno superior, de muy pequeño valor hidrológico.

Donde afloran las carniolas horizontales se producen filtraciones de agua que se acumula en el contacto con el Keuper infrayacente. El terreno, sin embargo, es en estos lugares muy pedregoso y dificulta los cultivos.

Los depósitos miocenos son mucho más extensos y potentes en las hojas situadas más al Este, denominadas La Gineta y Valdeganga. Recubren aquí el Suprakeuper y Lías en la zona Sur, mientras que en la Norte yacen ya sobre el Cretáceo. Se distinguen en el Mioceno el Tortoniense-Sarmatiense, arcilloso, y el Pontiense, calizo.

Las calizas pontienses llegan a medir más de 50 m. y constituyen un nivel interesante, ya que el agua se filtra en ellas, y se detiene en el contacto con las arcillas inferiores.

Sin embargo, estas calizas están recubiertas en la mayor parte de la extensión de la hoja por depósitos cuaternarios predominantemente arcillosos e impermeables, y como están horizontales, sólo cabe alumbrar caudales apreciables en ellas en aquellos lugares donde afloran.

• En las calizas y margas aptenses del borde Sur-oriental de la hoja de Valdeganga tampoco se encuentran niveles acuíferos interesantes.

La hoja más oriental de esta franja, denominada Carcelén, se halla ocupada casi en su totalidad por calizas y

margas del Aptense y Albense, con algunos tramos arenosos en los niveles más altos.

Cabría la posibilidad de encontrar en estos niveles venenos de agua subterránea, pero ello habría de estar precedido de investigaciones tectónicas que pusieran de manifiesto la existencia de estructuras favorables.

Ocupan la zona septentrional de la provincia de Albacete las hojas de Villarrobledo, Minaya, La Roda, Madrigueras y Casas Ibáñez.

La hoja de Villarrobledo es, en general, bastante rica en aguas subterráneas.

En la parte septentrional y occidental de la hoja afloran depósitos cuaternarios, sabulosos y permeables, los cuales descansan sobre calizas pontienses, que a su vez yacen sobre arcillas y margas del Sarmatiense-Tortiense. Tanto en el Cuaternario como en el Pontiense se pueden alumbrar con facilidad caudales apreciables, mediante la excavación de pozos someros.

En el extremo Norte de la hoja se encuentra el curso del río Záncara. Penetra en la hoja con un caudal considerable, pero al atravesar las series permeables descritas lo pierde en casi su totalidad, y cuando sale de la hoja para penetrar en la más septentrional de El Provencio, apenas lleva agua. Gran parte de este caudal perdido podría recuperarse mediante la perforación de pozos y labores adecuadas en las inmediaciones del curso del río.

En la parte Sur-oriental de la hoja de Villarrobledo descansan los depósitos cuaternarios sobre cañiolas y margas del Suprakeuper. La existencia de niveles margosos inferiores origina horizontes acuíferos que son, en general, captados por pozos poco profundos.

Las condiciones son semejantes en la hoja contigua de

Minaya. En la parte Sur-oriental de ésta descansan los depósitos sabulosos cuaternarios sobre el Suprakeuper; en el resto sobre el Pontiense.

En ambos casos puede alumbrarse agua subterránea en el contacto de las formaciones permeables superiores con las margas y arcillas infrayacentes. El nivel hidráulico está aquí ligeramente más profundo.

Al Este de Minaya se encuentra la hoja de La Roda. Aquí no existen niveles someros de agua subterránea. Los depósitos pliocenos y cuaternarios que cubren gran parte de la zona son impermeables y, además, el profundo tajo, de más de 100 m., que ha excavado el Júcar en estas formaciones, produce un drenaje natural de las mismas, ya que la débil tendencia del buzamiento de los estratos tiene lugar precisamente hacia el curso del Júcar.

Existe en toda la zona (o al menos en su parte central y septentrional) un substratum cretáceo ondulado. Quizás una campaña de investigación geofísica pusiese de manifiesto la existencia de cubetas o sinclinales en este substratum mesozoico.

El problema es semejante en la hoja oriental de Madriguera. No cabe aquí tampoco la esperanza de alumbrar caudales subterráneos importantes en las formaciones terciarias lacustres. Ocupan gran parte de la hoja y de su substratum, formaciones de calizas, areniscas y margas del Eocretáceo. Un estudio tectónico detenido de estas formaciones, acompañado, si fuese necesario, de mediciones geofísicas, demostraría quizás la existencia de estructuras mesozoicas en las que fuese interesante la investigación de aguas subterráneas.

Es preciso tener en cuenta, sin embargo, que en este país de clima muy frío, el agua para riegos tiene relativo

valor solamente, y que es muy probable que las costosas labores de captación no sean aquí remuneradoras, máxime si, como es posible, el agua necesita ser elevada artificialmente.

Por último, la hoja de Casas Ibáñez ocupa el extremo Nordeste de la provincia de Albacete.

Afloran, en la superficie de la hoja, formaciones calizas, margosas y arenosas del Eocretáceo. En los valles y zonas bajas se encuentran depósitos arcillosos del Mioceno superior y Cuaternario.

En la serie del Eocretáceo se distinguen el Aptense marino en facies nerítica y el Albense en facies predominantemente litoral o poco profunda.

Entre los niveles aptenses se encuentran calizas en bancos tableados, con frecuentes ejemplares de *Toucasia*, y capas intercaladas de arcillas y margas, generalmente ricas en fauna.

En el Albense predominan los bancos de calizas y margas arenosas, con capas intercaladas de areniscas, que poseen en general buena porosidad.

Las labores de captación de aguas subterráneas en esta zona habrían también de ir precedidas de investigaciones detalladas que nos demostrasen la existencia de estructuras tectónicas favorables.

En resumen, y según el criterio expuesto, sería conveniente comenzar una campaña de investigación de aguas subterráneas en la provincia de Albacete, dando principio a los trabajos por aquellas zonas donde el agua pueda ser más necesaria y concurren, además, circunstancias geológicas favorables para conseguir su alumbramiento con probabilidades suficientes de éxito.

Según se desprende de lo expuesto en las páginas ante-

riores, hay tres zonas, principalmente, donde concurren estas circunstancias.

La primera de ellas es la constituida por la llanura de Albacete, en la que está enclavada la capital.

Es interesante aquí la investigación de tres niveles acuíferos distintos.

El primero de ellos lo constituyen los depósitos cuaternarios, y especialmente su zona de contacto con los bancos arcillosos inmediatamente superiores a la caliza pontiense.

El segundo nivel acuífero está constituido por las mismas calizas pontienses, que yacen, como hemos dicho, sobre arcillas y margas tortiense-sarmatienses, en general impermeables.

El tercero está constituido por las formaciones jurásicas, que en la parte Sur del área que consideramos constituyen el substratum del Mioceno.

Pudieran hallarse en estas formaciones, muy onduladas, estructuras tectónicas favorables, cuya presencia habría de comprobarse por procedimientos geofísicos.

Sería necesario, además, un estudio previo de las condiciones de permeabilidad de estas formaciones, examinándolas en sus afloramientos.

La segunda zona comprende la cuenca de Almansa y los bordes interiores de las alineaciones montañosas que la circundan.

Es interesante en esta zona investigar, mediante sondeos, el substratum de los depósitos cuaternarios que ocupan el interior de la cuenca.

Sería también muy interesante alcanzar, mediante labores adecuadas, el contacto Aptense-Keuper, en las roturas que flanquean la cuenca de Almansa en el Este y Sur. En la zona Sur convendría emplazar labores de captación

de acuerdo con las pequeñas inflexiones del Aptense en su terminación septentrional.

Del mismo modo, convendría estudiar los contactos Vin-doboniense-Cretáceo-Keuper, a lo largo de las roturas que señalan el flanco oriental del Mugrón de Almansa.

Finalmente, la tercera zona donde es aconsejable se realicen labores de captación en la provincia de Albacete es la comarca de Hellín.

Se trata, en efecto, de una zona con relativas posibilidades de alumbramiento de aguas subterráneas y en la cual, además, el agua tiene bastante valor.

Convendría investigar aquí las posibilidades hidrológicas de las series jurásicas, mediante galerías que, convenientemente emplazadas, penetren en aquéllas.

Sería también interesante el determinar la existencia de posibles estructuras tectónicas favorables, en las cuales sería conveniente ejecutar labores de captación.

Existen, además, según puede deducirse de lo expuesto en páginas anteriores, otras zonas de la provincia de Albacete donde es posible emprender la ejecución de labores de captación de aguas subterráneas.

El estudio detallado de estas otras zonas, y la localización de las labores más convenientes, habría de ser objeto, en su caso, de investigaciones más detalladas.

Madrid, junio de 1956.

Zona reservada de molibdenita de los términos municipales de Setcasas y Molló (Gerona)

POR

S. DE LA CONCHA y J. E. COMA

S. DE LA CONCHA y J. E. COMA

ZONA RESERVADA DE MOLIBDENITA
DE LOS TERMINOS MUNICIPALES DE SETCASAS
Y MOLLO (GERONA)

Por Orden ministerial de 6 de octubre de 1955 (*Boletín Oficial* del 7) se reservaron provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de minerales de molibdeno que puedan encontrarse en los terrenos francos existentes en la citada fecha y en los que queden libres mientras subsista la reserva, de los términos municipales de Setcasas y Molló, de la provincia de Gerona.

En esta nuestra primera visita efectuada en la zona en cuestión, en los días 20 al 23 de junio último, hemos realizado los siguientes itinerarios: Espinavell, Collados Pañ y de Siern, Sierra de Costabona, Torrente de la Casasa; Molló, Sierra de la Fembra Morta, y por el límite de los términos de Molló y Setcasas al Pico de Costabona y Fuente de Fra Joan; Setcasas, río Ter, Torrente de Carbonera y Collada de la Balmeta de Arriba; Setcasas y Torrente del Soláns.

En parte de estos itinerarios nos acompañó el Ingeniero de la Jefatura de Minas de Barcelona y Delegado de este Instituto, don Manuel Lasierra, al que agradecemos la colaboración prestada, así como al Jefe del Distrito, don José

Aramburu, por los datos que tuvimos a nuestra disposición. También es de agradecer las facilidades de otro orden al Comandante de la Guardia Civil del Puesto de Molló.

A Molló, Espinavell y Setcasas puede llegarse por carretera en coche desde Camprodón. A partir de dichos puntos, y salvo algún camino forestal del término de Setcasas útil para carretas, no existen otras vías de comunicación que determinadas sendas para caballerías.

El término de Setcasas tiene una extensión de 48,24 kilómetros cuadrados y cuenta con 324 habitantes, y el de Molló, 43,94 kilómetros cuadrados y 824, respectivamente.

Desde Espinavell y Setcasas, a unos 6 ó 7 kilómetros en línea recta del Pico de Costabona (2.464 m.), es necesario subir, para alcanzar este último punto, unos 1.200 metros.

El clima es frío, y todavía durante el verano quedan, en las alturas, restos de las fuertes nevadas invernales.

Geológicamente, el terreno está constituido por pizarras y calizas paleozoicas, concordantes entre sí y fuertemente plegadas en dirección general N.-70°-E. con buzamientos variables, predominantemente hacia el Sur. Las pizarras van metamorfizándose hacia el Norte y raya de la frontera, pasando en algunos puntos a micacitas y neises en la proximidad de rocas de origen ígneo. También las calizas presentan, en el contacto de estas rocas, un intenso metamorfismo pasando a mármoles, en ocasiones muy cargados de granates.

Entre los Collados de Pañ y del Pomés y la línea de la frontera aparece una pequeña mancha de roca granítica con mica dorada. Otra mancha de granito con alguna más extensión, dentro del territorio español, aparece bajo el

Pico de Costabona y límite oriental del término de Setcasas y cruza el Torrente de Fra Joan. En las cercanías de esta roca, y dentro de las calizas o en el contacto de éstas con las pizarras, afloran otras rocas hipogénicas de la serie filoniana del granito y filones de cuarzo.

Según datos obtenidos en la Jefatura de Minas existen concedidas las siguientes minas y solicitados los permisos de investigación que se relacionan, los cuales se hallan en estado de tramitación y sin demarcar. Por ello, en el plano adjunto figuran los perímetros de las solicitudes sólo aproximadamente y con arreglo a los datos que figuran en los expedientes consignados por los peticionarios:

Minas concedidas

Nombre	Núm.	Has.	Fecha de la petición	Término	Subs.	Peticionario
Hortensia.....	1827	6	18- 1-16	Setcasas	Cobre	Eusebio Jover
María Concepción	1867	11	12- 7-16	»	Hierro	»
Enrique.....	2284	29	11-10-22	»	»	Manuel Bonada
Victoria.....	2417	18	11- 4-26	»	»	»
San Ignacio.....	2624	124	22-10-39	»	»	Ignacio Bosqué

Permisos de investigación

La Fronteriza....	2959	75	8- 6-54	Molló	Wolf.	Unión Española de Minas Metál.
Ascensión.....	2960	55	8- 6-54	Setcasas	»	»
Santiago.....	2993	96	5- 8-55	Molló	»	»
Romera.....	2994	180	22- 8-55	Setcasas y Molló	W. H.	Carlos Romero de Luque
Fuente Moral....	2995	400	22- 8-55	»	»	»
San Narciso.....	2999	400	12- 9-55	»	»	»

En el plano puede observarse que, así como las minas concedidas figuran diseminadas por el término de Setcasas, todos los permisos de investigación se agrupan, o mejor dicho se amontonan, sobre la frontera con Francia, al Sur

del Pico de Costabona y hacia el límite municipal de Setcasas y Molló. Todos ellos son de fecha anterior a la de la reserva del Estado y pedidos con el incentivo de los trabajos que realizan los franceses al otro lado de la frontera. Estos trabajos se iniciaron hace unos años por el «Bureau de Recherches Geologiques, Geophysiques et Minières» para la investigación de scheelita, y constan de varios socavones y galerías a diferentes niveles y las labores auxiliares de pistas de acceso, instalaciones eléctricas, viviendas, etcétera. Tienen un compresor fijo en la parte baja de la montaña y dos portátiles en la alta, y trabajan, además, con dos sondas mecánicas en el exterior. Muy próximo a la raya fronteriza se ve un pocillo de ventilación o investigación, que parece realizado de abajo arriba, y que confirma la suposición de que la formación que investigan los franceses pasa a la zona española.

En territorio español, calizas y pizarras forman un sinclinal, según la dirección general N.-75°-E. (corte II-II), y en el punto determinado por la intersección de la línea fronteriza con la de separación de los términos municipales de Setcasas y Molló aflora un filón de cuarzo, según la misma dirección, y en el contacto de pizarras hacia el Sur y calizas hacia el Norte. Estas aparecen cargadas de granates. Desde este punto la sucesión hacia el Norte es: pizarras, filón de cuarzo, calizas, aplita, calizas y granito.

Estas rocas pasan al territorio francés y sobre ellas se desarrollan las investigaciones. Una muestra recogida y análoga a la roca metamórfica mineralizada del Turó ha sido clasificada por el Laboratorio de Petrología de este Instituto como «Roca de granate diópsido y cuarzo, en zona de contacto».

Sigue el granito pasando por el territorio español, al lado O. del Torrente de Fra Juan, y en el nuevo contacto

de las calizas aparecen éstas metamorfozadas en mármol y con algún indicio de mineral. Seguramente por este motivo se trazó antiguamente una galería por debajo de los indicios y en la que sólo se ve mármol; estas labores antiguas las denominan la mina del Ferré Nou (corte I-I).

Hacia el SE. del Pico de Costabona y SO. del Collado de Pomés aflora otra roca, clasificada como aplita por el Laboratorio de Petrología de este Instituto, denominada roca del Turó, y en la rama Sur del sinclinal formado por pizarras y calizas. El afloramiento está descubierto en unos 100 metros de línea vertical, y en su base se realizaron unas labores antiguas consistentes en dos galerías, hoy en mal estado de conservación, una por el contacto de la roca hipogénica con la caliza y otra por el contacto con la pizarra (corte III-III). En estos contactos las rocas están muy metamorfozadas, presentando un color oscuro con óxidos de hierro y sobre los bloques caídos y piedras de la escombrera pueden verse minerales de pirita de hierro, mispíquel y molibdenita. Examinadas las muestras con la lámpara se observan ligeros indicios de scheelita hacia los bordes de la molibdenita. Esta aparece distribuida irregularmente por las diaclasas de la roca metamorfozada del contacto.

Estas antiguas labores parecen quedar (dato a confirmar cuando se realicen las demarcaciones) en la superposición de los permisos de investigación La Fronteriza, Santiago y Romera.

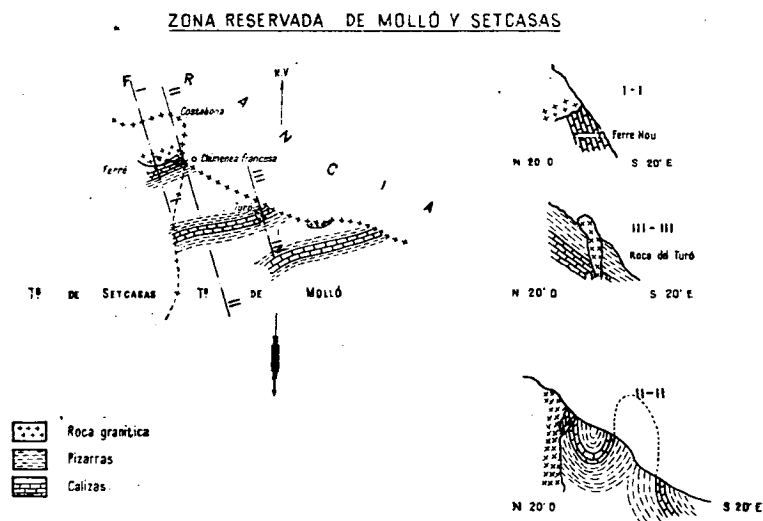
Hacia el Sur, y unos 50 metros más bajo de estas labores, se encuentra una pequeña calicata hecha sobre otro afloramiento ferruginoso, también en el contacto de calizas y pizarras, pero sin que se observe ninguna roca hipogénica aflorante.

Más hacia el Sur, y 340 metros más bajo y a la orilla izquierda del Torrente de la Casasa o del Gresa, se en-

cuentra la antigua mina del «Serrat del Burro», en la que se ve una pequeña galería sobre un crestón ferruginoso con pintas de pirita, entre pizarras tegulares oscuras y próxima a un crestón de cuarzo de unos tres metros de potencia.

Volviendo otra vez al Norte y término de Setcasas y entre las calizas del Collado de la Balmeta de Arriba (cota 2.020 m.), se observa otra pequeña calicata sobre un afloramiento ferruginoso con pintas de pirita.

Siguiendo hacia el Sur, y en el mismo Torrente de



Carbonera (1.700 m), se encuentran las antiguas minas de las Cabañas de Cridá (corresponden a la actual mina Hortensia), en las que se ven unos filoncillos de cuarzo entre las pizarras, con pirita y alguna pinta de calcopirita.

Más hacia el Sur, y en el Torrente del Felín (cota 1.430 metros), se encuentran unas calicatas de una antigua mina

de amianto, y se pueden observar unos pequeños indicios de amianto anfibólico entre las juntas de la caliza.

Al Oeste de Setcasas, y sobre el Torrente de Soláns, se encuentra la mina «San Ignacio», hoy parada, en la que aparece el mispíquel en grandes nódulos con cuarzo y en el contacto de calizas y pizarras muy trastornadas. Se ve que las labores tuvieron una relativa importancia y que hubo instalado un cable aéreo para salvar los 340 metros de desnivel que hay desde la mina a la carretera de Setcasas a Camprodón.

De los datos expuestos sacamos las siguientes conclusiones:

1.^a Los minerales de wolframio, que investigan los franceses, y los de molibdeno, reconocidos en la roca del Turó, suelen presentarse en relación con rocas de la serie filoniana del granito (aplitas, etc.); estas rocas encajan, en la zona estudiada, principalmente en calizas o en el contacto de éstas con las pizarras, acusando su existencia no solamente por los afloramientos, sino por el intenso metamorfismo de dichas rocas.

2.^a El terreno más interesante, desde el punto de vista de la posible existencia de molibdenita en cantidad explotable, aparece circunscrito a la parte septentrional y limítrofe entre los términos municipales de Molloy y Setcasas.

3.^a Dicha zona está cubierta por seis peticiones de permiso de investigación en estado de tramitación, y en la actualidad sin demarcar, y, por lo tanto, queda excluida de la reserva del Estado. Las solicitudes suman 1.206 hectáreas, si bien hay entre ellas varias superposiciones, como puede verse en el plano.

4.^a No obstante el párrafo anterior, estimamos debe mantenerse provisionalmente la reserva, en previsión de

que los trabajos de investigación de los solicitantes no se realicen en la forma debida o por cualquier otra circunstancia que aconseje poner en práctica el artículo 47 del vigente Reglamento General para el Régimen de la Minería.

5.* Sería interesante visitar los trabajos franceses del otro lado de la frontera, pues de sus resultados podrían deducirse conclusiones provechosas para la zona española.

LABORATORIO DE PETROLOGÍA

Roca de Costabona, del límite de la frontera con los términos municipales de Setcasas y Molló (Gerona), examinada por don Antonio Baselga.

Clasificación: Roca de granate, diópsido y cuarzo, en zona de contacto.

Caracteres macroscópicos:

Color: rojo granate, claro.

Dureza: grande:

Fractura: desigual astillosa.

Caracteres microscópicos:

Textura: microgranuda, con aspecto de corneana.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

Primarios, esenciales: grosularia, diópsido, cuarzo.

Primarios, accesorios: anfíbol.

Particularidades y observaciones: Es roca (calcárea-

silicatada) producida probablemente por metamorfismo de esquisto calcáreo.

Madrid, 1 de agosto de 1956.

LABORATORIO DE PETROLOGÍA

Roca del Turó de Molló (Gerona), examinada por don Antonio Baselga.

Clasificación: Aplita.

Caracteres macroscópicos:

Color: blanco en algunos trozos; amarillo miel en otros.

Dureza: grande.

Fractura: irregular granosa.

Caracteres microscópicos:

Textura: aplítica.

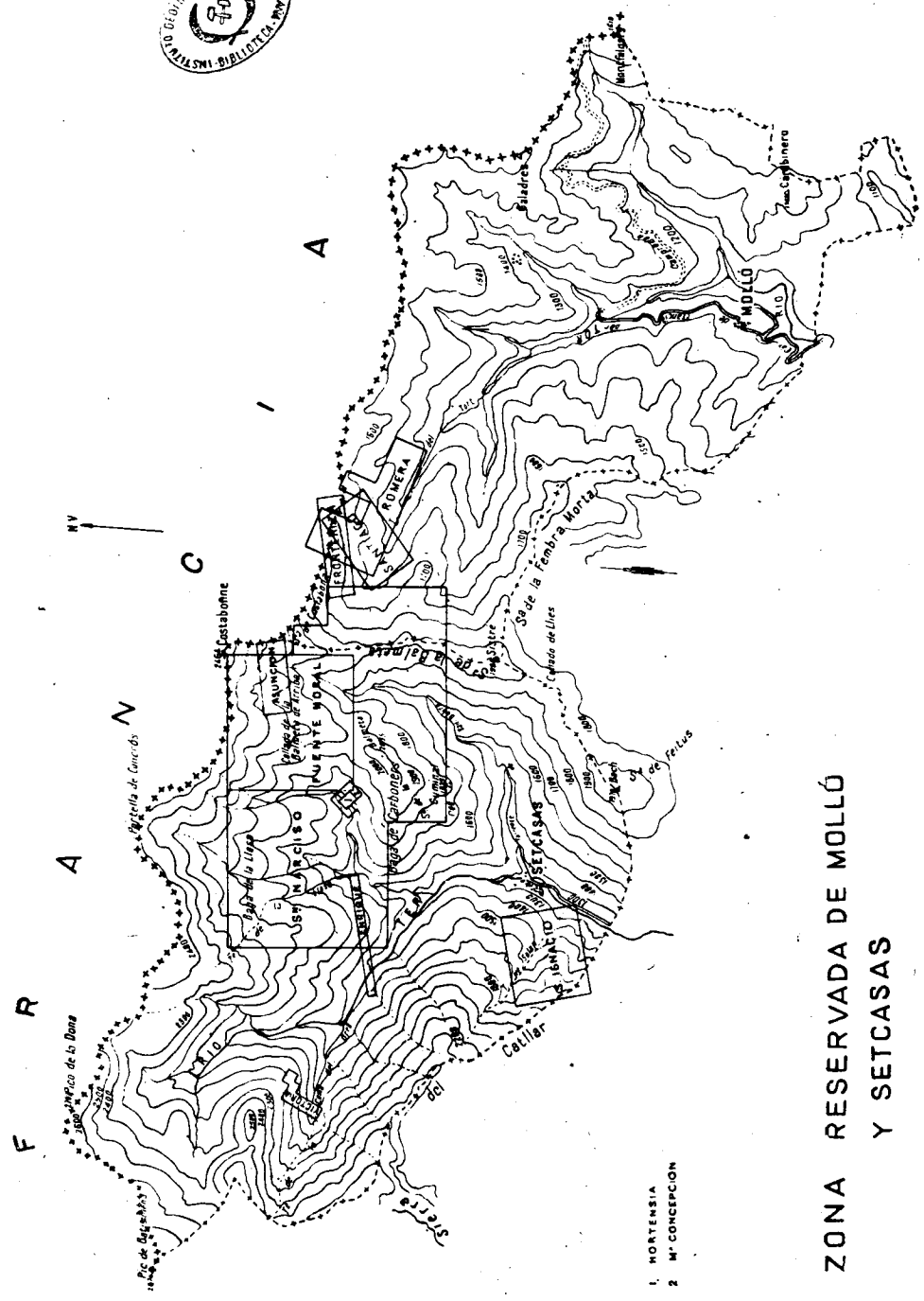
Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

Primarios, esenciales: cuarzo, oligoclasa, microclino, muscovita, mirmequita.

Primarios, accesorios: microcristales de biotita con paso a clorita.

Secundarios, productos de alteración: sericita, clorita y sustancias arcillosas; todo ello escaso.

Madrid, 31 de julio de 1956.



ZONA RESERVADA DE MOLLÓ
Y SETCASAS

Estudio geológico de los alrededores de Mota
del Cuervo (provincia de Cuenca)

POR

JOSE MARIA FONTBOTE y ORIOL RIBA

JOSÉ MARIA FONTBOTÉ y ORIOL RIBA

ESTUDIO GEOLOGICO DE LOS ALREDEDORES
DE MOTA DEL CUERVO (PROVINCIA
DE CUENCA)

INTRODUCCION

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La zona que es objeto del presente estudio se halla situada en el extremo SW. de la provincia de Cuenca. En su mayor parte, queda comprendida dentro del término municipal de Mota del Cuervo. Está distribuída entre las hojas siguientes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000: núm. 688 (Quintanar de la Orden), núm. 689 (Belmonte), núm. 714 (Campo de Criptana) y núm. 715 (El Provencio).

Esta zona puede considerarse como integrante de la gran región geográfica de La Mancha. Desde el punto de vista hidrográfico, pertenece a la cuenca del río Guadiana. Hacia el S., presenta algunas áreas carentes de avenamiento superficial, que se continúan por fuera de los límites de la zona objeto de nuestro estudio y contienen varias lagunas.

El relieve es sumamente monótono y suave en toda esta zona. Muy ligeramente ondulada, toda ella se mantiene

entre las cotas 690 y 772. Varios cordales calizos, de dirección general NNW.-SSE., muy débilmente alomados, alternan con amplios valles de naturaleza predominantemente arcillosa. Unos y otros, a pesar de su escaso desnivel, contrastan bien en el paisaje; los primeros mantienen una escasa vegetación espontánea xerofítica, mientras que por los segundos se extienden ricas y profundas tierras de labor, bien aprovechadas por los cultivos.

ESTUDIOS ANTERIORES

Ningún estudio geológico especial sobre la zona objeto de nuestro trabajo ha sido publicado hasta ahora. Pueden encontrarse datos dispersos sobre la misma, en multitud de obras de carácter general. No entra en nuestros propósitos el dar una referencia exhaustiva de toda esta literatura. Nos limitaremos a las obras más importantes, ya sea por sus datos concretos sobre esta zona, ya por la transcendencia a la misma de algunas de sus conclusiones.

Botella y Cortázar (1878) señalan la presencia del Cretáceo en los alrededores de Mota del Cuervo. Según estos autores, este terreno aflora en las colinas, mientras que el Mioceno se extiende por el resto del territorio. Citan 12 especies fósiles del Cretáceo, pero en la lista de las mismas figuran mezcladas varias que deben proceder de niveles diferentes. En el mapa que acompaña la Memoria, se delimitan a grandes rasgos los terrenos Cretáceo y Mioceno.

La Memoria de Mallada y Dupuy de Lôme (1912) sobre la provincia de Toledo cita, en las inmediaciones de Mota del Cuervo, la existencia de unos anticlinales de calizas cretáceas. Estas contienen fósiles cenomanenses en sus estratos inferiores, y rudistos en los altos.

Importantes datos sobre la estratigrafía y la tectónica del Terciario continental de Castilla la Nueva fueron dados a conocer por Royo y Gómez (1920, 1922, etc.). Este autor distingue dos series separadas por una discordancia: una, antigua, paleógena; otra, miocénica. Esa discordancia es visible, y muy importante, en la Sierra de Altomira y zonas vecinas. Indica movimientos orogénicos poststampieneses y pretortonienenses que debieron alcanzar notable intensidad. El Mioceno suprayacente está solamente ondulado, en unas pocas localidades.

La edad miocénica de esa serie superior había quedado definitivamente fijada por Hernández-Pacheco (1914), gracias al hallazgo de una fauna pontiense en la Puebla de Almoradier. Otras publicaciones del mismo autor (Hernández-Pacheco, 1921, 1926, etc.), también contienen datos de interés para la zona objeto de nuestro estudio.

En su Memoria sobre la Cordillera Ibérica, Richter y Teichmüller (1933) no excluyen totalmente la región marginal de la Meseta. Precisan su sucesión estratigráfica, y sus resultados, a este respecto, coinciden, casi sin la menor discrepancia, con los nuestros. También se ocupan de los rasgos principales de la estructura tectónica de dicha región marginal, de la cual dan varios cortes. Algunos afectan la zona estudiada por nosotros y coinciden bastante bien con los nuestros.

Muy notable es, para la zona de nuestro estudio, la rectificación que presenta la 4.^a edición del Mapa Geológico de España y Portugal (1955) a escala 1:1.000.000, en la zona comprendida entre la Sierra de Altomira y la Cordillera Ibérica. Las ediciones anteriores del mismo Mapa, así como las del Mapa a escala 1:400.000, habían aportado muy leves modificaciones a los contornos trazados por

Cortázar (1878). Dicha zona, que hasta ahora había sido representada uniformemente como miocena, aparece en la nueva edición constituida por una serie de anticlinales mesozoicos flanqueados por terrenos oligocenos. Esta modificación se debe a Ríos (Ríos, 1955; Gavala y Ríos, 1955) que con la ayuda de fotografías aéreas ha llevado recientemente un extenso reconocimiento de la zona.

PROBLEMAS PLANTEADOS

El estudio propuesto tenía por objeto fundamental el reconocimiento del área de los alrededores de Mota del Cuervo, tanto en el aspecto estratigráfico, como en el tectónico y en el geomorfológico.

De todos modos, procuramos no perder de vista las relaciones que podían presentar los problemas geológicos locales de dicha área con otros de transcendencia más general. Dadas las deficiencias que presenta todavía el conocimiento geológico de la zona marginal oriental de la Meseta, cabía esperar que un detallado estudio de una pequeña área de esta zona permitiría obtener ciertos resultados de un interés más general. Conforme se podrá apreciar, estas previsiones, por lo menos parcialmente, se han visto confirmadas.

Los problemas más fundamentales que se planteaban en esa zona eran: 1.º La revisión detallada de la sucesión estratigráfica. 2.º La identificación y caracterización de sus accidentes tectónicos, así como el establecimiento de la cronología de los mismos. La comparación con otras áreas de la Meseta y de la Cordillera Ibérica mejor conocidas permitirá obtener ciertas conclusiones paleogeográficas y tectónicas de una transcendencia mayor.

Con mayores motivos, por su propia índole, los problemas geomorfológicos suelen requerir un estudio no restringido a unos límites demasiado estrechos. En el caso que nos ocupa, la interpretación del relieve actual del área objeto de nuestro estudio nos llevó a plantear un problema más general: el de la evolución del relieve de una extensa zona de la Meseta al S. del Tajo.

Nos complace expresar desde estas líneas nuestro agradecimiento a don José María Ríos, quien nos ha comunicado multitud de interesantes datos y orientaciones, y nos ha animado a publicar *in extenso* este trabajo, que no fué emprendido con tal pretensión. También, al Dr. J. R. Battaller, que se ha encargado amablemente de la clasificación de las faunas fósiles recogidas; y a los Dres. L. Solé Sabarís y F. Hernández-Pacheco, a quienes debemos valiosos datos y sugerencias.

ESTRATIGRAFIA

GENERALIDADES

Los terrenos que afloran en los alrededores de Mota del Cuervo forman dos grandes unidades, a saber:

Una serie de edad mesozoica y paleógena, afectada por una serie de pliegues de dirección general WNW.-ESE.; y

Una cobertera discontinua de materiales detrítico-arcillosos mucho más modernos, la cual no ha sido afectada por dichos pliegues.

Dentro de la primera unidad, los fósiles hallados, así como los caracteres litológicos y de facies, permiten distinguir tres tramos, correspondientes al Liásico, al Cretáceo y al Paleógeno.

En la segunda no hemos hallado ningún fósil. Por las consideraciones que más adelante expondremos, llegamos a la conclusión de que tal cobertera debe corresponder en su mayor parte al Plioceno más alto o Villafranquiense. Los terrenos cuaternarios más modernos también están representados en ella, pero en escala relativamente poco importante.

LA SERIE MESOZOICA Y PALEÓGENA

Descripción de los cortes

Para establecer la sucesión estratigráfica lo más detalladamente posible, hemos estudiado dos cortes de dirección WSW.-ENE., en el flanco occidental del anticlinal que pasa inmediatamente al E. de Mota del Cuervo. El primero, a unos 250 m. al S. de la ermita de la Virgen del Valle; el segundo, a lo largo de la carretera de Mota del Cuervo a Belmonte, entre los kilómetros 115 y 114. Estos cortes se observan en excelentes condiciones, y son los más completos en la zona objeto de nuestro trabajo. Las observaciones efectuadas en otros cortes parciales concuerdan plenamente con la sucesión establecida a partir de los primeros.

El primer corte (fig. 1, I) muestra la sucesión siguiente :

21—0,7 m.—Calizas limosas rosadas y blancas, estériles.

20—6 m.—Conglomerados y areniscas tenaces, con cantos de cuarcita (80 %) y de caliza (20 %) de hasta 10 cm.

19—22 m.—Arcillas margosas y limosas, de color rojo ladrillo, con algunas concreciones calizas claras. Estos materiales son muy deleznable, y sus afloramientos quedan jalonados por sendas depresiones.

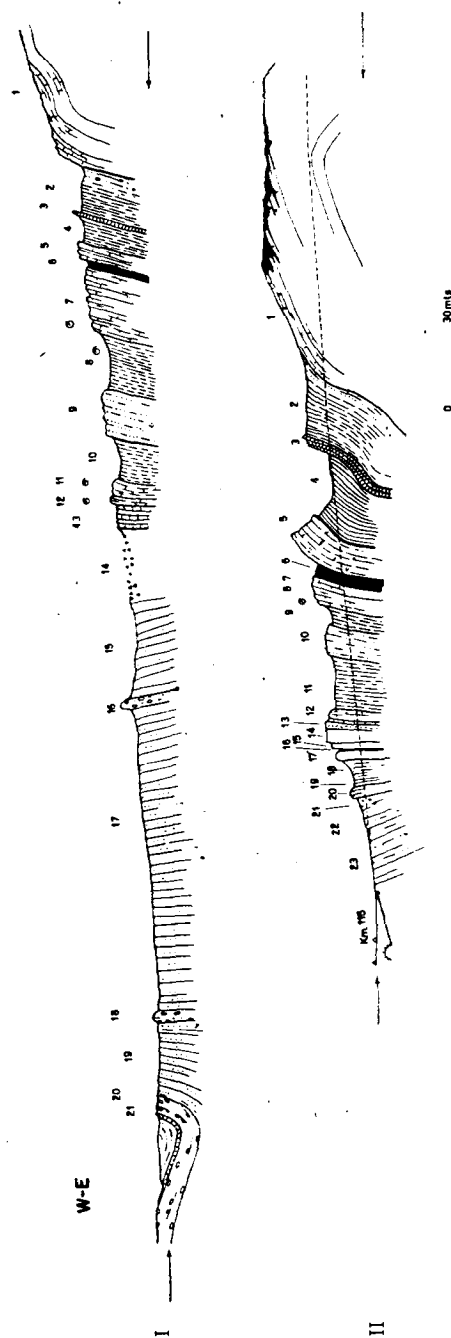


Fig. 1. Cortes estratigráficos descritos en el texto. El corte I pasa unos 250 m. al S. de la ermita de la Virgen del Valle; el II se halla inmediatamente al E. de Mota del Cuervo.

18—3 m.—Areniscas tenaces y conglomerados, en todo análogos a los del nivel 20.

17—90 m.—Arcillas análogas a las del nivel 19.

16—3 m.—Areniscas de grano grueso que pasan insensiblemente a conglomerados, con cantos rodados de cuarcita (40 %) y de caliza mesozoica (60 %), de hasta 15 cm.

15—30 m.—Arcillas análogas a las del nivel 19.

(14)—25 m.—La sucesión queda oculta debajo de un manto de materiales coluviales.

13—7 m.—Calizas margosas blancas con restos orgánicos marinos, y margas arcillosas grisáceo-parduscas, sin límites francos.

12—3 m.—Calizas blancas y rosadas, duras, con *Alveolina* sp. y *Terebratula* sp.

11—5 m.—Calizas duras rosadas, de grano muy fino, algo brechoideas, con secciones muy claras de rudistos. Entre ellas parece reconocerse la de *Hippurites (Orbignya)* cf. *maestrei* Vidal.

10—10 m.—Margas arcillosas de color ocre, gris y abigarrado.

9—12 m.—Areniscas de grano fino, algo micáceas, friables, de color verdoso y ocre sucio.

8—17 m.—Margas arcilloso-limosas, micáceas, de color ocre verdoso, muy fosilíferas. Contienen: *Arca fibrosa* d'Orb., *Pecten* sp., *Exogyra flabellata* d'Orb., *Exogyra* cfr. *columba* Lam., *Natica* sp., *Tylostoma torrubiae* Sharpe, *Hemiaster fourneli* Desor.

7—20 m.—Calizas algo arenosas, blanquecinas, con abundantes ejemplares de *Exogyra*, idénticos a los del nivel precedente.

6—2 m.—Margas limosas grises y rojizas.

5—7 m.—Calizas de grano fino, de color ocre y rojizo.

4—8 m.—Margas arcillosas y limosas, de colores gris-verdoso y rojizo.

3—0,5 m.—Calizas algo limosas grises.

2—14 m.—Arcillas limosas, margas y arenas cuarzosas bastante sueltas, que hacia la base pasan a arenas caolíníferas sin mica, blancas, rosadas u ocreas, con abundantes cantos de cuarcita translúcidos y brillantes.

Yacente: 1—>50 m.—Calizas duras, de grano muy fino, de color gris algo verdoso u ocráceo, con estratificación muy visible.

El segundo corte, por la carretera de Mota del Cuervo a Belmonte (fig. 1, II), permite observar la sucesión siguiente:

23—>20 m.—Arcillas margosas muy arenosas, rojizas. Los granos de arena son angulosos.

22—4 m.—Areniscas de grano grueso, blancas, con cemento caolínico. Contienen cantos de cuarcita abundantes, de menos de 3 cm., rodados, con alguna faceta plana, así como concreciones silíceas frágiles, de color rojizo.

21—7 m.—Margas arcillosas caolínicas, blandas, de colores abigarrados, con algunos lechos de caolín bastante puro.

20—4 m.—Areniscas de grano muy fino, con cemento calizo, bien estratificadas, de colores ocreas y rojizas.

19—2 m.—Margas blanquecinas y ocreas.

18—7 m.—Margas arenosas de color ocre y arcillas caolíníferas blanquecinas.

17—2,5 m.—Calizas compactas de grano fino, algo limosas en algún lecho, cuarteadas, con restos orgánicos indeterminables.

16—1 m.—Arcillas margosas rojas y grises.

15—12—14 m.—Calizas duras, algo brechoideas, blanque-

cinas, que alternan con margas grises con manchas rojizas y negruzcas, las cuales tienen restos orgánicos indeterminables.

11—17 m.—Margas arcillosas, limosas, de color ocre verdoso, rosadas en algunos lechos, con intercalaciones de arenas.

10—17 m.—Areniscas de grano fino y cemento calizo, ocre.

9—7 m.—Margas arcillosas, algo arenosas, más o menos laminadas, de color verde amarillento u ocráceo.

8—5 m.—Calizas algo limosas, de color de blanquecino a ocre, muy fosilíferas. En ellas hemos recogido: *Pecten* cfr. *subacutus* Lam., *Neithea* cfr. *aequicostata* Lam., *Exogyra flabellata*, d'Orb. *Exogyra columba* Lam., *Opis* sp., *Cardium gentianum* Sow., *Nerinaea* cfr. *espallanciana* d'Orb., *Tylostoma torrubiae* Sharpe, y un equínido no determinable.

7—3 m.—Calizas compactas, duras, de grano muy fino, con venas espáticas, rosadas.

6—3,5 m.—Margas finamente limosas o arenosas, bien estratificadas, de color ocre, con lechos rojizos y violáceos.

5—3 m.—Calizas limosas duras, tableadas, con nódulos ferruginosos, de color gris verdoso con manchas rojizas.

4—19 m.—Margas idénticas a las del nivel 6.

3—3 m.—Margas limosas compactas, tableadas, con nódulos ferruginosos.

2—18 m.—Margas arcillosas abigarradas, blancas, grises y ocre. En la base se hallan areniscas ferruginosas.

Yacente: 1—>30 m.—Calizas duras de grano muy fino, bien estratificadas en bancos gruesos, de color de rojizo a gris ocráceo o verdoso, con algunos lechos interestratificados de calizas margosas grisáceas.

Prescindiendo de algunas variaciones de detalle, los cortes parciales estudiados muestran fragmentos de la misma sucesión estratigráfica visible en los descritos. Hemos resumido en el cuadro que sigue las características de las grandes unidades estratigráficas que pueden distinguirse reuniendo todos esos datos:

G—más de 250 m.—Serie detrítico-arcillosa, color rojo ladrillo, con cantos de cuarcita y de caliza, sin caolín. (Niveles 21-15 del corte I y 23 del corte II.)

F—unos 25 m.—Serie arenosa-arcillosa de colores más variados, con lechos de caolín. Contiene cantos rodados exclusivamente de cuarcita. (Niveles 14 del corte I y 22-18 del corte II.)

E—de 15 a 20 m.—Calizas y margas con rudistos y alveolinas. (Niveles 13-11 del corte I y 17-12 del corte II.)

D—de 50 a 60 m.—Margas arcillosas y limosas, areniscas de grano fino y calizas algo limosas, con lamelibranquios, gasterópodos y equínidos. Abunda la especie *Exogyra flabellata*. (Niveles 10-7 del corte I y 11-7 del corte II.)

C—de 25 a 35 m.—Margas arcillosas, detríticas, con algún nivel calizo interestratificado. (Niveles 6-3 y parte del 2 del corte I y 6-2 del corte II.)

B—potencia muy variable, de 0 a 25 m.—Arenas caolíníferas, y conglomerados y areniscas de cemento ferruginoso. (Parte del nivel 2 del corte I y nivel 2 del corte II.)

A—más de 50 m.—Calizas compactas, duras, bien estratificadas, de color de gris rosado a gris verdoso.

La variabilidad de la potencia del tramo B, así como la presencia de costras ferruginosas sobre la superficie del tramo infrayacente A, la cual, a su vez, está más o menos fuertemente rubefactada y carstificada, hacen suponer un hiato entre la sedimentación de ambos tramos. Es el único cuya

existencia puede asegurarse, en toda esta serie sedimentaria.

En los demás tramos también hemos advertido variaciones de potencia. Por lo menos en parte, se explican por laminaciones más o menos acusadas que presentan los estratos más plásticos en la mayoría de los cortes estudiados. Debe advertirse que éstos se han seguido precisamente en los flancos de los pliegues existentes en la región, flancos que presentan buzamientos muy próximos a la vertical.

Cronología

La edad de la mayoría de los distintos tramos que hemos distinguido en esta serie puede ser establecida con bastante seguridad.

El tramo A no nos ha proporcionado fósiles. Por su facies recuerda al Liásico de muchas zonas de la Cordillera Ibérica. Richter y Teichmüller (1933) lo han observado también, precisamente junto a Mota del Cuervo. Lo atribuyen al Liás, probablemente al Liás medio. No solamente por su facies, sino también por una interesante consideración paleogeográfica. En efecto—como estos autores ponen de relieve—, hacia el borde occidental de la Cordillera Ibérica van acuñaándose, y desaparecen progresivamente, el Cretáceo inferior, el Malm, el Dogger, e incluso el Liás superior. En cambio, el Liás inferior y medio, correspondientes a uno de los máximos de las transgresiones mesozoicas en el ámbito ibérico, llegan más lejos hacia el W. y alcanzan los dominios de la Meseta propiamente dicha. Nosotros compartimos la opinión de los autores últimamente citados, y atribuimos también las calizas de este tramo al Liás medio.

Por su facies y su situación debajo de las capas con *Exogyra*, el tramo B podría ser atribuido o bien al Wealdense o bien al nivel de las capas de Utrillas. Estas últimas no han sido todavía datadas satisfactoriamente, pero es probable su edad albense, y segura, desde luego, su edad supra-aptense. La abundancia de caolín y de arenas cuarzosas que han sufrido un intenso lavado, así como la probable continuidad de la sedimentación hasta las capas con *Exogyra*, de edad cenomanense-turonense, como veremos, nos inclinan por la segunda posibilidad, es decir, la edad probablemente Albense. Se trataría, pues, de las «capas de Utrillas», representadas aquí con una débil potencia, de acuerdo con las circunstancias paleogeográficas.

El tramo C puede representar la parte alta del Albense y tal vez abarcar los niveles cenomanenses más bajos. La falta de fósiles impide mayores precisiones.

Las calizas del tramo D contienen la típica fauna cenomanense-turonense representada todo a lo largo de la Cordillera Ibérica. Cortázar (1878) cita de este tramo, en la misma localidad de Mota del Cuervo, la siguiente lista de fósiles que complementa la nuestra: *Globiconcha rotunda* d'Orb., *Natica hispanica* d'Orb., *Cardium hillanum* Sow., *Arca cenomanensis* d'Orb., *Ostrea columba* Desh. (= *Exogyra columba* Lam.), *Ostrea flabella* d'Orb. (= *Exogyra flabellata* d'Orb.), *Hemiaster journali* Desh., *Phymosoma delamarnei* Desh., *Phymosoma carcinatum* Agass., *Diplopodia voissyi* Desh., *Salenia sentigena* Gray, *Radiolites* sp. Richter y Teichmüller citan de Mota del Cuervo, probablemente de este mismo tramo, la presencia de *Exogyra flabellata* d'Orb., y *E. boussingaulti* d'Orb. Estas faunas se hallan en los estratos inferiores del tramo. Los superiores, azoicos, pueden representar al Coniacense.

Los fósiles hallados por nosotros en el tramo E no permitirían una determinación cronológica segura. No obstante, dadas las semejanzas indiscutibles que presenta con el Senonense de regiones próximas, podemos atribuirle la misma edad.

Por su facies continental y su constitución litológica, el tramo F recuerda bien al Daniense de la Cordillera Ibérica. Por otra parte, la presencia de lechos de caolín no parece haber sido comprobada en el Paleógeno.

Las capas detrítico-arcillosas superiores, del tramo G, pueden ser atribuidas al Paleógeno con toda seguridad. Tienen la misma facies y son continuación de las que han podido ser bien datadas en zonas próximas por Cortázar (1878), Royo Gómez (1926) y Schröder (1930). Son concordantes con las precedentes, y netamente discordantes con las del Mioceno, como también han señalado estos dos últimos autores.

Como resumen y resultado de las anteriores consideraciones, proponemos el cuadro siguiente sobre la cronología de los tramos que hemos distinguido en esta serie:

Tramo G—*Paleógeno*.

Tramo F—*Daniense* probable.

Tramo E—*Senonense*.

Tramo D—*Cenomanense - Turonense* (*Coniacense?* la parte alta)

Tramo C—*Albense*.

Tramo B—*Albense*.

Hiato de la sedimentación.

Tramo A—*Liásico*.

Desarrollo de la sedimentación

La sucesión estratigráfica descrita muestra claramente unas alternancias de régimen marino y continental en la sedimentación, así como alguna interrupción en la misma.

En resumen, esta historia de la sedimentación puede resumirse así:

En el Liásico, la zona objeto de estudio forma parte de una cuenca de sedimentación marina. Esta sedimentación marina queda interrumpida luego, durante el Dogger, el Malm, y el Cretáceo inferior.

Durante el Albense, se desarrolla una sedimentación continental, bajo las especiales condiciones climáticas que originan la típica facies de las «Capas de Utrillas».

La zona en cuestión queda afectada por la transgresión cenomanense. Comienza un nuevo ciclo sedimentario marino que se prolonga hasta el Senonense inclusive.

Luego, el mar se retira definitivamente. La sedimentación continúa, con facies continental. Como hemos indicado antes, nos inclinamos a suponer que las capas continentales más antiguas de este nuevo ciclo son de edad daniense. Con excepción de estas capas basales, el resto de esa serie continental pertenece indiscutiblemente al Paleógeno.

Es posible que este Paleógeno sea una formación, por lo menos en parte, sinorogénica. Los cantos de calizas mesozoicas que contiene no pueden proceder de muy lejos. Su presencia puede explicarse por la erosión de ciertas áreas anticlinales, en vías de surrección en las cuales fueran quedando al descubierto las calizas mesozoicas, mientras que en las sinclinales proseguía ininterrumpidamente la sedimentación.

Más tarde, la sedimentación cesa. Los relieves erigidos continúan siendo presa de la erosión. Sobre una parte de los mismos, muy arrasados por cierto, se depositarán estratos discordantes de edad más reciente, de los cuales nos ocuparemos oportunamente.

Resultados paleogeográficos

El desarrollo de la sedimentación precedentemente descrito, comparado con el de varios otros sectores del ámbito de la Meseta y de la Cordillera Ibérica, permite precisar algunas conclusiones paleogeográficas.

La zona de los alrededores de Mota del Cuervo resulta ser un jalón que acredita una extensión de la transgresión liásica, más hacia el W. de lo que los mapas geológicos existentes hacían suponer.

Esta área no quedó afectada, en cambio, por la transgresión aptense, la cual quedó restringida a una parte del ámbito de la Cordillera Ibérica propiamente dicha.

Sobre la misma área se desarrolló también la sedimentación de las «Capas de Utrillas», de edad probablemente albense. Mantienen en ella sus peculiares características faciales, que se repiten con singular uniformidad desde un extremo a otro de la Cordillera Ibérica, y en todo el borde oriental de la Meseta.

También resultó afectada esta área por la transgresión cenomanense, lo mismo que una extensión considerable más al interior de la Meseta (Mallada, 1904; Solé Sabarís, 1952, etcétera). Después de la regresión de fines del Senonense, la sedimentación ha sido exclusivamente continental.

Todos estos resultados concuerdan con los generales para el ámbito oriental de la Meseta, que fueron bien sistema-

tizados por Schröder (1930) y Richter y Teichmüller (1933), especialmente. Confirman la persistencia de una suave inclinación general del zócalo de la Meseta hacia el Este, durante la era secundaria. Esa inclinación facilitó la llegada de las transgresiones marinas procedentes del E., si bien, por la estabilización y la tendencia a la emersión de ese zócalo, el régimen marino ha dominado solamente en épocas relativamente cortas. Más al E., en el ámbito de la Cordillera Ibérica propiamente dicha, el zócalo herciniano tenía una mayor tendencia al hundimiento, con lo cual las formaciones marinas son más numerosas, completas y potentes.

Es notable la recurrencia, después del Senonense, de ciertas condiciones climáticas que reinaron durante el depósito de las «Capas de Utrillas». En efecto, se formaron nuevamente niveles de arenas sueltas, con lechos de caolín y de arcillas plásticas. Sugieren un clima cálido y húmedo, con intervalos más templados. Así se explicaría, en principio, la alternancia de lechos de arenas intensamente lavadas con otros de arcillas. Sería interesante investigar la posible presencia de bauxitas, puesto que en las «Capas de Utrillas» del Bajo Aragón, que tienen la misma facies que ese probable Daniense, están bien representadas.

Un estudio sistemático de la repartición vertical y horizontal de los elementos detríticos de diversa naturaleza que están representados en los estratos de esta serie mesozoica-paleógena proporcionaría algunos resultados paleogeográficos interesantes. El área reconocida por nosotros es excesivamente reducida y sería menester extender las observaciones por una zona más dilatada. De todos modos, lo más probable es que, hasta el Paleógeno, los aportes detríticos—representados sobre todo por cuarzo y cuarcita—proceden

del W. Es decir, de zonas de la Meseta más interiores, las cuales han permanecido más persistentemente emergidas. En el Paleógeno, además de las cuarcitas, se encuentran representadas las calizas. Como queda indicado anteriormente, pudieron proceder del desmantelamiento de los pliegues anticlinales que tal vez debieron esbozarse y acentuarse progresivamente durante la sedimentación del Paleógeno.

LOS MATERIALES POSTPALEÓGENOS

Los materiales de edad postpaleógena alcanzan escaso desarrollo en la zona objeto de nuestro estudio. Forman una cobertera discontinua, de reducida potencia, y son netamente discordantes con respecto a la serie mesozoico-paleógena que acabamos de describir. Estos materiales se muestran horizontales o muy débilmente inclinados hacia el SSW.

El Mioceno no llega hasta esta zona. Desde Ocaña, hacia el SE., la carretera de Madrid a Albacete recorre un largo trecho sobre la gran plataforma llamada «Mesa de Ocaña», desarrollada precisamente sobre el nivel de las calizas pontienses. Tales calizas quedaron bien datadas por los fósiles hallados en la Puebla de Almoradier (Hernández-Pacheco, 1914). Ahora bien, estas calizas, que lateralmente hacia el SE. pasan progresivamente a maciños y conglomerados calizos, se terminan antes de llegar a Quintanar de la Orden, a más de 15 kilómetros de Mota del Cuervo. A partir de Ocaña, y en la misma dirección, las calizas pontienses se ven revestidas de unas capas, poco potentes, integradas por conglomerados, areniscas y arcillas margosas rojas, que fácilmente se pueden confundir con los materiales miocenos resultantes del paso lateral de facies

al que acabamos de aludir. Por su posición netamente superior a las calizas pontienses, se les ha asignado, en los mapas 1:50.000, una edad pliocena, sin más precisiones. A partir de Quintanar comienzan a aflorar, más o menos discontinuamente, el Mesozoico y el Paleógeno. Y sobre los arrasados relieves modelados en estos terrenos se observa un manto poco potente y discontinuo de limos más o menos arcillosos o arenosos, según los puntos, que engloban cantos rodados o angulosos. En su mayoría, estos cantos son de calizas mesozoicas, pero no faltan los de cuarcitas. Muchos de ellos se presentan cariados, manifestando una erosión química diferencial, y recubiertos de una pátina mate herrumbrosa. Al NW. y W. de la zona objeto de nuestro estudio este manto descansa sobre el Ponticense, de modo que puede asegurarse su edad más moderna.

Por su naturaleza fundamentalmente detrítica, esa cobertera postpontiense recuerda a las «rañas», bien desarrolladas más al W., en la región de los Montes de Toledo y en Extremadura. Se diferencia de las mismas por su elevado porcentaje de cantos calizos. No debe olvidarse, a este respecto, que esta región queda relativamente alejada de los grandes afloramientos de cuarcitas que, más al W., han nutrido la sedimentación de cantos de cuarcita característicos de las «rañas» típicas. Aquí, las eminencias del terreno están, y estaban, formadas por calizas. Por lo tanto, podríamos considerar los materiales de esta cobertera como equivalentes de las «rañas», formados principalmente a expensas de los mencionados afloramientos calizos. Como quiera que la edad de las «rañas», después de los estudios de varios autores (Alía, 1945; Gómez de Llarena, 1916; Hernández-Pacheco, 1950; Vidal Box, 1944, etcétera), ha quedado fijada como pliocénica superior o villa-

franquiense, podemos extenderla, en principio, a la leve covertera en cuestión.

Queda todavía por dilucidar el problema del Plioceno de la Mesa de Ocaña, antes mencionado. Puede tratarse, o bien de la prolongación, hacia el N., del mismo nivel de «rañas», o bien de un nivel inferior a las mismas, netamente plioceno y postpontiense, que recubriría este sector de la Mancha.

En cuanto a los terrenos cuaternarios propiamente dichos, si se excluyen los eluviales, de difícil delimitación, se presentan en extensiones muy reducidas y con potencias muy pequeñas. Se limitan a algunos depósitos coluviales sin importancia, también difíciles de cartografiar debidamente.

T E C T O N I C A

TECTONOESTÁTICA

La serie mesozoico-paleógena está afectada, en el área objeto de nuestro estudio, por varios pliegues. Su dirección general es de WNW. a ESE.

Un corte general del área, siguiendo la carretera de Madrid a Albacete, desde el kilómetro 134 hasta Mota, y la de Belmonte hasta el kilómetro 109, permite formarse una idea bastante completa de los grandes rasgos de su estructura tectónica. Vamos a empezar, por lo tanto, por la descripción detallada de este corte.

Desde el kilómetro 134 hasta el 135 de la primera de dichas carreteras se observan las capas detrítico-arcillosas del Paleógeno, recubiertas parcialmente por un débil espesor de los materiales, que atribuimos al Plioceno superior

o Villafranquiense. En el kilómetro 135, las capas paleógenas se levantan bruscamente. Avanzando más hacia Mota, se cortan sucesivamente niveles cada vez más antiguos de la serie mesozoico-paleógena hasta alcanzar a las propias calizas liásicas. Estas, contrariamente a los estratos cretáceos, muy levantados, muestran una brusca flexión, y pasan a estar muy tendidas, con ondulaciones de pequeña envergadura. En el kilómetro 135,7, mediante otra rápida flexión, las calizas liásicas se colocan verticalmente, y, siguiendo aproximándose más hacia Mota, se cortan otra vez las capas del Cretáceo, casi verticales, y, finalmente, las del Paleógeno. Estas últimas pierden el fuerte buzamiento que presentan en su base, mediante otra violenta flexión, a partir de la cual se mantienen casi horizontales hasta llegar a Mota.

Queda bien patente, por tanto, la existencia de un pliegue anticlinal de características algo particulares: flancos muy levantados y charnela ancha, roma, y ligeramente ondulada. Estas mismas características, con mayor o menor nitidez, son observables en todos los demás anticlinales que hemos reconocido en la región objeto de nuestro estudio. Hacen recordar los pliegues «encofrados» (*plis coffrés*) del Jura.

Siguiendo el mismo corte, junto al extremo E. de Mota, en el kilómetro 115 de la carretera a Belmonte, aparece el flanco occidental de otro anticlinal del mismo estilo que el precedentemente mencionado. Las capas paleógenas se yerguen bruscamente hasta casi alcanzar la verticalidad. Las del Cretáceo, que siguen, llegan localmente hasta invertirse un poco y presentan indicios claros de laminaciones ligeras en los lechos más plásticos. Luego pierden progresivamente inclinación hasta llegar al kilómetro 114,5 donde se corta

una magnífica charnela anticlinal en las calizas liásicas. Estas, más al E., presentan nuevas inflexiones de detalle y pequeñas charnelas hasta hundirse bastante bruscamente debajo de los estratos cretáceos, poco antes del kilómetro 114. Estos últimos, a su vez, quedan cubiertos por los del Paleógeno, que presentan también un fuerte buzamiento hacia el E.

Entre los kilómetros 114 y 111 de la misma carretera, el Paleógeno se extiende en capas muy tendidas, excepto junto a los límites indicados. Forma así un amplio sinclinal de fondo casi plano y flancos bruscamente levantados hasta buzamientos próximos a la verticalidad.

En el kilómetro 111 vuelve a encontrarse un anticlinal muy semejante a los dos ya indicados, que hace reaparecer el Cretáceo en los dos flancos, y el Lías, en la charnela. El flanco oriental se atraviesa un kilómetro más al E., y en el kilómetro 109,3 se corta el contacto del Cretáceo con el Paleógeno. Este terreno recupera prontamente sus débiles buzamientos, y forma el núcleo de otro amplio sinclinal de fondo casi plano, que se extiende más allá del límite oriental de la zona estudiada por nosotros.

Este corte transversal muestra, pues, la sucesión de tres anticlinales muy semejantes. En sus anchas charnelas aparecen las calizas liásicas, afectadas por pequeñas inflexiones y charnelas de detalle. Sus flancos, muy levantados, están formados principalmente por los estratos del Cretáceo. Se advierte una cierta disimetría sistemática en esos flancos. Los buzamientos son más fuertes en los occidentales que en los orientales, en cada uno de estos pliegues. En los primeros se llega incluso a rebasar localmente la vertical y se originan ligeras inversiones. Así, estos pliegues manifiestan una ligera vergencia hacia el W. Como queda in-

dicado, los anticlinales quedan separados por sinclinales mucho más anchos, de fondo casi plano, en los cuales aflora únicamente el Paleógeno.

Estos tres anticlinales han sido debidamente seguidos y reconocidos mediante otros cortes parciales. Del segundo hemos podido así observar su extremo septentrional, a unos 3 kilómetros al N. de Mota, donde termina con buzamientos periclinales muy regulares.

Este segundo anticlinal, que podríamos llamar del vértice Mota, queda sustituido, en cierto modo, por otro, cuyo extremo meridional comienza a manifestarse a unos 2 kilómetros al NW. de Mota, en los alrededores de la ermita del Castellar. Su eje es aproximadamente paralelo a los de los anteriores, con una dirección media de N.-18°-W. Sus flancos son más disimétricos que en aquéllos, de modo que su vergencia hacia el W. es más acusada. En la charnela, menos desmantelada que las de los pliegues antes descritos, no llega a aflorar el Liásico, sino las capas de tránsito del Albense al Cenomanense.

El relevo de los dos pliegues que acabamos de indicar, que queda bien patente en el mapa, no es un rasgo extraño o excepcional en la estructura tectónica de esta zona. En el propio anticlinal del E. de Mota—o del vértice Mota, como podríamos designarle—se advierte claramente un relevo en su charnela principal. Es decir, la que aparece como tal en el corte transversal antes descrito, en la carretera a Belmonte, termina periclinamente junto al vértice mencionado, muy poco al S. de la misma, mientras que otra más oriental, de pequeña envergadura en la carretera de Belmonte, cobra amplio y rápido desarrollo hacia el S., pasando a ser la principal. Es notable que estos relevos (*re-lais*) tengan sistemáticamente la misma disposición. De

las dos unidades que se relevan, la más occidental se extingue hacia el S., mientras que la oriental crece de Norte a Sur (fig. 2).

Finalmente, entre los kilómetros 5,4 y 6 de la carretera de Mota a Hinojosos, se reconoce la existencia de un quinto anticlinal, paralelo a los anteriores. Presenta las mismas características que los ya descritos.

TECTONOGÉNESIS

Sobre el desarrollo de los pliegues

Nos ha llamado la atención el estilo tan particular de los pliegues de esta zona. No lo hemos observado en otras zonas situadas más al interior de la Cordillera Ibérica. Aunque sea a título de simple hipótesis de trabajo—la limitación de nuestras observaciones no permite más—, creemos oportuno exponer algunas ideas acerca de la posible génesis y desarrollo de los accidentes en cuestión.

Recordemos primero sus características geométricas fundamentales. En resumen son: gran rigidez en la dirección; flancos próximos a la vertical, unidos mediante bruscas flexiones a las charnelas; buzamientos débiles y notable anchura en éstas, mayor en las sinclinales que en las anticlinales.

En segundo lugar, tratemos de seguir el desarrollo de la estructura en profundidad. Los estratos más antiguos que afloran pertenecen al Lías. Verosíblemente, éste no se reduce a los pocos metros que son visibles en los cortes. Además, aunque no aflore en esta zona, es prácticamente seguro que debajo del Lías debe encontrarse el Triásico, con características litológicas semejantes a las que presenta

en Alcázar de San Juan. Es decir, con el Keuper arenoso, situado directamente sobre el Buntsandstein, como han puesto de manifiesto Richter y Teichmüller (1933), de acuerdo con la situación de esta zona dentro de la orla marginal de la cuenca sedimentaria triásica. Sea como sea, parece sumamente probable que no existan intercalaciones de estratos muy plásticos en esta cobertera mesozoica por debajo del Lías visible. Por debajo de la misma, tiene que encontrarse el zócalo paleozoico, plegado por los movimientos hercinianos, y profundamente arrasado, como es norma general en los afloramientos del mismo, próximos a la zona estudiada. Desde luego, ese zócalo tiene que haberse comportado con elevada rigidez durante y después del depósito de la serie sedimentaria mesozoico-paleógena, de acuerdo con su evolución tectónica anterior y con la débil potencia alcanzada por aquella serie. Recuérdese a este respecto que, en todos sus afloramientos importantes, puede reconocerse que las orogénesis postpaleozoicas han originado en el mismo una estructura de grandes pliegues de fondo y numerosas fallas, la cual se superpone a la estructura de plegamiento propiamente dicha, de edad herciniana (Schröder, 1930; Lotze, 1945; Solé Sabarís, 1952; etc.).

Ni las características geométricas de los pliegues observados, ni la estructura que podemos suponer en profundidad, favorecen su explicación mediante una compresión lateral más o menos importante. En este caso, deberían carecer los flancos de los pliegues de los indicios indiscutibles de laminaciones, ya que no se las encuentra compensadas por apreciables crecimientos de potencia de las charnelas. No se explicarían tampoco las bruscas flexiones que limitan los flancos. Por otra parte, encontrándose el zócalo rígido a escasa profundidad, debería invocarse un despe-

que relativamente importante de la cobertera con respecto al mismo. Ningún indicio tenemos de la existencia de estratos suficientemente plásticos en la base de esa cobertera. Por otra parte, la rigidez de las alineaciones de los pliegues, tan extremadas, contrasta con las características generales de mayor flexibilidad, que presentan las direcciones de los ejes de los pliegues en las coberteras despegadas del zócalo, como por ejemplo en el Jura (Buxtorf, 1907; etcétera).

Ante todas estas dificultades, *nosotros nos inclinamos a explicar la formación de estos pliegues como un proceso de adaptación de la cobertera a un zócalo fracturado*. Los anticlinales se corresponderían, según nuestra hipótesis, a pilares o *horsts* relativamente estrechos y alargados, individualizados en el zócalo. Así se explicarían mejor las características geométricas observadas en la estructura: charnelas anchas, aplanadas; flancos más o menos estirados, y bruscas flexiones en los límites de estos últimos. *Una ligera disimetría que observamos en los pliegues podría explicarse por una inclinación de las superficies de falla*.

Pliegues de las mismas características, o muy parecidas, han sido también observados por nosotros en otras zonas de la misma orla de tránsito de la Meseta a la Cordillera Ibérica. Más al interior de esta última, ya presentan otros estilos, debido seguramente a la mayor potencia de la cobertera, y a la presencia, cerca de la base de la misma, del Keuper constituido allí por materiales sumamente plásticos. Hacia el interior de la Meseta, la cobertera mesozoica desaparece, y las fallas del zócalo quedan, naturalmente, al descubierto. La zona de Mota del Cuervo está situada precisamente en esa orla de transición. Se muestra en ella con singular claridad esta estructura tectónica que

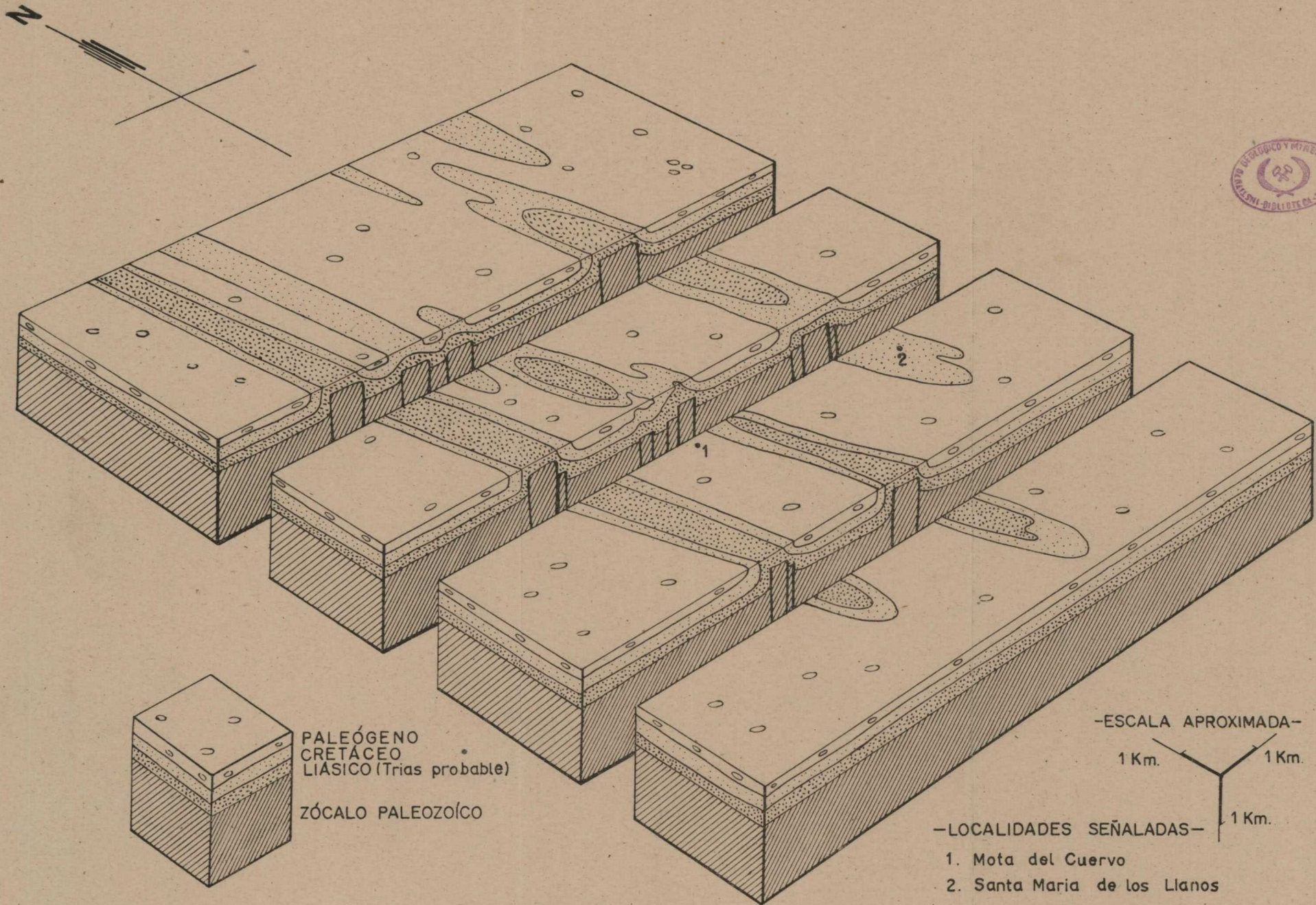


Fig. 2. Tectonograma de la zona estudiada. El plano superior se supone situado muy cerca de la actual superficie topográfica, correspondiendo aproximadamente a una altitud de 680 m. No se han representado los materiales de edad postpaleógena.

hemos descrito, cuyas características no habían sido suficientemente investigadas hasta ahora (fig. 2).

CUESTIONES CRONOLÓGICAS

Fuera de la zona de Mota del Cuerpo, pero muy próximamente, los estratos del Mioceno yacen sobre los de la serie mesozoico-paleógena. Como ya precisó bien Royo Gómez (1920, 1926), el contacto, es netamente discordante, e indica un importante plegamiento anterior al depósito del Mioceno. Esto, en lo que se refiere a su edad mínima. En cuanto a la máxima, no puede asegurarse con precisión, ya que no conocemos exactamente la edad de los estratos paleógenos afectados. En un estudio de la Sierra de Albaracín (Riba, 1952) se considera sinorogénica toda la serie continental paleógena. En efecto, allí se comprueban en repetidos lugares discordancias progresivas dentro del Paleógeno; la base del mismo está concordante con el Mesozoico marino, en tanto que el techo de la serie lo está con el Vindoboniense. Hacia los bordes de las cuencas interiores de la Cordillera Ibérica, los materiales miocenos están francamente discordantes con todo el Mesozoico y Paleógeno, ofreciendo claras discordancias angulares. En el caso presente de la Mota del Cuervo, además de carecerse del Mioceno, no se han podido comprobar discordancias de tipo progresivo, aunque las creemos muy probables si hacemos extensivos los resultados alcanzados allí.

Los pliegues—que nosotros interpretamos como probablemente originados por la repercusión de fallas del zócalo—pudieron, de todos modos, haberse esbozado ya durante, o incluso antes, del depósito del Paleógeno, como ya hemos indicado en la parte stratigráfica de este trabajo.

No puede excluirse tampoco la posibilidad de plegamientos más antiguos, desde luego débiles. Concretamente, entre el Lías y el Albense (hecho también comprobado por uno de nosotros en la Muela de San Juan). En efecto, en los alrededores de la ermita de la Virgen del Valle se observan discordancias pequeñas, pero francas, entre estos terrenos. No solamente de buzamiento, sino también de dirección. Se puede comprobar que la superficie superior del Liásico decapita pequeños pliegues de detalle que afectan a este terreno. Esta superficie no puede ser interpretada como una superficie de fricción de origen tectónico, posterior al Albense, ya que las calizas liásicas presentan, según la misma, una pátina de meteorización fósil, con costras ferruginosas locales. Richter y Teichmüller (1933) ya indicaron la existencia de débiles movimientos, más bien epigénicos, entre el Jurásico y el Barremiense. Es posible que estas pequeñas discordancias correspondan a tales movimientos.

En resumen: los plegamientos principales se desarrollaron probablemente entre el depósito de las primeras capas paleógenas reconocidas y el Mioceno, y fueron probablemente precedidos por otros más débiles de edad intramesozoica (entre el Jurásico y el Barremiense).

Ni en la zona de Mota del Cuervo, ni en las demás próximas, los terrenos posteriores al Paleógeno están ya afectados por plegamientos. Únicamente se observa una ligera inclinación hacia el W. y SW., de acuerdo con una elevación epigénica de la Cordillera Ibérica, y de modo particular del extremo S. de la llamada Sierra de Altomira.

GEOMORFOLOGIA

LAS FORMAS DEL RELIEVE

Como ya hemos indicado en las primeras páginas, el relieve de la zona objeto de nuestro estudio es suavemente ondulado y bastante monótono. Las eminencias del terreno—lomas muy aplanadas, de laderas débilmente inclinadas—están constituídas por los materiales mesozoicos que afloran en las charnelas de los anticlinales. Las depresiones—valles anchurosos—corresponden a los afloramientos del Paleógeno que se extienden por los amplios sinclinales existentes.

Así, pues, se observa una patente, aunque poco acusada, influencia de la estructura sobre el relieve.

No es éste, sin embargo, el rasgo esencial del relieve. En efecto, las observaciones sobre el terreno, y en el mapa, permiten comprobar que este relieve es muy próximo al de una penillanura. Los estratos plegados quedan decapitados, a altitudes muy próximas en todas las lomas de la zona, por una superficie muy rígida que se mantiene casi imperceptiblemente inclinada hacia el W. En los afloramientos de calizas mesozoicas, esta superficie queda bien representada por abundantes y extensos retazos, gracias a la resistencia del roquedo. En cambio, sobre los materiales, más blandos, en general, del Paleógeno, apenas quedan restos. Se notan en ellos los efectos de ciclos de erosión más modernos, encajados en la penillanura, que han barrido con relativa facilidad esos materiales.

El relieve actual comporta, pues, dos tipos fundamentales de formas: los restos de una extensa penillanura, que

rebase ampliamente los límites de la zona estudiada; y los valles, que se encajan ligeramente por debajo del nivel de la penillanura, los cuales hacen resaltar los rasgos estructurales.

Las demás formas tienen un desarrollo mucho menor. Las de acumulación, representadas casi exclusivamente por los depósitos que hemos atribuido al Villafranquiense, apenas modifican el perfil de la penillanura. Las cársticas existen sobre las calizas liásicas. Están limitadas a lenares y a numerosas torcas de pequeña importancia.

La red fluvial actual está incompletamente desarrollada. Quedan áreas sin avenamiento definido. Poco más al S. de la zona objeto de estudio existen algunas lagunas endorreicas ya estudiadas por Dantín (1929). En general, los cursos de agua siguen los ejes de los sinclinales, pero existen algunas excepciones que llaman la atención. Por ejemplo, el barranco Pinchoso, y la rambla de la Quinta, al NW. de Mota del Cuervo, atraviesan netamente el anticlinal más occidental de los descritos. Resulta evidente que, si bien la erosión diferencial ha desempeñado un papel predominante en la orientación de la red hidrográfica, no han faltado algunos casos de epigénesis.

LA EVOLUCIÓN DEL RELIEVE

Entre los distintos elementos del relieve actual, el más antiguo es la penillanura referida. Su edad es evidentemente postpaleógena, puesto que decapita claramente los pliegues que afectan a este terreno. En la parte occidental de la zona estudiada, se encuentra parcialmente recubierta por los depósitos del Plioceno superior o Villafranquiense. Por otra parte, más al W. y al NW., se observa cómo la peni-

llanura enrasa perfectamente con la superficie alta de las calizas pontienses, sobre la cual se desarrolla la «Mesa de Ocaña». Todos estos hechos nos permiten dar a esta penillanura una edad finipontiense.

Podemos asegurar, por tanto, que a finales del Mioceno, una penillanura se extendía por la zona de Mota, penillanura cuyos límites quedaban bien lejos de la misma, a juzgar por las observaciones parciales que hemos podido hacer en zonas próximas, y por los propios datos de los mapas topográficos.

Posteriormente, en el Plioceno y en el Cuaternario, se han introducido solamente ligeras modificaciones o retoques en el relieve. Las dos más importantes han sido: el depósito de los materiales detrítico-arcillosos que atribuimos al Villafranquiense, y la formación de la actual red hidrográfica.

La facies de los primeros, como queda referido en la parte estratigráfica de este trabajo, sugiere una etapa de clima rudo, árido, con grandes sequías interrumpidas de vez en cuando por lluvias torrenciales. El transporte de los materiales se debía hacer mediante grandes avenidas (del tipo *sheet floods*), sin seguir cauces fijos, cubriendo la superficie del terreno en grandes extensiones. Así se debieron formar esos depósitos, que debieron recubrir, como delgada película, a la penillanura finipontiense ligeramente retocada. Es decir, de modo semejante a como más al W., al pie de los Montes de Toledo y en otras zonas de la Meseta, se formaron las «rañas».

Durante los tiempos cuaternarios, seguramente a favor de las etapas de clima más húmedo, fué esbozándose y desarrollándose progresivamente la red fluvial. Esta fué encajándose en la penillanura, más o menos recubierta por

los depósitos villafranquienses. En algunos puntos, la persistencia y la mayor importancia local de estos últimos, pudo favorecer el desarrollo de valles epigénicos. Sin embargo, en general, la orientación de los cursos fue haciéndose de acuerdo con la estructura, y, por efecto de la erosión diferencial, los valles se instalaron en los amplios sinclinales rellenos por los blandos estratos del Paleógeno.

RESUMEN

La zona de Mota del Cuervo, situada en el borde oriental de la Meseta, presenta varias características geológicas relacionadas con las de la vecina Cordillera Ibérica.

El zócalo paleozoico se halla oculto debajo de una serie sedimentaria de edad mesozoico-paleógena. Aparte del Trías, que no aflora, pero cuya presencia es muy probable, comprende esta serie los terrenos siguientes: Lías, de facies marina; Albense probable, con la facies de las «Capas de Utrillas»; el Cretáceo superior, marino; y el Paleógeno, de facies continental. Su potencia total es superior a los 350 metros.

Esta serie está afectada por varios pliegues de dirección NNW.-SSE., de flancos muy inclinados y charnelas casi planas. Los hemos interpretado como resultado de la adaptación de la cobertera mesozoico-paleógena a una estructura en bloques, limitados por fallas, desarrollada en el rígido zócalo paleozoico. Estos accidentes tienen una edad premiocénica y tal vez posterior al depósito de las primeras capas del Paleógeno representadas. En la misma zona se hallan, además, indicios de movimientos anteriores más débiles, entre el Jurásico y el Albense.

El relieve actual está caracterizado por la existencia de

una penillanura de edad finipontiense, que se extiende notablemente por otras zonas del borde oriental de la Meseta. Con posterioridad a su formación, solamente se han introducido dos retoques de cierta importancia en el relieve: el depósito de un delgado manto de derrubios, probablemente villafranquienses; y el desarrollo de la red hidrográfica, que sigue, en general, los rasgos impuestos por la estructura.

Abril, 1956.

*Laboratorio de Geología de la Universidad de Granada.
Instituto Español de Edafología. Madrid.*

RÉSUMÉ

La zone de Mota del Cuervo est située sur la bordure E de la Meseta. Elle montre plusieurs traits géologiques en rapport avec ceux de la Chaîne Ibérique.

Le socle primaire reste couvert par une série sédimentaire d'âge secondaire-paléogène. Elle comprend, outre le Trias, dont la présence y est très probable, bien qu'il n'affleure pas, les terrains suivants: du Lias, à faciès marin; des couches avec le faciès des «couches d'Utrillas», probablement albiennes; du Crétacé supérieur, marin; et le Paléogène, à faciès continental. Sa puissance totale dépasse 350 mètres.

Cette série est affectée par plusieurs plis dirigés NNW.-SSE., à flancs très inclinés et charnières presque plates. D'après notre interprétation, ils seraient le résultat d'une adaptation de la couverture secondaire - paléogène à une structure en blocs faillés affectant le socle primaire rigide.

L'âge de ces accidents est antémiocène et postérieur à la sédimentation des premières couches paléogènes. Dans la même zone, on peut aussi y déceler des traces de mouvements plus anciens et plus faibles, compris entre le Jurassique et l'Albien, et durant le Paléogène.

Le relief actuel vient caractérisé par l'existence d'une pénéplaine d'âge finipontien. Elle s'étend notablement sur d'autres zones de la bordure E. de la Meseta. Depuis la formation de cette pénéplaine, le relief de cette zone n'a subi que deux modifications de quelque importance: le dépôt d'une mince nappe d'éboulis, probablement villafranchiens; et le développement du réseau hydrographique, qui s'est fait, en général, en s'adaptant aux traits de la structure.

ABSTRACT

The zone of Mota del Cuervo is situated on the eastern border of the Meseta. It shows several features related with these of the next Iberian range (sp.: Cordillera Ibérica).

The palaeozoic underground remains covered by a sedimentary series having a mesozoic-old tertiary age. It embraces, besides the Trias probably present, although not exposed, the following units: Lias, with marine facies; beds showing the «Utrillas» facies, which belong probably to the Albien; the marine Upper Cretaceous; and the Old Tertiary with continental facies. Its whole thickness exceeds 350 metres.

This series shows several NNW.-SSE. trended folds. They have strongly inclined limbs, and nearly flat crests. According to our interpretation, they would have been originated by an accommodation of the Mesozoic-Old Tertiary overlying to a fault-block structure, which has been taken

by the rigid underground. These structural features are older than the Miocene, and younger than the first old-tertiary beds existing in this zone. There are also some evidences about older and weaker movements, between the Jurassic and the Albien, and during the Old-Tertiary.

The actual relief is impressed by an existing peneplain. Its age is late-Pontian. This peneplain outspreads largely on other zones of the eastern border of the Meseta. After this peneplain formation, the relief has only suffered two significant modifications. They were a sedimentation of a thin waste layer, probably Villafranchian; and the development of the streams pattern, which follows generally the structural features.

BIBLIOGRAFIA

- ALÍA, M. 1944. *Datos morfológicos y estratigráficos de los alrededores de Toledo*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 42, págs. 613-614. Madrid
- — 1945. *Notas morfológicas de la región toledana*. «Las Ciencias», t. 10, págs. 99-114. Madrid.
- BUXTORF, A. 1907. *Geologische Beschreibung des Weissenstein-Tunnels und seiner Umgebung*. «Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz», N. F., 21 L., VII + 125 págs., 10 figs., 14 láms. Berna.
- CORTÁZAR, D. DE. 1875. *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*. «Mem. Com. Mapa Geol. Esp.», XVI + 407 páginas, 43 figs., 4 láms. Madrid.
- — 1878. *Expedición geológica a la provincia de Toledo en 1878*. «Bol. Com. Mapa Geol. Esp.», t. 5, págs. 321-327, 1 lám. Madrid.
- — 1880. *Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real*. «Bol. Com. Mapa Geol. Esp.», t. 7, págs. 289-329, 5 figs., 1 lám. Madrid.
- DANTÍN, J. 1929. *Localización de las zonas endorreicas de España*. «Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 15, págs. 829-836, 3 figs. Madrid.
- GAVALA, J. y RÍOS, J. M. 1955. *Actividades de la Empresa Nacional «Adaro» y la Comisión de Investigaciones Petrolíferas «Valdebro» en la investigación de hidrocarburos*. «Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp.», número 38, págs. 121-178, 18 figs. Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. 1914. *El mioceno superior de la Puebla de Almoradier*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 14, págs. 274-278. Madrid.
- — 1921. *La llanura manchega y sus mamíferos fósiles*. «Publ. Junta

- Ampl. Est., Mem. ser. Paleont., núm. 4, 43 págs., 12 figs., 2 láms. Madrid.
- — 1932. *Síntesis fisiográfica y geológica de España*. «Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., ser. Geol.», núm. 38, 586 págs. 27 figs., 139 láms., 7 mapas.
- HERNÁNDEZ-PECHCO, F. 1950. *Las rañas de las sierras centrales de Extremadura*. «C. R. Cong. Géogr. Intern. Lisbonne», t. 2, págs. 87-108. Lisboa.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. Hojas números 631, 632, 660, 687, 688, 713, 740.
- — 1955. *Mapa Geológico de España y Portugal, a escala 1:1.000.000*. 4.ª edición.
- — 1955. *Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península Ibérica a Escala 1:1.000.000 (1952 y 1955) publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», t. 56, pág. 42. Madrid.
- LOTZE, F. 1945. *Einige probleme der Iberischen Meseta*. «Geotekton. Forsch.», H. 6, págs. 1-12, 1 fig. Berlín (trad. esp. de J. M. Ríos, en «Publ. Extr. sobre Geol. Esp.», t. 5. Madrid, 1950).
- LLARENA, J. G. DE. 1916. *Bosquejo geográfico-geológico de los Montes de Toledo*. «Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., ser. Geol.», núm. 15, 74 páginas, 9 figs., 2 mapas. Madrid.
- MALLADA, L. 1904. *Explicación del Mapa Geológico de España*, t. 5. Sistemas Infracretáceo y Cretáceo. «Mem. Com. Mapa Geol. Esp.», 519 páginas, 103 figs. Madrid.
- — y DUPUY DE LÔME, E. 1912. *Reseña geológica de la provincia de Toledo*. «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», t. 33, págs. 9-101, 1 mapa. Madrid.
- RIBA, O. 1956. *Estudio geológico de la Sierra de Albarracín*. Tesis de doctorado. (En prensa.)
- RICHTER, G. y TEICHMÜLLER, R. 1933. *Die Entwicklung der Keltiberischen Ketten*. «Abh. Gess. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl.», 3 ser., h. 7, págs. 1067-1186, 56 figs., 3 láms., 2 mapas. Berlín.
- RÍOS, J. M., GARRIDO, J. y ALMELA, A. 1944. *Reconocimiento de una parte de las provincias de Cuenca y Guadalajara*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 44, págs. 107-128 y 263-286, 14 figs. Madrid.
- RÍOS, J. M. 1955. *Marcha de las investigaciones del petróleo en España*. «Combustibles», año 14, núms. 78-79. Madrid.
- ROYO y GÓMEZ, J. 1918. *Datos para la geología de la submeseta del Tajo*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 18, págs. 255-257. Madrid.
- — 1920. *La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo*. «Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., ser. Geol.», núm. 27, 39 págs., 4 figs., 3 láms. Madrid.
- — 1922. *El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica*. «Publ. Junta Ampl. Est., Mem. Ser. Paleont.», núm. 5, 230 págs., 54 figs., 13 láms., 1 mapa. Madrid.

- — 1926. *Tectónica del Terciario continental ibérico*. «Bol. Inst. Geol. España», t. 47 (2.ª parte), págs. 129-168, 13 figs., 1 mapa. Madrid.
- SCHRÖDER, E. 1930. *Das Grenzgebiet von Guadarrama und Hesperischen Ketten*. «Abh. Gess. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl.», nueva ser., t. 16, núm. 3, págs. 689-748, 22 figs., 1 lám. Berlín. (Existe trad. española de M. San Miguel, en «Publ. Extr. sobre Geol. de Esp.», t. 4.)
- SOLÉ SABARÍS, L. 1952. *Geografía de España y Portugal*, t. 1 (capítulos IV, V, VI VII y IX), págs. 79-245. Barcelona.
- VIDAL BOX, C. 1944. *La edad de la superficie de erosión de Toledo y el problema de sus montes islas*. «Rev. R. Acad. Cienc. Ex. Fis. y Nat.», t. 38, págs. 537-566, 8 figs., 2 láms. Madrid.

Julio 1956.

**Nota sobre la investigación de los aluviones
de la Laguna de Antela en Ginzo de Limia
(Orense)**

POR

L. BARRON y ALEJANDRO H. SAMPELAYO

L. BARRON y ALEJANDRO H. SAMPELAYO (1)

NOTA SOBRE LA INVESTIGACION DE LOS
ALUVIONES DE LA LAGUNA DE ANTELA
EN GINZO DE LIMIA (ORENSE)

Dado el interés general que representa el reconocimiento de la Laguna de Antela, de Ginzo de Limia (Orense), por su proximidad a determinados yacimientos de estaño y wolframio, se realizó por el Instituto Geológico y Minero un primer plan de reconocimiento que es el que se describe a continuación con los resultados obtenidos.

SISTEMA SEGUIDO EN LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con nuestras notas, previas a la iniciación de los trabajos, entendimos imprescindible para opinar sobre el contenido de estaño y wolframio en los aluviones de la Laguna de Antela, la perforación de taladros, con sonda de gran diámetro, que hiciesen posible de una parte la extracción de la suficiente cantidad de tierras que sirviesen para la obtención de muestras adecuadas ; y de otra, el llegar

(1) El Instituto Geológico y Minero se honra en publicar este trabajo, en homenaje póstumo al distinguido Ingeniero de Minas D. Alejandro Hernández Sampelayo, afecto a este Centro, fallecido en diciembre de 1954 en plena juventud, y cuando su cultura geológica y sus condiciones humanas le deparaban un brillante porvenir.

TRABAJOS REALIZADOS

El día 14 de septiembre de 1953 se inició el primer taladro, numerado VII; el día 16 se llegó a los 3,25 metros a un granito duro y temiendo la existencia de una roca de fondo a menor profundidad de la prevista, se interrumpió el taladro, iniciando el sondeo VII-A, a poca distancia del anterior.

Este segundo taladro se empezó a perforar el 17 de septiembre, llegando al bed-rock, a los 13,85 metros, el día 1 de octubre, empleándose los días 2 al 6 en trasladar la maquinaria al nuevo emplazamiento.

El día 6 se inició la perforación del sondeo VIII, llegando a los 19 metros el día 16 del mismo mes. Una avería interrumpió los trabajos hasta el día 28, fecha en que se reanudaron para alcanzar el fondo del taladro a los 22,10 metros el día 30.

Del 30 de octubre al 5 de noviembre, traslado de maquinaria.

El día 6 se inició el taladro II que, por estar en el mismo borde de la sabana de aluvión, sólo alcanzó 9,70 metros de profundidad el día 7 del mismo mes.

Entre el 8 y 12 se procedió a montar la máquina en el emplazamiento IV, que se dió por terminado el día 18, con 20,50 metros de profundidad.

Del 19 al 23, traslado de maquinaria.

El taladro XV, iniciado el 24 de noviembre, se interrumpió el 27 del mismo mes a los 16 metros de profundidad, sin llegar a la roca infrayacente porque no se cortó, en los 16 metros, más que arcilla roja sin vestigio de aluvión.

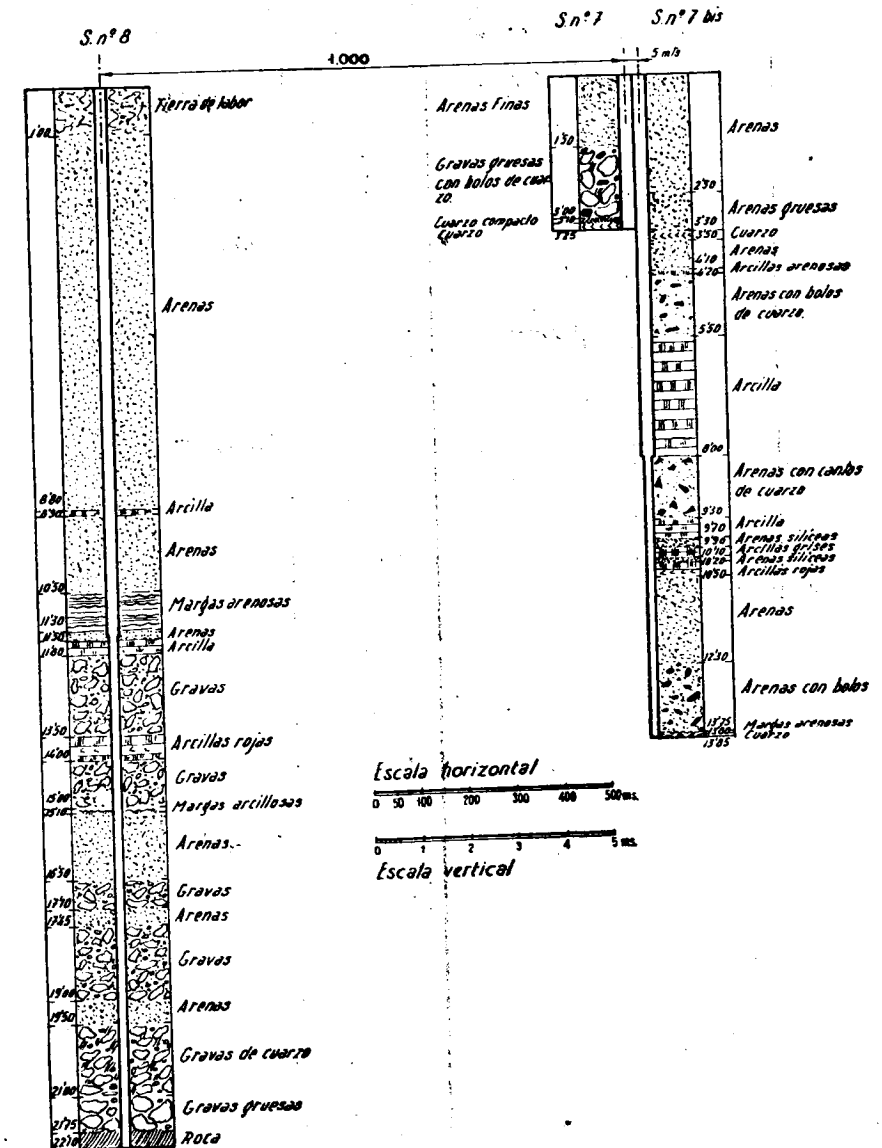


FIG. 2.

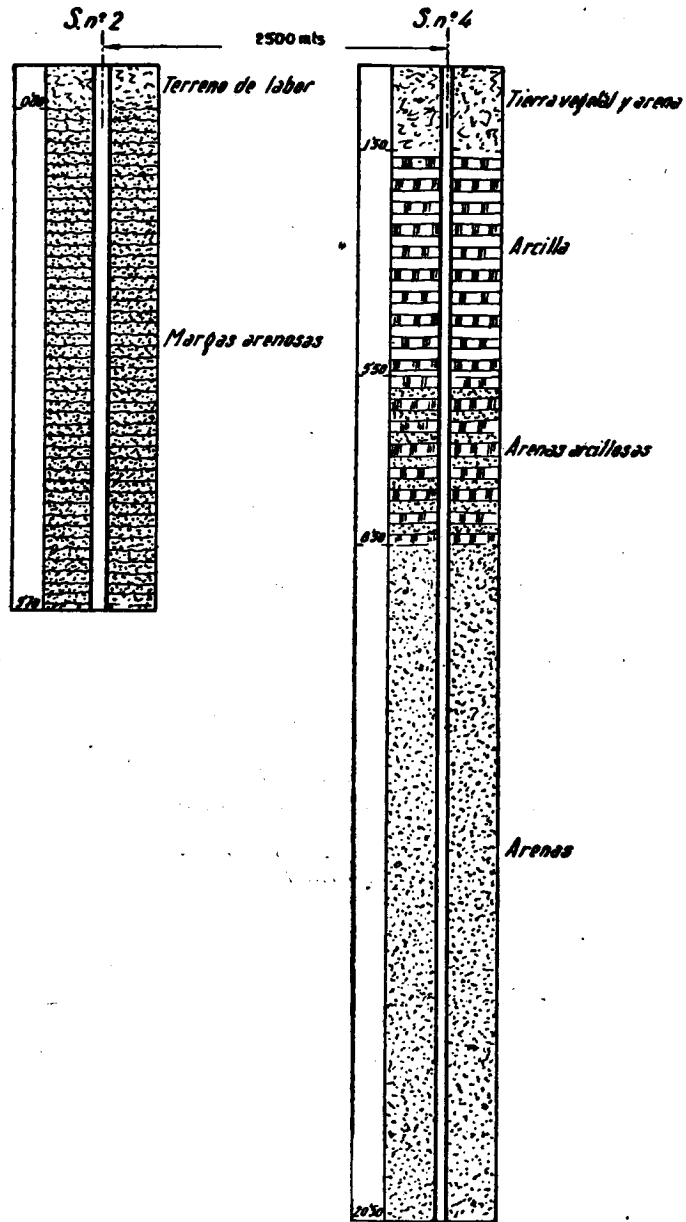


FIG. 3.

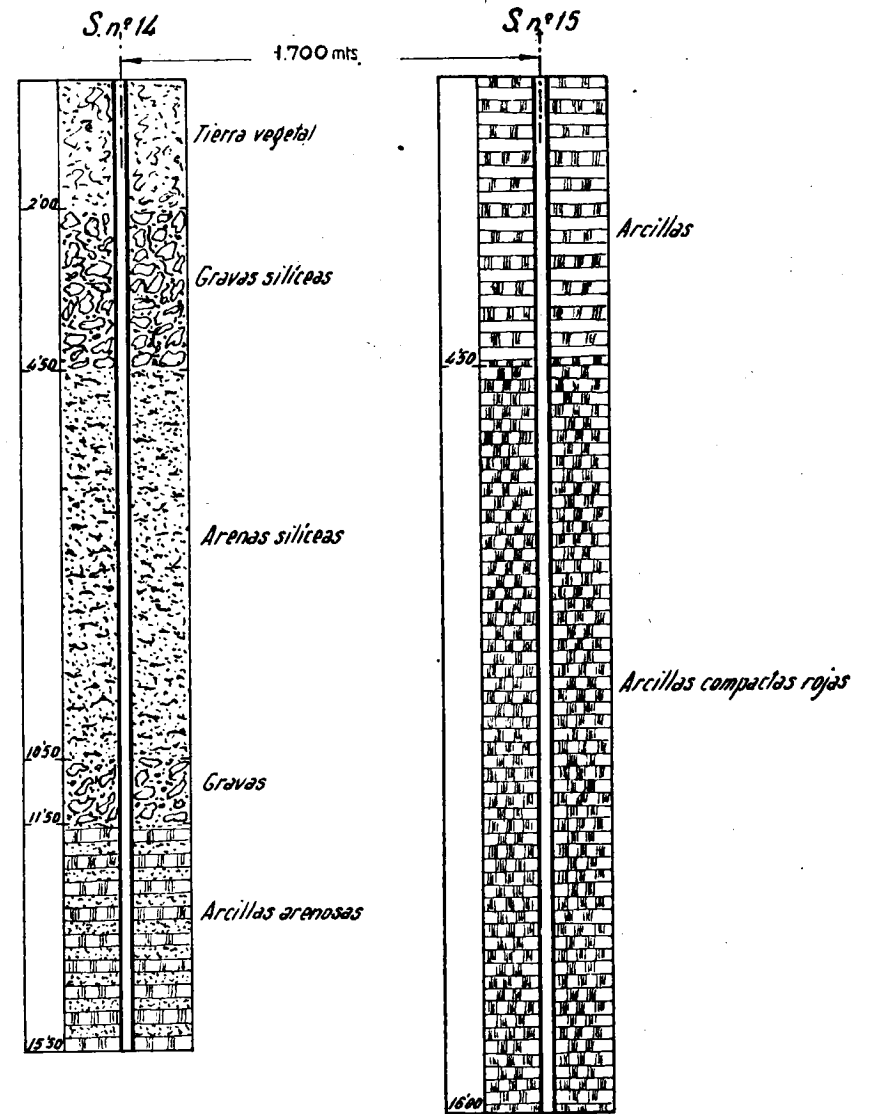


FIG. 4.

Del 28 de noviembre al 2 de diciembre se empleó en el último traslado de maquinaria.

El sondeo XIV, iniciado el 3, llegó al fondo el día 9, con 19,70 metros de profundidad, dándose con este sondeo por terminados los trabajos de la presente campaña.

En conjunto, puede calcularse tiene los 20 metros el fondo del aluvión a investigar, al menos en las zonas marginales, profundidad que seguramente aumentará hacia el centro de la cuenca.

La masa de tierras atravesadas está compuesta, bajo la capa de tierra vegetal, por alternancias de arcilla y auténtico aluvión de cantos más o menos grandes. En las arcillas no se ha encontrado concentrado alguno, y por ello las oscilaciones de profundidad en el cuadro de muestras que detallamos en el aparte siguiente.

El bed-rock está compuesto siempre por granito, en distintos grados de descomposición, acompañado, con frecuencia, por filoncillos de cuarzo.

Desde el punto de vista de la composición o presentación de la masa investigada, no hay ninguna observación especial que hacer, ya que se ajusta a lo previsible en este tipo de formaciones.

CONCENTRADOS OBTENIDOS

En forma de cuadro exponemos a continuación los resultados de lavado y análisis. La primera columna es el número del sondeo y la segunda el de la muestra. En la tercera figuran los metros de profundidad a que se obtuvieron, los kilos de aluvión extraídos del taladro, considerados de interés y que figuran en la cuarta columna. Lavados a batea estos kilos, proporcionaron los gramos de

concentrado que se reseñan en la quinta columna. El análisis químico de estos concentrados proporciona los datos de las columnas seis y siete.

DATOS, MUESTRAS Y ANALISIS

Sondeos	Muestra n.º	Profundidad metros	Kgs. muestra	Concentrado gramos	Sn %	WO ₃
VII	2	2,00	20,00	1,270	0,35	No contiene
"	4	3,00	20,00	16,130	0,44	"
"	5	3,10	16,00	15,500	0,59	"
"	6	3,15	18,00	11,367	1,06	"
"	7	3,25	21,00	6,150	0,82	"
VII-A	1	1,50	25,50	3,600	0,24	"
"	2	2,50	26,50	3,750	0,30	"
"	3	3,00	28,50	3,600	0,48	"
"	4	3,40	26,00	24,900	0,42	"
"	5	4,00	22,00	2,900	0,48 (1)	"
"	6	4,20	17,00	5,700	0,48 (1)	"
"	7	4,30	22,50	5,700	0,48 (1)	"
"	8	4,75	25,50	21,900	0,60	"
"	9	5,10	26,50	11,700	0,36	"
"	10	5,50	22,00	22,700	0,36	"
"	11	5,40	17,40	1,900	0,48 (1)	"
"	12	7,00	15,00	0,600	0,48 (1)	"
"	13	8,00	17,50	11,300	0,30	"
"	14	8,50	21,75	9,700	0,48 (1)	"
"	15	9,00	22,75	26,400	0,30	"
"	16	9,25	13,00	3,800	0,48 (1)	"
"	17	9,40	16,75	1,000	0,48 (1)	"
"	19	9,60	28,75	6,000	0,48 (1)	"
"	21	10,20	13,00	3,400	0,48 (1)	"
"	22	10,50	10,75	2,600	0,48 (1)	"
"	23	11,00	21,00	10,000	0,42	"
"	24	11,50	22,00	11,900	—	"
"	25	12,30	22,00	8,000	—	"
"	26	12,50	23,00	6,400	0,36	"
"	27	13,10	25,00	11,100	0,54	"
"	28	13,55	19,00	4,300	0,48	"
"	29	13,75	10,00	3,200	—	"
VIII	1	3,00	31,00	1,100	0,88	"
"	2	3,50	27,00	2,200	0,51	"
"	3	4,00	28,00	1,000	0,88	"
"	4	4,50	27,00	0,600	0,51	"
"	5	5,00	26,00	0,400	0,88	"
"	6	5,25	27,00	0,580	0,88	"
"	7	6,00	27,00	1,300	0,88	"
"	8	7,00	25,00	3,850	0,51	"

(1) Análisis de muestra media.

Son-deos	Muestra n.º	Profundidad metros	Kgs. muestra	Concentrado gramos	Sn %	WO ₂
VIII	9	7,50	26,00	7,400	0,88	No contiene
»	10	8,00	23,00	2,280	0,51	»
»	11	8,50	25,00	12,200	0,51	»
»	12	8,80	20,00	0,600	0,88	»
»	13	8,90	26,00	24,000	0,51	»
»	14	9,50	22,00	12,500	0,51	»
»	15	10,00	28,00	12,500	0,88	»
»	16	10,50	6,50	3,200	—	—
»	17	11,30	25,00	4,000	—	—
»	19	11,50	26,00	23,100	—	—
»	20	11,80	26,00	51,000	0,36	No contiene
»	22	13,20	30,00	24,600	—	—
»	24	14,00	27,00	32,100	0,42	No contiene
»	26	15,75	28,00	27,200	—	—
»	27	10,50	28,00	26,900	—	—
»	28	17,10	30,50	42,700	0,36	No contiene
»	29	17,45 a 18,00	31,00	24,400	0,83 (1)	»
»	30	18,00 a 18,50	27,00	28,150	0,83 (1)	»
»	31	18,50 a 19,00	29,00	29,000	0,83 (1)	»
»	32	19,00 a 19,50	28,00	40,750	0,47	»
»	33	19,50 a 20,00	30,00	34,200	0,83 (1)	»
»	34	20,00 a 20,50	32,00	17,250	0,83 (1)	»
»	35	20,50 a 21,00	32,00	26,550	0,83 (1)	»
»	36	21,00 a 21,50	33,00	27,450	0,83 (1)	»
»	37	21,50 a 21,75	19,00	15,800	0,83 (1)	»
»	38	21,75 a 22,10	13,00	13,700	0,83 (1)	»
II	Llegado hasta 10,00 mts. sin dar concentrado a ninguna altura.					
IV	1	0 a 1,50	11,50	Negativo	—	—
»	2	1,50 a 2,50	27,00	»	—	—
»	3	2,50 a 3,50	25,25	»	—	—
»	4	3,50 a 4,50	29,00	»	—	—
»	5	4,50 a 5,50	27,00	Indicios	—	—
»	6	5,50 a 6,50	29,00	0,900	9,75 (1)	No contiene
»	7	6,50 a 7,50	28,00	Indicios	—	—
»	8	7,50 a 8,50	26,00	»	—	—
»	9	8,50 a 9,50	28,00	»	—	—
»	10	9,50 a 9,50	24,00	0,350	9,75 (1)	No contiene
»	11	9,50 a 10,00	25,00	Indicios	—	—
»	12	10,00 a 10,50	23,00	»	—	—
»	13	10,50 a 11,00	26,00	0,100	9,75 (1)	No contiene
»	14	11,00 a 11,50	25,00	0,800	9,75 (1)	»
»	15	11,50 a 12,00	25,00	0,400	9,75 (1)	»
»	16	12,00 a 12,50	23,00	0,400	9,75 (1)	»
»	17	12,50 a 13,00	20,00	0,400	9,75 (1)	»
»	18	13,00 a 13,50	25,50	0,500	9,75 (1)	»
»	19	13,50 a 14,00	19,00	0,300	9,75 (1)	»
»	20	14,00 a 14,50	18,12	0,700	9,75 (1)	»
»	21	14,50 a 15,00	21,00	0,400	9,75 (1)	»

(1) Análisis de muestra media.

Son-deos	Muestra n.º	Profundidad metros	Kgs. muestra	Concentrado gramos	Sn %	WO ₂
IV	22	15,00 a 15,50	20,00	0,650	9,75 (1)	No contiene
»	23	15,50 a 16,00	20,00	0,500	9,75 (1)	»
»	24	16,00 a 16,50	22,00	Indicios	—	—
»	25	16,50 a 17,00	23,00	»	—	—
»	26	17,00 a 17,50	26,00	»	—	—
»	27	17,50 a 18,00	27,00	3,000	47,26	No contiene
»	28	18,00 a 18,50	28,00	Indicios	—	—
»	29	18,50 a 19,00	29,00	»	—	—
»	30	19,00 a 19,50	30,00	1,500	9,75 (1)	No contiene
»	31	19,50 a 20,00	31,00	3,600	0,72	»
»	32	20,00 a 20,50	32,00	0,800	9,75 (1)	»
XV	No dió ningún concentrado en los 16 mts. perforados.					
XIV	1	2,00 a 3,00	23,00	6,00	1,15 (1)	No contiene
»	2	2,00 a 3,50	22,00	22,80	1,15 (1)	»
»	3	3,50 a 4,00	21,00	22,20	1,15 (1)	»
»	4	4,00 a 4,50	21,00	16,20	1,15 (1)	»
»	5	4,50 a 5,00	22,00	18,80	1,15 (1)	»
»	6	5,00 a 5,50	20,00	17,40	1,15 (1)	»
»	7	5,50 a 6,00	23,00	7,00	1,15 (1)	»
»	8	6,00 a 6,50	22,00	7,50	1,15 (1)	»
»	9	6,50 a 7,00	25,00	5,40	1,15 (1)	»
»	10	7,00 a 7,50	24,00	9,00	1,15 (1)	»
»	11	7,50 a 8,00	25,00	10,20	1,15 (1)	»
»	12	8,00 a 8,50	25,00	9,00	1,15 (1)	»
»	13	8,50 a 9,00	25,00	6,50	1,15 (1)	»
»	14	9,00 a 9,50	24,00	16,20	1,15 (1)	»
»	15	9,50 a 10,00	25,00	10,10	1,15 (1)	»
»	16	10,00 a 10,50	28,00	12,00	1,15 (1)	»
»	17	10,50 a 11,00	30,00	10,70	1,15 (1)	»
»	18	11,00 a 11,50	25,00	7,90	1,15 (1)	»
»	19	11,50 a 12,00	20,00	Negativo	—	—
»	20	12,00 a 12,50	22,00	Negativo	—	—
»	21	12,50 a 13,00	12,00	2,60	1,15 (1)	»
»	22	13,00 a 13,50	20,00	1,75	1,15 (1)	»
»	23	13,50 a 14,00	15,00	1,30	1,15 (1)	»
»	24	14,00 a 14,50	25,00	1,40	1,15 (1)	»

(1) Análisis de muestra media.

Las oscilaciones del concentrado obtenido de las muestras lavadas son grandes, llegando en algunos puntos hasta muy cerca del 2 por 1.000, valor de positiva estima si fuese acompañado de un contenido adecuado de estaño metal. Ahora bien, los análisis químicos de los concentrados dan

valores muy bajos para el estaño obtenido, excepto en el sondeo IV, en el que una muestra, que resulta de verdadero interés, llega al 47 por 100 y todas las demás se acercan al 10 por 100.

De hecho queda confirmada la existencia de estaño en todos los aluviones estudiados, pero, como ya dijimos en nuestro estudio preliminar, y como es lógico suponer, la investigación de las distintas zonas es verdaderamente difícil al no poder apreciar, por nuestro estudio superficial, cuáles deben ser las zonas de máxima concentración.

En sucesivas campañas parecería natural investigar más a fondo los alrededores del sondeo IV, y como norma de carácter general, efectuar una investigación en el centro de la Laguna de Antela por sus dos cauces de agua, con objeto de buscar los estratos más bajos de la formación, que indudablemente no han sido alcanzados por nosotros en esta investigación al buscar en la ubicación del sondeo las márgenes de la Laguna.

CONCLUSIONES

1.^a En la totalidad de los aluviones estudiados, a distintas profundidades, se acusa la presencia de estaño en concentraciones no industriales.

2.^a No se ha podido delimitar una zona de mayor enriquecimiento ni en distribución superficial ni en repartición vertical.

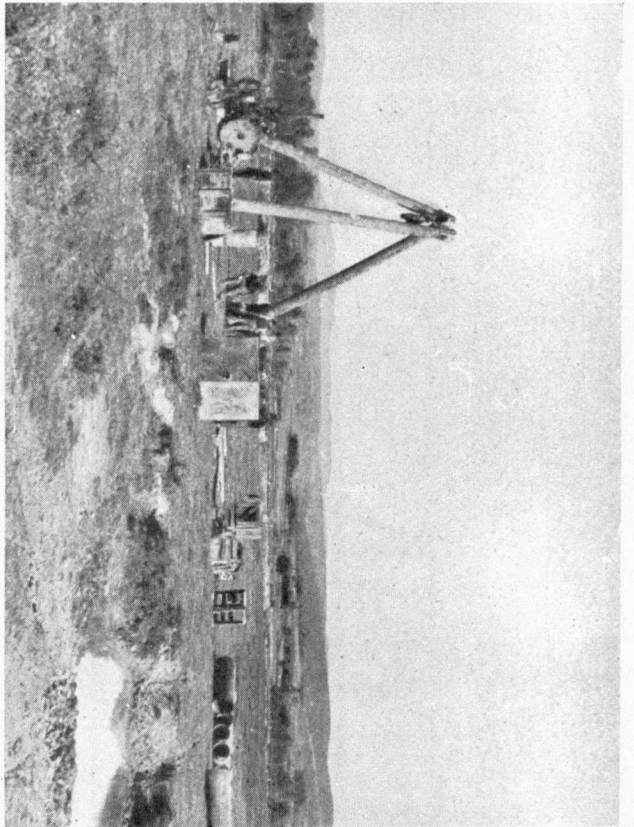
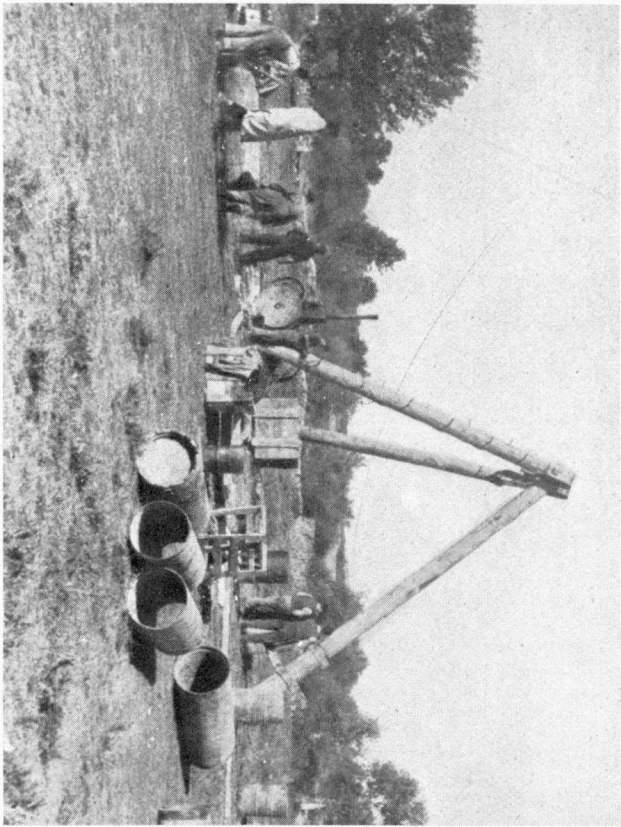
3.^a Al interrumpirse las investigaciones ha de hacerse constar que, como conjunto, la Laguna de Antela ha sido reconocida en una pequeña parte superficial faltando, ade-

más, en vertical, los estratos más profundos que han de encontrarse en el centro de las cuencas.

4.^a Para fijar un criterio definitivo sobre las posibilidades de este yacimiento, sería necesario una campaña más extensa.

Debemos hacer constar que, por el Ministerio de Agricultura, se ha dispuesto el aprovechamiento agrícola de esta Laguna, por lo que no ha sido posible continuar las labores de investigación minera.

Octubre 1956.



Diagramas estructurales del cuarzo de granulitas
de las «Old Lizard Series» de South Cornwall
(Inglaterra)

POR

T I R S O F E B R E L

TIRSO FEBREL

DIAGRAMAS ESTRUCTURALES DEL CUARZO DE GRANULITAS DE LAS «OLD LIZARD SERIES», DE SOUTH CORNWALL (INGLATERRA)

Sabido es que el cuarzo es el componente más usual de las rocas que pueden ser comprendidos bajo la denominación de tectonitas y, por tanto, con la mica, los más estudiados desde el punto de vista estructural. Son muchos los millares de diagramas obtenidos del componente cuarzo en los últimos años, pero a pesar de ello, en muchas ocasiones, son difíciles de resolver o se prestan a distintas interpretaciones. Ello es debido, fundamentalmente, a que se conoce muy poco acerca de cómo se deforma, o, en otras palabras, cómo responde a la acción de las presiones orogénicas que actúan sobre las rocas que lo contienen.

Es nuestro fin, en este reducido trabajo, considerar uno de los aspectos de la deformación del cuarzo: el expresado en los diagramas de ejes ópticos de cuarzo de las granulitas de las Old Lizard Series, ya que el mismo tipo de deformación ha sido obtenido por varios investigadores. Este tipo de deformación está expresado por dos coronas paralelas a los planos *ac* y *bc* de Sander. *a* es la dirección del movimiento tectónico, *b* es paralela al eje del plegamiento y *c* es normal al plano formado por las dos últimas.

TRABAJO DE CAMPO

Tuvimos ocasión, en la pasada primavera, de realizar el estudio estructural de la zona situada al sur del llamado «Lizard Boundary» en la hoja 359 del Geological Survey, y vamos a hacer un brevísimo resumen de los principales rasgos observados en el campo para que sea más fácil comprender cuanto con posterioridad diremos acerca de la estructura (fabric) de los componentes minerales, y muy especialmente del cuarzo.

Queremos añadir que los trabajos de Petrología estructural constan de dos partes esenciales: a) Trabajo de campo que tanto más facilita el posterior trabajo de laboratorio cuanto más minucioso y detallado se ha hecho. b) Trabajo de laboratorio con el estudio de láminas delgadas al microscopio y la preparación de diagramas estructurales. Es imposible una correcta interpretación de estos últimos, o al menos está expuesta a serios errores, si no se ha efectuado un trabajo estructural de campo preliminar.

Vamos a limitarnos a indicar los principales caracteres estructurales de las Old Lizard Series (el área de micaesquistos, granulitas y esquistos anfibólicos del mapa) con exclusión de las restantes formaciones situadas al sur del Lizard Boundary comprendidas en el área de nuestro trabajo estructural, ya que es de granulitas de la Old Lizard Series de donde hemos obtenido los diagramas de cuarzo a que se refiere este trabajo. Es cierto que los micaesquistos de Porthallow (no indicados en el mapa, pues está situado más hacia el Este), que también pertenecen a las Old Lizard Series, contienen cuarzo, pero el hecho de que la proporción de este componente sea muy inferior a la de mica,

hace que los diagramas de aquél, aunque en ocasiones presenten anisotropismo análogo al mostrado por el cuarzo de las granulitas, sean en general mucho más complejos y difíciles de interpretar. Suponemos que la mica es la que ha actuado y reaccionado en el campo dinámico mientras que el cuarzo ha actuado más pasivamente.

Las típicas rocas de Lizard son esquistos metamórficos con intrusiones plutónicas de gabro y serpentina y numerosos diques básicos.

Las rocas más antiguas son micaesquistos y granulitas y esquistos anfibólicos que forman la llamada «Old Lizard Series». Se extienden a lo largo de la costa desde Polpeor hacia el Oeste hasta Old Lizard Head y de aquí, en dirección Norte, hasta Caerthilian Cove y se hallan buenos afloramientos en los acantilados, ya que en el interior aquéllos son escasos y no buenos.

También afloran al Sur y Este de Porthallow mostrando buenos afloramientos en los acantilados situados al Este de la posada los «Five Pilchards» en que nos alojamos cuando hicimos el trabajo de campo en el área de Porthallow.

Las rocas de estas series son sedimentarias, pero con frecuencia contienen material ígneo. Los micaesquistos representan material arcilloso, mientras que las granulitas fueron areniscas. Intercalados con estas rocas existen esquistos anfibólicos que seguramente representan mezcla de material ígneo con sedimentos clásticos. Nódulos y bandas de epidota son muy frecuentes y están asociados con los esquistos anfibólicos que más propiamente deberían ser llamados esquistos anfibólicos epidotíferos, ya que en ocasiones pasan insensiblemente a rocas que son verdaderas epidotitas.

Estos esquistos anfibólicos pueden haber sido coladas lávicas o sills intrusivos y se supone que las rocas sedimentarias e ígneas que constituyen las «Old Lizard Series» fueron formadas en una época de actividad volcánica alterando con ordinaria sedimentación.

Los micaesquistos muestran buenas láminas de muscovita, menor proporción de biotita, a menudo alterada en clorita, y feldespato (ortosa y albita) y cuarzo escasos. Pequeñas secciones de un granate incoloro aparecen con frecuencia, pero su presencia sólo se reconoce al hacer el estudio microscópico de estas rocas. Muestran buena foliación frecuentemente ondulada y sinuosa y las superficies de exfoliación presentan análogo carácter

Las granulitas y granulitas cuarzosas a cuya estructura (fabric) nos vamos a referir principalmente consisten esencialmente de cuarzo con muscovita, biotita y feldespato subordinados. Estas rocas contienen numerosos granates de color rosa pálido.

En los micaesquistos y granulitas una hornblenda verde puede aparecer en cualquier proporción y cuando es abundante las rocas pasan a esquistos verdes y a granulitas anfibólicas. La hornblenda es generalmente acicular, tiene color verde oscuro e intenso pleocroísmo y a veces está alterada en clorita.

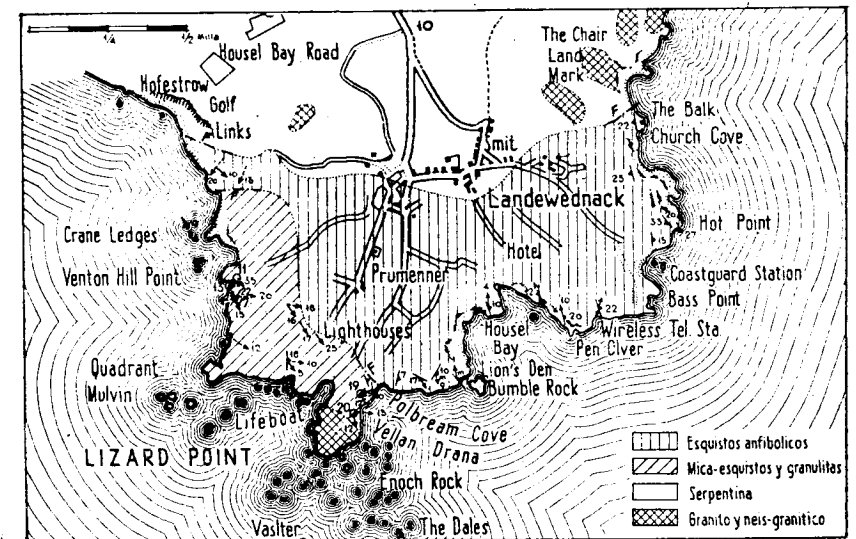
Todas estas rocas se encuentran en grado metamórfico bastante intenso; sus texturas clásicas han desaparecido por completo y aparecen bien foliadas y recrystalizadas. Su esquistosidad puede llamarse esquistosidad-estratificación (foliation-bedding), siendo más o menos paralela a la antigua estratificación de estas formaciones parametamórficas.

La serpentina que establece contacto con estas rocas por el Norte es una serpentina de bastita y en ella se observan

buenas placas de este último mineral. El contacto Este es una falla normal que rumba unos 50° al Este del Norte y buza unos 70° al Norte y el contacto Oeste otra falla de rumbo 65° al Oeste del Norte y buzamiento Sur.

También es una falla la que separa esquistos anfibólicos de micaesquistos que buzando hacia el Este tiene dirección aproximada de unos 30° al Oeste del Norte.

Hay pruebas de que la deformación plástica y transporte tectónico han sido intensos y existe una persistente alineación *b* de ejes de pliegues que a menudo son acostados, motivo por el cual el «foliation-bedding» es subhorizontal. El eje de estos pliegues tiene orientación N.-S. o NNO.-SSE. (ver mapa) y en casi todos se observa aporte



- ☉ Lugar en que se han cogido muestras orientadas
- ↗ Rumbo y buzamiento del plano de esquistosidad
- ↘ Alineación de micropliegues L_1
- ↙ Alineación de micropliegues L_2
- ↖ Alineación mineral L_3
- ↕ Alineación horizontal
- ↗↘ Rumbo y buzamiento combinado con alineación

de material de flanco a crestas. En ocasiones, como sucede en los acantilados de Housel Bay, la alineación *b* es tan intensa que existe un pronunciado rodding y la roca muestra tendencia a romper en varillas paralelas a los ejes de los pliegues. Este indudable alargamiento según *b*, se traduce en diaclasas de tensión verticales y orientadas Este-Oeste.

En secciones normales a los ejes de pliegues (secciones *ac* de Sándor) se observan planos de cizallamiento (shear joints) que suelen cortarse según el eje de los pliegues y cuya existencia nos limitamos a consignar.

Los principales pliegues observados entran en la categoría de los denominados pliegues de flexión. La posición relativa que planos de foliación y ejes de pliegues presentan en las proximidades de Polbream Cove indica que los pliegues buzan y se sumergen en el mar hacia el Sur.

A medida que marchamos hacia el Oeste a partir del contacto de esquistos anfibólicos con micaesquistos, que no es un contacto neto como indica el mapa que publicamos tomado de las Memoirs del Geological Survey, ya que los esquistos anfibólicos siguen alternando con micaesquistos al Oeste del referido contacto, el contenido en SiO_2 aumenta y aparecen granulitas anfibólicas o micáceas intercalados con micaesquistos o esquistos anfibólicos.

También aparece cada vez más intensa, a medida que vamos en dirección Oeste, una segunda alineación *b* (lineación) orientada de 60° a 90° al Oeste del Norte, que pliega y es posterior a la primera mencionada. Existen unos pliegues paralelos a esa segunda alineación que más que debida a un episodio tectónico distinto de la primera, suponemos motivada por una fase posterior del mismo episodio.

En estas zonas perturbadas en que aparecen ambas alineaciones son mucho más numerosos los planos de cizallamiento (shear joint), ya que a los debidos a la fase tectónica fundamental que se cortan en dirección N.-S. o NNO.-SSE. se suman los originados por la segunda fase metamórfica, que se cortan según la segunda alineación.

Al aproximarse al contacto de la serpentina las alineaciones que acabamos de describir y que son debidas a metamorfismo regional, aparecen perturbadas por la intrusión serpentínica y la principal, en esta zona, se dispone normal al contacto.

Por eso parecen observarse tres acontecimientos en la formación de los «Old Lizard Series»:

a) Fase metamórfica principal con pliegues de dirección N.-S. o NNO.-SSE. y alineación paralela a estos rumbos. Denominamos a esta alineación L_1 en el estudio de los diagramas estructurales.

b) Segunda fase metamórfica, menos intensa que la anterior, expresada por micropliegues que se orientan de 60° a 50° al Oeste del Norte y alineación paralela a ellos. Denominamos L_2 a esta alineación en el estudio estructural.

c) Intrusión serpentínica y alineación a ella referida que sólo se observa en la zona de contacto y se sitúa en sentido normal a la línea de contacto.

Las fallas que separan las rocas de las «Old Lizard Series» de la serpentina de bastita, así como la que separa esquistos anfibólicos de micaesquistos, parecen ser las principales de la región. Aparte de éstas, existe un crecido número de fallas menores o planos de cizallamiento en micaesquistos y esquistos anfibólicos en que es fácil reconocer su carácter de fallas normales o inversas por el sentido

de distorsión que muestran las capas y la dirección del crucero en las proximidades del plano de falla.

No existe directa evidencia sobre la edad de las rocas que constituyen las «Old Lizard Series», pero de su carácter general parece razonable suponer que son de las rocas más antiguas que existen en Inglaterra. Los micaesquistos, granulitas y esquistos anfibólicos pueden ser considerados como la roca de caja en que la intrusión de la serpentina, gabro y neis Kennack tuvo lugar y quizá su extensión inicial era muy superior a la actual en que sólo parecen preservados pequeños isleos.

Bonney, uno de los mejores petrólogos y geólogos ingleses del siglo pasado, que comenzó el estudio petrográfico de las rocas de las «Old Lizard Series» en 1877, estableció que mica esquistos, esquistos anfibólicos y granulitas eran probablemente Devoniano inferior, la serpentina posdevoniana, y gabro y granito poscarboníferos, y quizá de la misma época que las cúpulas graníticas que aparecen en Cornwall.

En 1883, Bonney hizo una segunda publicación sobre la geología de Lizard, en la que amplió y corrigió sus observaciones previas considerando a los esquistos sedimentarios de Lizard como precámbricos y no sacando conclusiones definitivas sobre la edad de la serpentina, aunque si los esquistos anfibólicos de Lizard eran Arcaicos, la serpentina podía ser mucho más antigua de lo que en un principio supuso.

Lamentamos no poder publicar algunas fotografías que muestren los principales rasgos estructurales, ya que en el trabajo de campo utilizamos exclusivamente films en color. Durante los días en que llevamos a cabo el trabajo de campo estuvimos alojados en el Caerthilian Hotel de Lizard

Town en el área Sur, Honsel Bay Hotel de Mullión en el área Oeste y Five Pilchars In de Porthallow al Este.

Para trasladarse de un área a otra existe un buen servicio de autobuses pertenecientes a la Compañía Western National.

TRABAJO DE LABORATORIO

Más de 30 muestras de rocas de las «Old Lizard Series» fueron tomadas en el campo para su estudio estructural.

Con sumo cuidado tomamos y marcamos en cada una de ellas el rumbo y buzamiento del plano de esquistosidad, que generalmente es una esquistosidad bedding, así como el rumbo (trend) y buzamiento de alineación (lineation) que todas estas rocas suelen presentar y que mientras en micaesquistos y esquistos anfibólicos es debida a la orientación dimensional de los prismas de hornblenda o láminas de mica, en las granulitas ha sido originada por el alargamiento de las secciones de cuarzo. Otras veces es debida a micropliegues concordantes con la estructura principal.

Hay quien prefiere, en vez de tomar directamente en el campo el buzamiento de la alineación con la ayuda del clinómetro, medir en el laboratorio el ángulo que en el plano de la esquistosidad forma la alineación con el rumbo del referido plano para deducir, con la ayuda de una celdilla de proyección estereográfica, el buzamiento de la alineación. Nosotros hemos seguido el primer procedimiento, pues, aparte de ser mucho más rápido, lo consideramos tan exacto como el segundo, sobre todo en los casos como el actual, en que la esquistosidad es casi siempre sub-horizontal.

Vamos a hacer una ligera descripción petrográfica de las muestras de que presentamos diagrama:

Muestra M7.—Es un esquisto hornbléndico, que macroscópicamente tiene color verde oscuro, y muestra una alineación mineral L_1 , orientada 150-13, o sea con rumbo de 30° al Oeste y buzamiento de 13° al Sureste, determinada por el paralelismo de agujas de hornablenda que se ve cortada por una segunda alineación originada por pequeñas arrugas y microplegues orientados 110-25, o sea con rumbo 70° al Oeste del Norte y buzamiento de 25° hacia el Este.

En lámina delgada, en secciones normales a las dos alineaciones, la roca presenta textura nematoblástica, con orientación paralela de secciones prismáticas de una hornblenda que por su tamaño no es medible con la platina universal, interrumpida por algunas vetillas de cuarzo concordantes con la estructura general del esquisto y que, sin duda alguna, representan bandas silíceas del primitivo sedimento y, por tanto, su estructura (fabric) es una fiel reproducción de la historia metamórfica sufrida por la roca.

El cuarzo es medible, pero sus reducidas dimensiones exigen el empleo de mucho tiempo en la confección de sus diagramas estructurales.

La alineación mineral L_1 tiene su expresión, en lámina delgada, en la textura nematoblástica ya mencionada con la orientación paralela de los prismas de hornblenda; la alineación L_2 se traduce en forma de microplegues que plegan las vetas de cuarzo y orientan los prismas de anfíbol paralelamente a sus flancos. El eje de esos microplegues se proyecta en lámina delgada en forma de una tosca alineación (fot. 1). Es decir, la roca muestra metamorfismo dinámico superpuesto al regional.

Tres diagramas simples de contorno preparados de secciones normales a la alineación L_2 y con 200, 250 y 350 ejes de cuarzo, respectivamente (figs. 1, 2, y 3), indican la presencia de dos coronas de cuarzo que se cortan en el plano de esquistosidad a 90° de la proyección de la alineación mineral L_1 . En los diagramas vienen igualmente indicadas las proyecciones del Este (E.) y Sur (S.) geográficos.

Las coronas, sobre todo en el diagrama de la figura 1, son muy difusas, pero cuando preparamos los diagramas compuestos de las figuras 4 y 5 con 450 ejes de cuarzo (compuesto de 1 y 2) y 750 ejes, respectivamente (compuesto de 1, 2 y 3), la visión de las coronas se hace más neta.

Las coronas guardan una relación de simetría respecto a la alineación L_1 y, por tanto, registran la deformación que originó esa alineación, y como por otra parte el diagrama de la figura 1 fué preparado de una banda cuarzosa plegada por L_2 y los de las figuras 2 y 3 de bandas cuarzosas que no están rizadas paralelamente a L_2 hemos de concluir que esas deformaciones que siguen al movimiento tectónico principal y, como en este caso, están representadas por pequeños rizos o arrugas no suelen ser lo suficientemente penetrativas como para ser registradas en los diagramas de cuarzo que muestra una orientación cristalográfica y no dimensional. Por el contrario, la hornblenda, cuya orientación cristalográfica es una consecuencia de su orientación dimensional, registrará esos rizos en los diagramas de sus cruceros.

En el diagrama de contorno de la figura 6 se han proyectado 300 ejes de cuarzo de una sección preparada normalmente a L_1 . La proyección de L_2 y de los coordenados

geográficos E. y S. quedan, igualmente, indicados en el diagrama.

El introducido en Petrología Estructural no duda que el diagrama representa dos coronas con la misma orientación que las representadas en diagramas anteriores; pero el giro del diagrama en torno a su eje N.-S. hasta situar L_2 en el centro de proyección (fig. 7) desvanece toda duda, ya que entonces el diagrama reproduce el cuadro representado en los diagramas de las cinco primeras figuras.

Muestra 11.—De una banda cuarzosa plegada de esta micacita (micaschist) fué preparado el diagrama de la figura 8. El pliegue de esta roca tiene por eje la alineación mineral L_1 orientada Sur 138-30 que concuerda con el plegamiento general de la región y nada tiene que ver con las arrugas paralelas a L_2 que aquí no son visibles.

En lámina delgada la banda cuarzosa, que como cuarcita micácea podía clasificarse, ya que contiene numerosas laminillas de una biotita cloritizada, tiene textura granoblástica y tamaño de grano superior al de la muestra M7.

Su medición se hace más fácilmente, consiguiéndose la proyección de unos 80 ejes ópticos de cuarzo en la celdilla de Schmidt a la hora.

El diagrama de contorno de la figura 8 es en todo análogo, en cuanto a la posición de las coronas se refiere, al de la figura 6, representando dos coronas que se cortan a 90° de la alineación L_1 que se proyecta en el centro.

Muestra 13.—Es la roca clasificada en las Memorias del Geological Survey como granulita, y es una facies silíceas de los esquistos anfibólicos de las «Old Lizard Series», que podríamos denominar esquisto anfibólico cuarzoso.

El cuarzo ha sido medido de bandas cuarzosas plegadas paralelamente a L_1 (150-20), y en lámina delgada se ob-

serva cómo esas bandas cuarzosas alternan con otras formadas casi exclusivamente por una hornblenda no medible y una plagioclasa muy meteorizada (fots. 2 y 3).

En los diagramas de las figuras 9 y 10 se han llevado a la proyección de Schmidt 300 ejes de cuarzo de secciones normales y paralelas a L_1 , respectivamente, obteniéndose resultados análogos a los obtenidos con muestras anteriores, pues aunque el diagrama de la figura 9 pueda dar la sensación de representar una corona paralela a ac por no mostrar áreas, o en la parte Norte y Sur del diagrama se extiende en el plano bc lo bastante como para presumir la existencia de las dos coronas, aparte de que el diagrama normal a L_1 presenta los máximos, distribuidos a lo largo de las coronas, interiores y no periféricos y, por tanto, prueba la existencia de ambas coronas.

Muestra 19.—Es otra de las granulitas del Geological Survey y muy parecida en textura y composición mineralógica a la anterior.

Tiene en lámina delgada textura esquistosa en que alternan bandas cuarzosas con otras formadas por una hornblenda cloritizada y una plagioclasa ácida muy kaolinizada. El cuarzo y la hornblenda muestran orientación dimensional con alargamiento paralelo a L_1 .

Mientras que la hornblenda, como en muestras anteriores, no es medible, el cuarzo tiene un tamaño de grano muy apto para su medición y los diagramas simples de las figuras 11 y 12, así como el compuesto de la 13 (que es la combinación de las dos simples) repiten las coronas observadas en los anteriores.

El diagrama de la figura 14, preparado de una sección paralela a L_1 (150-15), muestra las dos coronas con gran claridad y comparándole con el de la figura 15, que no es

sino el 12 girado 90°, comprobamos el carácter homogéneo de la fábrica de cuarzo en cuanto a la existencia y posición de las dos coronas se refiere.

Muestra 20.—Es un esquisto anfibólico tomado en uno de los varios planos de falla que existen en Lizard Head.

Menos cuarzoso que las granulitas M. 13 y M. 19, y con tamaño de grano que hace difícil y ardua la tarea de su medición.

En lámina delgada, la roca tiene textura esquistosa y está formada por bandas anfibólicas y alguna cuarzosa. El crucero principal (esquistosidad) está cortado por numerosos planos de cizallamiento que forman aspa y donde es posible reconocer, por el desplazamiento de las capas, en qué sentido tuvo lugar el movimiento (fot. 4). Estos planos de cizallamiento se traducen en lámina delgada en una tosca alineación que es conocida con la denominación de crucero de deformación. (Strainslip cleavage.) La roca muestra, como la M. 7, metamorfismo dinámico superpuesto al regional.

Los principales componentes hornblenda, cuarzo y óxido opacos de hierro, han sufrido las consecuencias de la acción dinámica y aparecen deformados y rotos.

En muestra macroscópica se observan dos alineaciones (180-10) y (120-15) debidas a micropliegues, pero que tales alineaciones puedan corresponder en dirección a L_1 es más dudoso.

Los diagramas de las figuras 16 y 17, preparados de dos secciones normales a las alineaciones, muestran un anisotropismo menos manifiesto que el de las muestras tomadas en zonas no dislocadas, y ello corrobora nuestro criterio de que el metamorfismo esencialmente dinámico más contribuye a destruir la orientación regional que a crearla,

y en los casos más favorables únicamente crea una orientación local que refleja la acción dinámica (como sucede al cuarzo de ciertas rocas milonitizadas tomadas en planos de fallas que muestran un máximo de sus ejes paralelo a a , que es la dirección del movimiento) y se separa de la regional que registra el movimiento tectónico principal. La orientación del cuarzo es tan débil que, incluso girando el diagrama de la figura 17 al plano del diagrama 16 (figura 18), la homogeneidad estructural no puede ser comprobada.

De todos modos, el diagrama de la figura 16 parece reproducir, aunque débilmente, el cuadro de diagramas anteriores en secciones normales a la alineación L_1 y, por tanto, la alineación aquí orientada (180-10) parece corresponder con la alineación tomada en otras muestras y paralela al eje del plegamiento.

Para estudiar el significado de los máximos utilizamos la prueba de Winchell (Winchell general test), que es la que consideramos más eficaz.

Esta prueba estadística supone que la distribución de puntos en un diagrama de proyección estereográfica se efectúa de acuerdo a los términos sucesivos de la serie de Poisson $Ne^{-m} \left(1, m, \frac{m^2}{2}, \dots\right)$ donde N es el número total de puntos proyectados y m es el valor medio que corresponde a cada una de las 100 celdillas de la red que se superpone al diagrama de puntos (fig. 28).

Un máximo se considera significativo cuando la probabilidad de obtener la concentración por él expresada es $P < 0.01$ y altamente significativo cuanto al valor de dicha probabilidad se reduce a $P < 0.001$. Nosotros vamos a hacer uso del primero de estos dos valores estadísticos.

Considerando que los polos proyectados tienen una dis-

tribución más bien irregular en el diagrama de puntos, como sucede en los diagramas de las figuras 1, 2 y 3, donde las coronas son difusas, de la serie de Poisson, se deduce que el número mínimo de puntos que tiene que haber por celdilla para que exista máximo significativo es de 7 en el caso que se hayan proyectado 200 polos (fig. 1),

$$N = 200 \quad m = \frac{200}{100} = 2$$

$$N \times e^{-m} \times \frac{m^r}{r!} \quad (\text{para } r = 6) > 1$$

$$N \times e^{-m} \times \frac{m^r}{r!} \quad (\text{para } r = 7) < 1$$

de 8 en el caso que se hayan proyectado 250 polos (fig. 2) y de 10 en el caso que se hayan proyectado 300 polos (fig. 3).

La superposición de los respectivos diagramas de puntos (no publicados) sobre la red de la figura 29 indica la no existencia de máximos significativos en la figura 1 y la existencia de dos pequeños máximos significativos en las figuras 2 y 3 situados en la parte superior de la proyección de la coordenada Este geográfico.

La aplicación de la misma prueba a los restantes diagramas, teniendo presente que cuando las coronas son netas la prueba general de Winchell (Winchell general test) no debe aplicarse a la totalidad del diagrama, sino al espacio ocupado por las coronas, indica que la figura 6 posee un máximo significativo, o dos muy próximos, situado en la periferia del diagrama que ocupa posición análoga a los máximos de las figuras 2 y 3; que es dudosa la existencia de máximos en la figura 8; que las figuras 9 y 10 tienen un máximo de posición análoga aunque girado

algunos grados respecto a los anteriores; que la figura 11 tiene dos máximos significativos próximos en posición simétrica respecto a los de figuras anteriores; que es dudoso el significado del máximo de la figura 12, y, por fin, que las figuras 13 y 14 tienen el máximo de la figura 11.

La aplicación de la prueba general de Winchell a diagramas con coronas indica que cuanto más neta es esta última, mayor tiene que ser el número de polos por celdilla para que el máximo sea significativo.

DISCUSIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE CUARZO

Más de 100 diagramas estructurales fueron preparados de los componentes cuarzo, hornblenda y epidota de las rocas tomadas en el campo. Unos treinta y tantos son diagramas estructurales del cuarzo de las granulitas. No ha sido nuestro propósito reproducir todos los preparados, sino los más característicos.

En su preparación utilizamos platina universal Cook Troughton y Simms, de 4 ejes, y microscopio petrográfico de investigación de la misma casa.

Casi todos los diagramas obtenidos proceden de secciones *b*, o sea secciones normales a la alineación principal, aunque secciones *a* hayan sido obtenidas ya directamente o girando los diagramas *b* 90° en torno al eje N.-S. del diagrama. Sólo hemos publicado los diagramas de contorno, pero no los de puntos de que éstos fueron obtenidos.

El número de ejes proyectado en los diagramas individuales suele ser de 300, ya que ello facilita la preparación del diagrama de contorno al no tener que operar con números decimales, y por otra parte el número de 300 ejes es

suficiente, en la mayoría de los casos, para adquirir un buen conocimiento del carácter estructural del cuarzo.

Nuestra intención al preparar diagramas de 200 ejes procedentes de la misma sección o secciones paralelas de la misma muestra fué estudiar la homogeneidad que es absolutamente necesario conocer en los problemas de Petrología Estructural.

No solamente la homogeneidad fué comprobada en secciones paralelas, sino en secciones normales (secciones *a* y *b*) de la misma muestra. No hay duda de que operamos con diagramas homogéneos en lo que se refiere a existencia y posición de coronas de ejes ópticos, y también hemos probado, aplicando métodos estadísticos, que alguno de los máximos distribuidos en las coronas es significativo.

La estructura (fabric) es sumamente regular y se compone de dos coronas de análogo desarrollo que se cortan en el plano de esquistosidad (plano S. de Sándor) a 90° de la alineación L_1 que en el campo viene expresada por un marcado rodding con orientación dimensional del cuarzo y la hornblenda o pequeñas ondulaciones debida a micropliegues.

Vamos ahora a abordar el difícil problema de la interpretación de los diagramas.

En el campo existen pruebas indudables de que el transporte tectónico principal ha tenido lugar en el plano *ac* orientado ENE.-OSO., que es, por tanto, el plano de deformación. Domina el tipo de pliegues acostados que sugieren que el transporte tectónico ha sido intenso y ello determina un alargamiento en *b* que está representado por un marcado rodding. Favoreciendo este criterio podemos añadir que las diaclasas *ac* de tensión muestran un buen desarrollo.

Los diagramas de hornblenda, figuras 19, 20, 21, 22,

23, 24, 25 y 26 de esquistos anfibólicos de las series de Landwednack (ver mapa) están de completo acuerdo con este criterio, y la hornblenda se orienta dimensionalmente paralelamente al eje del pliegue y por tanto su eje [001] presenta un máximo paralelo a L_1 . Ha existido rotación en torno a *b* y los cruceros (110) como los ejes [010] no presentan en los diagramas posiciones fijas, sino más bien tienden a distribuirse en coronas paralelas a *ac*, que es el plano de deformación. Suponemos que los máximos de ejes *b* de hornblenda subparalelos a *a* representan la dirección de transporte tectónico más intenso.

Los diagramas de las figuras 21 y 22 son múltiples, obtenidos de los simples de las figuras 19 y 20, igual que los de las figuras 25 y 26, han sido obtenidos de los representados en 23 y 24.

Como en el caso del cuarzo, también comprobamos que la estructura de la hornblenda era homogénea.

La estructura de la biotita de la roca M11, de que también presentamos diagramas de cuarzo, es homotáctica con la de la hornblenda y con lo que estructuralmente se observa en el campo y el diagrama de contorno de sus cruceros (001) (fig. 27) muestra una corona normal a L_1 .

La estructura del cuarzo (fabric) es heterotáctica con la de hornblenda y biotita, y según la interpretación ortodoxa que la mayoría de los petrólogos estructurales dan a las coronas de sus ejes ópticos, pudiera ser tomada en el sentido de que el plano de deformación representado por el cuarzo es normal al observado en el campo y representado por los diagramas de hornblenda y biotita.

Este caso no es exclusivo de estas rocas, sino, por el contrario, es un tipo de deformación más bien común en el cuarzo, y en los tratados y publicaciones de Petrología es-

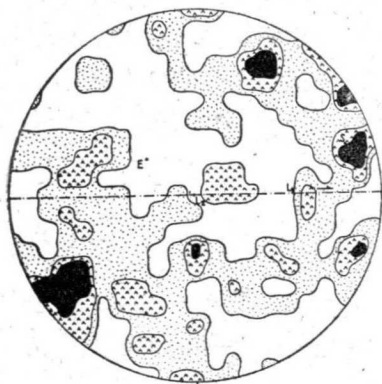
tructural se ven citas de casos donde coronas *bc* aparecen asociadas a las usuales *ac*. Schmidt las interpretó como originadas por una única deformación, y Sándler, como debidas a dos deformaciones. También Phillips halló este tipo de deformación en los Highlands de Escocia, donde el plano de deformación de los diagramas de biotita era normal al plano de deformación representado por los diagramas de cuarzo. Su explicación, análoga a la dada por otros autores, se basaba en considerar al cuarzo mucho más sensible que la biotita (lo cual nos parece muy razonable, según la experiencia que hemos adquirido de cuantos diagramas hemos preparado no sólo en Inglaterra, sino de los granitos, neises, micacitas y cuarcitas de la Sierra de Guadarrama, donde la mica y el cuarzo son los principales componentes, y casi únicos, que hemos estudiado estructuralmente), y, por tanto, que la deformación por él registrada era posterior a la indicada por la biotita. Su interpretación es análoga a la de Sándler y está de acuerdo con el criterio de este último de que secciones orientadas revelan las características estructurales de una roca, incluso donde el examen macroscópico es inútil o ineficaz; se expresaba así contra el escepticismo de Cloos que dudaba que grandes unidades tectónicas como fosas o pliegues pudieran ser investigadas concienzudamente por métodos microscópicos.

Existe una tercera posibilidad no mencionada por Sándler y Schmidt y que se refiere al desarrollo de pliegues (saddle folds) a 90° de los principales pliegues de flexión y debidos a la misma deformación. La existencia de tales pliegues implica la presencia de deformaciones cruzadas y pudiera investigarse el desarrollo de coronas debidas a este mecanismo.

Nosotros opinamos, respecto al carácter estructural del

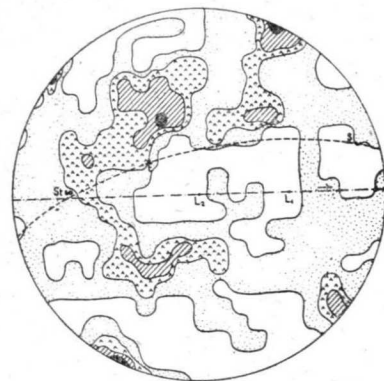
cuarzo «Old Lizard Series», que, incluso apoyando el criterio de Sándler de que secciones orientadas pueden revelar detalles estructurales que sería vano hallar en un reconocimiento de campo, por minucioso y detallado que fuese, la simetría que las coronas muestran respecto a L_1 y su análogo desarrollo bien puede armonizarse con una única deformación que tiene a L_1 por eje de plegamiento, ya que tampoco debe olvidarse que la opinión de Sándler en favor de una segunda deformación se refiere fundamentalmente a los casos en que las coronas *bc* muestran un desarrollo desigual o asimétrico en el plano *ac*.

Suponemos que los máximos de cuarzo subparalelos a *a* (fig. 6) tienen análogo significado a los máximos de ejes *b* de hornblenda.



Contorno 1%
id. 2%
id. 3 y 4%

Figura 1

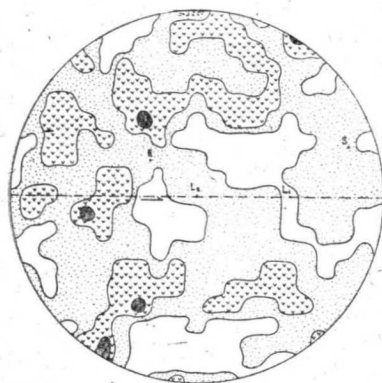


Contorno 1%
id. 2%
id. 3%
id. 4%

Figura 2

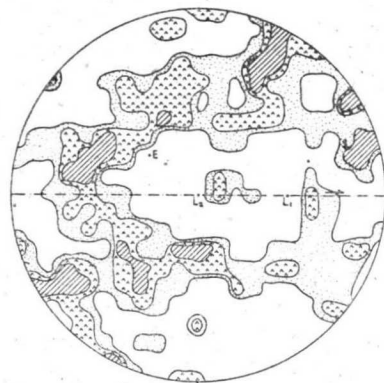
Diagrama de contorno de 200 ejes de cuarzo de una banda cuarzosa plegada de esquistó anfibólico (muestra M 7).

Diagrama de contorno de 250 ejes de cuarzo de una banda cuarzosa plegada de esquistó anfibólico (muestra M 7).



Contorno 1%
id. 2%
id. 3%

Figura 3

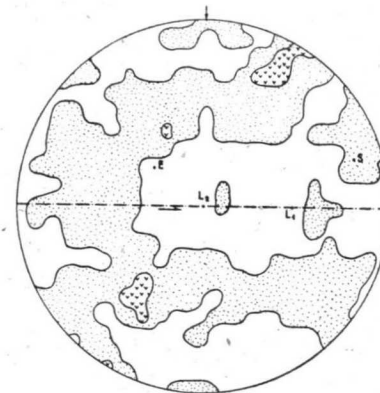


Contorno 1%
id. 1,5%
id. 2%

Figura 4

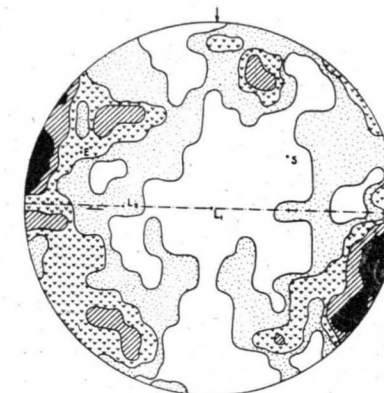
Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de esquistó anfibólico plegado (muestra M'7).

Diagrama de contorno de 450 ejes ópticos de cuarzo (diagrama compuesto de los simples de las figuras 1 y 2) de esquistó anfibólico (muestra M 7).



Contornos 1%
id. 2%

Figura 5



Contorno 1%
id. 2%
id. 3%
id. >3%

Figura 6

Diagrama de contorno de 750 ejes ópticos de cuarzo (compuesto de los simples de las figuras 1, 2 y 3) de esquistó anfibólico (muestra M 7).

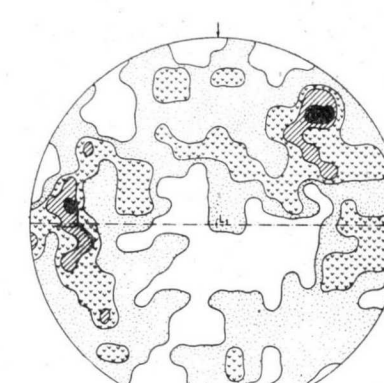
Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de esquistó anfibólico (muestra M 7).



Contorno 1%
id. 2%
id. 3%
id. 4%

Figura 7

Diagrama de la figura 6 girado en torno a N-S hasta situar L_2 en el centro de proyección (muestra M 7).

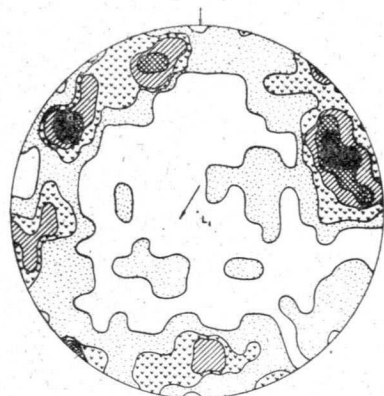


Contorno 1%
id. 2%
id. 3%
id. 4%

Figura 8

Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de bandas cuarzosas de micaesquistó (muestra M 11).



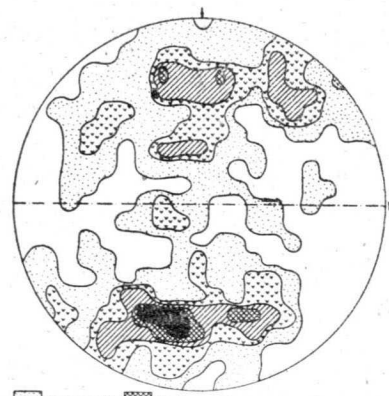


Contorno 1%
id. 2%
id. 3%

Contorno 4%
id. 5%

Figura 9

Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de granulita (muestra M 13).

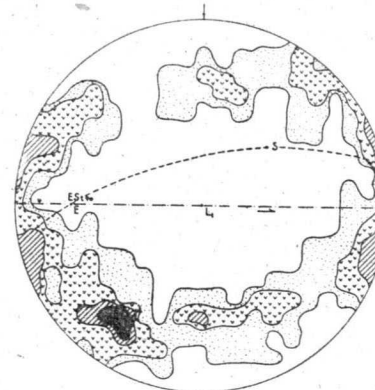


Contorno 1%
id. 2%
id. 3%

Contorno 4%
id. 5%

Figura 10

Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de granulita (muestra M 13).

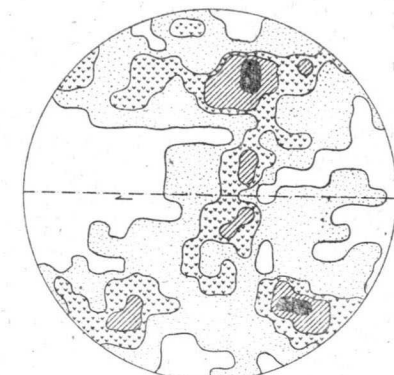


Contorno 1%
id. 2%

Contorno 3%
id. 4%

Figura 13

Diagrama de contorno de 400 ejes ópticos de cuarzo (compuesto de simples de las figuras 11 y 12) de esquistu anfibólico (muestra M 13).

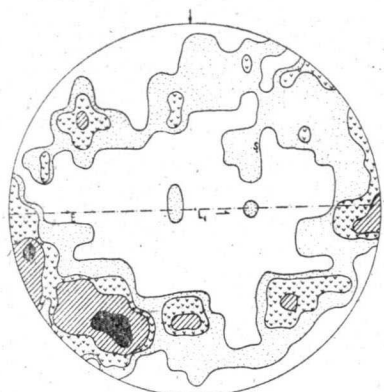


Contorno 1%
id. 2%

Contorno 3%
id. 4%

Figura 14

Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de bandas cuarzosas de esquistu anfibólico (muestra M 19).



Contorno 1%
id. 2%

Contornos 3 y 4%
id. >4%

Figura 11

Diagrama de contorno de 200 ejes ópticos de cuarzo de bandas cuarzosas de esquistu anfibólico (muestra M 13).

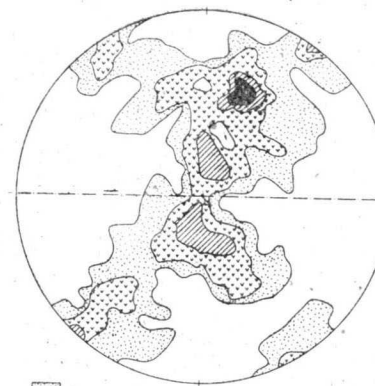


Contorno 1%
id. 2%

Contorno 3%
id. 4%

Figura 12

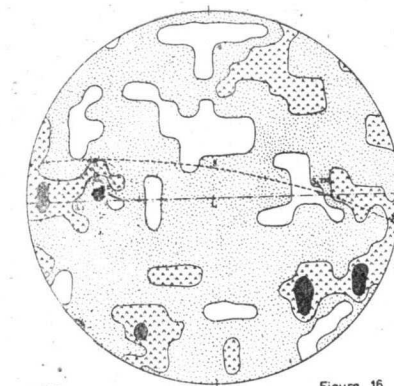
Diagrama de contorno de 200 ejes ópticos de cuarzo de bandas cuarzosas de esquistu anfibólico (muestra M 13).



Contorno 1%
id. 2%
id. 3%
id. 4%

Figura 15

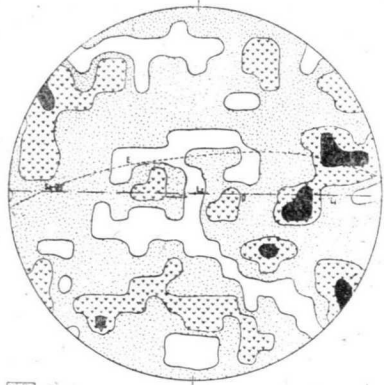
Diagrama de la figura 12 girado 90° en torno a N-S.



Contorno 1%
id. 2%
id. 3% y 4%

Figura 16

Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de esquistu anfibólico (muestra M 20).



Contorno 1%
id 2%
id 3%

Figura 17

Diagrama de contorno de 300 ejes ópticos de cuarzo de esquistó anfibólico (muestra M 20).

● polos a (110)
○ ejes c
+ ejes b

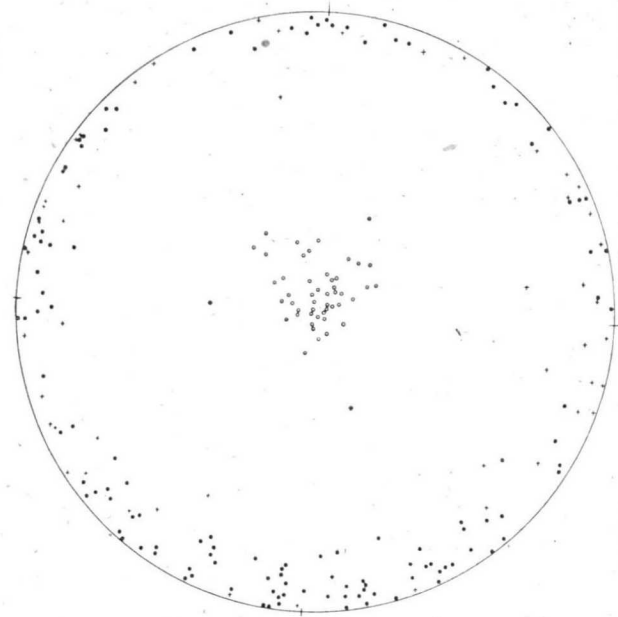
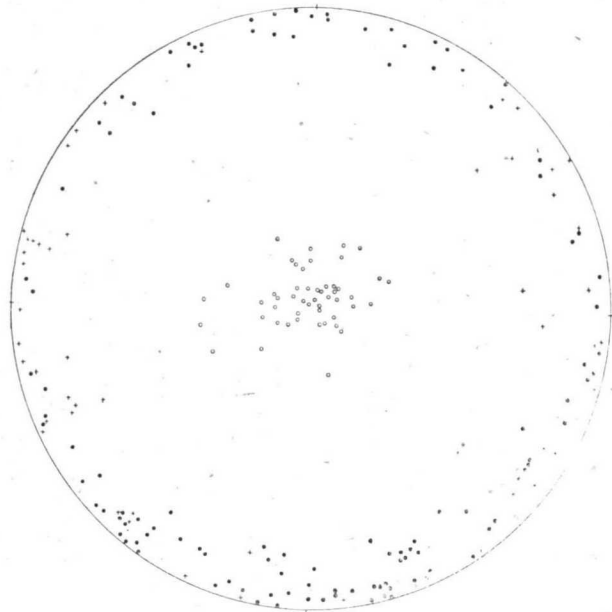


Figura 19

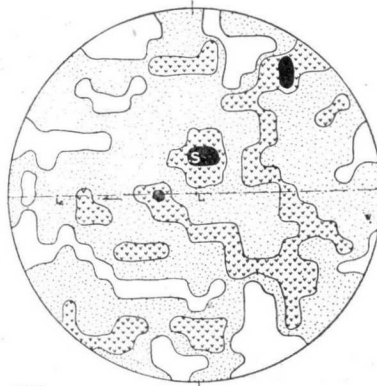
Diagrama múltiple de 125 polos a (110), 50 ejes c y 50 ejes b de hornablenda de esquistó anfibólico.



● polos a (110)
○ ejes c
+ ejes b

Figura 20

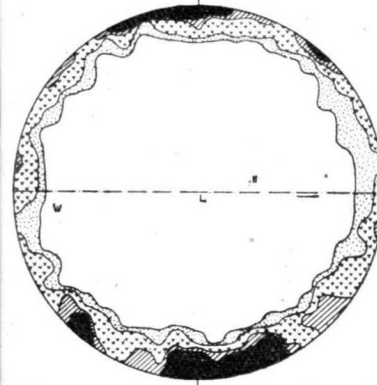
Diagrama múltiple de 125 polos a (110), 50 ejes c y 50 ejes b de hornablenda de esquistó anfibólico.



Contorno 1%
id 2%
id 3%

Figura 18

Diagrama de la figura 17 guiado al plano de la figura 16 (muestra M 20).



Contorno 1%
id 2% y 3%
id 4%
id >4%

Figura 21

Diagrama de contorno de 250 polos a (110) de hornablenda de esquistó anfibólico (compuesto de los diagramas de las figuras 19 y 20).

● polos a (110)
○ ejes c
+ ejes b

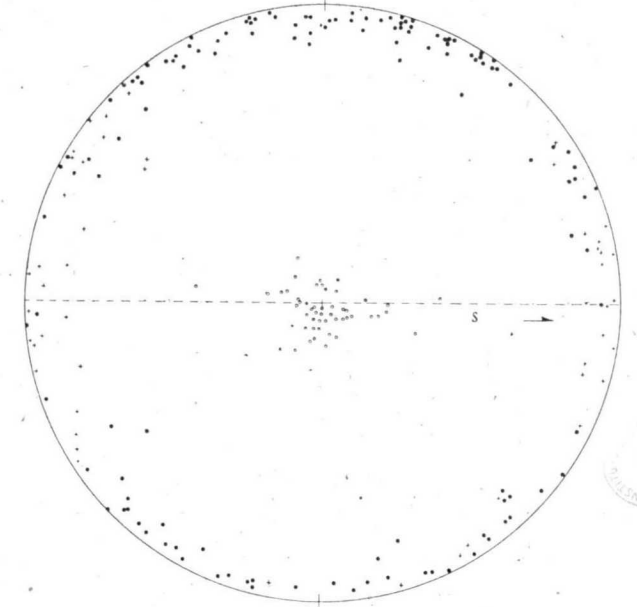
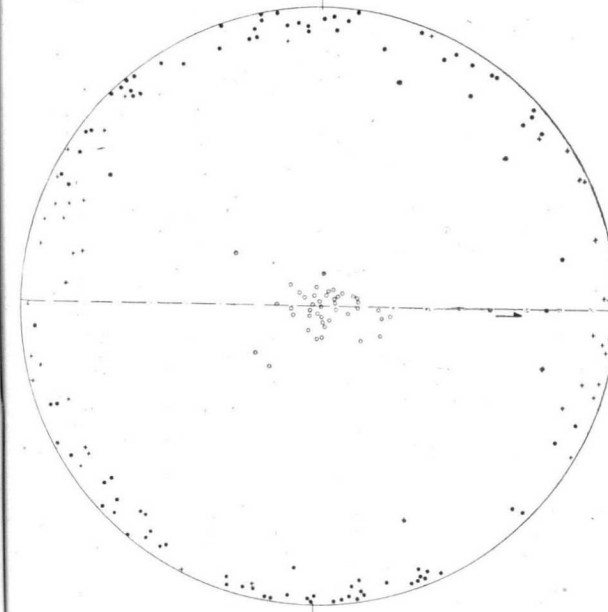


Figura 23

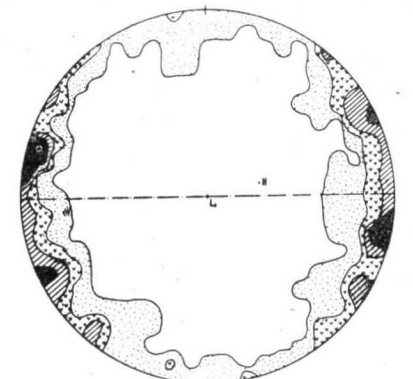
Diagrama de 125 polos a (110), 50 ejes c y 50 ejes b de hornablenda de esquistó anfibólico.



● polos a (110)
○ ejes c
+ ejes b

Figura 24

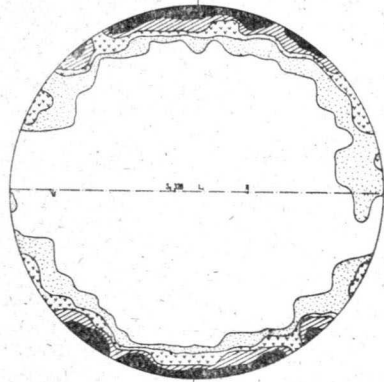
Diagrama de 125 polos a (110), 50 ejes c y 50 ejes b de hornablenda de esquistó anfibólico.



Contorno 1% y 2%
id 3% y 4%
id 5%, 6% y 7%
id >7%

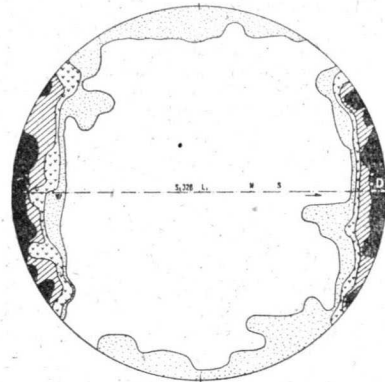
Figura 22

Diagrama de contorno de 100 ejes b de hornablenda de esquistó anfibólico (diagrama compuesto de los diagramas de las figuras 19 y 20).



Contorno 1% y 2%
 id 3% y 4%
 id 5% y 6%
 id > 6%

Figura 25

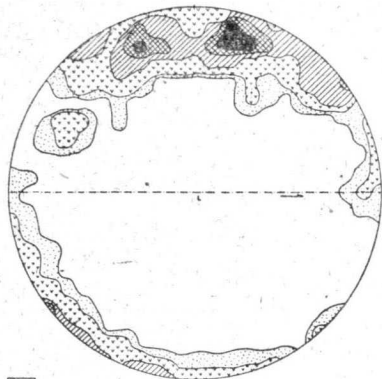


Contorno 1% y 2%
 id 3% y 4%
 id 5% y 6%
 id > 6%

Figura 26

Diagrama de contorno de 225 polos *a* (110) de hornablenda de esquistó anfibólico (diagrama compuesto de los simples de las figuras 23 y 24).

Diagrama de contorno de 100 ejes *b* de hornablenda de esquistó anfibólico (diagrama compuesto de los simples de las figuras 23 y 24).



Contorno 2% y 3%
 id 4%, 5%, 6% y 7%
 id 8%, 9%, 10% y 11%
 id 12%, 13%, 14% y 15%
 id > 15%

Figura 27

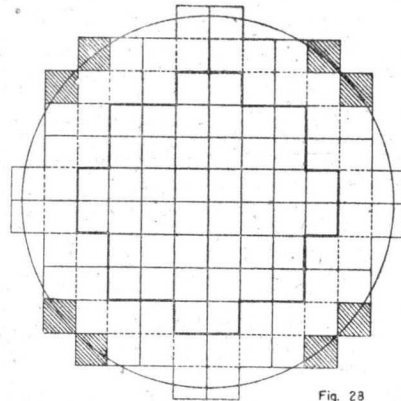


Fig. 28

Diagrama de contorno de 100 polos *a* (001) de biotita de micaesquistó plegado.

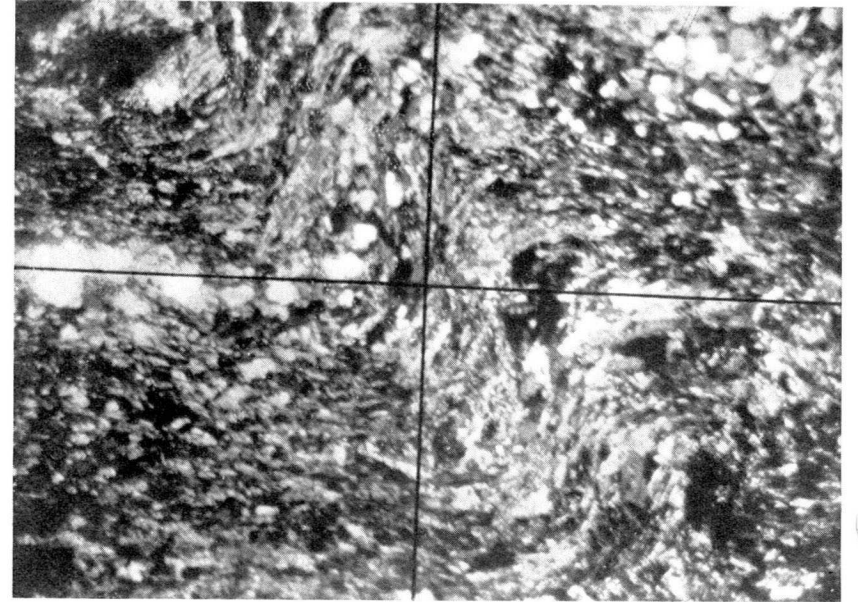


Fig. 1.—Donde se ve en sentido diagonal la alineación debida a micropliegues L_2 . Aspecto general del esquistó sufibólico

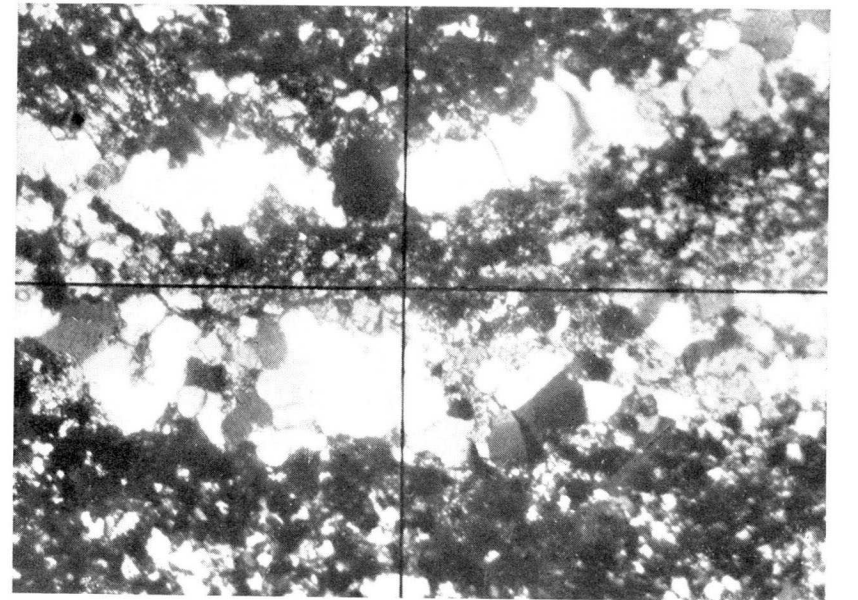


Fig. 2.—Preparación normal al eje B de pliegue I. (paralelo al plano *ac* de deformación). No se reconoce alargamiento en las secciones de cuarzo.

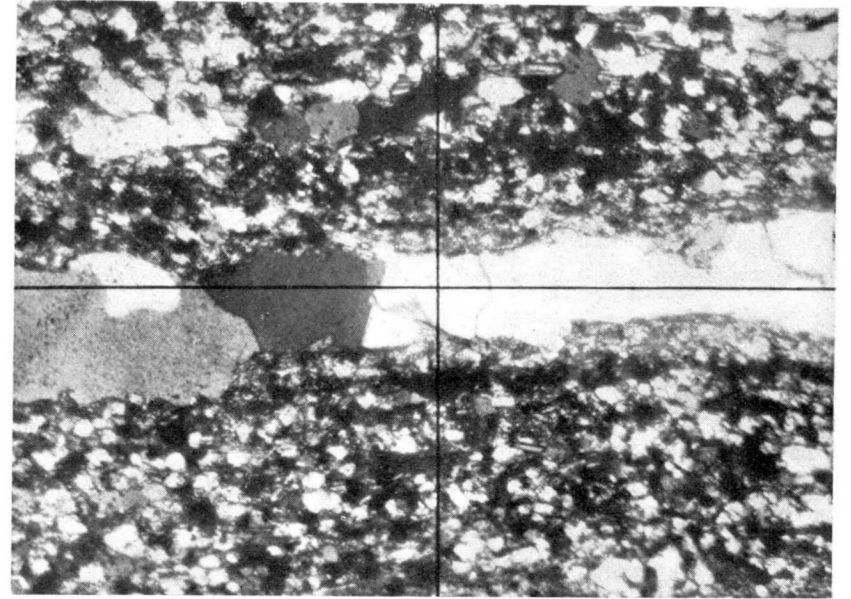


Fig. 3.—Preparación paralela al eje B de pliegues L_1 . Donde se reconoce orientación dimensional o alargamiento del cuarzo paralelamente a B. Este alargamiento origina diaclasas α ϵ de tensión.

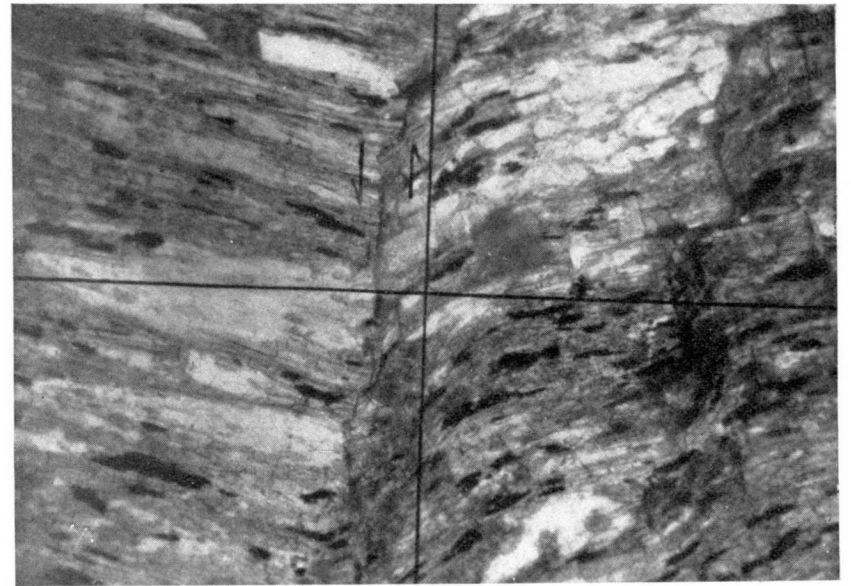


Fig. 4.—La distorsión del crucero de un esquistó anfibólico en las proximidades de microfallas sirve para determinar el sentido del movimiento.

Notas mineralográficas

POR

ANTONIO DUE ROJO, S. I.

Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

ANTONIO DUE ROJO, S. I.

Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

NOTAS MINERALOGRAFICAS

Si el uso de los primeros metales en tiempos prehistóricos fué una verdadera revolución industrial para la humanidad, reducida antes al empleo de la piedra y la madera como únicos materiales disponibles, la era moderna con su diversidad de metales para múltiples aplicaciones ha sido más bien una evolución gradual; sus episodios se han limitado por lo común a algunas crisis, en que alternativamente la metalurgia se ha atrasado o adelantado a la ingeniería, con la natural consecuencia de que la oferta y la demanda en el mercado de los metales hayan sufrido oscilaciones más o menos graves; así ha venido ocurriendo durante la centuria 1840-1940: a lo más, la difícil conquista del Al y Mg inició la era particular de los metales ligeros.

Pero en los últimos años las cosas han cambiado radicalmente; la química, la aviación supersónica, la electrónica (radio, televisión, radar, automatismo...) y más dramáticamente que todas, la ciencia nuclear, han creado necesidades que los *antiguos* metales no pueden ya satisfacer: temperaturas extremas, corrosión enérgica, invasión de neutrones y otras partículas atómicas de gran poder destructor, comprometen la solidez de las piezas metálicas en las nuevas máquinas actuales y futuras. Llámense aquí an-

tiguos a los pocos y más vulgarizados que antes bastaban para todo, principalmente el acero en sus diversas aleaciones; otros *nuevos*, es decir, más raros, se buscan ahora con afán y son objeto de laboriosa investigación de sus propiedades para hallar en ellas las soluciones de numerosos problemas prácticos del día (15).

Elementos que hasta hace poco eran no más de una curiosidad de gabinete de química, han pasado al primer plano de la actualidad industrial y comercial; los obstáculos que en otro tiempo impedían su uso, tales como escasez de producción, dificultad de obtenerlos en estado de pureza, coste elevado de su elaboración, etc., ya no detienen a los equipos bien organizados de investigadores en los laboratorios; los gobiernos, vivamente interesados en la empresa, no reparan en gastos para promoverla, y más de una vez se ha visto recompensada esta especie de fe ciega en la investigación, con resultados positivos y utilidades insospechadas, fruto de esos estudios.

En esta nota se recogen datos recientes acerca de ellos, en términos más bien generales, reservando para otra la sección de casos singulares relativos a ciertos metales, su historia, métodos nuevos de obtención y, principalmente, su trascendencia en la vida del hombre moderno.

METALES «PUROS»

La expresión común «químicamente» puro, que excluye impurezas reveladas por el análisis químico, ha perdido hoy el valor superlativo que solía tener; el análisis espectroquímico descubre trazas inaccesibles al químico, y el adverbio «espectroquímicamente» es un índice más expresivo para significar la depuración de los elementos o compues-

tos; a ambos, sin embargo, ha suplantado un tercer adverbio usado hoy en muchos laboratorios: «luminescentemente». En efecto, con ocasión de las dificultades técnicas que ha tenido que vencer la televisión, hubo que extremar el proceso de purificación de elementos, ya que en algunos casos basta una proporción de impurezas de $1/10^7$, y tratándose del fósforo para las pantallas, de $1/10^9$, para comprometer el buen éxito de la operación. Y esto no es anomalía particular, sino regla bastante corriente: no hay cuerpo simple en la naturaleza que no esté mezclado o combinado con otros, de los que con frecuencia es casi imposible aislarlo y que modifican sus propiedades, aunque se hallen en proporción mínima; de aquí la frase del Director de los laboratorios de investigación de la Westinghouse: «No sabemos nada acerca del hierro, porque nunca hemos podido estudiarlo puro».

Un ejemplo, ya clásico, tenemos en los cuerpos semiconductores o transistores (1), en los que ciertas impurezas no pueden exceder de $1/10^6$, y para alguna de ellas de $1/10^8$; en cambio necesitan la presencia de ciertas impurezas *útiles* que han de añadirse en proporciones del mismo orden de magnitud. Cuando la impureza pertenece a una familia de elementos diferente de aquélla a que pertenece el metal

(1) Salvo parecer más autorizado, creemos más lógica y apropiada esta forma castellana, en oposición a la de «transitor»; en la partícula «trans» no existe duda, pero la segunda parte de esta palabra técnica tiene dos sentidos contradictorios, según que se forme del verbo latino «ire» (= ir o pasar), como ocurre en el término «tránsito», o del verbo «sistere» (= detener, interceptar), como sucede en «termostato». Siendo la función específica del semiconductor, la de *no dejar pasar* la corriente eléctrica en un sentido determinado, parece deberse decir «transistor» (= el que detiene el paso); el término «transitor» corresponde más bien al conductor ordinario, que la *deja pasar* siempre.

base, la acción perturbadora puede ser enorme, a pesar de su insignificante cuantía; y al revés, apenas se nota cuando es un miembro de su misma serie en la tabla de Mendeleef. Así, por ejemplo, si al germanio se mezcla arsénico o galio, aun en cantidad infinitesimal, sus propiedades conductivas se alteran extraordinariamente, y no ofrece diferencia alguna si se une con el silicio, que además es también semiconductor.

Hace algunos años hizo falta urgentemente uranio puro, destinado a uno de los reactores nucleares, y hubo que librar una lucha desesperada contra el boro, contaminante universal, que se encuentra en el polvo de las calles, en el revestimiento de las paredes y en los suelos de cemento; su presencia, aun en proporción de $1/10^6$, entorpece notablemente la reacción en cadena, porque es un gran captador de neutrones: hay que reducir por lo menos a la mitad esa cifra de contaminación si ha de funcionar bien el reactor. En el estudio de la superconductividad de algunos metales a temperaturas cercanas al cero absoluto, ha ocurrido a veces el hecho desconcertante de que en esas condiciones precisamente crezca desmesuradamente la resistencia, tendiendo a hacerse infinita; la causa de ello son las microtrazas de ciertas impurezas.

Una de las más nocivas es el hidrógeno en el acero: como una pequeña raíz de árbol llega a romper un bloque de granito, así las partículas de hidrógeno se abren paso a través de masivas piezas de acero y afloran en forma de ampollas en la superficie de roce, desvirtuando su resistencia y buen funcionamiento. A mediados de 1953, el autor de la reseña que estamos citando terminaba su artículo diciendo que las microimpurezas constituían un muro casi impenetrable ante los hombres de ciencia y su conoci-

to de los materiales para la técnica; y subrayaba ese *casi* porque—añadía—estos hombres han logrado introducir cuñas en el muro mediante recursos, cuales son la fusión de metales suspendidos electromagnéticamente en el vacío, los delicadísimos sistemas de medida capaces de apreciar proporciones de $1/10^9$ y el dominio de las bajas temperaturas y presiones: «el éxito viene a paso lento, pero seguro» (14).

En los laboratorios de la Compañía Telefónica Bell, por curiosa coincidencia, se plantearon en secciones diferentes dos problemas opuestos: en una de ellas se trataba de purificar el germanio eliminando las impurezas, y en otra se buscaba una impureza desconocida, pero utilísima, que daba al cobre de las minas chilenas de Chuquicamata una superioridad asombrosa sobre todos los demás; ni los más delicados métodos de análisis, ni el espectrómetro de masas, de quien se ha dicho que separa los átomos uno a uno, pudieron revelar la identidad del elemento misterioso; no hubo más remedio que archivar el asunto, escribiendo en su ficha la indicación humillante de «sin resolver por ahora». Y, sin embargo, la solución estaba en otro departamento del mismo edificio, aunque aplicada en sentido contrario, bajo el nombre de «refinación por zonas», que en 1955 permitió obtener un grado de pureza expresado con once *nueves* ($99,999999999\% = 1/10^{11}$), a los que recientemente se han podido agregar otros tres ($1/10^{14}$) y ello con notable economía, ya que hasta hace pocos años la adición de un *nueve* más solía significar un coste diez veces mayor que el del grado inmediato anterior.

Como todos los grandes inventos, éste se funda en una idea elemental y sencilla: la mayoría de las impurezas metálicas están *disueltas* en el metal base, y es bien sabido que preferentemente se concentran en aquella región de la

masa disolvente, que está en estado líquido, como ocurre cuando se hiela la superficie del mar, cuya sal se va retirando de la parte sólida a medida que avanza la solidificación. Mediante un proceso de calentamiento gradual y sucesivo a lo largo de una barra del material que se quiere purificar, se va desplazando una zona de metal líquido, que al llegar al extremo va enriquecida de esos elementos extraños; repetida la operación un número suficiente de veces, se llega *prácticamente* a reunir todas las impurezas en un extremo de la barra, que se corta, y queda el resto en el grado supremo de refinación antes mencionado. Subrayamos el límite *práctico* porque, como nada hay perfecto en este mundo, algunos de esos átomos indeseables, apilados en un extremo de la masa, en cierto modo parece que se *deslizan cuesta abajo*, desde la región en que abundan hacia aquella en que escasean, hasta llegar a un equilibrio estadístico entre el número de los que son retirados y de los que vuelven por sí mismos; a partir de ese momento es inútil repetir la operación. Esta ha sido ulteriormente perfeccionada multiplicando el número de zonas móviles, con evidente ahorro de tiempo, y hasta se ha logrado la refinación continua, en oposición al tratamiento de barras individuales, de suerte que por un lado del dispositivo entre el metal fundido y por el opuesto, salgan separadamente el purificado y el enriquecido con residuos (que a veces también tienen aplicación, como en el caso citado del mineral de cobre chileno). El método llamado de «zonas inversas», muy usado para adicionar *uniformemente* determinadas impurezas útiles (por ejemplo, antimonio en proporción del $1/10^8$ al germanio para transistores), consiste en hacer recorrer la barra por la «píldora» de Sb al modo dicho, pero con especial cuidado en vigilar la temperatura

en cada fase, para evitar que se concentre indebidamente allí donde comienza irregularmente la fusión o solidificación. Otro procedimiento nuevo para purificar el hierro se ha encontrado en los laboratorios de la Westinghouse; consiste en calentar el cloruro de hierro hasta 600°C . en atmósfera de hidrógeno; manteniendo rigurosamente constantes la temperatura y el flujo de H, se logra que los átomos de Cl se combinen con los de H a una frecuencia determinada y que los átomos de Fe que van quedando libres se agrupen ordenadamente formando filamentos (*whiskers* = bigotes) cristalinos, de sección exactamente cuadrada de 0,025 mm. y de hasta 5 cm de largo (8).

MINERALES EN EL CUERPO HUMANO

Se ha calculado que todo el contenido mineral del organismo humano pesa unos 2,8 kilogramos, con un coste efectivo de algo menos de 40 pesetas (0,97 dólares); de los 20 elementos en él identificados, se sabe que 15 tienen alguna función específica y esencial para la vida; de los cinco restantes se ignora de qué modo misterioso intervienen en los procesos vitales, como sucede, por ejemplo, con las trazas de Al que hay en el cerebro; acaso utilizando isótopos radiactivos se llegue algún día a descubrirlo. Muchos se encuentran en cantidades infinitesimales: apenas existe yodo suficiente para cubrir con él una cabeza de alfiler; y, sin embargo, esa cuantía implica la diferencia entre un hombre de crecimiento normal y un enano o un cretino; entre el debido funcionamiento cerebral y una estupidez innata. Unos tres gramos de hierro se hallan equitativamente distribuidos entre billones de glóbulos rojos, donde entra en la formación de la hemoglobina, sustancia cla-

ve para el transporte de oxígeno por todo el cuerpo, a través de los 113.000 kilómetros de arterias, venas y capilares: su falta total significaría la muerte; en realidad, algo parecido a la muerte les ocurre diariamente a unos 900.000 millones de estos glóbulos que, agotados e inutilizados por el desgaste funcional, tienen que ser reemplazados por otros nuevos. No habiendo depósito de hierro para semejante fabricación, se utiliza para ello, a modo de chatarra, el mismo que procede de la destrucción de los glóbulos muertos, que va a parar a la médula de los huesos, donde se forman los nuevos en proporción igual a las pérdidas sufridas; además, el Fe ingerido en los alimentos va compensando las inevitables deficiencias; por lo cual, cuando la alimentación es pobre en este metal, sobreviene la anemia, y el número normal de glóbulos rojos, que es de cinco millones por milímetro cúbico, desciende a tres o dos y hasta a menos de uno. Es de notar el curioso paralelismo entre este oficio del Fe en la hemoglobina de los animales y el del Mg en la clorofila de las plantas, funciones ambas de vital trascendencia y mecanismo análogo; sus respectivas fórmulas de estructura presentan asimismo una notoria semejanza: en una y otra esos átomos metálicos fundamentales ocupan el centro de la molécula, y envolviéndolos simétricamente se encuentran primero los de N y más al exterior los de C.

Complemento indispensable del Fe en el organismo es el Cu, igualmente en mínima cantidad, sin la cual no hay conversión de Fe en hemoglobina ni generación de nuevos glóbulos rojos; parece ser que ambos metales trabajan juntos en forma aún desconocida. Lo necesitan también otros tejidos, como son los del sistema nervioso; cualquier alimento lo contiene en cantidad mayor de la precisa.

El Ca, juntamente con el P, mantienen sólidos y rígidos los huesos: el de la mandíbula puede soportar 1.620 gramos de tracción (unas 30 veces su propio peso); el contenido de Ca en el cuerpo humano es de 1,5 kilogramos aproximadamente, del que un 99 por 100 se halla en los huesos y dientes; pero ese mínimo exceso restante desempeña un papel decisivo en funciones importantes. El Doctor Henry C. Sherman, conocida autoridad en el estudio de la nutrición, llega a afirmar que la debida concentración de esos pocos átomos de Ca en la sangre es esencial para cada latido del corazón, y sin ella las pulsaciones se hacen erráticas o llegan a cesar del todo; interviene asimismo como ingrediente indispensable en una sustancia que, a manera de cemento, mantiene unidas las células, influye en el proceso de coagulación de la sangre y en el funcionamiento normal de nervios y músculos, de suerte que su falta origina excitaciones, desequilibrios y hasta el tétanos; en casos de semejante escasez, el organismo acude espontáneamente a proveerse de Ca sacándolo de los huesos, pero con detrimento de su solidez.

Otros metales, como el Na, Zn y Co, ejercen funciones más o menos conocidas; de algunos sólo se sabe que trastornos ocasiona su ausencia, pero se ignora la acción positiva (10).

TEMPERATURAS Y PRESIONES EXTREMAS

Hay una frontera, situada entre los 1.000 y los 3.000° C, que al modo de la norteamericana del Lejano Oeste, en el siglo pasado, desafía y pone a prueba los esfuerzos de los investigadores que la han explorado y conquistado; allí muchas leyes químicas no rigen en absoluto (como eviden-

temente sucede con las de vía húmeda), apenas hay moléculas complejas, cuales son las orgánicas: solamente moléculas gaseosas de dos o tres átomos. La reacción normalmente lenta puede hacerse instantánea, y la que por su extremada lentitud suele ser inobservable se puede seguir fácilmente, así como provocarse sin dificultad la que a temperatura ordinaria es irrealizable como es, por ejemplo, la fijación de nitrógeno del aire para obtener óxido nítrico (en Lawrence, Kansas, se fabrica ahora por este medio para uso del Ejército), la producción del ozono, del cianógeno, butadieno a base de butano, acetileno a base de gas natural y magnesio metálico de la magnesia (4).

Lo mismo se diga del dominio de las bajas temperaturas: un martillazo dado en un recipiente metálico en un ambiente a -46°C haría pedazos la vasija y el martillo, porque los metales se hacen quebradizos, y tanto más cuanto se hallen en bloques más gruesos; la fractura del acero a temperatura normal es irregular y fibrosa; en frío es neta y afilada. Vigilando el contenido de N durante su fabricación se puede regular a voluntad este comportamiento; así se logró doblar una plancha de acero de 25 mm. de grueso en ángulo recto sin que se rompiera, y se obtuvo de un grado excepcional de dureza sumergiéndolo en N líquido a $-195,6^{\circ}\text{C}$ antes de forjarlo, procedimiento que hoy se emplea con buen éxito para hacer instrumentos de gran uniformidad en su dureza, lo que aumenta la vida de las máquinas y sus piezas en un 300 por 100 de su duración anterior. En los Estados Unidos existen hoy unos 50 laboratorios criogénicos donde se estudia el comportamiento de muy diversos materiales a temperaturas muy poco por encima del cero absoluto, con resultados a veces sorprendentes: se han obtenido así cristales para detecto-

res de radio capaces de captar emisiones mucho más débiles que las alcanzadas con tubos electrónicos.

La causa y razón de todo lo dicho radica en que el tratamiento previo en frío amortigua la energía cinética de átomos y moléculas, los cuales no solamente moderan su agitación, sino que se disponen en otro orden que da después a la masa total esa mayor dureza; como si antes del tratamiento gozaran esas últimas partículas de una libertad de acción que después del enfriamiento ya no pueden recobrar sino muy parcialmente, y a la que parece deber atribuirse la blandura o fragilidad en el caso del acero y los estáticos internos perturbadores de la recepción de radio en los cristales detectores.

Ya Kamerlingh Onnes montó un laboratorio criogénico en la Universidad de Leiden, Holanda, en 1884, y comprendió que había de comenzarse por liquidar el helio (a -269°C); hoy se ha llegado hasta unas centésimas de grado más arriba del cero absoluto: con sustancias paramagnéticas enfriadas hasta muy cerca de él y sometidas a un poderoso campo magnético, el reajuste molecular hace descender aún más la temperatura, porque el calor de magnetización es absorbido por el helio líquido que rodea a la sustancia sujeta al tratamiento; se saca luego ésta del baño de helio y se desconecta el electroimán, con lo cual, para recuperar las moléculas su antigua posición, tienen que realizar un trabajo a expensas del calor restante en su propia masa, que se enfría todavía más, y así sucesivamente. Por muchos años poseyó la Universidad de Leiden el imán más potente del mundo (40.000 gauss); hoy lo es el de la Universidad de California (100.000), donde el Dr. William F. Giaque consiguió los resultados que se acaban de rese-

ñar, aunque simultánea e independientemente el Dr. Peter J. W. Debye halló la misma solución al problema (1).

Investigaciones encaminadas a descubrir el mecanismo de la resistencia a la deformación plástica (límite de la restitución elástica), han revelado que ello no depende, como se creía, del comportamiento *medio* de la totalidad de los cristales en una masa metálica, sino del *individual* de los átomos, a quienes afecta alguna irregularidad de posición o la presencia de algún elemento extraño (caso de los semiconductores) (3). A las utilidades enumeradas de esta metalurgia del frío, hay que añadir otra mucho más obvia: la fabricación de materiales que resistan bajas temperaturas, cuales habrá que arrostrar en una probable guerra polar futura (6), en los vuelos ionosféricos, satélites artificiales, astronaves... Una de las novedades procedentes de la industria alemana durante la segunda guerra mundial fué la extrusión del acero en frío, de suerte que sale del troquel convertido directamente en piezas de la forma deseada; procedimiento que necesita un poderoso lubricante: la Pennsylvania Salt Manufacturing Co. ha obtenido recientemente un tipo nuevo, denominado *foscoat*, aplicable a este proceso (9).

En las experiencias geológicas de laboratorio en que se reproducen las altas presiones reinantes en las capas profundas de la corteza terrestre (5), se emplea una aleación Ni-Cr de gran resistencia, así a las grandes presiones como a las altas temperaturas; vienen a ser bombas destinadas a *no estallar*: las muestras minerales que se estudian, juntamente con un líquido apropiado, se encierran herméticamente en ellas, y al ser calentadas, la vaporización del líquido engendra fácilmente presiones del orden de 2.000 atmósferas, que aún pueden ser más mediante diversos arti-

ficios de la técnica (5); por contraste, en los hornos de vacío arriba mencionados, se ha llegado a obtener 10^5 atmósferas (11).

LAS TIERRAS RARAS

Son muy numerosos e importantes los avances técnicos ya alcanzados o que prometen alcanzar este grupo de extraños elementos; muchas empresas particulares y oficiales se están dedicando ahincadamente a su investigación y producción; el Departamento de Minas de los Estados Unidos ha establecido con este fin un laboratorio de experimentación en Reno, Nevada, y más de un tercio de su presupuesto anual (750.000 dólares) lo ha asignado a esta empresa.

Sabido es que la estructura atómica peculiar de las tierras raras las hace casi idénticas entre sí en su comportamiento químico, lo que unido a su estado natural, de ordinario agrupadas consigo mismas y con otros elementos, hacen de su obtención y purificación aislada una labor compleja, larga y... cara; durante mucho tiempo se contentaron con aislarlas en grupos, es decir, varias de ellas a la vez, sin que interesara mucho separarlas por completo, y así se vinieron usando en metalurgia, adicionadas en mínimas proporciones a los metales de fundición, a quienes comunicaban útiles propiedades, y en diversas manufacturas (cristal de lentes y espejos de precisión, cerámica...). Pero es de notar que la eficacia y ventajas de su uso global son la resultante de algunos valores positivos de los componentes, a pesar de estar parcialmente contrarrestado por el efecto nocivo y contrario de otros; se imponía, pues, la

separación y depuración, si se deseaban resultados de primera calidad.

Y eso es precisamente lo que necesita, y con urgencia, la industria moderna, en particular en el campo nuclear: hacen falta en los reactores piezas y materiales de gran resistencia a la corrosión y a las temperaturas muy elevadas, cuya estructura no se altere con las radiaciones, y que no sean absorbidos por las piezas del reactor mismo los neutrones, de quienes depende tanto el proceso de la reacción; todo esto y mucho más se espera fundamentalmente de las aleaciones elaboradas con las tierras raras.

Pocos resultados se han hecho públicos entre los que parecen haberse obtenido durante las investigaciones en curso; es más, se diría que existe una especie de *psicosis investigadora* (a modo de la confianza ciega antes mencionada), que estimula febrilmente la producción en este terreno, aunque a veces no se sepa para qué va a servir. En la primera Feria de Industrias atómicas de Washington (octubre, 1955) se ofrecía por 325 dólares un tubito con cinco gramos de óxido de erbio, la mayor cantidad que de este cuerpo se había logrado reunir hasta ahora; preguntado sobre su utilidad, respondió el vendedor (especialista en intercambio iónico de la Lindsay Chemical Co., una de las más fuertes en este campo), encogiéndose de hombros: «Alguien puede necesitarlo algún día; lo fabricamos con esta esperanza: entre tanto, con éste y otros podemos aprender, experimentar y progresar...».

Una instalación portátil de rayos X, tan útil en hospitales, equipos de salvamento, en campaña, etc., aunque no está todavía en el mercado, ha dejado de ser un sueño del futuro gracias a una de estas tierras raras; el Laboratorio de Investigación del Ejército norteamericano es el que lo

ha realizado; se ha experimentado en Congresos de Medicina, se ha dado a conocer a la Prensa y está actualmente en período de pruebas, con esperanza sólidamente fundada de que pronto su uso será normal. El aparato, que pesa unos 11 kilos, tiene como órgano esencial un pedacito de tulio, metal que hasta hace pocos años no tenía aplicación especial ni siquiera había sido aislado. Se ha descubierto que, haciéndolo radiactivo en un reactor, emite rayos X exactamente de la longitud de onda y energía requeridas en Medicina; basta un trozo de un par de milímetros de diámetro para obtener resultados prácticos, y su radiactividad le dura un año (7).

Con el título de *Las tierras raras no son tan raras*, publica el «Boletín» de una Empresa industrial de Cambridge, Mass (12), una breve reseña de las aplicaciones prácticas de estos cuerpos, cuyo grupo, que incluye la quinta parte de los cien elementos conocidos, forma el 0,001 por 100 de la corteza terrestre; de algunos, como el cerio, más abundante que el estaño, la plata y el oro, hay ricos yacimientos en varios países; por su propiedad de arder en contacto con el aire cuando es frotado y pulverizado, se usa para piedras de encendedores, y mezclado con pequeñas porciones de aluminio ayuda a su fundición, así como también a la forja del acero inoxidable; una aleación de Mg, Zr y Ce se cree podrá llegar a ocupar un puesto de preferencia en el mercado de piezas para aviones de reacción. Se emplea asimismo el Ce en óptica, en particular para microscopios y periscopios en las fábricas atómicas, pues comunica al vidrio la apreciable cualidad de no ennegrecerse con las radiaciones; otro tanto le ocurre al óxido de lantano, que da cristales de muy elevado índice de refracción: el lantano se obtiene también como producto se-

cundario de la degeneración radiactiva del uranio, torio y plutonio, y uno de sus isótopos constituye una fuente muy activa de rayos X. Las sales del gadolinio, fuertemente magnético, se usan para obtener temperaturas próximas al cero absoluto; las del neodimio se emplean como colorantes en cerámica y óptica: son especialmente útiles para hacer gafas de vidriero, porque filtran la luz amarilla del sodio; también las de praseodimio e iterbio tienen aplicación en cerámica; el samario es capaz de activar el fósforo fluorescente. Hay que reconocer, con el autor de este artículo, que los nombres de estas tierras son verdaderamente *raros*; están tomados a veces del lugar donde se hallaron, expresado en lenguas clásicas: quizá el más propio de todos, el del disprosio, que en griego significa «difícil de alcanzar».

EL PROBLEMA DE LA CORROSIÓN

Todos los aparatos e instrumentos de nuestra floreciente era industrial están inexorablemente condenados, tarde o temprano, a incrementar los depósitos de chatarra; y como a medida que crece la demanda de material nuevo se agudiza el problema de la producción metalúrgica, es imperativo buscar y eliminar la verdadera raíz de tal crisis: la corrosión, especie de putrefacción de los metales, proceso sutil, cuyas causas íntimas se han resistido tenazmente a la investigación. Recientemente se ha facilitado esta labor gracias a un novísimo anticorrosivo de espectacular eficacia: el tecnecio. Cuando Mendeleef dejó dos espacios en blanco en la columna de su clasificación encabezada por el Mn, los llamó ínterinamente eka-manganeso y dvi-manganeso, en espera de su descubrimiento; para el segundo de ellos llegó éste en 1925 y se le llamó renio, pero el primero

no se pudo ni se puede encontrar en estado nativo: es un elemento radiactivo (la radiactividad no se conocía por los años 1869-1871 en que se hizo la famosa tabla) y su isótopo más abundante tiene un semiperíodo de 220.000 años; como la Tierra es bastantes miles de veces más antigua, todo el tecnecio primitivo ha desaparecido hace mucho tiempo.

C. Perrier y E. Segre, notando que ocupaba el puesto inmediato posterior al molibdeno, probaron a bombardear a éste con deuterones, y al fin consiguieron aislar el tecnecio, nombre que recuerda haber sido el primer elemento obtenido artificialmente (del griego *tejne* = arte, artificio); más tarde, examinando los múltiples productos de la desintegración del uranio, se le halló entre ellos y en cantidad relativamente grande: George W. Parker y Willard J. Martin pudieron extraer en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge varios gramos (constituye el 6% de los residuos). La trascendencia de este hecho radica, no sólo en que es un poderosísimo anticorrosivo, sino en que, por ser altamente radiactivo, se le puede identificar en pequeñísimas porciones y verificar así las teorías acerca de la corrosión.

Se han propuesto varias, dentro del proceso general iónico, para explicar la acción de los anticorrosivos; aunque hay metales, como el Al y el Pb, que se protegen a sí mismos con la primera capa de óxido impermeable que se forma en su superficie, es claro que la solución más radical sería hacer inatacable para todos los metales esa superficie, de modo que se cierren los poros permanentemente. El Fe sumergido en una solución de cromato potásico es inatacable, pero no sucede lo mismo con el sulfato: ¿por qué?; ambos iones son análogos: CrO_4^{2-} y SO_4^{2-} ; pero

parece que los electrones de valencia existentes entre el átomo central y los oxígenos distribuidos tetraédricamente dan a la región central, en el segundo caso, una reacción neutra, y en el primero, positiva; por eso el cromato, adsorbido por la superficie metálica en poros y rupturas, atrae cualesquiera electrones y contrarresta los ataques químicos, cuyo efecto es la corrosión. El ión pertecnato ($Tc O_4^-$), aun a temperaturas del orden de los $200^\circ C$ y en proporciones de $5/10^6$, superó con mucho al cromato, mientras el ión de renio ($Re O_4^-$), de idénticas condiciones electrónicas, falló por completo. Tales ejemplos demuestran el largo camino que aún queda por recorrer (2).

Por orden de solubilidad en el agua, el Mg ocupa el quinto lugar y el Fe el noveno (el número uno es el Li y el 20 y último el Au); este hecho sirve de base a la extraordinaria utilidad del Mg para proteger de la corrosión tuberías enterradas, piezas de hierro sumergidas aún en el agua del mar, etc. Basta sumergir o enterrar juntamente bloques de Mg, distribuidos convenientemente a lo largo de toda la instalación, uniéndolo por conductores eléctricos cada uno de ellos entre sí y con las piezas del sistema; se forma de este modo una cadena electrolítica en la que *solamente* se descompone el Mg, en virtud de su precedencia en la serie citada; bastará vigilar y reponer oportunamente el Mg para proteger todo el Fe durante unos diez años. Sabido es que actualmente se extrae satisfactoria y económicamente el Mg del agua del mar, donde no hay temor que se agoten los yacimientos (13).

BIBLIOGRAFIA

- (1) BATTISTA, O. A.: *Steel below zero*. «Steelways», diciembre 1953.
- (2) CARTLEDGE, G. H.: *Studies in corrosion*. «Scient. Amer.», v. 194, núm. 5, págs. 35-39, mayo 1956.

- (3) CUFF, F. B. y CCHETKY, L. M.: *Dislocations in metals*. «Sc. Amer.», v. 193, núm. 1, págs. 80-87, julio 1955.
- (4) DANIELS, F.: *Different chemical world beyond 2000° C*. «Science Dig.», v. 11, pág. 93, noviembre 1954.
- (5) DUE, A.: *Estados físicos en las capas internas de la corteza terrestre*. «Euclides», v. 12, págs. 233-235, junio 1952.
- (6) — — *Actualidad geofísica de las regiones polares*. «Urania», v. 40, núm. 240, págs. 7-16, enero-junio 1955.
- (7) KONIKOW, R. B.: *The 15 strangest elements*. «Sc. Dig.», v. 2, páginas 78-81, febrero 1956.
- (8) KUSHNER, J. B.: *Super-pure metals*. «Sc. Dig.», v. 9, págs. 18-22, septiembre 1955.
- (9) LEIBER, F.: *New tricks strange metals*. «Sc. Dig.», v. 1, págs. 79-83, enero 1952.
- (10) LENTZ, J.: *The minerals in your-body*. «Today's Health», octubre 1955.
- (11) LESSING, L. P.: *Pure metals*. «Scient. Amer.», v. 191, núm. 1, páginas 36-40, julio 1954.
- (12) LITTLE, A. D.: *Rare earth aren't so rare*. «Industrial Bull.», junio 1952.
- (13) PARKER, M. E.: *Magnesium just loves to corrode!* «Sc. Dig.», v. 7, págs. 59-63, julio 1951.
- (14) SCARLOTT, CH. A.: *109 pure elements?* «Westinghouse Engineer», julio 1953.
- (15) «Steelways», febrero 1955.

Julio 1956.

Edad de los meteoritos

POR

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

EDAD DE LOS METEORITOS

Desde hace una decena de años se leen con frecuencia diversas teorías para deducir, por métodos radiactivos, una cifra en años que pueda considerarse como edad de la Tierra. A este cómputo de edad de la Tierra se le han dado varias acepciones, desde la correspondiente al mineral más antiguo, lo cual sólo se puede admitir como límite mínimo de la edad de la corteza terrestre, hasta la correspondiente a la formación del uranio, que es el límite máximo de la edad de nuestro planeta.

Además de dichas edades, han aparecido el pasado año 1955 una serie de artículos referentes a la edad de los meteoritos, entre los cuales figuran los de Patterson, Reasbeck, Thomson y Urey, así como uno de Russell y Allan y otro de Patterson y Tilton, que utilizan las composiciones isotópicas de los plomos de los meteoritos para efectuar razonamientos sobre la edad de la tierra. Parte de las hipótesis de este último investigador son concordantes con las que efectuamos en 1948, cuando dedujimos los valores del cuadro adjunto, al que añadimos hoy el renglón correspondiente a los meteoritos, de acuerdo con las mismas ecuaciones que planteamos en aquella ocasión, tomando los datos del plomo de Patterson.

	Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁴	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁴	Pb ²⁰⁸ /Pb ²⁰⁴	Edad en m. a.
Formación uranio.....	0	0	0	4.600
Formación meteoritos.....	9,50	10,36	29,49	3.650
Formación corteza.....	11,2	13,7	31,8	3.300
Plomo generado hoy.....	12,8	15,7	38,6	0

Las hipótesis que hicimos en 1948 tenían como novedad fundamental el suponer que, con la separación de la corteza y manto terrestres, hubo una diferenciación elemental y que, por consiguiente, con relación al Pb²⁰⁴ que pasó a la corteza, pasaron a ella cantidades inferiores de Th, U y AcU que las necesarias para producir el Pb²⁰⁶, Pb²⁰⁷ y Pb²⁰⁸ que acompañaron al Pb²⁰⁴, ya que la diferenciación isotópica, de existir, fue prácticamente insignificante. También se admite el carácter radiogénico de todo el Pb²⁰⁶, Pb²⁰⁷ y Pb²⁰⁸.

Calculamos el tiempo necesario para que a partir de la materia única primitiva se formase un plomo de composición isotópica análoga a la de los plomos meteoríticos, aceptando como buenos los valores deducidos (1948) para la composición universal de uranio y torio cuando se formó aquél, así como la edad que habíamos deducido para dicho momento.

ELEMENTOS	Pb ²⁰⁴	U ²³⁸	U ²³⁵	Th ²³²
Concentraciones.....	1	65,9	19,9	513,9
Edades deducidas para los meteoritos en m. de a. desde la formación de los elementos mencionados.....		1.000	760	1.100

Estas tres edades deducidas para el plomo meteorítico son prácticamente concordantes por tener diferencias del orden del 20 por 100, las cuales se tienen que rectificar de acuerdo con los valores isotópicos aceptados ahora para los plomos, y como consecuencia se deducirán nuevos valores, para el momento de solidificarse la corteza, de la composición del uranio en el momento de su formación, así como sobre diferenciación elemental de la materia meteorítica, si es que lo hubo, lo que es objeto de una publicación en preparación. No obstante, de acuerdo con el cuadro anterior, consideramos en esta nota previa, con carácter provisional, que transcurrieron 950 millones de años desde la formación del uranio hasta la solidificación de la materia meteorítica, momento al que se le puede asignar, también provisionalmente, una edad de 3.650 millones de años, o sea 350 millones de años antes de formarse la corteza terrestre.

16-julio-1956.

BIBLIOGRAFÍA

- LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1948). *Interpretación geofísica de las valoraciones isotópicas de los plomos comunes*. «Rev. Real Acad. de Cien.». Madrid. 42, 393-420.
- (1949). *The necessity for different values for the ratio Pb/U of the crust and the rest of the planet*. «Rep. Comm. Meas. Geolo. Time.», págs. 21-22.
- (1950). *Age in years of the formation of the elements*. «Rep. Comm. Meas. Geolo. Time.», págs. 113-117.
- (1951). *Radioactividad y geofísica*. «Bol. Inst. Geol. y Minero», 63.
- PATTERSON, CLAIRE C. (1955). *The Pb²⁰⁷/Pb²⁰⁶ ages of some stone meteorites*. «Geoch. et Cosmoch. Acta», 7, 151-153.
- TILTON, G., INGRAM, M. (1955). *Age of the Earth*. «Science», 121, 69-75.
- REASBECK, P., MAYNE, K. J. (1955). *The ages and origin of meteorites*. «Nature», 176, 186-88.

- RUSSELL, R. D. y ALLAN, D. W. (1955). *The age of the earth from lead isotope abundances*. «Mont. Noti. of the Royal Atro. Soc. Geoply. Sup.», 7, 80-101.
- THOMSON, S. J., MAYNE, K. I. (1955). *The ages of three stony meteorites and a granite*. «Geoch. et Cosmoch. Acta», 7, 169-176.
- UREY, HAROLD C. (1955). *Origin and age of meteorites*. «Naturec», 175, 321-323.

Noticias

Symposium de la «Unión Internacional de Cristalografía».

Durante los días 2 al 7 de abril, y patrocinado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, se celebró en Madrid un Symposium de la Unión Internacional de Cristalografía, sobre «Estructuras en un campo comprendido entre las dimensiones atómicas y microscópicas», y en el que tomaron parte unos 225 científicos de los principales países del mundo. Al mismo tiempo, la Comisión de Aparatos Cristalográficos y la Comisión de Enseñanza de la Unión celebraron una serie de sesiones científicas dedicadas a sus especialidades respectivas.

En la parte dedicada a Estructuras, se dieron una serie de conferencias sobre temas generales de Cristalografía, por personas muy calificadas en sus respectivas especialidades, en las que se trataron temas referentes al estudio por microscopia electrónica de compuestos de cadena larga y de cristales macromoleculares, así como al estudio de fases en aleaciones por el mismo método. También se ocuparon del estudio de estructuras superficiales por difracción electrónica y bombardeo iónico combinados.

Se dieron además otras conferencias referentes al empleo de medidas por rayos X a partir de monocristales, con objeto de determinar la forma de las moléculas de las proteínas, morfología de sustancias sólidas macromoleculares por métodos de rayos X, y otras aplicadas al problema de las zonas de Guinier-Preston.

En las sesiones especiales se leyeron trabajos muy interesantes, relacionados unos con el estudio de estructuras e imperfecciones en algunos metales a bajas temperaturas, y otros con la precipitación en algunas aleaciones, delimitación de fases y teoría de las dislocaciones, éstas últimas de gran actualidad por la importancia que dicha teoría tiene hoy en día en la Ciencia y en la Técnica.

La Comisión de Enseñanza de Cristalografía celebró su primera reunión después de su constitución en el Congreso celebrado en París en 1954. Como más importante para esta Revista, nos detendremos en detallar las cosas que puedan interesar más.

Comenzaron las sesiones con la conferencia del Prof. J. D. Bernal, de la Universidad de Londres, que desarrolló el tema «La historia y estado presente de la enseñanza de la Cristalografía». Empezó diciendo que dedicaría atención solamente a la llamada Cristalografía Moderna, o

sea la que nació a partir de 1912 con el descubrimiento de M. von Laue de la difracción de los rayos X por cristales. El hecho de que después de cuarenta y cinco años de este descubrimiento, se reuniesen los especialistas en esta materia por primera vez para discutir los problemas de enseñanza de esta disciplina, muestra la lentitud del proceso.

Desde el principio, fué la Cristalografía Moderna tema de investigación para muy pocos, y de aquí que no se procurase su introducción en la enseñanza. Fué en la Universidad de Cambridge en donde primeramente se introduce la enseñanza de la Cristalografía Moderna, con la creación en 1927 de un lectorado especial de esta materia, ya que por aquel tiempo en las demás naciones era la Cristalografía más bien un auxiliar de la Mineralogía.

Así, es en Cambridge donde se enseñan los nuevos métodos de Cristalografía Estructural, comenzando por los instrumentos originales y espectrómetro de ionización. Más tarde, el método fotográfico, esencialmente el cristal giratorio, pues aún no se conocía el método de Weissenberg ni las cámaras de precisión. Después la construcción de Ewald de la red recíproca, la interpretación de los diagramas de difracción, grupos espaciales y tablas de extinciones; todavía no se conocían los métodos de Fourier, aunque sí los principios básicos del cálculo de los factores de estructura, y los métodos de análisis cristalográficos se reducían a los de aproximación y eran más bien un arte.

El esquema de Goldschmidt-Pauling fué admirable y apropiado para la enseñanza de la Cristaloquímica, y combinado con el concepto de Kossel de los diferentes tipos de cristales, hizo posible construir un curso sistemático de enseñanza de Cristaloquímica. Finalmente, el interés por la Cristalofísica, renovado con el conocimiento de algunas estructuras, dió lugar a la creación de un curso de esta materia, que fué elaborado por el doctor Wooster.

En sus primeros días, el curso de Cambridge de Cristalografía Estructural tenía pocos alumnos; a partir de 1932, cuando se separaron de la misma disciplina la Cristalografía y la Mineralogía, fué aumentando el número de éstos hasta llegar a unos cuarenta por año, y ha continuado su desarrollo hasta hoy en día. Probablemente es hoy en el mundo el curso más completo, y seguramente el único de Cristalografía Moderna, dentro de los estudios de alumnos no graduados.

La experiencia de Cambridge ha demostrado la posibilidad de mantener un curso de esta naturaleza dentro del sistema de enseñanzas de una Universidad normal, y ha formado a un gran número de estudiantes que han contribuido grandemente a elevar el nivel que hoy día tiene en Inglaterra la Cristalografía pura y aplicada.

Es posible que en el futuro, se encuentre la solución en cursos de postgraduados, debido a que el grado de especialización necesario para

estos estudios sea demasiado extenso, para que puedan ser realizados por alumnos no graduados. De esta forma se lleva en la Universidad de Londres con excelentes resultados.

La situación presente de la enseñanza de la Cristalografía por los informes recibidos, indica una sorprendente uniformidad en los sistemas adoptados en todo el mundo. En general, la enseñanza de la Cristalografía es de dos clases; la relacionada con la Mineralogía, que es la disciplina madre de la Cristalografía y que incluye normalmente la parte clásica, y la relacionada con otras materias, tales como la Física, Química y Metalurgia, donde la Cristalografía se ha añadido a su enseñanza. En el primer caso es más completa la enseñanza y el estudiante puede dedicarse a estudios estructurales; en el otro es más bien un medio para comprender las ideas de la Cristalografía que pueda encontrar en sus trabajos.

El profesor Bernal se refirió seguidamente a exponer los sistemas de enseñanza en los países en que esta disciplina ha alcanzado mayor nivel.

En Inglaterra ya se ha hecho mención anteriormente del curso de Cambridge; en el resto del país, la enseñanza de la Cristalografía forma parte de la enseñanza de la Química. Así, Oxford se distingue por ser la enseñanza de la Cristalografía aplicada a la Química más completa que en otros sitios. En otros lugares hay cierto grado de especialización, particularmente en Leeds, sobre Óptica de Cristales en relación con la Química, pero, en general, el objetivo parece ser más bien la Cristalografía Moderna para ilustrar las nuevas ideas de la Química. En Manchester, Cardiff, Dundee y King's College de Londres, los cursos de Cristalografía están ligados a los Departamentos de Física, y en ellos se estudia principalmente: los principios de difracción, la naturaleza de las ondas electromagnéticas, y con cierta amplitud la naturaleza del estado sólido desde el punto de vista de la Cristalofísica. En la Universidad de Bristol, se da un curso especial de cincuenta lecciones, en conexión con la magnífica escuela de Física del Estado Sólido. En casi todos estos sitios, la enseñanza de la Cristalografía Estructural se limita a los métodos de Rayos X; sin embargo, en el Imperial College de Londres hay un curso de difracción de electrones por los cristales y estructuras superficiales, y éste forma parte de la Escuela de Cristalografía para postgraduados de Londres.

En ocasiones, parte de la enseñanza de la Cristalografía se estudia en conexión con cursos de Metalurgia. En muchos sitios, esto se refiere solamente al método de polvo para la identificación de sustancias cristalinas y a la medida de condiciones físicas; sin embargo, en la Universidad de Birmingham se sigue un curso muy completo de Cristalografía en relación con la Metalurgia.

Aparte de Cambridge, hay muy pocas escuelas de Cristalografía, ligadas a los Departamentos de Geología y Mineralogía, y la enseñanza en estos últimos se refiere principalmente a los métodos clásicos.

En Francia, la enseñanza de la Cristalografía es en general un auxiliar de la Mineralogía. Los cursos, muy completos, se ocupan de los métodos de monocristal y de polvo; aunque para los no graduados los estudios de Cristalografía se refieren al campo inorgánico, los estudios para los postgraduados son muy completos. En Holanda, en contraste con Francia, la enseñanza de la Cristalografía está ligada principalmente a los Departamentos de Química y de Física-Química, y tratan con mayor extensión que en otros países el análisis estructural. También en Alemania la mayor parte de la enseñanza de la Cristalografía, está conectada con la Mineralogía y también con la Química.

Japón tiene muy buenas escuelas de Cristalografía relacionadas con los Departamentos de Química-Física y Mineralogía.

Todos estos países mencionados parecen ser los que más extensión le dan a la enseñanza de la Cristalografía; la contribución de Estados Unidos y de Rusia es pequeña en contraste con la enseñanza de otras ramas de la ciencia, aunque esto no pueda aplicarse a la investigación. La impresión del Profesor Bernal respecto a estos países, es que la enseñanza de la Cristalografía está principalmente ligada a la Mineralogía, lo mismo que en otros lugares, entre ellos Italia, Suiza, Bélgica y países Escandinavos.

También se refirió al renacimiento de los estudios de Cristalografía en España, de los que dijo esperaba oír y ver mucho durante las reuniones que se estaban celebrando.

A continuación expuso su propia opinión sobre el papel de la Cristalografía en la enseñanza moderna. Dijo que la Cristalografía no había desempeñado el papel que debiera en la enseñanza universitaria, debido a la lentitud con que entran los nuevos conocimientos en las Universidades y analizó las causas de ello. Es necesario dijo, una revisión de la enseñanza tanto en la Física como en la Química, así como en otras disciplinas relacionadas con la Cristalografía. Pasó por último a analizar, si era bueno o no introducir cursos de Cristalografía dentro del nivel de alumnos no graduados; en su opinión esto sería una equivocación y es mucho mejor poner en contacto a los que ya tienen un buen conocimiento de Física, Química, Metalurgia o Mineralogía con los estudios cristalográficos más avanzados, que comenzar el estudio de la Cristalografía sin esta formación preliminar; esto, claro está, siempre que se introduzcan las nociones estructurales en las primeras etapas de la Física y de la Química. Para esto sería necesario tener cursos serios de Cristalografía, a partir del tercero o cuarto año de carrera, y de esta forma poder formar alumnos que puedan dedicarse luego a la investigación en Cristalografía.

Terminó diciendo, que es deber de todos los que se preocupan de esta enseñanza, atraer a los estudiantes por la belleza e interés de los estudios cristalográficos, para que puedan no sólo mantener el número de los que se dedican ahora a ello, sino aumentarlo en el futuro.

A continuación el Prof. J. Doetsch, de la Escuela de Ingenieros de Minas, trató el tema «La enseñanza de la Cristalografía en España».

Comenzó haciendo un breve resumen histórico de las Ciencias Naturales y en particular de la Cristalografía, desde que se tiene conocimiento de ello hasta nuestros días. Hizo mención de: J. Kepler, como el primero en publicar un trabajo de Cristalografía, «La nieve exagonal» en 1611, y en el que daba las primeras ideas acerca de la simetría cristalina; Niels Stensen, quien determinó la constancia de los ángulos interfaciales en especies de cuarzo; Romée de L'Isle, que generalizó esta ley; Renée Just Haüy, quien en 1782 hizo diferentes suposiciones acerca de la constitución de los cristales; Mitscherlich, descubridor del isomorfismo y polimorfismo; Laue, que realizó su primer experimento de la difracción de los Rayos X, por los cristales; W. H. Bragg, quien determinó las primeras estructuras cristalinas; W. L. Bragg, Deybe Scherrer, Ewald, Weller y otros, que tanto han contribuido al desarrollo de la Cristalografía.

Se refirió después a algunos problemas de gran importancia que se presentan en la enseñanza en las Escuelas Superiores, y dijo que después de haber visitado recientemente varios países, se había dado cuenta que en estos, así como en España, existe un grupo de estudiantes cuya finalidad es la obtención de un diploma académico con el fin de hacer frente a la vida el día de mañana. Hay otro grupo peor que este, dijo, cuyo objetivo es ganar cantidades excesivas de dinero; no les interesa la vocación, pues en realidad no la tienen; nada puede esperar la Ciencia ni la Humanidad de los que piensan así.

El Prof. Doetsch atribuye estos errores a la falta de vocación y deficiencia en la formación humanística y filosófica; e indicó que los del primer grupo pueden mediante un tratamiento adecuado servir para el fin que se pretende; los del segundo grupo no, y señaló la labor que en este sentido tienen que hacer los Centros Superiores de Enseñanza.

Pasó después a explicar ciertas generalidades de la enseñanza de la Cristalografía y señaló la dificultad de algunos alumnos de «ver en el espacio», como causa que les impide proseguir este estudio. Como solución general señaló la conveniencia del estudio de la Geometría del espacio, representaciones proyectivas de sólidos y la construcción de poliedros. Particularmente, se declaró partidario de hacer algunas películas sobre temas cristalográficos. Como ejemplo más sencillo se refirió al caso del cobre, pero esto podría ser generalizado a casos más complicados.

Se ocupó después de la labor de investigación, tanto en los Institutos

dependientes de las Escuelas Especiales como en los de las Universidades.

Como en los Institutos dependientes de las Escuelas Especiales, su finalidad es más bien técnica, los trabajos que en ellos se realizan tienden a estudiar problemas de esta índole y en general están ligados a investigaciones metalográficas. En cuanto se refiere a la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, dijo que esperaba en el futuro dar un mayor impulso a la Cristalografía, que al presente está algo restringido por dificultades económicas y falta de personal adecuado. Se refirió también a la labor del Prof. Roso de Luna en pro de la enseñanza de la Cristalografía, con su hermosa «Cristalografía» publicada por esta Escuela.

Entre los Institutos de Investigación dentro de las Universidades se encuentra el de la Universidad de Barcelona, que fué dirigido por el Prof. F. Pardillo y que se ocupa de estudios clásicos y estructurales. En la Universidad de Granada, y bajo la dirección del Prof. Hoyos, se ocupan de la identificación y estructura de los minerales del suelo. En la Universidad de Madrid, se han preocupado de estudios referentes a las propiedades morfológicas y mineralógicas de los cristales; fué su primer Director el Prof. Fernández Navarro, a quien siguió el Prof. Cardoso y en la actualidad el Prof. Amorós. Hizo mención de los Profesores San Miguel de la Cámara y Martínez Strong, cuyos trabajos se refieren a la Cristalografía Óptica. Dependientes del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de la Facultad de Farmacia, está el Instituto de Edafología, cuyo Director, el Profesor Albareda, en colaboración con el Doctor García Vicente, estudian los minerales del suelo. En la Universidad de Sevilla y dirigidos por el Profesor Brú, se realizan estudios por difracción de Rayos X y de electrones, y también se ocupan de métodos ópticos para la determinación de estructuras. En la Universidad de Zaragoza, el Profesor Cabrera, realiza estudios de difracción de Rayos X y proyecta distintos aparatos para esta técnica.

Por último, se refirió al Instituto de Física «Alonso de Santa Cruz», del que dijo era el más importante Instituto de Investigación cristalográfica. Fué su primer Director en 1928 y con otro nombre, el Profesor Palacios. En él se estudian principalmente: estructuras cristalinas, estudios técnicos de porcelanas y refractarios, fotometría, propiedades físicas y químicas de los cristales, etc. Merecen citarse por sus trabajos al Profesor Rivoir y al Profesor Abbad, así como a otros colaboradores, entre ellos el Doctor Huerta, que ha publicado un libro muy original sobre los «Métodos de Cristal Giratorio». También hizo mención de los cursos sobre propiedades físicas y químicas de los cristales, que durante muchos años han dado en la Real Academia de Ciencias, los Profesores Abbad y Rivoir.

El Profesor Doetsch finalizó, haciendo resaltar lo importante que sería el que se realizasen cursos de verano con la asistencia de Profesores

españoles y estudiantes de otras nacionalidades, con el fin de establecer contacto entre unos y otros, ya que comienza en nuestro país a haber un gran interés por el estudio de la Cristalografía, a la vista de la gran aplicación técnica y práctica de esta Ciencia.

Seguidamente de esta Sesión general, tuvo lugar una discusión muy interesante y una serie de sesiones ordinarias referentes a diversos temas de la enseñanza de Cristalografía, tales como los referentes a aspectos geométricos en la enseñanza de la Cristalografía, enseñanza de la Cristalofísica, enseñanza de la Cristalografía para metalurgistas y para no cristalógrafos, enseñanza de la morfología cristalográfica y otros varios.

La Comisión de Aparatos Cristalográficos, celebró también varias reuniones, sobre temas de actualidad en su especialidad respectiva.

La importancia hoy en día de los tubos contadores para el registro de intensidades de difracción, quedó reflejado en un trabajo sobre «El uso de tubos contadores en el análisis de rayos X». En él se expusieron los resultados de una extensa investigación experimental, con contadores de Geiger, proporcionales, y de escintilación, aplicada a la difracción de polvo, medidas con monocristal y análisis espectroquímico.

También en otro trabajo se dió cuenta de la «Nueva técnica con contador de Geiger en el caso de monocristales» y del aparato utilizado en el laboratorio de Cristalografía del Massachusetts Institute of Technology, con esta técnica y con excelentes resultados.

Las ventajas de trabajar con focos de pequeña dimensión son conocidas, y en otro trabajo se expusieron algunas características en la fabricación de tubos de Rayos X con micro y semimicrofocos, así como cámaras apropiadas para estos tubos con diagramas realizados por las mismas, que mostraban excelentes resultados.

La ventaja del empleo de monocromadores en ciertos casos, y especialmente para la difracción, quedó señalada en los trabajos que sobre esta técnica fueron expuestos.

Fué presentada también «una máquina eléctrica para efectuar ciertos cálculos en la determinación de estructuras cristalinas», y su descripción teórica y práctica de la misma, lo que hace poder contar con estos aparatos en laboratorios que no pueden disponer de instalaciones costosas.

S. G. B.

XX Congreso Geológico Internacional.

Los temas científicos tratados en el XX Congreso Geológico Internacional celebrado en México, se agruparon en varias Secciones, pero como fué muy elevado el número de comunicaciones presentadas, sólo nos vamos a referir a las de nuestros compatriotas, los cuales, según las manifestaciones de los demás congresistas, dejaron a elevada altura la geología nacional.

La vulcanología es una ciencia que tiene gran importancia en Méjico por el elevado número de volcanes con que cuenta el país, razón por la cual hubo comunicaciones de gran interés, pero da la circunstancia de que nuestras dos provincias Canarias también cuentan con ellos; por ello, el Ingeniero Macau presentó dos comunicaciones, una sobre la distribución de ellos en la isla de Gran Canaria, y otra sobre relación de los manantiales y volcanes.

Una de las secciones que despertaron mayor interés fué la de la geología del petróleo, tanto por la importancia mundial que tiene hoy día este mineral, como por celebrarse en un país donde una de sus producciones minerales más importantes es este líquido; además, se da la circunstancia de que las compañías petrolíferas mejicanas han costado el Congreso.

En esta sección se expusieron consideraciones sobre los criaderos de petróleo y de gases combustibles de varios países de Europa, Asia, América y Africa. Simultáneamente con esta sección, se celebró un simposium de petróleo, donde se presentaron dos comunicaciones procedentes de España: una del Ingeniero Almela sobre investigaciones de petróleo en España, y otra del Ingeniero Gavaña referente a las investigaciones que está efectuando la compañía Valdebro.

Otras de las cuestiones estudiadas fueron las relaciones entre la tectónica y la sedimentación, una de cuyas sesiones fué presidida por el Ingeniero Macau, en la cual se presentó un trabajo del doctor Colom que relaciona las Sierras Penibéticas y Baleares con otras francesas.

No podría faltar en un Congreso de Geología la exposición de teorías modernas sobre el origen de los yacimientos minerales, tanto metálicos como no metálicos; uno de los presidentes fué el Ingeniero Ríos, y entre los temas tratados figura el expuesto por el doctor Alia, referente a los yacimientos minerales de uranio de baja ley, del siluriano de Jaén y Ciudad Real. Uno de las sesiones de la sección en que se estudiaba el origen de las rocas plutónicas, y relación con la tectónica, fué presidida por el Ingeniero señor Cantos. En ella se trató de los granitos de Sierra de Guadarrama y de la relación entre los pórfidos y rocas encajantes de la misma Sierra, comunicación preparada por los doctores Fúster y Herrero.

Cada vez se da más importancia a los temas de Geofísica Aplicada, y entre las comunicaciones figura la del Ingeniero Cantos, sobre investigaciones eléctricas para resolver el problema de la falta de agua en Bolaños (Ciudad Real), y también hubo otra del doctor De Pedro sobre el estudio del fondo de la fosa del Tajo por los sismos naturales.

No podría faltar la aportación española en la sección de Micropaleontología, en la cual se dió cuenta de la comunicación del doctor Colom sobre la relación de los microforaníferos terciarios de la América Central y de la Península Ibérica.

En la sección de Petrología hubo interesantes aportaciones y comuni-

caciones referentes a rocas de la Guinea española, de la Sierra del Guadarrama y del Sáhara, de los doctores Fúster, García Figuerola y Alia Medina.

En el simposium del Manganeso se presentó una comunicación del laureado Ingeniero La Concha, sobre los criaderos de manganeso en España. En el simposium del Cretáceo se presentaron 18 comunicaciones sobre temas europeos, y de ellas ocho fueron de aportación española, preparándose con dichas comunicaciones un tomo de Memorias del Instituto Geológico titulado «El cretáceo en España». El simposium de Geoquímica fué uno de los que despertaron más interés, principalmente en cuanto se refería a la aplicación de las técnicas geoquímicas a la prospección; una de sus secciones fué presidida por el Ingeniero López de Azcona, que presentó una interesante técnica espectroquímica, con la que ha podido detectar en las costas entre otros elementos el Nb y el Ta, desde distancias de 20 km.

Tuvo gran importancia la reunión de temas africanos, figurando entre los participantes españoles el doctor Alia, con su trabajo sobre el Sáhara español, y el doctor Fúster sobre Guelaya.

En el Consejo del Congreso se tomaron varios acuerdos, entre los que interesan a España los siguientes: Se propuso como nueva sede para el Congreso del año 1960 a Venezuela, Nueva Zelanda, India, Alemania y Dinamarca, habiéndose elegido este último país, por corresponder a Europa y no haberse celebrado anteriormente ningún otro Congreso Geológico.

Las representaciones de varios países estaban un poco desconectadas entre sí, y con el fin de que existiese unidad de criterio se acordó recomendar la creación de Comisiones geológicas nacionales, las que al mismo tiempo procurarán seleccionar los trabajos que se remiten para evitar un número de trabajos tan elevado como los que se presentaron en este Congreso.

Fundados en que en la actualidad el desarrollo del mundo está íntimamente ligado al descubrimiento de la energía nuclear, obtenida en su mayor parte de minerales radiactivos que no se encuentran en forma abundante en la naturaleza y que es de importancia primordial para todos los países el mantener un intercambio de ideas sobre la resolución de los problemas de exploración y explotación de los minerales básicos para la obtención de la energía nuclear, se propuso, y así se acordó, la creación de una sección de exploración y explotación de minerales radiactivos.

Es una preocupación fundamental el poner al día las cartas geológicas de Europa, sobre lo que se diéron normas, así como de la geológica del mundo, faltando para completar ésta los datos de América del Sur. Como complemento de la cartografía se acordó la formación del mapa metalogénico del mundo y del mapa fisiográfico mundial.

Un problema que preocupa a los geólogos de habla española fué el

propuesto por el Ingeniero Salas, Director del Instituto Geológico de Méjico, de la creación de una Comisión que se encargue de la redacción de un diccionario de voces españolas aplicadas a geología y ciencias afines, labor que estará terminada en el plazo de tres años, para hacer su impresión en el cuarto año, con el fin de entregarlo en el próximo Congreso. También se acordó que la impresión se efectuase por el Instituto Geológico y Minero.

Simultáneamente con el Congreso, hubo una exposición de Cartografía y Material científico. Los Servicios Geológicos de los principales países del mundo presentaron sus cartas, figurando entre ellos el Instituto Geológico y Minero de España.

En la sesión de clausura, de acuerdo con los preceptos reglamentarios, tomó parte el vicepresidente, Ingeniero Almela, quien destacó que los primeros pasos de la geología, minería y metalurgia mejicana se dieron cuando Méjico formaba parte de España, y que en esta ocasión volvía España por segunda vez (la primera fué en 1906) a tener una interesante aportación en esta manifestación geológica internacional organizada en el país hermano.

La representación española la formaron nueve ingenieros de minas, cuatro doctores en ciencias, tres ingenieros de caminos y un ingeniero industrial.

Reserva definitiva de lignito en la provincia de Lugo.

Por Orden del Ministerio de Industria de 18 de octubre de 1956, se declara reservada definitivamente a favor del Instituto Nacional de Industria, por medio de la Empresa Nacional Calvo Sotelo, una zona lignífera de la provincia de Lugo.

Considerando que es de verdadero interés la investigación y explotación de lignito en la zona que se ha de reservar definitivamente para el desarrollo de los planes previstos por la Empresa Nacional «Calvo Sotelo», en relación al suministro de lignitos a la central térmica allí instalada, así como a la fábrica de abonos nitrogenados en construcción, que ha de consumir unas 300.000 toneladas anuales, siendo el consumo total previsto, una vez hecha la ampliación proyectada, hasta 48.000 kw. de la central térmica de Puentes de García Rodríguez, de unas 750.000 t/a.

Se declara la reserva definitiva para lignitos de los terrenos francos de la parte de la zona reservada provisionalmente, delimitada por las alineaciones siguientes: del brocal del pozo de agua inmediato a la fachada Noreste de la casa de Edelmira Felpeto Cortina, en Vilar, al umbral de la puerta principal de la casa de Alortso Souto, en Carballosa; de aquí al centro de la puerta principal de la iglesia de Candamil, en Curras; desde aquí al centro del umbral de la puerta principal de la casa de José Nexeiro Souto, en Santaballa-Tuflade; desde aquí al centro

de la puerta principal de la capilla de Santa Eufemia, en Castiñeiras; desde aquí al umbral de la puerta principal de la casa de Prudencio Barro Castro, en Azoreira la Vella, en Azoreira, y desde aquí al punto de partida en Vilar, quedando así cerrado el perímetro de la zona reservada definitivamente, con una superficie de unas 5.000 hectáreas.

Empleo de la energía atómica para fines pacíficos.

El pasado año se aprobó por unanimidad en la Asamblea General de las Naciones Unidas, la creación de un organismo internacional encargado de todo lo relativo al empleo de la energía atómica para fines pacíficos.

Este organismo estaría destinado a permitir que todas las naciones del mundo compartieran los materiales desintegrables de empleo adecuado a la industria, el comercio, la agricultura y la medicina, con los beneficios consiguientes, como primer paso de la obra de no ser bastante arrancar esta arma de las manos de los militares, sino que se tiene que poner en las de aquellos que sepan quitarle su carácter bélico y adaptarla a las artes de la paz.

Al proponerse la creación de tal organismo se tenían dos miras principales, tendentes ambas a reforzar la paz mundial. La primera era encauzar las existencias de materiales nucleares de los diversos países en un nuevo organismo internacional, empezando así, según sus propias palabras, a disminuir la posible potencia destructiva de las reservas atómicas del mundo. La segunda era idear los métodos necesarios para que cada nación pudiera disponer de los materiales desintegrables que precisase para mejor servir a los propósitos pacíficos de la humanidad.

Con dicho fin, en estas últimas semanas, se reunieron representantes de ochenta y un Gobiernos, entre ellos el de España, en la sede de las Naciones Unidas, para aprobar el proyecto de estatutos de ese nuevo organismo, redactado en una nueva reunión celebrada en Washington a principios de este año.

El organismo procurará acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la riqueza y la prosperidad mundiales fomentarán el intercambio de datos científicos y técnicos, así como también el de hombres de ciencia y especialistas. Cuidarán, mediante las oportunas providencias, de asegurar que los materiales escindibles y los reactores no se utilicen para fines militares.

Mineral de uranio en Alemania Occidental.

En la frontera de Alemania con el telón de acero se han descubierto prometedores criaderos, los más ricos de los cuales están en los montes

Fichtel, cerca de Selb, en la zona fronteriza bávaro-checo-soviética. En Weissenstadt, una de las 30 localidades de esta zona en la que existen criaderos, la riqueza del mineral es de 40 g/T. También se ha encontrado uranio en otras tres zonas: en las selvas bávaras a lo largo de la frontera checa y en la Franconia superior; en la comarca de Broocken de los montes Harz, y en la Selva Negra. Los criaderos fronterizos son semificaciones de las ricas vetas de pechblenda de las montañas del Erz, entre Checoslovaquia y Alemania Oriental, que son actualmente las principales fuentes de obtención de los comunistas. Ninguno de los criaderos de Alemania Occidental puede rivalizar con los del Congo Belga, Canadá o Colorado, pero en total son suficientes quizá para que Alemania Occidental se independice de otras naciones; el Gobierno calcula que las reservas son de 30 T. de U²³⁵.

Uranio español para Alemania.

En el número de septiembre de «Nucleonics» se dice que «en Bonn se espera lleguen a un feliz resultado los debates comenzados por el ministro de Energía Nuclear, Franz Joseph Strauss, con vistas a la participación alemana en la minería de los criaderos de uranio españoles. Alemania quiere obtener mineral extranjero de mayor concentración (como el que se encuentra en España) que, mezclado con mineral alemán más pobre, haría más económicos el proceso de obtención del metal. Las perspectivas existentes parecen apuntar al establecimiento de Compañías mixtas en que se utilizarían maquinarias y especialistas alemanes, y mano de obra y capital españoles. Los concentrados se tratarían en Alemania y algunos serían quizá devueltos a España.»

Recordamos que en 1944 ya manifestaron los alemanes un gran interés por poder disponer de productos concentrados de uranio y de radio, procedentes de las importantes formaciones descubiertas por el Ingeniero de Minas Antonio Carbonell en las provincias de Jaén-Córdoba-Badajoz.

El precio del cobre.

La baja acentuada del cobre durante el mes de agosto fué contenida en parte en septiembre por las grandes compras de los rusos, a pesar de la reanudación del trabajo en las minas de Rhodesia y el aumento de existencias en los Estados Unidos, pasando la tonelada del electrolítico en Londres de 290-0-0 a 307-5-0 libras.

El platino.

Las estadísticas sobre la producción mundial de platino se llevan con algo de secreto. No obstante, durante el año 1951 se obtuvieron 675.000

onzas, de las cuales correspondieron 818.000 a Canadá, 197.000 a la Unión Sudafricana, cerca de 100.000 a Rusia, 37.000 a los Estados Unidos y 32.000 a Colombia.

Según últimas noticias, entre el Canadá y la Unión Sudafricana se pasa en la actualidad de las 600.000 onzas y también en Rusia se ha logrado un importante aumento en la producción, como lo demuestra el hecho de haber vendido platino en el mercado mundial a pesar del aumento de sus necesidades propias. La cotización actual de Londres es de 34 libras la onza Troy.

Mercado de volframio en Bolivia.

Los contratos de compra de volframio boliviano por la agencia gubernamental americana encargada de las compras de mineral en el extranjero, están a punto de finalizar. Bolivia se verá obligada a vender a los precios mundiales de 36 dólares la unidad en lugar de 54 dólares a que lo hace actualmente. Es probable que los precios actuales obliguen al cierre de varias minas bolivianas.

Reservas mundiales de uranio y torio.

En la V Reunión de la Conferencia Mundial de Energía celebrada en junio pasado, se llegó a la conclusión de que las reservas mundiales de uranio son del orden de 23.000.000 de Tm. y que las de torio son de 1.000.000 de toneladas; claro que se refiere únicamente a los minerales con interés industrial, pues principalmente las de torio son considerablemente superiores a las indicadas. La energía disponible de estos metales es de 500 trillones de kw/h., muy superior a la que se dispone entre carbón, petróleo y gases combustibles naturales.

Precios del uranio.

FORMA DEL MATERIAL	U ²³⁵ 0/0	Precio en dólares la Tm.	
		Material	U ²³⁵
Mineral de 0,25 0/0 U ₃ O ₈	0,0014875	20,75	1,395,000
Oxido concentrado 90 0/0 U ₃ O ₈ ..	0,535	18,000	3,364,000
Uranio metal natural.....	0,7	36,360	5,090,000
Uranio metal enriquecido.....	20,0	4,540,000	22,700,000

Sobre estos precios se dan interesantes primas para aquellas partidas de mineral o de uranio metal con riquezas superiores a las consignadas.

Producción de cobre durante el año 1955.

Durante el año 1955 la producción mundial de cobre alcanzó 3.693.536 toneladas cortas y el consumo 3.860.390 toneladas cortas. Los países por orden de su producción son:

	TONELADAS
Estados Unidos	1.014.442
Chile	477.869
Rhodesia	395.307
Canadá	624.758

El petróleo y el Oriente Medio.

Del petróleo consumido en el mundo durante el año 1955, una quinta parte procedía del Oriente Medio, proporción que aumentará durante este año, dado que en el primer semestre la producción de dicha área pasó de 82 tm. en el año 1954 a 90 en el 1955, de las cuales más del 80 por 100 se destinaron a Europa.

Es fundamental el tener en cuenta en la política petrolera, que más del 64 por 100 de las reservas mundiales pertenecen al Oriente Medio, donde su explotación se efectúa principalmente por Compañías extranjeras, principalmente americanas, británicas, holandesas y francesas.

El transporte de estos productos se efectúa principalmente por los oleoductos que los conducen al Mediterráneo y por los petroleros que atraviesan el Canal de Suez, este último objeto de calurosas discusiones internacionales, el cual será insuficiente hacia el año 1970, que de seguir el aumento del consumo al mismo ritmo, será el europeo de 200 millones de toneladas métricas y el de Estados Unidos de 60 millones de toneladas métricas procedentes del Oriente Medio. De estos 260 millones de toneladas, sólo se podrán transportar por el Canal 130 y 60 por los oleoductos, lo que da un déficit en el transporte de 70 millones de toneladas métricas, que sólo se podrían dar salida por oleoductos de nueva construcción o con el empleo de buques cisternas de 50.000 toneladas, que siguiesen las rutas del Cabo y del Pacífico. Estos tanques gigantes tienen tres inconvenientes fundamentales: pocos astilleros para su construcción, pocos diques secos para su reparación y pocos puertos para sus operaciones.

Notas bibliográficas

CRIADEROS

SARCIA, J. Y J. A. y GEFROY, J.: *Le gisement de molybdenite d'Ekomedion (Cameroun) cause et repartition de la radioactivite associe.* «Com. Ener. Atomi.», núm. 457, 1955.

Se estudia el yacimiento de Ekomedion del Cameroun francés, situado a unos 30 kilómetros al Sur de Nkongsamba. Citan los autores como dato curioso la circunstancia de que el yacimiento de Ekomedion, con un dominio franco de la pegmatita, es análogo al de Torrelodones (Madrid), del que se conoce desde 1933 la existencia de minerales de uranio en condiciones análogas, bajo la forma de pezblenda ó de uraninita asociados a la molibdenita.

La conclusión es de que los yacimientos ricos en molibdeno son pobres en uranio e inversamente. No obstante, la asociación uranio-molibdeno es frecuente. Ya aparece en las pegmatitas y es casi constante la asociación en los yacimientos uraníferos de tipo térmico elevado caracterizados por la uraninita o la branerita. Estos yacimientos son auríferos corrientemente y también aparecen en ellos el cobalto y el níquel. Ambos metales tienen un lugar muy importante en las formaciones mesotermales clásicas bismuto-argentífero-pezblanda. Pero en este tipo último la molibdenita sólo se puede considerar como una rareza extrema.—L. DE A.

GEONUCLEONICA

CAMERON, A. E.: *Variation in the natural abundance of the lithium isotopes.* «Am. Chem. Soc.», LXXVII, 2731, 1955.

Con el fin de establecer una relación entre los valores de Li^7/Li^6 y el origen, ha estudiado la composición isotópica de diversas muestras de litio de procedencia conocida. Las medidas se efectuaron sobre los iones de masas 141 y 142 $Li^6 Li^7 I^+$ y $Li^7 Li^7 I^+$. Las variaciones observadas para Li^7/Li^6 en los productos conocidos van de 12,44 a 12,93. Los números examinados muestran variaciones en los 7/6 entre 12,47 y 12,72. Tienen efecto en la separación isotópica la precipitación parcial del Li como fosfato o como carbonato.

El valor medio de la relación para los silicatos es 12,60.— L. DE A.

CAMERON, A. E. y LIPPERT, E. L.: *Isotopic composition of bromine in Nature*. «Science», CXXI, págs. 186-137, 1955.

Los autores determinan la relación $\text{Br}^{79}/\text{Br}^{81} = 1.0217 \pm 0.0002$; para ello utilizan las cinco muestras de bromuro siguientes:

Volcánico de Searles Lake... ..	1.0224 \pm 0.0062
De calizas de origen siluriano del Michigan... ..	1.0231 \pm 0.0040
De calizas de origen siluriano West Wirginia	1.0202 \pm 0.0016
De agua de mar del Pacific Ocean... ..	1.0214 \pm 0.0043
De agua del Gulf... ..	1.0206 \pm 0.0040

L. DE A.

BESAIRIE, HENRI; EBERHARDT, PETER; HOUTERMANS, FRIEDRICH GEORG y SIGNER, PETER: *Mesures d'age de quelques galènes de Madagascar*. «C. R.», CCXLIII, 317-19, 16 de enero de 1956.

Llegan los autores a la conclusión siguiente para Madagascar:

Ciclo cocambiano (uraninita de Bemsvanaro, torianita de Androy	485 m. a.
Pegmatites Sahatny-Itasy... ..	700 m. a.
Límite superior de la serie de los Cipolins	1125 m. a.
Límite superior del sistema Volibory... ..	1750 m. a.
Límite superior del sistema del grafito	2420 m. a.

L. DE A.

WHITE, F. A., COLLINS, T. L. y ROURKE, F. M.: *Search for Possible Naturally Occurring Isotopes of Low Abundance*. «Phys. Rev. CI», 1786, 15 de marzo de 1956.

Efectúan un estudio sistemático sobre la existencia de isótopos naturales no observados en cantidades pequeñas. Confirman son monoisótopos el sodio, aluminio, escandio, niobio y cerio. No se ha conseguido detectar como naturales en cantidades apreciables, Ru^{94} , Pt^{188} , Pb^{202} y Pb^{205} .—

L. DE A.

JEFFERY, P. M.: *The radioactive age of four Western Australian pegmatites by the potassium and rubidium methods*. «Geochimica et Cosmochimica Acta», X, 191-195, septiembre de 1956.

Ha efectuado varias determinaciones de edad usando las técnicas K-A y Rb-Sr en intrusiones pegmatíticas de Australia occidental, tanto en las micas como en los feldespatos. Los valores de las edades de las micas son generalmente concordantes por ambas técnicas, aunque algo inferiores las que da K-A.

En los feldespatos son considerablemente menores las edades por K-A que las deducidas por Rb-Sr.

La conclusión es que las cuatro pegmatitas son contemporáneas, con una edad de 2.800 m. de a.—L. DE A.

LIPSON, JOSEPH I.: *K-A dating of sediments*. «Geochimica et Cosmochimica Acta», X, 149-151, agosto 1956.

Continuando las investigaciones de Berkely el autor ha datado trece muestras de minerales sedimentarios con edades aparentes de 16 a 285 millones de años, de ellas doce son del terciario y del cretáceo y una del devoniano.—L. F.

FOLINSBEE, R. E., LIPSON, J. y REYNOLDS, J. H.: *Potassium-argon dating*. «Geoch. et Cosmochim. Acta», X, 60-68, agosto de 1956.

Dan cuenta de los primeros resultados de un programa amplio de datación por K-A efectuados en Berkeley. Para estas investigaciones se han incorporado a los de aparatos de estimación de A técnicas de ultra-alto-vacío y se ha proyectado un espectrómetro de masas adecuado. Gracias a estas innovaciones se puede medir el argón radiogénico en muestras pequeñas y pobres. Los resultados muestran que las micas retienen más argón que los feldespatos, y que los feldespatos ortoclases son más retentivos que los feldespatos plagioclasas. Las dataciones de las biotitas por K-A son buenas y concordantes con las primeras determinaciones, sugiriendo que la biotita puede retener el argón cuantitativamente. Dan un estudio crítico de varias determinaciones de edades en muestras de procedencias diversas.—L. F.

WASSERBURG, G. J., HAYDEN, R. J. y JENSEN, KENNETH J.: *A⁴⁰-K⁴⁰ dating of igneous rocks and sediments*. «*Geochimica et Cosmochimica Acta*», X, 153-165, septiembre de 1956.

Confirman la discrepancia observada por Wetherill de las relaciones A⁴⁰/K⁴⁰ entre micas y feldespatos. Suponiendo que el A⁴⁰ no es heredado por los minerales de potasio, calculan una relación de 0.113 para el datado de micas. Esto implica que las micas investigadas han retenido el 85 por 100 o más de su argón. La relación de ramas R = 0.085 se interpreta como una constante de valoración empírica con correcciones por pérdida de argón. Han determinado las relaciones A⁴⁰/K⁴⁰ en cuatro minerales antigénicos, y las edades deducidas en ellas son concordantes con los períodos geológicos deducidos por Holmes.—L. F.

KOHMAN, TRUMAN P.: *Extinct natural radioactivity: Possibilities and potentialities*. «*An. of the N. Y. Acad. of Scien.*», LXII, 503-42, 13 de abril de 1956.

Define como radionúclidos naturales extinguidos a los que han tenido una vida tan corta que no quedan cantidades detectables, pero que ha sido lo suficientemente larga para haber producido desde la nucleogénesis efectos en la naturaleza que hoy se pueden identificar.

La indicación principal de radionúclido extinguido, en un mineral u otra fase geoquímica que lo contuvo, es una composición isotópica anormal del elemento final estable. El calor producido por ellos puede haber sido importante durante la historia planetaria, así como en algunas la producción He. Considera el autor que para dar dicha consideración a los núclidos han de tener un período de semidesintegración de $\sim 3 \times 10^7$ a. a $\sim 3 \times 10^8$ a.

Estudia el posible efecto térmico de los núclidos extinguidos U²³⁸ y Al²⁶. La relación funcional entre la edad de un mineral con un radionúclido extinguido incorporado y la cantidad del producto radiogénico ofrece la posibilidad de establecer un cronómetro seguro para la primitiva historia terrestre. Como programa indica la obtención artificial de radionúclidos de semiperíodos grandes y detectar sus productos finales en materiales terrestres y meteoríticos.—L. DE A.

WETHERILL, G. W., WASSERBURG, G. J., ALDRICH, L. T. y TILTON, G. R.: *Decay Constants of K⁴⁰ as Determined by the Radiogenic Argon Content of Potassium Minerals*. «*Phys. Rev.*», CIII, 987-89, 15 de agosto de 1956.

Por las valoraciones efectuadas en micas de pegmatites modernas, datadas por otras técnicas en las que se supone no hubo pérdidas de

argón, se deduce una captura electrónica específica de $3,24 \pm 0,15$ γ/g seg. por la determinación de la relación potasio-argón. Para pegmatitas viejas se deduce una actividad de $27,6 \pm 3,0$ β/g seg. De ambas se deduce una relación de $0,117 \pm 0,015$. Concluyen los autores que con estos valores se ve que las edades por la relación potasio-argón son bastante buenas y que las pérdidas de argón no son, en general, significativas.—L. DE A.

ROQUES, MAURICE: *Determination de l'age absolu du granite carbonifere du Mayet de Montagne (Allier)*. «*C. R.*», CCXLII, 528-30, 30 de enero de 1956.

La edad de este granito, cercano a Vichy, se ha determinado por el método denominado «plomo circon- α » de Larsen. Consiste esta técnica en determinar la edad de una roca cristalina por la medida de la actividad α y valoración del plomo en el circon contenido en la roca. Se supone que la relación U/Th es poco variable en los circones. También se supone que los circones no tienen contaminación con plomo y que no tuvieron pérdida de U, Th y Pb durante los procesos geológicos. Estas edades, supone Larsen, tienen una diferencia de menos del 10 por 100 con las determinadas isotópicamente. Las tres determinaciones de edades le dieron 220, 200 y 206 m. de a., o sea una media de 209 m. de a.—L. DE A.

GEOQUIMICA

VAINSHTEIN, E. E., TUGARINOV, A. I. y TURANS'KAGA, N. V.: *Distribución de las tierras raras en las monacitas*. «*Doklad Akad. Nauk., S. S. S.*», CIV, 268-271, 11 de septiembre de 1955.

Estudian por medio del espectro de rayos X las monacitas de diversas génesis y regiones. En todas se experimenta un cambio del contenido en tierras raras; cuando decrece el contenido en La y Ce, aumenta el de Sm, y recíprocamente. Da una tabulación para los diversos distritos de las relaciones La/Nd, Ce/Nd, Sm/Nd, Gd/Nd, Pr/Nd en las monacitas.—

L. F.

LIEBENBERG, C. J.: *The spectrochemical determination of Cs in igneous rocks, using a chemical concentration procedure*. «*Geochimica et Cosmochimica Acta*», X, 196, septiembre de 1956.

Da el autor un tratamiento a partir de 1 g. de muestra fina. Con él se alcanza una sensibilidad para el Cs del orden de 0,1 p. p. m. Dice que la técnica puede aplicarse para la concentración de los metales alcalinos en diferentes tipos de rocas.—L. DE A.

PARWEL, A., UBISCH, H. v. y WICKMAN, F. E.: *On the variations in the relative abundance of boron isotopes in nature*. «Geochimica et Cosmochimica Acta», X, 185-190, septiembre de 1956.

Los autores han medido la abundancia relativa de los isótopos del boro en 43 muestras de minerales de boro y aguas de mar. Contrariamente a investigaciones anteriores, no han observado variaciones apreciables en los minerales, pero en las aguas del mar el boro parece ser un 2 por 1.000 más pesado que el de los minerales.—L. DE A.

NUCLEONICA

ADER, MARIE: *Particules de grand parcours émises par des radioéléments naturels* a. «Le J. de Phy et le Rad», XVII, 541-544, julio de 1956.

Partículas de recorrido anormalmente largo son emitidas por los mantos de polonio, de plutonio 239 y por los depósitos activos de torio y de actinio.

Parece ser que el alcance es del mismo orden para estos elementos estudiados y pasa de 300 μ en las emulsiones fotográficas.—L. DE A.

ALDRICH, L. T., WETHERILL, G. W., TILTON, G. R. y DAVIS, G. L.: *Half-Life of Rb⁸⁷*. «Phys. Rev.», CIII, 1045-1047, 15 de agosto de 1956.

Determinan la relación Sr⁸⁷/Rb⁸⁷ de ocho minerales de contenido diferente de Rb y su edad, así como la de minerales de uranio por la técnica del plomo en otros contemporáneos de la misma edad genética. Para que exista concordancia de edades es necesario que el período de semi-desintegración del Rb⁸⁷ sea $(5,0 \pm 0,2) \times 10^{10}$ a. Por experiencias de laboratorio efectuadas por E. Huster y W. Kausch deducen $(4,9 \text{ a } 5,0) \times 10^{10}$ a.—L. F.

PETROGRAFIA

FÜSTER, J. M.: *Transformaciones metasomáticas en los diques diabásicos y lamprófidos de la sierra de Guadarrama*. «Bol. de la Real Sociedad Esp. de Hist. Nat.», 99 a 128, LIII, 1955.

En las regiones graníticas y gnéicas de la sierra de Guadarrama (España central) son muy frecuentes los diques de rocas básicas de grano muy fino y, en general, afániticas, que contrastan extraordinariamente con las rocas encajantes de tonalidades más claras.

Aunque de aspecto externo análogo, pertenecen en realidad a grupos muy distintos, pero sus condiciones de yacimiento y paragénesis mineralógicas indican que deben haberse formado en muchos casos por procesos parecidos.

En distintas regiones de la sierra se observan todos los tipos, desde rocas filonianas de composición basáltica (diabasas o microdiabasas típicas) hasta rocas de composición cuarzdiorítica o granodiorítica (espartitas y kersantitas cuárcicas), e incluso tipos muy ricos en sílice que parecen establecer una transición gradual entre los lamprófidos y los pórfidos cuarcíferos, también muy frecuentes en las regiones cristalinas de España central. El autor ha llegado a la conclusión de que la mayor parte de estos diques están formados por rocas basálticas que han experimentado toda una serie de transformaciones metasomáticas, por las que se originan, según su intensidad, las distintas variedades mineralógicas que se encuentran en esta región y que pueden clasificarse dentro del llamado grupo lamprófido.—L. F.

FÜSTER, J. M.: *La provincia volcánica de La Guelaya (Marruecos español)*. «Estudios Geológicos», núms. 29 y 30, XII, 1956.

La provincia volcánica de La Guelaya está formada por las manifestaciones efusivas de la zona oriental del Marruecos español, desde el Yebel Mauro hasta las islas Chafarinas. En ellas pueden diferenciarse dos complejos volcánicos (complejos del Gurugú y de Tres Forcas), tanto por las diferencias cronológicas de las erupciones principales como por la composición de los productos expulsados. El complejo de Tres Forcas, que es el más antiguo (edad miocena), está formado por lavas y productos piroclásticos de composición general riolítica. El complejo del Gurugú está formado por materiales de composición general andesítica, producidos en una primera fase de actividad intrapliocena y por lavas basálticas, originadas en una última fase postpliocena; estas lavas basálticas, volumétricamente, tienen muy poca importancia.

Tomando como base una serie muy numerosa de análisis, realizados en su mayor parte por el autor, se llega a la conclusión de que en la provincia de La Guelaya pueden diferenciarse dos series de variación: una, de carácter sódico, solamente representada en los términos básicos, y otra, de carácter marcadamente potásico, que incluye la mayor parte de los tipos rocosos.

Las variaciones químicas y una serie de anomalías mineralógicas indican que la variación de la provincia no puede ser explicada por la diferenciación magmática simple a partir de una magma basáltico madre. El autor cree que las rocas riolíticas y andesíticas se han formado, dentro de la serie geosinclinal por fusión selectiva en las fases intensas de plegamiento; los basaltos se habrían formado en las fases póstumas de la orogénesis por descenso, hasta las zonas simáticas, de los frentes de fusión.—L. F.

CHAYES, F.: *El feldespato potásico como subproducto de la transformación biotita-clorita* (1). «Estudios Geológicos», núms. 27 y 28, XI, 1955.

En la biotita y clorita de muchos granitos calcoalcalinos existen, con frecuencia, gránulos de feldespato potásico. En el granito de la sierra de Guadarrama, al N. de Madrid, estos gránulos son más bien raros en la biotita, más frecuentes en la biotita cloritizada y abundantes en la clorita. Son, evidentemente, un subproducto de la transformación biotita-clorita, aunque la cantidad de potasio que en ellos exista pueda ser únicamente una pequeña parte de la liberada durante aquella reacción. De la distribución de los gránulos de feldespato se deduce que toda la clorita de estas rocas, incluso las láminas idiomorfas que no tienen restos de biotita, se ha producido por reemplazamiento de la biotita. La distribución esporádica de la clorita se explica más fácilmente por acción hidrotermal.—L. F.

PROSPECCION

ROUBAULT, M.: *La prospección de l'uranium*. «Com. Ener. Atóm.», número 484, 1955.

El Comisariado Francés de Energía Atómica, teniendo en cuenta que en dicho país la prospección del uranio no es un monopolio del Estado, editó esta cartilla de prospector para todos los públicos, con el fin de que el mayor de prospectores se dediquen en los territorios franceses a la búsqueda de este elemento. Sienta el principio de que la prospección es una obra científica y técnica que no puede ejecutarse al azar por cualquiera sin un mínimo de conocimientos, los cuales se dan en los cinco capítulos de la cartilla, que tratan de: Métodos generales de prospección. La prospección del uranio y sus particularidades. Descripción sumaria de los principales minerales que contienen uranio. Detección de los minerales de uranio con la ayuda del contador Geiger-Müller. Caracteres esenciales de los criaderos de uranio. Completa la obra una buena colección de láminas, algunas de ellas en colores.—L. DE A.

QUIMICA MINERAL

FÜSTER, J. M.: *Análisis químicos de rocas españolas publicados desde 1952 hasta 1956*. «Estudios Geológicos», núms. 29 y 30, XII, 1956.

Como primer apéndice al catálogo de los Dres. Fúster, Ibarrola y Lobato, publicado en 1954, se dan los análisis químicos de cuatro rocas

plutónicas, trece enclaves de granito, cuatro rocas filonianas, ocho rocas metamórficas, seis ofitas, nueve veritas y una fortunita. Además figuran diez basaltos del Golfo de Guinea.—L. F.

RADIOACTIVIDAD

DEUTSCH, S. y PICCIOTO, E.: *Présence d'uraninite dans les minéraux accessoires du granite de baveno*. «Experientia», XII, 333-336, septiembre 1956

En un estudio con emulsiones nucleares del granito de Baveno (Alpes italianos) han detectado inclusiones radiactivas con una actividad correspondiente a una ley en uranio superior al 50 %. El número de inclusiones es 1 por 70 cm² y la superficie de ellos de 10⁻⁶ a 8,4 × 10⁻⁵ cm² con una actividad específica de 200 a/cm² s. La relación Tt/U < 5 × 10⁻³. Los cristales los identificaron como uraninita. Alrededor del 10 % de la actividad de estas rocas es debido a las uraninitas con un volumen menor de 1 × 10⁻⁶ y una actividad específica de 200.000 veces la de la roca. La uraninita parece ser un mineral accesorio primario contemporáneo de la roca y no resultado de un ajuste hidrotermal posterior.—L. F.

DEUTSCH, S., HOUTERMANS, F. G. y PICCIOTTO, E. E.: *Etude de la radio-activité de météorites métalliques par la méthode photographique*. «Geochimica et Cosmochimica Acta», X, 166-84, septiembre de 1956.

Por la técnica de las emulsiones fotográficas nucleares han estudiado la radiactividad α de dos muestras de meteoritos metálicos: Toluca (Hambourg) y Carbo. Describen toda la técnica, desde la preparación de la muestra hasta la observación micrográfica. La exposición fué de ciento cuarenta días en placas Ilford C-2. Se han contado y localizado, así como medido sus longitudes de 2.000 partículas α repartidas en 36 cm² de las placas testigo y de las expuestas a los meteoritos. Deducen que más del 85 % de las partículas α emitidas por los meteoritos son debidas a una contaminación superficial con polonio, la cual corresponde a 100 átomos de polonio por cm². Los valores deducidos son U < 0,6 · 10⁻⁸ g/g y Th < 2 · 10⁻⁸ g/g. Estos valores coinciden con los deducidos por Paneth con otras técnicas.

En el estado actual de la técnica, los límites de detección corresponden a concentraciones en U y Th del orden de 5 · 10⁻⁸. La distribución de los recorridos de α sobre las placas testigo muestran que el 90 % del fondo es debido al Rn del aire. Será posible el bajar el fondo a un 10 % y detectar concentraciones de U y Th de 5 · 10⁻⁹ g/g.—L. F.

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, hasta el 56	40
Idem, id., desde el tomo 57	70
Agotados, 1 a 25, 38, 39, 41 a 45, 48, 50, 56.	
NOTAS Y COMUNICACIONES	
Notas y Comunicaciones, números del 1 al 12, cada uno	20
Idem, id., desde el número 13, cada uno	30
Agotados números 1, 8, 10 y 13.	
MEMORIAS	
GEOFÍSICA.	
La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas Tomo 1.º	240
Idem, id. Tomo 2.º	240
Idem, id. Tomo 3.º	240
Idem, id. Tomo 4.º	300
Idem, id. Tomo 5.º	150
CRIADEOS DE HIERRO.	
Hierros de Murcia	40
Idem de Asturias	40
Idem de Guadalajara y Teruel (agotado)	40
Idem de Galicia. Tomo 2.º (1.º agotado)	40
Idem de Galicia. Tomo 3.º (dos fascículos cada uno)	40
Idem de Almería y Granada (3 volúmenes, agotados).	
Idem de Sevilla, Jaén y Córdoba	65
VARIOS.	
Estudio petrográfico de la serranía de Ronda	45
Monografía de las melanopsis	45

	Ptas.
Conchas bivalvas de agua dulce	60
Memoria del Uranio	30
El petróleo	50
Cuenca del Alto Tajo. Alcalá de Henares	40
La cordillera del Rif (dos volúmenes de texto, uno de láminas) ...	150
Reservas mundiales de piratas (dos volúmenes)	75
Reservas mundiales de fosfatos (dos volúmenes)	75
Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena (agotado).	
Libro Jubilar (tomo I y II, cada uno)	75
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península a esca- la 1:1.000.000 (1952 y 1955) publicadas por el Instituto Geológi- co y Minero de España	25
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	20
Minas de Almadén (francés)	20
Isla de Mallorca	20
Sierra de Guadarrama	20
Aranjuez	20
Asturias (sólo en francés)	40
Sierra Morena-Llanura Bética	20
Despeñaperros	20
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	15
Tomo 2.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Idem	15
Tomo 3.º (fasc. 1.º)	25
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

	Ptas.
Idem id., hojas sueltas, cada hoja	100
Idem id., escala 1:400.000 (cada hoja)	20
Idem id., nueva edición (cada hoja)	30
Mapa provincial de Barcelona, escala 1:200.000	50
Idem id. de Lérida, a 1:200.000	50
Idem id. de Cádiz, a 1:200.000	56
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	15
Mapa Manantiales Minero-Medicinales de España, a 1:1.500.000... ..	40
Mapa Geológico y Minero de España, escala 1:2.500.000 (agotado).	
Idem id., escala 1:1.500.000 (agotado).	
Idem Vulcanológico	40

MEMORIAS.

Explicación Mapa Geológico, tomo 1.º, escala 1:1.000.000	65
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)	45
Memoria provincial de Lérida	50
Memoria y Hoja provincial de Lérida, juntas	90
Memorias del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	18
Memorias y Hoja, escala 1:50.000, juntas	35
Datos para el estudio de las hojas del Mapa Geológico 1:50.000. Gijón-Oviedo	30

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.
Alumbramiento de aguas subterráneas en la provincia de Albacete, por ENRIQUE DUPUY DE LÔME	3
Zona reservada de molibdenita de los términos municipales de Setcasas y Molló (Gerona), por S. DE LA CONCHA y J. E. COMA.	21
Estudio geológico de los alrededores de Mota del Cuervo (provincia de Cuenca), por JOSÉ MARÍA FONTBOTÉ y ORIOL RIBA	33
Nota sobre la investigación de los aluviones de la Laguna de Antela en Ganzo de Limia (Orense), por L. BARRÓN y ALEJANDRO H. SAMPELAYO	73
Diagramas estructurales del cuarzo de granulitas de las «Old Lizard Series» de South Cornwall (Inglaterra), por TIRSO FEBREL	89
Notas mineralográficas, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	119
Edad de los meteoritos, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	141
Noticias	147
Notas bibliográficas:	
Criaderos	165
Geonucleónica	165
Geoquímica	169
Nucleónica	170
Petrografía	171
Prospección	172
Química mineral	173
Radiactividad	173
Instituto Geológico y Minero de España	175