

I/16-1-1

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

NUMERO 22



MADRID

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

1951

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.

Ideas modernas sobre la petrogénesis de las rocas
eruptivo-metamórficas y volcánicas

POR

ALFREDO SAN MIGUEL ARRIBAS

ALFREDO SAN MIGUEL ARRIBAS

IDEAS MODERNAS SOBRE LA PETROGENESIS DE LAS ROCAS ERUPTIVO - METAMORFICAS Y VOLCANICAS

Entre los problemas más discutidos y apasionantes de las Ciencias Geológicas, destaca de una manera clara el origen de las rocas eruptivas, es decir, del magmatismo en general y del origen de los magmas en particular.

Basta recorrer brevemente la historia de esta nueva e importante ciencia que es la Petrología, para comprobar cómo desde hace siglo y medio la cuestión, por ejemplo, del origen de los granitos viene preocupando la mente de los más destacados geólogos.

Desde los primeros años del nacimiento de la Petrografía, con las célebres discusiones entre «plutonistas» y «neptunistas», iniciada en la primera mitad del siglo XIX, que terminó con la victoria de la «formación seca» de las rocas eruptivas, defendida por Durocher, sobre la «formación acuosa» debida a Scheerer, se pone ya de manifiesto el apasionamiento por este problema que todavía hoy en día da lugar a grandes controversias y a cuya solución dedican atención preferente los mejores petrólogos.

Es evidente que el problema del magmatismo y en general de la génesis de las rocas eruptivo-metamórficas ha sido identificado por la mayoría de los autores con la cuestión del origen de los granitos.

Este enfoque particular del problema de la petrogénesis se fundamenta en el hecho de que las masas graníticas son las que predominan entre las masas intrusivas, de la misma manera que las rocas basálticas son las predominantes en las masas efusivas.

En efecto, cerca del 95 por 100 de las rocas intrusivas está formado por masas graníticas, y el 98 por 100 de las efusivas está formado por coladas de tipo basáltico. Si a esto añadimos la evidente relación existente entre las masas graníticas y las orogenias, nos explicaremos fácilmente el interés extraordinario que asume la génesis de los granitos y se justifica la enorme cantidad de obras, trabajos y publicaciones dedicadas a su estudio desde todos los posibles aspectos geológicos.

Para poder formarnos una idea clara de los procesos y de las causas que determinan la formación de las masas graníticas en general, es preciso enfocar el problema desde todos los puntos de vista posibles y coordinar particularmente los resultados de las observaciones geológicas y petrográficas con los conocimientos adquiridos por la moderna Físico-química, Geoquímica y Geofísica.

La primera cuestión que se plantea en el estudio e investigación del origen del magma granítico es saber si éste es primario, en el sentido de ser uno de los materiales fundamentales de la Tierra, o bien si se deriva de otro magma fundamental.

En general, el concepto de granito como producto de un magma ígneo fundido, prevaleció desde los comienzos del siglo XIX, sobreviviendo incluso a la demostración hecha por Sorby hacia mediados del siglo, de que algunos granitos completaban su cristalización a temperaturas tan sorprendentemente bajas como de 89° a 356°, y su opinión

de que «la prueba de la intervención del agua en la formación de los granitos es tan fuerte como la del calor».

Pero desde que en los comienzos del presente siglo se empezaron a aplicar los principios de la Físico-Química a la Petrografía, se llegó a la conclusión cierta de que las rocas graníticas se han formado a temperaturas relativamente bajas a partir de magmas que contienen agua y otros componentes volátiles.

Las hipótesis acerca de la génesis del magma granítico pueden agruparse en tres tendencias distintas.

Un grupo de investigadores ha seguido a Suess, que consideraba el granito como resultado de la fusión de formaciones más antiguas, definiéndolo como un sedimento fundido y licuado; otro grupo, basándose en las ideas de Michel-Levy y Lacroix, sostiene que el granito se forma por adición de ciertas «emanaciones» alcalinas a las rocas sedimentarias.

El tercer grupo sigue las directrices de L. Vogt, el cual nos describe el magma granítico como el líquido residual de la cristalización de masas mayores de un magma gabbroide.

Antecedentes y evolución histórica.

Hutton (1797) estableció claramente el carácter del granito definiéndole como una roca plutónica originada por fusión completa de los sedimentos bajo la acción de la elevada temperatura que reina bajo los océanos, en las profundidades de la Tierra. Pero después, los geólogos franceses y los ingleses hubieron de reconocer que no todos los granitos son necesariamente de origen ígneo.

Ya en 1824 Amí Boué, de Hamburgo, describía el pro-

ceso que ahora llamamos granitización, diciendo que el paso del calor y de las exudaciones gaseosas procedentes del interior de la tierra a través de las pizarras cristalinas eran la causa real de la formación de las venas y de la diseminación de los cristales y eventualmente de una especie de licuefacción ígnea.

En 1838 Fournet distingue las rocas metamórficas debidas a una simple cristalización de las rocas preexistentes, en las cuales se ha producido una fusión parcial combinada casualmente con una emigración interna o externa de los materiales.

En 1841 Dewille introdujo la noción de los agentes mineralizadores, gases que transportan la materia mineral y se hacen así aptos para transformar químicamente, por metasomatismo, las sustancias de las rocas a través de las cuales se difunden.

En 1844, Villet d'Aoust emplea la palabra imbibición para expresar la idea que los materiales ígneos se han infiltrado en las rocas sedimentarias metamorfizadas, y las han transformado en granito. El mismo año, Fournet observa que en ciertos sedimentos metamorfizados se ha desarrollado más feldespato que el que podían contener y podría esperarse de una simple recristalización y da la prueba evidente de que se ha producido en ellas una introducción o aporte de materia nueva. Scheerer por su parte (1847) decía ya que «los caracteres plutónicos del granito no son garantía absoluta del origen ígneo del mismo».

Delesse (1869) aporta la hipótesis de que las rocas plutónicas granitizadas pueden hacerse suficientemente móviles para buscar una salida hacia la superficie y consolidarse allí como granitos intrusivos después de haber perdido to-

dos los caracteres que permitirían reconocer su verdadero origen.

En 1871 Green describe los vestigios de estratificación que subsisten visiblemente en el granito y expresa la opinión de que en ciertos puntos estas estructuras fantomáticas habían sido fundidas y que los materiales fundidos en virtud de su mayor movilidad habían podido desempeñar un papel intrusivo.

Zirkel admite ya, con clarividencia que sorprende, dos clases de granitos y escribe al respecto: «Los granitos del paralelo 40 son sin duda en parte rocas eruptivas que han irrumpido a través de estratos sedimentarios de una edad geológica diferente y en parte secuelas de las antiguas pizarras cristalinas, alternando con gneis, etc., y que no presentan signos de carácter eruptivo. Cualesquiera que pueda ser el origen de las pizarras cristalinas, el de los granitos acompañantes debe ser el mismo. Según la teoría más en boga, estos granitos que no son eruptivos y que al mismo tiempo son por lo general estratificados, deben ser llamados granitos metamórficos.»

Haug (1907), en su geología, dedica un hermoso capítulo al metamorfismo y tratando del origen del granito se expresa del modo siguiente: «sin querer negar la posibilidad de ascensión del magma granítico que es muy verosímil, en ciertas condiciones, ¿es necesario admitir en todos los casos la existencia de un magma que venga de las profundidades de la Tierra?»

La formación gradual del geosinclinal basta para explicar la elevación de temperaturas, y de la presión y la acción más interna de los mineralizadores. Si suponemos un descenso gradual del fondo del geosinclinal a regiones cada vez más profundas, podemos admitir que las ca-

pas sedimentarias llevadas a zonas isogeotérmicas de temperatura creciente, se encontrarán, finalmente, en condiciones de temperatura y presión tales, que la acción de los mineralizadores bastará para transformarlas, total o parcialmente, en masa granítica. Después del enfriamiento, las rocas sedimentarias se encontrarán reemplazadas, según su naturaleza, por granito o por otras rocas granitoides».

En Francia se desarrollaba una fuerte corriente de doctrina favorable a estas líneas anteriores, defendidas por Barrois (1884), Michel Levy (1885), Lacroix (1808-1903) y Termier (1904) principalmente, basadas en las investigaciones realizadas durante las dos últimas décadas del siglo pasado.

En conjunto, estos autores llegaron a la conclusión de que las rocas adyacentes a las intrusiones magmáticas eran modificadas en su composición química por la influencia de agentes mineralizadores (volátiles o en solución) de manera que adquirirían una composición análoga a la de los propios granitos.

El magma granítico original avanzaba transformando a las rocas locales en material granítico, que se incorporaba a la masa principal del magma en movimiento.

Las ideas de Termier sobre el metamorfismo regional y la granitización, diferían, sin embargo, bastante de las de sus compatriotas, pues suponía que la formación de los esquistos cristalinos estaba relacionada con la profundidad de su colocación en el geosinclinal, si bien esa profundidad por sí misma no era suficiente. El factor causal era la llegada, procedente de zonas profundas bajo la forma de columnas filtrantes, de líquidos juveniles, arrastrando consigo varios gases, silicatos o boratos alcalinos; la temperatura

de los sedimentos depositados en el geosinclinal aumentaba rápidamente, disolviéndose, principalmente, las mezclas eutécticas y los antiguos elementos que excedían a las proporciones eutécticas, escapábanse al frente de la columna filtrante, que, a su vez, arrastraba otros elementos: aquí y allá formábanse verdaderos magmas de variadas dimensiones, aumentando con la profundidad. En la parte superior, los sedimentos del geosinclinal recrystalizaban, y modificaban la composición química, pasando inferiormente a neis y superior y lateralmente, a rocas menos metamorfizadas, mientras que la parte aun líquida de la masa magmática introducía en niveles más elevados, en forma discordante. Resumiendo estas ideas, Termier proclamó su famosa metáfora: «La producción de metamorfismo regional puede compararse a la propagación irregular de una mancha de aceite en una sucesión de capas, que depende de las permeabilidades diferentes de las capas superpuestas.»

Estas ideas viéronse grandemente obstaculizadas en su desarrollo y propagación, por los adictos a la escuela de Rosembuch. Este destacado petrógrafo publicó, en 1877, su estudio clásico, en el que describe el metamorfismo de contacto o metamorfismo térmico que rodea al granito de Barr-Auland, en los Vosgos. Rosembusch no encontró ningún vestigio de transferencia de materiales entre el granito intrusivo y las rocas encajantes, y a base de este caso generalizó sus conclusiones a todos los contactos graníticos. Según él era imposible el filtrado o propagación de parte flúida a través de las rocas y proclamó que los neis y las pizarras feldespatizadas no son más que simples granitos que han sufrido los efectos del metamorfismo dinámico en el curso de los movimientos orogénicos. La gran autoridad de este autor hizo que sus ideas se impu-

sieran, no sólo en Alemania, sino también en otros países.

Sin embargo, la realidad de las transferencias de sustancias generadoras de silicatos, formalmente establecida el año 1921 por Goldschmidt al estudiar el metamorfismo de contacto de las rocas pelíticas de la región de Stavanger, hizo que las antiguas ideas de la escuela francesa, convenientemente adaptadas, se desarrollaran y propagaran rápidamente hasta hacerse internacionales.

La granitización.

Sederholm (1913), en el Congreso Geológico Internacional celebrado en Estocolmo, y ante las personalidades más preclaras y competentes en esta materia, resucitó las anteriores ideas y adhiriéndose a la escuela francesa demostró que no era posible ya seguir las concepciones de la escuela de Rosembuch. Al exponer sus ideas sobre los granitos y neis finoescandinavos se expresó de esta manera: «Los fenómenos de refusión o redisolución han ocurrido aquí en tan gran escala, que hay que admitir que toda la superficie actual ha estado en estado de fusión, cuando se hundió a una profundidad tan grande que llegó cerca del océano magmático sin fondo o tectoesfera de la Tierra.»

El magma granítico, una vez solidificado y en parte descompuesto, experimenta de nuevo, cuando llega a las partes más profundas de la tierra un renacimiento o palingénesis. A estos granitos de carácter difuso resultantes al parecer de una fusión parcial de los compartimientos profundos de la corteza terrestre los denominó Sederholm *granitos de anatexia*, es decir, de fusión. Al proceso de formación de masas graníticas por emanaciones procedentes del magma abisal, refusión o redisolución, le dió Sederholm el nombre de *anatexia*; así, mientras que el granito intru-

sivo parece extraño a la roca encajante, el de anatexia se muestra mezclado e íntimamente compenetrado con las formaciones encajantes. La mezcla no se limita al borde sino que se aprecia en toda la masa o al menos en grandes extensiones de la masa granítica.

El resultado de esta mezcla es una nueva roca denominada *migmatita*, término propuesto por Sederholm para designar rocas cuyo aspecto sugiere la idea de que son una mezcla de rocas antiguas y de un magma granítico tardío. Ahora bien; para darse cuenta real de este fenómeno, es preciso observarle a gran escala en la naturaleza.

Estos fenómenos de anatexia son generales y se les reconoce en todas aquellas partes de la corteza donde una erosión suficiente ha puesto al descubierto partes profundas de las capas geológicas. De aquí que la anatexia haya sido especialmente estudiada en las regiones nórdicas donde los glaciares cuaternarios han limpiado los grandes afloramientos, han barrido los restos de alteración, y han pulido y preparado para la observación en gran escala dichos afloramientos.

A este magma granítico o emanación granítica que invade y transforma las rocas preexistentes le denomina Sederholm «*icor*» o «*serum*».

Muchas veces la anatexia provoca una nueva capacidad de intrusión y las rocas magmáticas así regeneradas se denominan palingénéticas y al fenómeno, «palingénesis», o sea, renacimiento.

Siguiendo, pues, a Sederholm, «refusión no implica que haya tenido lugar una fusión seca; la anatexia de las masas graníticas de la corteza viene originada por la influencia de emanaciones del magma abisal, cualquiera que haya podido ser su composición»...

«El icor granítico o magma diluido con agua y conteniendo otros mineralizadores ha desempeñado un gran papel en las últimas fases de la consolidación de las masas plutónicas y en la formación de las migmatitas. Este icor se infiltra por las masas rocosas antiguas disolviendo algunos de sus minerales y reemplazándolos por otros, dando gradualmente a las rocas una composición más granítica.»

Holmquist sustenta un criterio algo diferente a este respecto, ya que si bien admite la fusión parcial y recristalización de las rocas madres no admite el aporte de material. Sederholm admitió que estos procesos anatécicos sobrepasan en potencia al metamorfismo ordinario entrando en el campo de los fenómenos, que el sueco Holmquist denomina de *ultrametamorfismo*, definiéndole como el fenómeno por el cual se verifica una segregación general del material cuarzofeldespático de las rocas y que éste marca los primeros pasos de la refusión de la corteza. El citado autor demostró la existencia de los procesos ahora denominados de «difusión y diferenciación metamórfica» estudiados especialmente por Stilwell, Eskola, Read, Hess, Mac Callien y otros. Refiriéndose a la formación palingenética de las pegmatitas en los neis, Holmquist habla de «fusión real de las rocas más fusibles», sugiriendo que el cuarzo y el feldespato son los primeros en fundir. Esta hipótesis de *refusión selectiva* desarrollada por Eskola, Wegmann, Backlund y otros ha desempeñado un importante papel en la moderna petrogénesis y en la geología metamórfica.

Precisando más, y de acuerdo con Holmquist, diremos que a una acción ultrametamórfica capaz no sólo de destruir y transformar completamente el aspecto, quimismo y com-

posición mineralógica de la roca, sino de dejar también en el producto final después de solidificado, todas las características de un producto de solidificación de una masa silicatada fundida se le denomina *palingénesis*.

Las señales del proceso se manifiestan por la presencia de restos de estructuras de los sedimentos afectados y aun transmitidos y conservados en la masa plutónica; poco a poco el proceso va avanzando hasta que esas estructuras residuales desaparecen y se pasa así gradualmente a una verdadera roca plutónica.

La masa de las migmatitas se mantienen durante este proceso en su mayor parte sólida y la parte líquida queda reducida a una pequeña película intersticial entre los granos sólidos (película intergranular de Wegmann). Aumentando el contenido de este líquido la masa adquiere también una capacidad de movimiento, aunque sea puramente de naturaleza plástica, y se tiene lo que se denomina «migma», entendiéndose siempre como tal el líquido de nueva formación, y por «migmatización» el proceso que conduce a la formación del «migma».

Ateniéndonos a este nuevo concepto debido a Reinhard (1943), podemos precisar aún más el significado de la palingénesis, considerándola como un estado mucho más avanzado y complejo del fenómeno de la migmatización, por el cual el material alcanza un grado de dispersión molecular tal, que puede considerarse a todos los efectos como una masa parcialmente fundida y móvil.

El migma, pues, puede transformarse en magma, sea por fluidificación completa, sea por expulsión o exprimido de la parte líquida por efecto de la presión.

Un aspecto importante en las ideas de Sederholm cabe destacar y es la intervención del «icor» o «serum», que ya

hemos visto define como una solución acuosa magmática. Respecto a este aspecto concreto del «icor» los criterios son bastantes dispares, tanto en cuanto a su composición como a su procedencia. Así, para Ramberg (1945), el serum no constituye una fase líquida separada, sino simplemente los átomos movilizados de las soluciones sólidas cargadas de minerales con gran energía cinética, suficiente para hacerle capaz de moverse interior y exteriormente en el seno de la trama rocosa.

Wegmann (1935) ha aciarado mucho las ideas de Sederholm con sus amplios y detallados estudios en los que se ha ocupado especialmente del mecanismo de transporte de sustancias, es decir, de la migración de los átomos en la migmatización y granitización y ha hecho familiar la noción de «frente migmático». Asimismo, se ha esforzado en aclarar las relaciones complejas que existen entre los movimientos orogénicos y la movilización atómica, distinguiendo al respecto:

a) Migración de elementos a través de un macizo constituido por rocas preexistentes que permanecen invariables y que conserva así su estructura primitiva a pesar del cambio intenso de materia y la eventual recristalización.

b) Migración a través de un macizo dislocado por movimientos acaecidos durante o después de la migración; en este caso, el movimiento relativo que se produce entre las partes migmatizadas más móviles y las más rígidas del macizo, así como la cristalización final, hacen desaparecer bandas y enclaves, dando como final del proceso un granito más o menos homogéneo.

Eskola (1933) expone su teoría de la granitización y el origen de los magmas graníticos por refusión parcial o total de las rocas preexistentes, considerando que el magma

granítico se ha formado por anatexia diferencial y posterior ascensión del mismo por compresión hidrostática.

Backlund, en Suecia, es el mantenedor y propulsor de estas ideas, habiendo demostrado que el metasomatismo relativo y progresivo, llega a resolver las dificultades y objeciones formuladas por Harker y Niggli.

Según dicho autor (1938), las sustancias granitizantes retenidas y fijadas en el magma varían con la composición de las rocas sobre las cuales actúa, y afirma que la granitización ha sido el acompañante normal de las orogénesis en el curso de los tiempos geológicos.

Se expresa sobre la granitificación en términos de «Reomorfismo»; fenómeno el que define como «la suma de procesos de licuación térmica, parcial o total de una roca existente, con adición de cantidades mayores o menores de un nuevo material penetrado por difusión», pero no indica la fuente de este material. T. F. Barth, por su parte, refiriéndose al granito de Telemark, afirma que fué originado «por un icor de composición granítica» que ascendió casi verticalmente de las profundidades de la corteza y granitizó todas las rocas a su paso. Sugiere que este icor se formó por «refusión diferencial» de las rocas precámbricas más antiguas, seguida del exprimido del líquido, así formado, de la trama rocosa.

»Este líquido tenía su origen en los intersticios de los granos minerales y extraía de las propias rocas los ingredientes que eran fácilmente disueltos y fundidos... este icor o fluido se elevó lentamente a niveles superiores, disolviendo, asimilando o alterando metasomáticamente cada una de las moléculas de las masas rocosas subyacentes».

Malcom Mac Gregor y Gilbert Wilson (1939) definen la granitización como «el proceso por el cual las rocas só-

lidas se convierten en rocas de carácter granítico», incluyendo en este proceso todas las operaciones como palingénesis, síntesis, transfusión, metasomatismo, migmatización, inyección, asimilación, contaminación y otras semejantes.

Estos autores consideran la existencia de dos procesos ligados a la granitización; en primer lugar, uno de tipo metasomático bajo la influencia de «filtrado de flúidos fuertemente activos (emanaciones) al frente del magma invasor», y en segundo lugar una penetración mecánica del magma.

Pero tanto si localizamos el origen de los flúidos actuantes en la granitización, en una fuente magmática y les atribuímos la formación de rocas granitizadas e incluso de un nuevo magma granítico, como si aceptamos la actividad de las emanaciones sin preocuparnos de su fuente de origen y las consideramos como el agente primario de la formación de las rocas magmáticas, es indudable por las pruebas y por las opiniones de los diversos autores que hemos aportado que «las rocas sólidas fueron convertidas en rocas de carácter granítico».

De la misma manera hay que aceptar que el proceso esencial en la formación de migmatitas es el de la sustitución. Como dice Hugh Miller, «parte de estos granitos son de hecho pseudomorfosis o variedades de granitos, manteniendo dentro de su masa, como estructuras de sustitución, restos de estructuras de las rocas preexistentes».

Esta sustitución en las rocas sedimentarias estará regulada por la estructura original propia de las rocas afectadas. El filtrado de las emanaciones se dará preferentemente a lo largo de ciertas capas debido a la naturaleza física y química de ésta. Los minerales originales de forma aplanaada, existentes en los planos de sedimentación, tórnanse

mayores si se adaptan al nuevo ambiente químico y se desarrollan minerales de nueva formación, de manera que la dirección de mayor velocidad de cristalización coincide con los primitivos planos de menor resistencia.

La estructura sedimentaria original puede así mantenerse en tanto que la granitización no alcance un alto grado que transforme intensamente la composición de la masa de la roca. Según esto, la foliación o estratificación de los neis graníticos, por ejemplo, está esencialmente subordinada a las estructuras sedimentarias preexistentes y no originada por cualquier proceso de metamorfismo dinámico, tal como propugnaba la escuela alemana dirigida por Rossmusch.

En la feldespatización, el material para la formación de feldespato tanto puede ser suministrado por la roca original como por la penetración de soluciones con el aporte consiguiente.

Hay muchos caracteres macroscópicos y químicos que demuestran la feldespatización. La evidencia de las observaciones de campo es especialmente notable. Partiendo de las observaciones clásicas de la escuela francesa, y concretamente las referentes a las bellas formaciones de feldespato descritas por Barrois, en los contactos graníticos de Rostrenou, pasamos por una gran cantidad de modernas observaciones que confirman el fenómeno de la cristalización.

Parece, pues, indudable que la granitización y feldespatización son procesos actuantes que se basan esencialmente en el fenómeno de la sustitución. En las regiones que sufrieron granitización hubo un aflujo de material procedente de una masa magmática profunda o bien de un origen no especificado.

Es lógico admitir que durante la sustitución se produzca una emigración de materiales. Holmes (1937) resumió el conjunto de fenómenos con la siguiente expresión: «el granito es el resultado de lo que existía originalmente, *más* lo que emigró, *menos* lo que fué expulsado». Estos materiales que emigran a través de las rocas pueden ser de orígenes y calidades distintas y componerse de:

- 1) Material expelido de la región de granitización.
- 1) Emanaciones directas procedentes del agente de granitización.
- 3) Los volátiles existentes en los poros de las rocas originales.

F. F. Graut (1941) ha discutido la formación por metasomatismo de rocas que parecen ígneas y dice que muchos autores no han podido distinguir con claridad entre la generación de granito y la generación de rocas que parecen granito pero que tienen una historia completamente diferente.

Define este autor la granitificación como «un grupo de procesos mediante los cuales una roca sólida, sin suficiente fluidez que la haga movable o reomórfica, se transforma en algo que se parece más que antes al granito».

Según esto, y siguiendo a Graut, una roca producida por la recristalización, sin fusión, de una arcosa no debe recibir el mismo nombre que una roca formada por cristalización lenta de una magma riolítico, aunque las dos rocas puedan resultar casi idénticas en composición mineralógica y estructura. Sólo una de ellas es granito, constituyendo la otra un «pseudogranito», o bien un «granito metamórfico», como fué llamado durante el siglo pasado.

Cloos y Rittman (1939) han desarrollado también estas ideas y aceptan plenamente la granitización o migma-

tización, si bien no excluyen la posibilidad de granitos de origen puramente magmático, aunque en proporción mucho más reducida, como más adelante veremos.

H. H. Read (1943-44), decidido partidario de la granitización, en sus «Meditaciones sobre el granito» plantea el problema de cómo han podido colocarse los enormes batolitos de rocas graníticas en el sitio que ocupan actualmente y que ha sido de la roca que se encontraba antes en ese sitio. La intrusión en masa de un volumen gigantesco de magma parece mecánicamente imposible, y como declara Read, «la única solución que puede ofrecerse es que, en efecto, estas masas de magma granítica no han existido nunca en su totalidad».

Las enormes masas graníticas que hoy encontramos en la corteza se han originado simplemente por un proceso de reemplazamiento «in situ», producido por la granitización. Muchas masas pequeñas tienen sin duda el mismo origen, aunque algunas de ellas pueden haberse originado por consolidación del magma y otras por la consolidación del magma. Así, pues, puede haber *granitos* y *granitos*; la mayoría de ellos son de una misma especie, pero todos deben encontrarse, probablemente, genéticamente relacionados».

Después de todo lo que hemos expuesto, podemos concluir que la noción de granitización, o sea, la génesis de las rocas de tipo granítico o granodiorítico a partir de rocas sólidas, sin refusión alguna, es aceptada por la gran mayoría de petrólogos del mundo; incluso Niggli, uno de los más tenaces defensores de las teorías magmáticas, se ha visto obligado recientemente (1947) a aceptar la teoría de la granitización.

Sin embargo, queda todavía mucho que investigar y

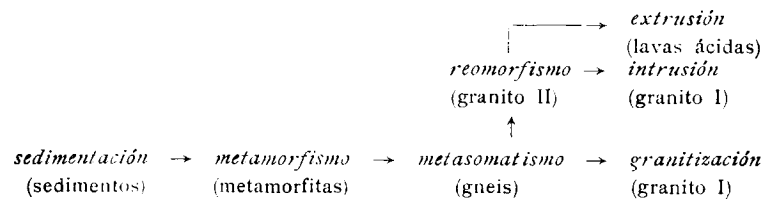
muchos puntos oscuros en la explicación del proceso de la granitización y en ellos se centra hoy la controversia.

En primer lugar, es preciso señalar la disparidad de criterios en cuanto a la procedencia y naturaleza de las emanaciones cálidas, factor esencial en la granitización.

Unos consideran estas emanaciones o icor como de composición granítica, siendo evidente que la «licuefacción térmica parcial o total» que propugna Backlund, y la «refusión diferencial» imaginada por Barth, no producirían un icor granítico comparable al fluido residual del magma en vías de cristalización.

Por otra parte, el mecanismo que conduce a la granitización no está, ni mucho menos, suficientemente aclarado, y a su resolución se aplican hoy en día los más modernos conocimientos físicos y físico-químicos.

Esquema del proceso de la granitización



Las reacciones al estado sólido.

Los trabajos de Perrin (1934), Perrin y Roubault (1937-1949), Bugge (1945), Ramberg (1945-49), Barth (1948) y otros, han puesto de manifiesto y demostrado la existencia de reacciones al estado sólido y la posibilidad de atribuir la génesis de las rocas graníticas a *difusiones de iones* en las rocas sólidas.

Recordemos que Ramberg, con respecto a las emanaciones, se expresaba diciendo que constituían no una fase líquida separada, sino los átomos movilizados de las soluciones sólidas, con gran energía cinética.

Según Perrin y Roubault, el mecanismo del metamorfismo, incluyendo la granitización, es en realidad muy complejo y no consiste simplemente en el aporte de nuevos elementos procedentes de las capas profundas, sino en lo que estos autores han venido en llamar «difusiones fraccionadas en doble sentido», o sea, que las rocas metamorfizadas o granitizadas se enriquecen en ciertos iones y sufren en contrapartida la pérdida de otros.

La realidad de estas difusiones en doble sentido han sido demostradas en casos concretos por petrógrafos de tan reconocida autoridad como Backlund, Read, Reynolds, Bugge, etc., y por otra parte, las observaciones sobre corrosiones de cristales inducen a admitir que la difusión de iones a través de las redes cristalinas ha jugado un efectivo papel.

Recientemente, Barth (1948), apoyándose en las ideas establecidas por Goldschmidt en 1928 y posteriormente desarrolladas por Brajniov (1945), expone las nociones sobre la importancia y papel decisivo del oxígeno en la litosfera.

Parten estas nuevas investigaciones del hecho comprobado de que en la mayor parte de las rocas el oxígeno se encuentra en un 92 por 100 del volumen, mientras que a los metales corresponde tan sólo el 8 por 100 restante. Luego el número de iones de oxígeno debe ser de la mayor importancia para las relaciones de volumen de las rocas.

Prosiguiendo en este tipo de investigaciones se ha llegado a la conclusión de que «el volumen de una roca está prácticamente determinado por el de su red de oxígeno; los

caciones se alojan en los intersticios de dicha red y se intercambian valencia a valencia, en el proceso metamórfico, sirviendo el oxígeno que forma la trama como de medio o solvente, pero sin difundirse el mismo».

Lapadu-Hargues (1945), por medio de su método estadístico, ha llegado a idéntica noción de estabilidad del oxígeno y de intercambio de los cationes, si bien este autor se muestra partidario del intercambio ion por ion y no valencia por valencia, como indica Barth. Perrin y Roubault se inclinan por la tesis de Barth y creen que las valencias de los átomos de oxígeno deberán quedar «a priori», saturadas en el transcurso de los cambios, expresándose Read también partidario de la estabilidad de los átomos de oxígeno.

Las nociones fundamentales sobre la fusión de primer orden del oxígeno las podemos resumir, siguiendo a Perrin y Roubault (1949) de la manera siguiente:

1) La red de átomos de oxígeno forma la trama de la litosfera, trama en el interior de la cual se intercambian los cationes en el proceso metamórfico.

2) El volumen ocupado por una roca viene prácticamente condicionado por el volumen ocupado por la red de sus átomos de oxígeno y se determina por la importancia de los espacios existentes en esta red, espacios que no están más que parcialmente ocupados por los cationes.

Del conjunto de conclusiones de Barth y Lapadu-Hargues se deduce que el metamorfismo (en su sentido más amplio incluyendo la granitización) de una roca detrítica va acompañado o no de cambios de volumen según que la red de oxígeno inicial de la roca se dilate o no, o, lo que es lo mismo, que la concentración de oxígeno disminuya o no en el curso de la transformación metamórfica.

Brajnikov (1945), por su parte, llega a la conclusión de que la concentración de oxígeno es más fuerte en las rocas detríticas que en las rocas migmáticas y profundas y muestra que hay una dilatación de la trama de los átomos de oxígeno, con aumento de volumen.

Todo esto parece indicar el hecho de que la granitización, por difusión de iones en la roca sólida, pueda ser la causa generadora de plegamientos o, cuando menos, un factor importante de los mismos, ya que los cambios importantes de volumen, según las investigaciones de Brajnikov, tienen lugar siempre en las zonas relativamente profundas.

Las disposiciones en cúpulas, domos y conjunto de fenómenos puestos de manifiesto por los trabajos de Cloos, parecen encontrar en estas modernísimas ideas una interpretación satisfactoria, sin necesidad de acudir a las hipótesis de diapirismo, reomorfismo, etc., y, por otra parte, están de acuerdo con la relación, admitida por la mayor parte de petrólogos, entre la formación de cadenas de montañas y la granitización de grandes espacios de la corteza.

Película intergranular de Wegmann.

Refiérese a los fenómenos que se producen en la superficie de los cristales que componen un agregado mineral en estado de claro desequilibrio químico.

El conjunto de estas superficies preséntase como un campo de valencias libres de los átomos de las estructuras externas y compórtanse consiguientemente como una fase líquida o «película intergranular».

Según esto, sea cual sea la naturaleza y posición geo-

lógica de una roca, debemos considerarla siempre como un sistema químico, cuyos productos se encuentran, de modo permanente, en un estado «metastable» con velocidad de recristalización o disociación muy variable, desde fracciones de segundo hasta eras geológicas enteras.

A medida que aumenta la amplitud del desequilibrio energético del sistema en relación con cualquier proceso geodinámico pasajero (fase paroxismales de diastrofismo, venidas de magmas, orogenias, etc.) crece simultáneamente la velocidad de disociación, desenvolviéndose a partir de la película intergranular un «magma intersticial».

Entran en juego procesos de difusión molecular o iónica, establécense nuevos sistemas y nuevos equilibrios químicos, prodúcense, por efecto de las presiones orogénicas, migraciones importantes del magma intersticial, que puede llegar a ser expelido por completo de los espacios donde se había formado (magmas secundarios autóctonos y alóctonos).

Por esos procesos de difusión y migración en la «película intergranular», se hace extremadamente difícil separar de modo absoluto los procesos de metamorfismo regional (metamorfosis normal) de los fenómenos generados por metasomatismo.

Como ejemplo que nos permita hacernos una clara idea de la «película intergranular», podemos presentar el fenómeno de la serpentización de las peridotitas. Las mallas crisotílicas que caracterizan la estructura de estas rocas constituyen una representación perfecta de la «película intergranular», cuya aparición marca el paso de importantes procesos de metasomatismo o recristalización.

Por lo que breve y resumidamente hemos expuesto sobre las reacciones del estado sólido y sobre la importancia

del papel de oxígeno en la litosfera, es fácil formarse una idea de la importancia de estas recientes contribuciones aplicadas al conocimiento de la petrogénesis profunda, evitando sin embargo el supervalorizar estas ideas aún muy teóricas y menospreciar la realidad de las observaciones geológicas.

Termodinámica y petrogénesis.

La aplicación de los principios de la termodinámica al estudio e investigación de los procesos petrogenéticos ha resultado también extraordinariamente fecunda y ha demostrado lo equivocado de concepciones e ideas que parecían firmemente establecidas; así las nociones que se tenían sobre reacciones al estado sólido y al estado líquido bajo presión ordinaria han sido desechadas por la moderna física atómica de las presiones altas. Glangeaud (1947) ha expuesto de manera precisa y sugestiva las nuevas concepciones petrogenéticas basadas en los principios termodinámicos y que tienen como norma los dos postulados siguientes:

1. La mayoría de los fenómenos que tienen lugar en la formación de las rocas profundas, tales como: velocidad de difusión, velocidad de reacción, viscosidad, conductividad térmica etc., dependen del denominado por la Física moderna «grado de desorden».

2. Toda perturbación en un estado de equilibrio de las rocas profundas necesita un aporte o desplazamiento de energía.

Es un hecho que hasta ahora, por parte de los petrógrafos, no se había dado al factor presión su verdadera y trascendental importancia, debido principalmente a que los

conocimientos físicos que sobre esta materia se tenían eran bastante incompletos en contraposición al factor temperatura, y así atribuían las transformaciones polimórficas exclusivamente a la temperatura.

Hoy se sabe, según los trabajos de Bridgman, que aún a la temperatura ordinaria los aumentos de presión superiores a 3.000 atmósferas provocan dichas transformaciones polimórficas.

En la corteza terrestre parece evidente que reinan estas condiciones de presión, si bien las variaciones tanto de esta como de la temperatura se realizan con gran lentitud, transcurriendo un tiempo muy largo en el cual el medio se encuentra en *estado oligofásico* o sea, en un estado de equilibrio potencial, dándose además la circunstancia, comprobada experimentalmente, de que la velocidad de difusión en este medio sufre un aumento considerable.

Por otra parte, el fenómeno de *anamigmatismo* descrito por Merigoux, es capaz también de producir *estados de desorden* y habrá que tenerle muy en cuenta para explicarse las transformaciones polimórficas.

Según Merigoux, por aumento de la presión hidrostática pueden llegar a aproximarse a los átomos tan apretadamente, que llega un punto en que las fuerzas atómicas que eran atractivas se vuelven repulsivas (teoría del aumento de potencial).

Así, a una distancia inferior a R^0 los átomos se repelen y a partir de una determinada distancia atómica, que se puede calcular, la presión interna se hace negativa.

Suponiendo un grupo de átomos A, bajo presión ordinaria, en la superficie externa de él existe un campo de discontinuidad; por aumento de la presión, más allá de un determinado valor, la presión interna del conjunto su-

fre una modificación, la barrera del potencial puede alterarse y el trabajo de dispersión cambia de signo, con el cual el medio, según Merigoux, tendería a explosionar.

Si existen dos conjuntos de átomos distintos A y B, existe entre ellos un campo interfacial, ocurriendo que por encima de la presión del campo, las partículas de A tenderían a dispersarse en el conjunto B.

Aplicando estas nociones a las rocas, que sabemos constituyen complejos heterogéneos, deduciremos que éstas han de ser muy sensibles a la acción de los fenómenos de alta presión y, en efecto, ofrecen numerosas discontinuidades, ya sea en el límite de los cristales, ya sea en el interior de ellos. Estas discontinuidades hacen aparecer numerosos campos interfaciales, donde podrían ejercerse los fenómenos de anamigmatismo.

Por otra parte, los silicatos que forman las rocas presentan relaciones interatómicas de fuerzas muy distintas. A partir de un cierto límite, las relaciones más débiles podrían ser afectadas, en primer lugar, por los citados fenómenos de anamigmatismo, que crearía en el límite de los cristales verdaderas «zonas de desorden», a lo largo de las cuales las emigraciones se efectúan a gran velocidad.

Estas nociones y datos físicos parecen, pues, confirmar y explicar la teoría de la «película intergranular» de Wegmann.

En esta teoría de «las zonas de desorden interfaciales» caben todas las expresiones que hemos visto se han creado para describir el mecanismo de la petrogénesis en profundidad, tales como las «columnas filtrantes» de Termier, el icor de Sederholm, las emanaciones de Holmes, el «porrenmagma» de Eskola, la trama y el aporte de Raguin, etcétera.

Estos resultados, brevemente expuestos, si bien muy teóricos aún, dejan entrever, sin embargo, numerosas posibilidades para llegar al perfecto conocimiento de la petrogenesis de las rocas eruptivas.

Así, Glangeaud, basándose en estos principios aportados por la termodinámica, expone nuevas ideas e interpretaciones petrogenéticas cuya verdadera importancia no podemos calibrar aún exactamente, pero que indudablemente abren y marcan amplias rutas a la investigación petrológica.

Según este autor, para el establecimiento de teorías petrogenéticas en el tiempo y en el espacio, es indispensable precisar las velocidades de difusión en los fenómenos de petrogenesis profunda.

Los factores que aceleran la difusión son los que aumentan el estado de desorden, y entre ellos, los que provocan la formación de estados oligofásicos o dinamórficos, anteriormente definidos.

Asimismo, los efectos de la tensión y la presencia de iones fluidificantes aumentan grandemente las velocidades de difusión.

Según lo expuesto, podemos, pues, determinar dos grupos de elementos extremos actuantes en la petrogenesis. Uno, en el cual la movilidad está muy acentuada por uno de los procesos que hemos descrito (anamigmatismo, transformaciones polimórficas, difusión ordinaria por diferencia de potencial termodinámico), que corresponde a los elementos de las emanaciones o icor de Sederholm, y otro grupo en el que se incluyen los elementos poco sensibles o elementos estables que corresponden a la «trama» de Raguin.

También la viscosidad juega un importante papel en

la evolución petrogenética y depende del estado de desorden de la materia, de tal modo que se puede pasar rápidamente de un migma rígido, en el que el desplazamiento de la materia se produce por difusión molecular, a un magma fluido, en el que el movimiento en masa constituye el fenómeno dominante.

Las partes menos viscosas tienen mayor movilidad con relación al medio que las rodea, y pasan de un estado de equilibrio potencial oligofásico a un estado «reomórfico», definiéndose el reomorfismo, de acuerdo con Backlund, como «la suma de procesos de licuación térmica, parcial o total, de una roca, con adición de cantidades mayores o menores de un nuevo material que penetra por difusión».

Por estos procesos reomórficos se explican hoy en día los fenómenos de inyección de los plutones diapíricos.

A la luz de estas ideas se ha definido el migma como «al medio profundo inmóvil, dinamórfico u oligofásico, que conserva en estado potencial una parte de sus posibilidades de reacción o transformación, y magma, al migma puesto en movimiento que asciende por la corteza».

La evolución del proceso plutónico y vulcánico, apoyándose en los factores físicos que hemos indicado, la expone Glangeaud de la siguiente manera:

El plutón granítico inicia su proceso de formación por un fenómeno geológico (plegamiento, radioactividad, etcétera) que aumenta la energía disponible de una parte de la corteza terrestre. Las zonas que reaccionarán de preferencia serán las que estén sometidas, además de a la acción de elementos fumarolianos, a temperaturas y presiones muy elevadas que provoquen estados oligofásicos. Estas zonas reciben el nombre de *zonas dinamosensibles*.

Cuando las tensiones aumenten en el proceso orogéni-

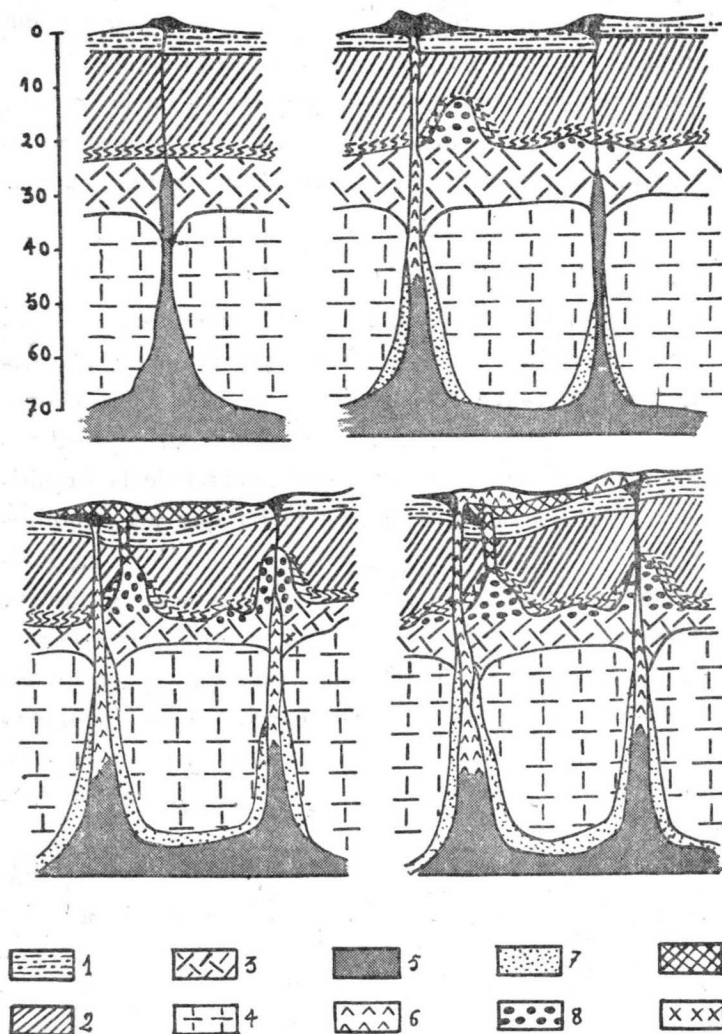
co, la zona dinamosensible se acerca a la superficie formando el *frente de granitización y migmatización*.

Si todos los factores termodinámicos se modifican en el mismo sentido, la zona perturbada se hará más fluida y más ligera que las zonas vecinas, lo cual facilitará la formación de una intrusión plutónico-diápírica. Cuando el diapiro granítico se acerca a la superficie, la disminución de presión compensa el aumento de viscosidad producida por el descenso de la temperatura, pero ya cerca de la superficie la influencia del enfriamiento predomina y la viscosidad aumenta rápidamente, quedando la subida del batolito primeramente frenada y más tarde detenida.

En cuanto a las erupciones basálticas procedentes del sima, Glageaud interpreta que existe un estado de equilibrio granito-basalto, debido a que la viscosidad del basalto subgranítico, aun siendo muy grande, es menor que la del granito que está encima.

Pero cuando un fenómeno orogénico actúa, el medio basáltico profundo, que es menos viscoso y está a mayor presión que la cobertera granítica, se inyecta con lentitud en las fisuras del techo, de modo semejante a como la sal diapírica atraviesa las capas sedimentarias que la recubre. A partir de este momento la inyección basáltica puede, por el simple juego de la presión y de la temperatura subir a lo largo de las fisuras y ensancharlas, aumentando la velocidad de subida cerca de la superficie. La viscosidad del medio descenderá a medida que se asciende, y esta disminución será mucho más fuerte cuando el basalto alcance la región superficial de los iones OH u otros elementos fumarolianos.

Según esta explicación física del fenómeno eruptivo, granítico y basáltico, puede comprenderse por qué el 94



- | | | | | |
|---|---|---|---|----|
| 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |

Fig. 1.—Esquema de un ciclo magmato-tectónico, según Glangeaud.
 1.—Sedimentos continentales. 2.—Corteza granítica superior. 3.—Zona dinamosensible. 4.—Corteza inferior en estado dinamorfo (migma). 5.—Sima (lavas basálticas en negro). 6.—Lavas híbridas. 7.—Zona de hibridación por difusión. 8.—Plutón granítico diapírico. 9.—Tobas riolíticas. 10.—Intrusión riolítica y porfídica.



por 100 de las rocas intrusivas son del grupo de los granitos, mientras que el magma basáltico, más profundo que el primero, forma el 98 por 100 de las rocas lávicas.

Esta predominancia granítica y basáltica en la corteza, es el resultado de distintas variaciones de la viscosidad en función de la profundidad, para las dos clases de magmas.

El proceso químico de la granitización.

Las investigaciones realizadas por varios destacados petrólogos sobre los cambios que conducen a la granitización, llevaron a que se sustentaran ideas y conclusiones muy dispares en cuanto a la explicación del proceso petroquímico y en cuanto al concepto general de la granitización. Así, Bramall (1933) sustentaba que los xenolitos en el granito sufren una progresiva granitización y, finalmente, se transforman en un facies esencialmente granítica.

Otros autores, por el contrario, y entre ellos Ghosh (1934), Grout (1937) y Reynolds (1944) afirman que los xenolitos esquistosos de las rocas graníticas van progresivamente basicándose hasta que muchos de ellos adquieren finalmente la composición y textura de una roca eruptiva básica.

Los resultados obtenidos del estudio de series de análisis químicos realizados sobre tipos de rocas resultantes de la reacción de magmas ácidos sobre rocas ígneas básicas prueban que hay una transición química gradual de uno al otro extremo.

Con respecto a los xenolitos incluidos en magmas ácidos, Bramall (1933) dice: «Cambios recíprocos de sustancia entre el magma y el xenolito, tienden a formar nuevas facies a lo largo de líneas directrices que convergen hacia algunos términos medios.»

En contraposición a este criterio, Nockolds (1933) afirma que los xenolitos no pueden adquirir una composición intermedia entre la de la roca madre y el magma.

Ante esta disparidad de criterios, Reynolds (1946) se decidió a aclarar la cuestión, reuniendo para ello todos los datos químicos relativos al problema de la reacción del magma granítico con varios tipos de rocas envolventes.

Como resultado de estas pacientes investigaciones llegó

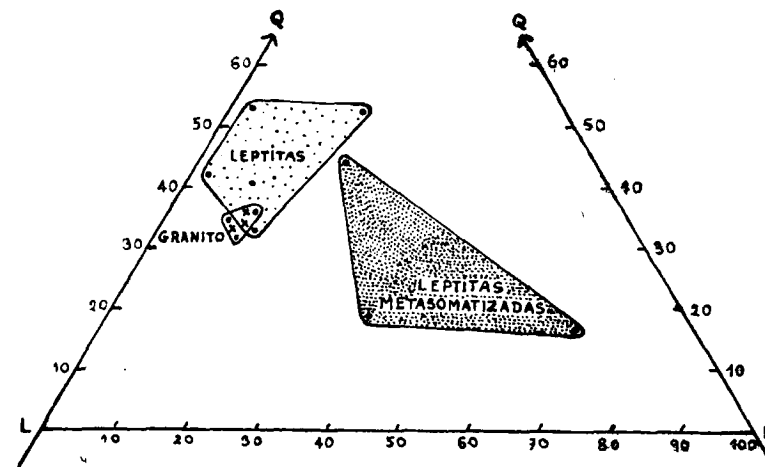


Fig. 2.—Diagrama representando la desilicificación (basificación) de las leptitas, en el contacto con el granito de Orijarvi, según Reynolds D. L.

a la conclusión de que los cambios que experimentan las rocas pelíticas y semipelíticas, bajo la influencia metasomática del magma granítico, tienen lugar en dos etapas distintas. Durante la primera, dichas rocas se desilicifican molecularmente, con relación a la proporción molecular de las bases existentes. Esto no significa que el porcentaje de sílice de la roca disminuye siempre, aunque por lo general así suceda, ya que en algunos casos aumenta algo esta proporción.

Por medio del diagrama de Wolf, utilizado por Rey-

nolds para estas investigaciones, se pone gráficamente de manifiesto cómo la sílice calculable como cuarzo decrece siempre durante la primera etapa del proceso de transformación, y en muchos casos el porcentaje de sílice de las bases disminuye hasta el extremo de que la roca llega a convertirse en no saturada.

A este decrecimiento de sílice con respecto a las bases se le denomina *desilicificación*.

Ahora bien, esta desilicificación puede producirse de tres modos distintos:

- 1) Por crecimiento de la suma de álcalis, en cuyo caso la roca sufre una feldespatización o sienitización.
- 2) Por crecimiento de uno o de todos los constituyentes cálficos; la roca, entonces, se basifica y se aproxima a la composición de una roca básica o ultrabásica.
- 3) Por combinación de los dos procesos anteriores.

Los productos de esta desilicificación tienen como principal característica la mayor proporción de álcalis o cálficos que el sedimento original o que el granito adyacente.

A este aumento de constituyentes sobre la cantidad contenida en la roca madre o en el granito se denomina *culminación geoquímica*, mientras que a la disminución de un constituyente en las mismas condiciones se denomina *depresión geoquímica*.

Durante la segunda etapa de transformación, la composición de la roca se modifica tanto más cuanto más próxima esté del granito; sílice y álcalis aumentan, mientras la alúmina y cálficos disminuyen, y los componentes menores como TiO_2 , P_2O_5 y MnO también disminuyen.

A esta segunda fase del proceso de transformación, por la cual la roca basificada o sienitizada pasa progresiva-

mente a la composición de una roca granítica, es a la que debe darse exclusivamente el nombre de granitización, ya que a la primera fase de desilicificación no se puede en modo alguno considerarse como formativa de roca granítica, puesto que en dicha fase el proceso tiende a formar rocas básicas o ultrabásicas de aspecto eruptivo, o bien tipos sieníticos.

Si este proceso de modificación metasomática por acción de un magma granítico, afecta a calizas, se reconoce

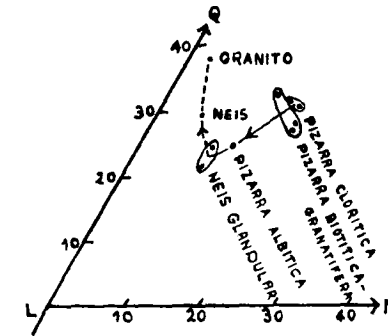


Fig. 3.—Diagrama mostrando la desilicificación (feldespatización) de los esquistos cloríticos de la zona de Stavanger, según Reynolds D. L.

también las dos etapas de transformación, aunque en este caso son continuas más bien que opuestas.

Durante la primera etapa, por culminación geoquímica de constituyentes máficos, álcalis, alúmina y los constituyentes menores TiO_2 , P_2O_5 , MnO , juntamente con pérdidas de cal, y CO_2 , la caliza queda transformada en una roca de composición eruptiva básica o ultrabásica; en la segunda etapa del proceso la roca resulta granitizada.

Lo mismo podemos decir en el caso de transformación

metasomática de rocas eruptivas básicas, en las que también se reconocen las dos fases del proceso.

Basándose en esta secuencia en el tiempo, Reynolds sugiere una secuencia en el espacio, en virtud de la cual podría presumirse la existencia de una zona de desilicificación en vanguardia de la zona de granitización.

Para la representación de estos cambios químicos de composición entre las rocas envolventes y el granito o entre los enclaves y el granito, utiliza Reynolds los diagramas de Wolf, especialmente recomendables para estos estudios, ya que mediante este tipo de diagrama se separan bien los tipos cuárcicos, feldespáticos y melanocráticos unos de otros, y por otro lado, quedan bien separadas las rocas sobresaturadas de las no saturadas.

Reynolds ha podido apreciar que las rocas eruptivas básicas en contacto con el granito, experimentan una desilicificación, puesta de manifiesto por el desarrollo de la biótita y hornblenda a expensas de los piroxenos, seguida de una granitización.

Estas apreciaciones concretas sobre el desarrollo del proceso químico de la granitización han resultado de gran utilidad en la investigación del origen de los xenolitos.

Es sabido que los plutones graníticos se caracterizan por la existencia de xenolitos o enclaves, de composición más básica que la del granito incluyente. Anteriormente estas inclusiones se habían interpretado como segregaciones de constituyentes básicos producidas por las primeras cristalizaciones del magma granítico. Hoy podemos decir que esta interpretación está generalmente abandonada, interpretándose por la mayoría estas inclusiones básicas en las rocas graníticas, como residuos hibridizados de una primi-

tiva roca básica que ocupaba el sitio del techo del actual granito.

En muchos complejos eruptivos el granito se presenta envuelto por rocas plutónicas de composición más básica; en estos casos, parece claro que algunas de las inclusiones proceden de estas masas envolventes.

En el caso de que no aparezcan estas envolturas básicas puede muy bien admitirse que los xenolitos proceden de rocas básicas desaparecidas.

Sin embargo, y basándonos en las apreciaciones de Grout (1937), se puede decir que probablemente más de la mitad de las inclusiones en granitos y granodioritas, derivan de sedimentos de tal modo metamorfozados, que difícilmente pueden identificarse su origen.

Según Reynolds, las inclusiones en rocas graníticas caracterizadas por una culminación geoquímica pueden originarse de alguno de los modos siguientes:

- 1) De rocas pelíticas o semipelíticas por desilicificación o feldespatización.
- 2) De rocas ígneas más ácidas que la inclusión por desilicificación o basificación.
- 3) De calizas por aporte de sílice, alúmina, máficos y álcalis, con movilización de calcio y dióxido de carbono.
- 4) De sedimentos pelíticos y semipelíticos por desilicificación o basificación de una etapa de granitización.
- 5) De rocas iguales por desilicificación o basificación seguida de una etapa de granitización.

Hasta la fecha no se ha encontrado la manera de distinguir químicamente las inclusiones ígneas derivadas del metamorfismo de los sedimentos, de las derivadas de rocas eruptivas.

Por todo lo hasta ahora expuesto, deducido del estudio

La disposición zonal de algunos enclaves ha sugerido la existencia de una difusión en la cual el material desplazado del borde, durante la granitización, se fija en la zona inmediata, existiendo además pruebas de que el fenómeno consiste en una difusión y fijación de los constituyentes movilizados, determinada por el comportamiento de los álcalis.

El hecho de que los batolitos graníticos estén generalmente cubiertos y protegidos por rocas de apariencia eruptivas básicas o ultrabásicas, lo interpretó Reynolds, hace

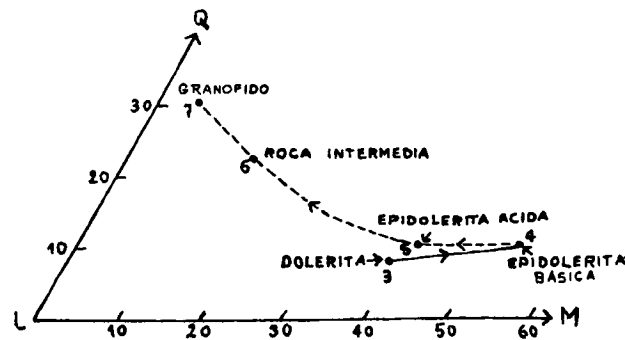


Fig. 5.— Diagrama mostrando el proceso de basificación, seguido de granitización de la dolerita del dique de Breven (Suecia) según Reynolds D. L.

ya años, como prueba de que dichas rocas básicas (sienitas, monzonitas, shonquinatas y noritas biotíticas) se habían desarrollado por la penetración de magmas ultrabásicos, en las rocas sedimentarias encajantes.

Esta idea de un magma ultrabásico ha sido rectificada por el propio Reynolds y sustituida, apoyándose en sus investigaciones sobre los cambios geoquímicos, por la de una zona de enriquecimiento de álcalis, uno o varios de los constituyentes cálfmicos y uno o varios de los elementos

menores como TiO_2 , P_2O_5 y MnO , los cuales proceden de una zona de granitización.

Diferenciaciones siálicas del magma basáltico.

Desde 1908 Vogt, en varias publicaciones, ha sostenido que el magma granítico tiene la naturaleza de un residuo eutéctico o de todos modos de un magma residual procedente de la cristalización de un magma básico. En 1931 afirmaba que «el magma granítico constituye el producto final de una larga serie de diferenciaciones», pero sin opinar acerca del mecanismo por el cual llegó a separarse el magma residual.

Es indudable que la idea de un magma primario, atrayente de por sí en su simplicidad, se impone ante numerosos hechos de observación; ahora bien, hay un hecho, al que ya nos referimos al iniciar este trabajo, que ha llamado siempre la atención de los petrógrafos, y que es el predominio entre las rocas efusivas de las basálticas, así como el granito constituye la dominante entre las intrusivas.

Las grandes masas lávicas que se han derramado sobre la superficie de la Tierra son de composición basáltica, mientras que las de otro tipo son relativamente pequeñas.

Todos los grandes movimientos orogénicos que fueron acompañados de ascensiones de magmas, en los casos en que llegaron a la superficie y se consolidaron en ella rápidamente, dieron lugar principalmente a rocas basálticas.

Por otra parte, sabemos que los fondos oceánicos están compuestos principalmente de rocas basálticas, y si se tiene en cuenta que la mayor parte de las islas del Pacífico son de naturaleza basáltica, llegamos a la conclusión de que en el subsuelo deben existir cantidades fabulosas de magma

basáltico, que tendría su origen en la zona basáltica continua e infrayacente, admitida por todos.

Los núcleos o macizos siálicos de los continentes, según la idea de Vogt, serían productos de la diferenciación de esta capa basáltica.

Sin discutir ahora la naturaleza primaria absoluta del magma basáltico, veamos las posibilidades de su diferenciación en rocas ácidas:

La diferenciación por cristalización.

De todas las doctrinas de diferenciación magmática, la que más se ha impuesto es la de cristalización fraccionada, por ser la que dispone de mejor base científica, ya que en su comprobación entran no sólo los numerosos elementos de observación petrográfica, sino también los resultados de experiencias de laboratorio, conducentes a la determinación de las condiciones de equilibrio de los sistemas binarios o ternarios.

Pues bien, la teoría de la cristalización fraccionada aplicada a los magmas basálticos, indica con muchas probabilidades de certeza que muchas rocas ácidas e intermedias corresponden a diferenciaciones de un magma basáltico primario.

El mecanismo de esta diferenciación fraccionada se enfoca de preferencia atendiendo a los movimientos relativos de los cristales y del líquido residual bajo la acción de la gravedad y de fuerzas de otra naturaleza. El proceso de separación gravitativa debe predominar en las primeras fases de la cristalización magmática, con la consiguiente formación del líquido residual.

Son numerosos y variados los ejemplos que pueden presentarse en apoyo de la existencia en la naturaleza de dichos procesos de diferenciación gravitativa. Es clásico el ejemplo del «sill» de Lugar (Escocia), con un espesor máximo de 42 metros, en el que se aprecia claramente la sucesión, de abajo a arriba, de peridotitas, picritas y theeralitas. (Fig. 7.)

En los Urales, Duparc demostró que los macizos de dunitas están recubiertos de una gruesa banda de piroxenitas, las cuales a su vez lo están por otra de gabros.

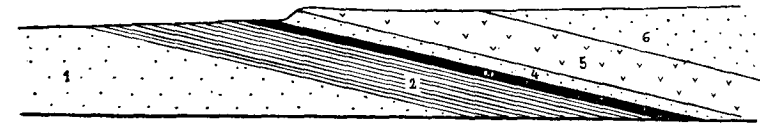


Fig. 6. — Corte del lopolito de Bushveld, Transvaal, según Harker.
1. — Norita de grano medio. 2. — Piroxenita feldespática. 3. — Norita piroxenítica. 4. — Norita. 5. — Anortosita.

En el sill de Pigeont (Minnesota) se observa también una gradual transición, desde los gabros, pasando por rocas intermedias, a granitos pegmatíticos.

Análogas sucesiones se observan en el lopolito de Sudbury (Ontario), en el de Duluth (Minnesota), en el lacolito de Shonquing (Montana) y en el de Square Butte, en los que se pasa de las shonquinitas básicas a las sienitas, así como en otros muchos lugares.

En las fases más avanzadas de la consolidación magmática intervienen fuerzas independientes ya de la gravedad, y se produce el exprimido del líquido intersticial por el entrecchoque de los cristales, cada vez más abundantes, con la consiguiente separación del líquido residual aun fluido.

Según esto, las diferenciaciones ácidas del magma ba-

sáltico serían producidas por una concentración de sílice en el líquido residual, posteriormente a la separación de los materiales más densos característicos de las rocas básicas.

Las posibilidades de formaciones esencialmente siálicas a partir del magma basáltico, aceptando el carácter universal de éste, son, pues, lógicamente defendibles.

Pero además vienen apoyadas estas diferenciaciones ácidas del magma basáltico por numerosos hechos de observación.

Así, un ejemplo de los más interesantes y demostrativos lo proporciona el gabro norítico de Stavsjo, descrito con todo detalle por Asklund (1923) y que muestra de una manera evidente el curso de la cristalización fraccionada a través de su disposición y composición mineralógica, presentándose en la última fase de la cristalización el cuarzo.

En el diagrama que Bowen utiliza para el estudio de este gabro norítico se pone de manifiesto que la cristalización atravesó sucesivamente una fase gabroide (formación de labrador y piroxeno), una fase diorítica (formación de andesita y biotita) y una fase granítica (formación de oligoclasa, microlina y cuarzo), siendo los minerales de la primera fase los más importantes cuantitativamente.

Otro hecho muy conocido y considerado generalmente como una prueba en favor de las ideas de Vogt, lo constituye la presencia en rocas de naturaleza básica como doleritas y basaltos, de intersticios micropegmatíticos o granofídicos, o sea mirmequitas intersticiales, compuestas de cuarzo y feldespatos alcalinos, que verosíblemente deben representar los últimos residuos magmáticos de la cristalización.

En Palisades (Nueva Jersey) se pasa de una diabasa olivínica, por intermedio de una diabasa normal, a una

diabasa rica en micropegmatita. En el sill de Gettysburg (Pensilvania) se aprecia otro tanto. En las intrusiones básicas de las colonias portuguesas africanas, es corriente también el paso de doleritas a doleritas granofídicas y a micropegmatitas, y lo mismo se aprecia en Namaqualand y en el monte Tabanqulu, al E. de Griqualand (Africa del Sur).

En otros casos encuéntrase rocas micropegmáticas (granofídicos), constituyendo pequeñas intrusiones independientes, aunque en íntima asociación con rocas de composición basáltica, como en el caso del lacolito de Skye (Glasgow), figura 11, descrito por Harker.

Krokstrom (1932) describe el ejemplo clásico del dique dolerítico de Breven (Suecia), formado esencialmente por una dolerita olivínica, una dolerita sin olivino y un granofido, el cual interpreta como debido a emisiones sucesivas de un mismo magma diferenciado (fig. 8).

En el caso del lopolito de Sudbury (Ontario) se aprecia igualmente una clara diferenciación que abarca desde las noritas a gabros con horblenda en la base, hasta un granito pegmatítico en el techo (fig. 9).

De manera semejante en la gran intrusión de Busheld, en el Transvaal, formada principalmente por norita, se observa de arriba a abajo una sucesión de riolita efusiva, microgranito, granito rojizo de grano grueso y norita (figura 6).

Las grandes intrusiones de anortosita del Canadá, consideradas como productos de diferenciación de gabros, muestran también un ejemplo de diferenciación magmática completa y tranquila.

Bowen explica estas asociaciones de rocas gabroides y granofídicas, por intermedio de la cristalización fraccio-

nada, debido a una separación gravitativa de los materiales gabroide y granofídico, seguida de la inyección por estrujamiento (squeezing out) de uno o de ambos líquidos magmáticos separándolos y originando emisiones distintas.

También se cita como prueba en favor de la diferen-

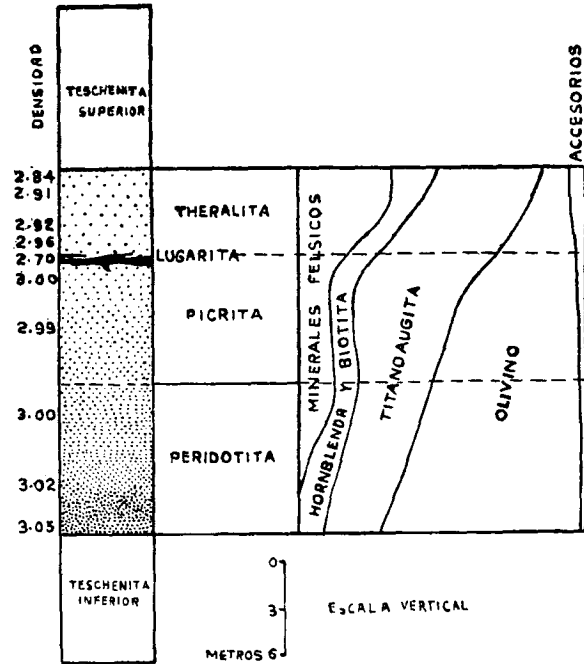


Fig. 7.—Sección vertical del «sill» de Lugar (Escocia) mostrando su tipo de diferenciación gravitativa, según Tyrrell G. W.

ciación fraccionada, el ejemplo de las islas oceánicas de Ascensión, Santa Elena, Mauricio, Hawai y Samoa, en las cuales, aunque la riolita es rara, es muy corriente la traquita; siempre ha parecido imposible explicar esta asociación a no ser por la separación de un líquido residual al cristalizar el basalto olivínico. Si esta idea vemos que se

acepta en el caso de la asociación basalto-traquita, también puede serlo en el caso diabasa-granofido.

Shand (1943) explica esta asociación de basalto y traquita, sugiriendo que la separación de gases, por ebullición, podía haber sido la causa de la separación de la traquita del basalto y lo mismo puede aplicarse al caso del gabro y granofido.

El proceso consistiría simplemente en una expulsión mecánica del líquido residual por las burbujas formadas en los intersticios de la trama cristalina, al alcanzar la presión de los gases su valor máximo.

Si de hecho, pues, el magma basáltico puede evolucionar por diferenciación y producir rocas graníticas, los grandes batolitos deberán tener raíces basálticas, como parece demostrar la relación existente entre las rocas graníticas y los yacimientos metalíferos, magmáticos en su mayoría.

Por otra parte, el paso de las rocas basálticas a roca granítica, en los batolitos, si bien no puede observarse es hasta cierto punto admisible, si se atiende a los filones básicos que irradian de estas intrusiones graníticas.

De todos modos y a pesar de lo dicho, no puede aceptarse de una manera categórica la idea de una relación directa entre el volcanismo y las masas plutónicas, pues se dan gran cantidad de casos de plutonismo sin volcanismo y viceversa. El volcanismo fisural, sin ir más lejos, representa una ascensión directa y rápida del magma subyacente hasta la corteza más externa.

La existencia, pues, de granitos debidos a una diferenciación a partir de intrusiones básicas, demuestra que pueden existir granitos propiamente intrusivos o magmáticos.

La hipótesis de un magma gabroide universal profundo, el sima, se presta a una generalización de la idea de

la formación del granito por diferenciación y asimilación a partir de dicho magma.

Sin embargo, son muchas las pruebas que hemos visto en favor de la formación del granito por simple sustitución, granitización o migmatización y en ausencia de magmas básicos.

Estamos, pues, ante dos teorías que sobre un vasto campo se contrastan en la base, la diferenciación y la gra-

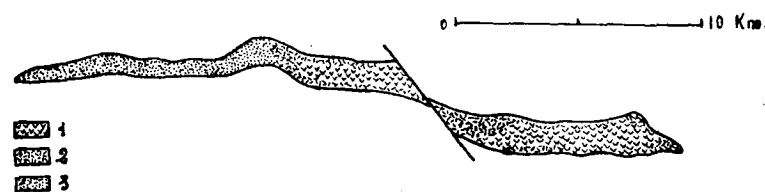


Fig. 8. —Plano del dique de Brefven (Suecia), según Daly R. A.
1. —Pórfido granítico. 2. —Roca intermedia. 3. —Diabasa olivínica.

nitización, y ambas parecen lo suficientemente apoyadas en hechos de observación como para poder pensar que una de ellas no sea real.

Diferenciación y granitización.

De la revisión de las pruebas referentes al origen del granito destacan dos hechos fundamentales. Uno el de que la granitización o conversión de las rocas sedimentarias en rocas graníticas ha tenido lugar en una escala enorme en muchas partes del Globo. El otro es que el líquido residual de la cristalización del magma basáltico puede aproximarse en su composición al granito. Además parece que este residuo granítico puede en ocasiones separarse de la roca básica y formar masas semi-independientes de granófidis y granito rojizo.

Podemos, pues, afirmar con Reinhard que actualmente se conocen masas granitoideas de *origen juvenil*, a consecuencia de diferenciaciones magmáticas; de *origen palínogénico*, a consecuencia de la fusión de rocas preexistentes, y de *origen metasomático*, a consecuencia de sustituciones operadas por soluciones.

Es muy probable que haya, como lo admiten diferentes autores, masas graníticas de origen mixto, resultantes de la superposición de los procesos genéticos indicados.

Ahora bien, al admitir las refusiones, no se resuelve el problema de la génesis de las rocas graníticas, como objetó acertadamente Niggli, pues no hacemos más que desplazar este problema para llegar a preguntarnos cómo se han formado los primeros granitos.

Para resolver esta cuestión se echa mano de la hipótesis expuesta sobre la diferenciación de grandes masas magmáticas de composición gabroide o basáltica que representarían los magmas madres primarios.

Así Esköla, partiendo del postulado lógico de que «el granito no pudo formarse por refusión de un material más antiguo antes de que existiera algo que pudiera refundirse», sostiene que el sistema primario u original de la formación del granito tiene que haber sido la diferenciación del sima o substrato basáltico de la corteza terrestre.

Pero al mismo tiempo es partidario de la granitización y admite que ambos procesos hayan tenido efectividad en la formación de la corteza granítica.

Stille (1946) expone también su criterio referente a este problema y dice que «el concepto de que el magma que vierten los volcanes o que se convierte en granito en zonas profundas de la Tierra existe desde los tiempos más anti-

guos, sólo puede ser aceptado con determinadas limitaciones».

Considera que hay que distinguir las rocas eruptivas que han surgido de los magmas *primarios*, de aquellas otras *palingénicas* que se han formado por refusión de otras más antiguas que han estado ya solidificadas, y supone que primitivamente los magmas siálicos han existido generalmente bajo la corteza terrestre como cobertura de los simaicos, si bien originados como productos de la diferenciación de un magma primario de tipo más bien basáltico.

De acuerdo con estas ideas divide a los magmas siálicos en dos tipos según su origen: magmas primarios «Hipogénicos», o sea los resultantes de la diferenciación ácida de un magma primitivo, y magmas «Litogénicos», resultantes de la refusión de rocas antiguas consolidadas y entre las cuales han desempeñado un gran papel las sedimentarias.

Los magmas simaicos serían en su parte esencial de origen hipogénico, no solamente en los tiempos arcaicos, sino en todo tiempo.

Plutonismo y vulcanismo.

Rittman ha afrontado decididamente el problema de la naturaleza del magma original, así como las relaciones existentes entre el magmatismo y migmatismo y la génesis en general de las rocas, enlazando de una manera sencilla, lógica y atrayente los procesos magmáticos, migmáticos y metamórficos y ordenando en un esquema general de la petrogénesis de las rocas los distintos procesos y las rocas a que dan lugar (fig. 14).

Vamos a exponer sus ideas, magníficamente interpreta

das por Penta (1940), empezando por plantear el problema del plutonismo y vulcanismo y sus relaciones.

El magmatismo, en general, se ha venido dividiendo de ordinario por sus manifestaciones en la corteza en: *Plutonismo* que se desarrolla en las zonas profundas y suministra las rocas de tipo profundo o plutonitas, y *Vulcanismo* creador de las rocas efusivas o vulcanitas; el pluto-

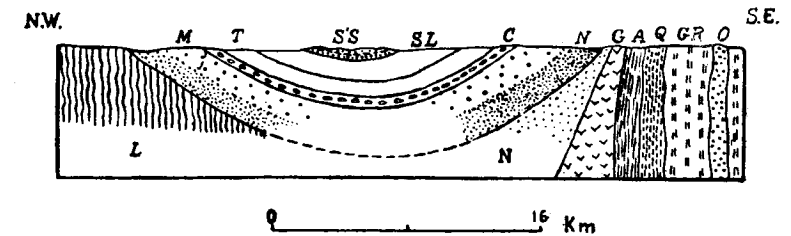


Fig. 9. — Corte del lopolito de Sudbury, mostrando su diferenciación gravitativa. Q = cuarcita. GR = grauvaca. E = esquistos. N₁ = norita antigua. G = granito. C = conglomerado. N = norita. M = micropegmatita. L = Gneis y granito Laurentino. Según Daly R. A.

nismo se muestra asociado siempre a las grandes fases orogénicas de los tiempos geológicos, mientras que el vulcanismo se presenta predominantemente en los tiempos anorogénicos.

Sin embargo, el plutonismo y vulcanismo no son, como generalmente se ha expuesto, dos manifestaciones, una interna y otra externa, de un mismo fenómeno magmático. Así, mientras que el vulcanismo de los volcanes y subvolcanes es debido a la salida de una masa líquida o lava, directa o indirectamente, procedente del magma basáltico alcalino integrante del foco magmático situado debajo de la costra siálica, el plutonismo no es debido al movimiento o traslación de magmas, sino a una masa que se forma en la parte superior de la corteza siálica.

Su diferencia petrológica más acusada la constituye el

hecho de que mientras la roca predominante de los plutones es el granito, la de los volcanes es el basalto.

Según esto podemos distinguir:

a) Plutones propiamente dichos o verdaderos plutones, de origen no magmático o más en general, no directamente magmáticos.

b) Vulcano-plutones o plutones volcánicos, que son más pequeños que los precedentes y que son debidos a un verdadero magma.

Según Rittman se debe sostener que:

a) Los verdaderos plutones han nacido en la costra siálica y no han debido llegar allí como masas fundidas procedentes de la zona magmática infrayacente.

b) Estos plutones no son otra cosa que los productos de acciones combinadas del calor y de las sustancias volátiles sobre las rocas preexistentes que constituyen la costra siálica.

c) La materia prima de donde deriva la masa plutónica verdadera está representada, de una parte, por rocas siálicas (sedimentarias, metamórficas y hasta plutónicas del ciclo precedente) y de otra, por sustancias volátiles activas, procedentes, a su vez, de la zona magmática profunda y debidas solamente a fenómenos de resurgencia, de renovación de la actividad, de movimiento de elementos o de compuestos fácilmente volátiles.

d) El calor puede proceder del magma, pero es suficiente el propio de un nivel más profundo de la corteza en aquellos casos en que a dicho nivel viene a situarse una capa ya en equilibrio a niveles superiores.

Las sustancias volátiles pueden, por lo tanto, proceder directamente del magma, si bien tanta importancia como éstas tienen las sustancias volátiles que sucesivamente se

ponen en libertad en una zona del sial cuando ésta se encuentra sometida a temperaturas más altas, o también, por consiguiente, al influjo de los volátiles magmáticos capaces de arrastrar otros.

Se apunta, pues, claramente, según Rittman, la posibilidad de un plutonismo independiente de la acción de los volátiles magmáticos.

Los dos órdenes de fenómenos que conducen a la formación de un plutón pueden, pues, resumirse en:

1) Fenómenos centrífugos, acción del calor y de los compuestos volátiles del magma.

2) Fenómenos centrípetos, efectos de descenso de rocas siálicas a las zonas más cálidas.

La superposición de estos dos fenómenos, como ocurre en la mayoría de los casos, en distinta medida durante el ciclo plutogénico complica el problema de la petrogénesis de estas rocas.

Las razones por las cuales los plutones no pueden ser magmáticos han sido minuciosamente investigadas y expuestas por Rittman y Cloos, entre otros, los cuales llegan a esta conclusión después de un profundo estudio petrográfico, geológico y geofísico.

Rittman afirma que los grandes plutones de las orogéneas no pueden ser más que migmáticos o palingénicos.

Además de las características estructurales, ya suficientemente conocidas, se apoya en la consideración, que de otro modo no sería explicable su presencia en aquella área.

Si partimos del supuesto de que parte por lo menos del plutón es de origen magmático y que sus rocas son debidas a la diferenciación de un magma, quedan sin respuesta las dos preguntas siguientes:

1) ¿Dónde han ido a parar las masas más básicas que deberían ser, por lo menos, diez o veinte veces mayores que el plutón ácido de ellas derivado?

2) ¿A dónde han ido a parar las masas de rocas pre-existentes que ocupaban el espacio invadido hoy por el intrusivo?

Plutones diapíricos migmáticos.

Siguiendo las ideas anteriores, se explican las intrusiones graníticas considerando que, una vez que con el aumento del aporte de volátiles y de calor una masa migmática, especialmente en la parte más profunda, alcanza el estado palingénico, si se dan condiciones tectónicas adecuadas, esta masa, por disminución de presión, por ejemplo, puede ser capaz de introducirse, y también, aunque excepcionalmente, producir extrusiones.

A estas masas graníticas así originadas e introducidas es a lo que, según denominación de Wegmann y de Backlund, se llama diapirita, y los plutones correspondientes son, en este caso, *plutones diapiros* generados a partir de un migma.

Desde el punto de vista petrográfico, y en cuanto a su quimismo, los verdaderos plutones dan rocas de la serie pacífica y van acompañados de una serie de diques y filo-

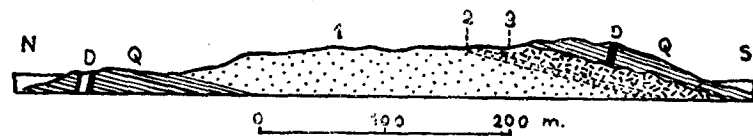


Fig. 10. — Corte del sill de Pigeont Point, mostrando su diferenciación gravitativa, según Daly R. A. Q = cuarcita. D = diques de diabasa. 1.—Gabro. 2.—Roca intermedia. 3.—Granito rojizo.

nes, metalíferos o no, en general concentrados a lo largo de las fracturas originadas por los últimos movimientos propios de la fase de levantamiento.

Volcanes, sub-volcanes y vulcano-plutones.

En contraposición a los plutones que hemos visto deben considerarse como de origen migmático y que solamente rara vez llegan a dar manifestaciones en superficie, hemos

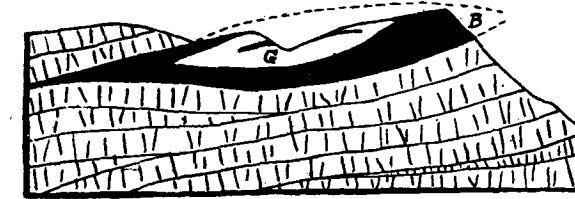


Fig. 11. — Corte del lacolito de Skye, según Harker. B = basalto. G = granófono.

de considerar las masas silicatadas fundidas y activas, contenidas en la corteza, que alimentan los volcanes; estas masas están constituidas por magmas que, atravesando fracturas, encuentran manera de salir al exterior, partiendo de la zona magmática situada debajo de la capa sílica.

Estas masas, que en general son más pequeñas que los plutones, constituyen lo que se denomina sub-volcanes; cuando las dimensiones de éstos alcanzan las de los plutones, se dice que se forman grandes sub-volcanes o también vulcano-plutones, pero constituidos por masa magmática y no migmática.

Una diferencia esencial, además de las dimensiones, entre sub-volcanes y vulcano-plutones la constituye la es-

estructura granuda, completamente holocristalina y de grano equivalente al de los granitos, que presentan las rocas que forman los vulcano-plutones.

Otra diferencia se encuentra en la circunstancia de que normalmente los sub-volcanes se encuentran en la proxi-

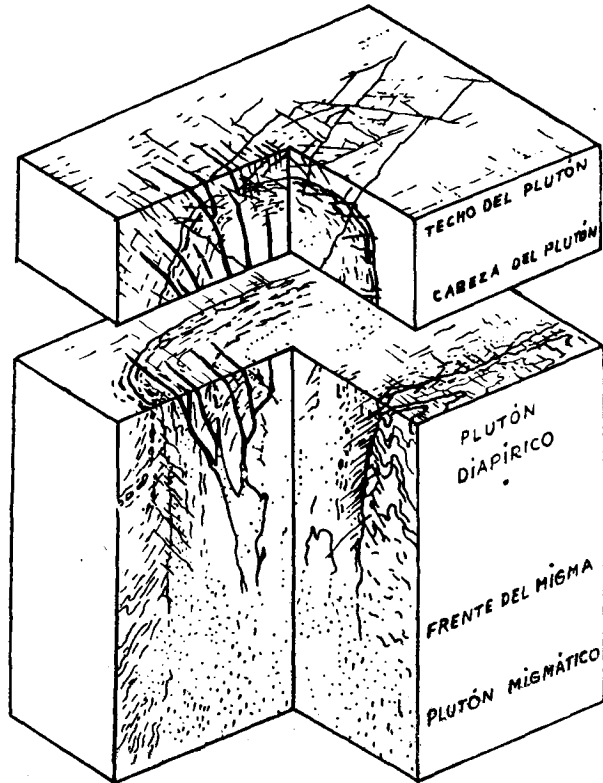


Fig. 12.—Esquema de la formación de un plutón diapírico a partir de la masa migmatítica, según Cloos.

midad de la superficie, por ejemplo, los lacolitos, mientras que los vulcano-plutones yacen a gran profundidad.

Estas unidades geológico-petroológicas están constituidas en parte por rocas de la serie alcalina, debidas a residuos magmáticos fluidos, a diferenciaciones del magma

basáltico alcalino, procedente de la profundidad y mantenido puro.

En ocasiones, este magma diferenciado puede contaminarse por efecto de la asimilación o hibridismo, presentando las rocas resultantes tendencia pacífica o mediterránea.

Convergencia petrogenética.

Al aceptar los procesos magmáticos, migmatíticos, palinogénicos o ultrametamórficos, y los conceptos de magmas híbridos y magmas sintéticos, nos encontramos ante un

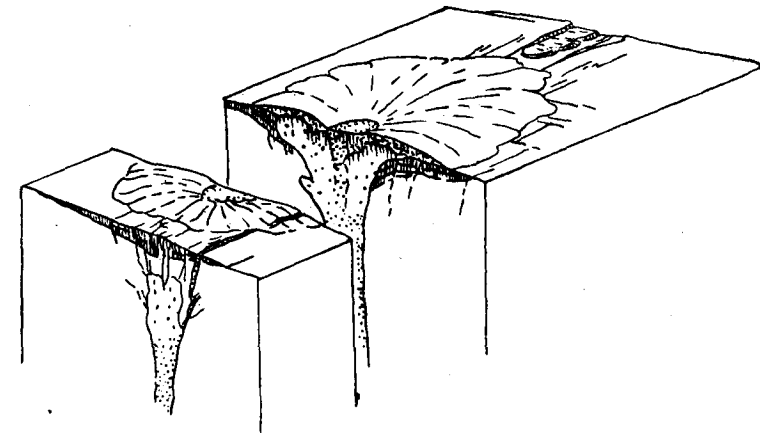


Fig. 13.—Esquema de la formación de un «vulcano-plutón» tipo Erongo (África Sud-Occidental, según Cloos).

nuevo problema y un nuevo concepto petrográfico, el de la *convergencia petrogenética*, o sea el hecho de que una misma roca pueda formarse por diversos procesos.

Un ejemplo típico de convergencia petrogenética nos ofrece Rittman al exponer los cinco diversos procesos que pueden conducir a la formación de granito.

a) Granito por efecto de ultrametamorfismo (granitiza-

ción, migmatización) de rocas preexistentes, incluso sedimentarias, «in situ», sin que hayan llegado a fundirse.

b) Granitos por efecto de palingénesis selectiva o de migración de la parte parcialmente fundida, su intrusión y consolidación. Este es el caso de los granitos gráficos que, por lo general, constituyen masas diapíricas.

c) Granitos de migma ascendente (diapíros), después solidificados.

La diferencia entre éste y el precedente está principalmente en el hecho de que en el primero la refusión ha sido selectiva, y que, a veces, todo el material que constituía la formación ha sido palingenizado.

Trátase, pues, como en el del caso precedente, de granitos de plutones diapíricos, pero selectivos.

d) Granitos debidos a la diferenciación de un magma híbrido y a la intrusión y consolidación del resto fundido.

e) Granitos debidos a la diferenciación de un magma sintético y después a la intrusión y consolidación del resto fundido.

A la vista de estos cinco casos se observa que a), b) y c) corresponden a productos migmáticos; e) se refiere a productos magmáticos, y d) corresponde a un caso de transición, común a los dos grupos precedentes.

Estos ejemplos presentados para el granito son aplicables igualmente a muchas dioritas, granodioritas y cuarzo-dioritas, con excepción del caso b), que no es aplicable más que para granitos, y sobre todo, para los granitos gráficos exponentes de las mezclas autécticas.

Estos fenómenos de convergencia entre procesos de ultrametamorfismo y de diferenciación magmática que se verifican en las rocas de quimismo granítico, o más o menos ácido en general, también se producen entre las rocas de

quimismo ultrabásico, como puso de manifiesto Vogt al estudiar las rocas anfíbolíticas de Solgtelma.

Estas modernas investigaciones sobre fenómenos de convergencia petrogenética entre rocas metamórficas y magmáticas, constituyen un campo de investigaciones petrológicas, al que es necesario prestar la máxima atención, ya que de él cabe esperar, en un futuro próximo, los más sorprendentes resultados. Refiriéndose a estas cuestiones petrogenéticas, Eskola (1939) declara que «pueden esperarse rectificaciones revolucionarias en los conceptos clásicos sobre la génesis de las rocas ígneas en general».

Magma, migma y series petrográficas.

Según todo lo expuesto, podemos, pues, dividir a las masas flúidas en dos grandes grupos: magma y migma. A estos dos tipos principales debe añadirse un término medio, el de las combinaciones entre masas fundidas y rocas sólidas.

Aclaremos, sin embargo, que es necesario hacer algunas limitaciones al concepto general de magma expuesto por Niggli, el cual considera como magma toda masa fundida.

Rittman y Penta (1940) dan al magma un significado más restringido, aplicando este nombre solamente a la masa fundida original, basáltico-alcalina, y a sus derivados, comprendiendo en éstos los magmas sintéticos e híbridos.

Aplican el término migma a la masa refundida por fenómenos de ultrametamorfismo, o sea a las rocas preexistentes y regeneradas, y distinguen las siguientes características provinciales para las masas fundidas y las regeneradas.

aceptado por Rittman, aunque no íntegramente, ya que, según Niggli, la serie atlántica derivaría por diferenciación del magma basáltico toleítico (Pacífico), mientras que para Rittman es el propio magma basáltico alcalino (Atlántico) el magma madre.

Origen y evolución de la corteza.

- La corteza terrestre es la zona superficial del planeta, zona al estado sólido y que reposa sobre regiones a alta temperatura de donde provienen los magmas eruptivos. A la corteza se la acostumbra a denominar *litosfera*, constituyendo las regiones de alta temperatura la *pirosfera*.

Esta noción de la corteza terrestre se basa, como es sabido, en los conocimientos sobre el gradiente geotérmico, sobre el vulcanismo y sobre los datos isostáticos y sísmicos.

Según se admite universalmente, la corteza consta de una capa externa de composición granítica o *sial*, debajo de la cual se dispone una capa básica, de composición gabbroide o basáltica denominada *sima*.

Los argumentos geológicos en favor de este substrato básico nos los proporciona el vulcanismo fisural, las grandes intrusiones de rocas básicas fuera de las zonas orogénicas y los enjambres de rocas verdes en las orogénicas. El vulcanismo fisural, en especial, que consiste en la emisión de vastas coladas basálticas emitidas rápidamente, sin diferenciación, como parece demostrar su uniformidad petrográfica, se interpreta como una extrusión accidental y repetida del substrato basáltico.

En las interpretaciones más recientes el sial estaría representado por trozos más o menos vastos que corresponden a las masas continentales, flotando por decirlo así so-

bre el sima, que por su gran profundidad se encuentra muy por debajo de su punto de fusión y debe hallarse, probablemente siempre, en forma magmática.

El límite sial-sima no es una superficie esférica realmente, sino que se interpenetran de manera variada y múltiple a lo largo de las zonas orogénicas.

Esta corteza terrestre así concebida, gracias a los conocimientos geofísicos, geoquímicos y geológicos, incluyendo en estos últimos los fenómenos orogénicos que provocan una superficie de gigantesco intercambio entre la materia profunda y la superficie del globo facilitando la observación de los materiales de las regiones profundas que de otra manera serían para nosotros inaccesibles, sufre la influencia de la pirosfera de dos formas: por extensión de las condiciones físico-químicas de las profundidades a las zonas más elevadas, formándose a consecuencia de esto migmatitas y granitos de anatexia en el seno de la corteza, o bien por penetración de materia que asciende de las profundidades de la corteza.

Las fluctuaciones de la anatexia muestran la independencia del límite sial-sima y el de la pirosfera.

Esta disposición concéntrica que, a «grosso modo», admitimos para la corteza, es fácilmente comprensible por la acción de la gravedad que separa las masas con arreglo a sus densidades.

Esta estratificación gravitativa de la corteza terrestre es debida, según cristalización y expulsión del magma residual y anatexia diferencial de rocas preexistentes en otras, con la consiguiente expulsión de líquidos magmáticos por compresión.

Ramberg (1945), a este respecto, indica que existe potencial químico suficiente para la ordenación gravitativa de

los diferentes minerales en capas concéntricas, que actúa en la misma dirección que la gravedad, haciendo resaltar, además, que los minerales ligeros del granito son los más móviles, y que el aumento de la actividad química, juntamente con la presión, es mayor para los minerales ligeros que para los pesados.

Estos resultados, obtenidos por la investigación de Ramberg, concuerdan con una selección y concentración de los elementos de los minerales más ligeros y una ascensión dentro de las cadenas de montañas durante las orogenias.

Teniendo en cuenta esto, Eskola considera que podemos describir la primera corteza como de composición granítica y que ésta se originó a partir de «una mezcla de líquido y cristales de fase más ligera».

La evolución de esta corteza a partir de su primitiva consolidación puede considerarse como un fenómeno reversible, que consta de numerosas fases de refusión de las partes de la corteza hasta entonces formada.

Eskola ha fijado claramente que cristalización y refusión son fenómenos reversibles, con tal que el caldo, una vez formado, no sufra desplazamientos.

Acepta, pues, dicho autor la posibilidad de originarse el magma granítico por anatexia diferencial y efectiva ascensión del mismo por comprensión hidrostática de la roca que contenga todos los componentes potenciales de un granito.

Rankama (1946), a su vez, expone sus ideas sobre la granitización en relación con las primitivas orogenias, de la manera siguiente:

Durante el proceso de plegamiento de la capa granítica de la corteza, el fenómeno, actuando en dirección vertical, incluye evidentemente un proceso de granitización; con la

formación de la primera cadena de montañas en la Tierra, la masa de granito empieza a ascender, y los productos de la descomposición y degradación de los materiales orogénicos son arrastrados hacia el fondo, donde la elevada temperatura hace que se forme magma granítico intergranular palingénico.

Movilizados por los movimientos orogénicos, los magmas tienden a salir hacia las partes superiores de la corteza, produciendo a su paso alteraciones metasomáticas en las rocas superiores.

La intrusión de granitos en granitos, sean magmáticos o migmáticos, conduce a aumentar el carácter ácido de la capa externa de la litosfera.

Esta idea se complementa con la observación de que la composición de los granitos anatéticos resulta, en efecto, altamente potásica, con más sílice que sus precedentes y con un marcado empobrecimiento en hierro, magnesia y cal, si los comparamos con los granitos madres.

Por otra parte, los análisis de granitos, a base de determinación de sus elementos menores, realizados por la escuela finlandesa, señalan la posibilidad de esta serie de refusiones, denunciada por una progresiva concentración de los elementos granitófilos en los granitos anatéticos y una ausencia de elementos granitófobos que tienden a concentrarse en el substrato básico.

El hecho de que hasta ahora no se haya encontrado resto alguno de la primitiva corteza, ya que las primeras leptitas precámbricas de los antiguos tiempos arcaicos presentan ya un elevado grado de diferenciación, refuerza estas ideas sobre las sucesivas refusiones de la esfera sílica en el transcurso de los tiempos geológicos.

Otros autores se muestran partidarios del primitivo ori-

gen de la esfera sílica a partir del magma basáltico y de la sucesiva granitización y refusión de esta corteza granítica, suponiendo que antes de la cristalización de ésta, todo el material ácido de la capa sílica estaba contenido en el magma madre basáltico, siendo muy probable que la composición de este magma madre fuera distinta del basáltico-alcalino actual.

Se considera muy probable que la cantidad de material ácido fuera bastante como para dar al primitivo magma basáltico una composición casi sub-alcalina, que hiciera posible la diferenciación de un magma granítico residual.

Las ideas de Eskola, Rittman, Holmes y otros se han confirmado y desarrollado recientemente por Simone Athi, en el sentido de que en los primeros tiempos de la historia geológica, el granito juvenil desempeñó un papel predominante como material para la formación de la capa sílica.

Siguiendo a este autor (1947), la cantidad de material granítico juvenil fué aumentando hasta que el primitivo magma subalcalino adquirió la composición basáltico-alcalina.

Con la formación de esta primitiva costra granítico juvenil, produciríanse a continuación los primeros movimientos de la corteza sólida y se iniciarían los primeros procesos de anatexia diferencial y granitización, así como los primeros movimientos orogénicos propiamente dichos, darían lugar a procesos palingenéticos a expensas de los sedimentos formados por la erosión de los primeros relieves.

En el transcurso de los períodos geológicos, estos procesos de diferenciación anatéxica y granitización, adquirirían papel cada vez más preponderante, al mismo tiempo que el

magma basáltico calco-alcalino iba sustituyéndose por el basáltico-alcalino.

A este proceso evolutivo, así señalado en líneas generales, debe sumarse el fenómeno de la asimilación que se produciría entre el magma basáltico-alcalino y la capa sílica suprayacente en las zonas orogénicas.

El magma híbrido resultante podría, a su vez, producir, por procesos de diferenciación fraccionada y compresión, intrusiones graníticas menores claramente magnéticas.

A las refusiones de la esfera de sial hay que atribuir las dioritas y granodioritas magmáticas, que parecen predominar en las intrusiones sincinemáticas, y cuya génesis, según la teoría de Kennedy y Anderson (1938), era debida a un magma madre granodiorítico.

En apoyo de la teoría del desarrollo gradual del magma madre basáltico, que a grandes rasgos hemos expuesto, se presentan pruebas y razonamientos que creemos acertados y hasta convincentes y que, cuando menos aparentemente, dan soluciones sencillas y lógicas a fenómenos geológicos y petrológicos hasta ahora poco claros.

Así el contraste, por varios geólogos señalado, entre la actividad eruptiva de los tiempos precámbricos y post-cámbricos, con su abundancia de rocas graníticas, a cuyo fenómeno denomina Stille «la retirada de los magmas sílicos», se comprende fácilmente con la evolución señalada para el magma basáltico primario.

La falta de dunitas en el pre-cámbrico es un argumento en favor de las primitivas diferenciaciones relativamente ácidas del magma madre, y la aparición de las peridotitas se invoca como dato que señalaría la evolución en sentido básico del magma madre basáltico, a consecuencia de las

enormes diferenciaciones y consiguientes intrusiones ácidas dentro del sial durante la orogenia arcaica.

Un hecho destacado por Daly (1933) es el predominio de diques diasquísticos, aplitas y pegmatitas, en el precámbrico, mientras que en las formaciones más modernas aparecen con profusión los diques de rocas lamprófidas. Esta evolución de las rocas filonianas en el tiempo, se corresponde perfectamente con la marcha evolutiva trazada para el magma madre basáltico, y queda normalmente explicada dentro de esta teoría.

De la misma manera, la aparición de las rocas alcalinas y su predominio en las formaciones geológicas modernas se explica perfectamente con la teoría que nos ocupa; la aparición de estas rocas en el paleozoico marcaría en el gradual desarrollo del magma madre el punto en el cual éste adquiere ya una composición basáltico-alcalina.

Pero además el aumento de este tipo de rocas con el decrecimiento de la edad de las formaciones geológicas, indica que la composición del magma madre se va haciendo cada vez más netamente alcalina.

Para terminar destaquemos la coincidencia, en líneas generales, de las ideas expuestas en esta teoría, con las sustentadas por Rankama en su «Diferenciación geoquímica de la corteza terrestre», con las de Eskola y Sederholm y, en cierto modo, con las de Stille cuando afirma que, puesto que el sial ha participado cada vez menos en los acontecimientos magmáticos a lo largo de la historia de la Tierra, por engrosamiento progresivo de la corteza, nuestra Tierra envejece y se hace cada vez más rígida y más fría.

En conclusión de todo lo expuesto, podemos afirmar que en su conjunto el granito es el producto de la granitiza-

ción, considerada en su más amplio sentido, del sial. La granitización es una de las «funciones» principales de la corteza terrestre y refleja la influencia del substrato básico sobre ella. Esto no excluye la formación de ciertos granitos, denominados magmáticos, por diferenciación de un magma gabroide profundo identificado con la capa basáltica de la litosfera.

Energía nuclear y magmatismo.

Los recientes estudios sobre la desintegración del núcleo del átomo han aportado a la Ciencia enormes posibilidades provocando una verdadera revolución en el campo científico.

Los principios de la física atómica y la energía nuclear se han proyectado también sobre la Geología y en especial sobre una de sus ramas: la Petrología, aplicándose en especial a la resolución de los problemas petrogenéticos que plantean las rocas eruptivas.

En efecto, el calor necesario para la fusión de vastas zonas de la litosfera sílica puede ser suministrado por intensos desarrollos de energía nuclear.

Uno de los puntos capitales en todas las hipótesis de fusión o refusión que hemos expuesto y que ha provocado y provoca las mayores controversias para su explicación, es el origen del calor necesario para producir tales fenómenos.

En general, la mayor parte de geólogos, al buscar la causa del magmatismo, se han inclinado a la explicación que proporciona la idea del grado geotérmico. El aumento de 3° C por cada 100 metros de profundidad puede ser la

causa de que se alcance el punto de fusión de las rocas tanto ácidas como básicas.

El punto medio de fusión de las rocas ácidas es de 500° y de las básicas 1200°, correspondiendo por tanto a estas últimas una profundidad de unos 40 kilómetros.

Sin embargo, el descubrimiento de la radioactividad de las rocas aportó nuevas ideas a este respecto, que desarrolló Joly, geólogo inglés, quien intentó explicar, basándose en la radioactividad, el comportamiento de la corteza terrestre y en particular los fenómenos volcánicos. Joly, en su teoría de «Los ciclos magmáticos» y en contra de la opinión de la mayoría de los geólogos, atribuía «al calor liberado en las desintegraciones radioactivas la totalidad del flujo de energía que la Tierra irradia al espacio».

Prescindiendo de las numerosas objeciones hechas a esta teoría por Holmes, Nolke, Wolf y otros, parece evidente que el fenómeno volcánico no puede explicarse satisfactoriamente por un proceso tan regular como es la constante liberación del calor radioactivo.

Se hacía por consiguiente necesario pensar, para explicar el vulcanismo, en un fenómeno de amplitud restringida y no frecuente, tan fortuito en su localización como en su mecanismo.

Si la energía irradiada por la Tierra al espacio es, como hoy se admite, de origen nuclear, se podía intentar atribuir el vulcanismo a una reacción nuclear, pero de otro tipo que la simple desintegración, ya que los volcanes son escasos en la superficie y su actividad muy temporal.

De aquí el que Noe ztlin (1939-40) sugiriera la idea de interpretar esta actividad como «la manifestación en superficie de reacciones nucleares que se desarrollan en lo profundo».

Si admitimos que la radioactividad de las rocas decrece con la profundidad, hemos de coincidir en que ha de ser cerca de la superficie donde exista un mayor número de mezclas susceptibles de inestabilidad nuclear y donde se den simultáneamente más probabilidades de provocar la reacción.

Según esto los volcanes se habrían iniciado casi a flor de tierra y con el tiempo se habrían hundido más y más en la corteza, o sea que el fenómeno eruptivo que observamos en superficie, constituye tan sólo una fracción despreciable del fenómeno nuclear que se desarrolla en el interior de la corteza.

Contra las hipótesis de este género, basadas en la energía nuclear y en sus reacciones en cadena, se ha objetado seriamente que, dicho proceso, de verificarse, daría lugar a una suerte de incendio nuclear del Globo.

Sin embargo, la «teoría dimensional» de las reacciones nucleares, de F. Perrin, parece desechar por completo tal objeción.

En efecto, dicho autor ha demostrado que existe para toda mezcla nuclearmente activa *una masa crítica por debajo de la cual y a causa de la difusión de los neutrones, no puede tener lugar una reacción nuclear macroscópica*. Por el contrario, por encima de esta masa crítica, toda reacción iniciada se conserva por sí misma.

El análisis del fenómeno indica un cambio de velocidad extremadamente brusco, según que la masa quede por encima o por debajo de la «masa crítica». Esta masa crítica es inversamente proporcional al cuadrado de la densidad.

Puede, pues, lógicamente deducirse, según la «teoría dimensional», que no será nunca más que una cantidad de materia estrictamente limitada la que podría ser sometida

da a una reacción en cadena y cómo esta resultaría rápidamente detenida por sus propios efectos mecánicos, no se puede imaginar su extensión y propagación a todo el Globo.

De todos modos y manteniéndonos en el campo de la realidad geológica, un hecho parece ponerse claramente de manifiesto y es la evidente analogía entre la descripción que los geofísicos hacen de las posibles reacciones nucleares en la corteza y el fenómeno volcánico que nos es dado observar.

Andreato (1940), aporta también algunas ideas sobre esta materia y cree que, en efecto, no puede atribuirse exclusivamente al calor primitivo de la Tierra y al que puede producirse por frotamiento entre las corrientes tectónicas que se desarrollan durante la orogénesis la fuerza causal de los grandes fenómenos magmáticos y migmáticos; de aquí el que sea también partidario de buscar la fuente de energía necesaria en los fenómenos descubiertos por la física atómica.

Es evidente en efecto, que muchas refusiones se producen alrededor de los 20 kilómetros de profundidad, donde según los cálculos de Holmes (1915), la temperatura debida al grado geotérmico y a la radioactividad debe ser de unos 600° y hacia los 50 kilómetros encontraríamos temperaturas superiores a los 1000°.

Pero existen también argumentos que parecen probar la posibilidad de producirse refusiones a profundidades inferiores a los 20 kilómetros e incluso a escasos kilómetros de la superficie.

Acceptando esto, está claro que el proceso normal de desintegración de los elementos radioactivos, no excluye la posibilidad de producir una cantidad de calor tal, que

unida al restante calor de la Tierra pueda dar lugar a vastas refusiones.

Sin embargo, son varios los autores que creen necesario admitir la acción de fuentes de calor mucho más intensas, y que estas fuentes pueden referirse a la radioactividad misma en su sentido más amplio.

Se apunta así a la idea, desarrollada por Noeztlin, de que puedan presentarse en ciertos lugares de la litosfera síalica desarrollos imprevistos de energía nuclear.

Si el hombre ha sido capaz, en sus laboratorios, de desarrollar intensamente la energía nuclear, no hay razón para no admitir que la Naturaleza pueda poner más fácilmente en libertad tal energía en sus inmensos laboratorios, en los cuales tiene a su disposición factores fundamentales con posibilidad muy superior a la que pueda disponer el hombre.

Vamos, pues, a ver, hasta qué punto pueden compaginarse estas ideas con la constitución litológica y la dinámica de la corteza terrestre.

Es cosa comprobada que, en la superficie de la Tierra, existen yacimientos considerables de minerales con elementos radioactivos, normalmente de minerales uraníferos, y es lógico admitir que yacimientos análogos y quizá mucho mayores deben encontrarse en el sial a una cierta profundidad.

Por otra parte, los estudios geoquímicos parecen demostrar la disminución gradual de los elementos radioactivos al pasar de las masas síalicas a las más profundas del sima, justificando la idea de las fusiones en el sial.

En el seno de estas concentraciones radioactivas del sial podrían, pues, empezar a desarrollarse vastas desintegracio-

nes nucleares en cadena, que podrían ser el punto de partida de los magmas palingénicos.

La emisión de neutrones rápidos es muy probable que se verifique en la Naturaleza de manera diferente a la conseguida en los laboratorios por el hombre, ya que prácticamente tiene lugar en un medio ilimitado, y además la fuente de energía nuclear no la proporcionan exclusivamente los isótopos del uranio, sino otros varios elementos radioactivos.

Por otra parte, es necesario admitir que, sólo excepcionalmente los yacimientos de minerales radioactivos podrán convertirse en asiento de disgregaciones nucleares intensas. Ya hemos visto las limitaciones que la teoría de Perrin impone a este tipo de reacciones en cadena, aparte de la existencia también en la naturaleza de los «moderadores» de neutrones y «diafragmas», que pueden observar los neutrones mismos.

A este respecto, es también muy significativo el hecho de que los yacimientos uraníferos tengan en general una termalidad más baja que los de berilo, pues aunque también se conocen pegmatitas con berilo que contienen además minerales uraníferos, lo general es que estos últimos constituyan yacimientos de tipo hidrotermal y raramente pneumatolíticos. Esto hace que el berilo y los minerales uraníferos se encuentren unidos en cantidades considerables, sólo excepcionalmente.

Por último, destaquemos el hecho ya conocido, de que las rocas graníticas son las más ricas en elementos radioactivos y que en particular las intrusiones granitoideas más recientes son fuertemente radioactivas.

Andreato (1946), expone el proceso energético nuclear en la corteza terrestre de la siguiente manera: «Producido

el desarrollo intenso de energía nuclear, el calor originado dará origen a fusiones de masas granitoideas, primeramente limitadas a poco espacio y completas, y ganando poco a poco en extensión, van perdiendo en intensidad, ocasionando de esta manera fusiones parciales diferenciadas, con producción de líquidos eutécticos graníticos, de «icor». La fusión más o menos parcial se extendería en seguida a las rocas encajantes, disipándose en una zona migmática y formándose enormes cantidades de sustancias volátiles que irían impregnando las rocas más alejadas. En la masa completamente fundida, muy limitada con relación a toda la zona interesada por la movilización, empezaría en seguida los complejos procesos de la diferenciación por cristalización. En fin, los movimientos tectónicos que acompañarían a la dilatación de la vasta masa movilizadora, harían sentir sus efectos en zonas más o menos alejadas, determinando al mismo tiempo intrusiones de masas fluidas.»

Estas ideas y concepciones, excesivamente teóricas como fácilmente se advierte, no han arraigado excesivamente en los geólogos, si bien se han ido perfeccionando y adaptando cada vez más a las observaciones geológicas de tal manera que de ahora en adelante será preciso prestarlas la máxima atención por las reales posibilidades que dejan vislumbrar.

Así, recientemente, G. Choubert (1947) insiste en estas ideas adaptándolas de una manera verdaderamente sugestiva y razonada a la generación de los granitos hercinianos de Marruecos.

Basándose en las especiales condiciones de yacimientos de estos granitos post-tectónicos, que se presentan en forma de pequeñas intrusiones graníticas, que ocupan de 1 a 100 km², indica que estos macizos no pueden explicarse

según la fórmula clásica de los batolitos ni proceder de un reservorio común poco profundo.

El emplazamiento de estos granitos en relación a las líneas estructurales, le permiten proponer la ley *tectónica de la granitización* que formula diciendo: los macizos graníticos se encuentran allí donde a consecuencia de las condiciones estructurales, los esfuerzos tectónicos han podido provocar una compresión suficiente.

Y denomina a esta sub-compresión local la «compresión límite de la granitización».

Por el contrario, observa que la generación y colocación de estos granitos parece independiente de la temperatura inicial del medio.

Así, para el macizo sintectónico de Tinchka supone una profundidad de generación superior a los 10 km., con una temperatura mínima de 300°, mientras que para el granito post-tectónico de Ment calcula una profundidad de un kilómetro a lo máximo, con una temperatura de unos 30° tan sólo.

Choubert llega a la conclusión de que «dos macizos graníticos llamados intrusivos, son en realidad cuerpos independientes, formados *in situ* y no relacionados en profundidad con reservorio magmático alguno» y supone que el proceso de generación y colocación de los granitos hercinianos de Marruecos como formados *in situ*, hacia el final de cada paroxismo tectónico. La granitización queda localizada allí donde la compresión ha podido adquirir un valor límite.

En el curso de este proceso funde el material esquisto, para lo cual se necesita un exceso de energía que los esfuerzos tectónicos no son capaces, al parecer, de proporcionar.

Este material fundido se transforma en magma, de composición química diferente, que por enfriamiento y cristalización dará una roca granítica.

Estas dos características, exotermia considerable y cambio parcial de composición química, hacen pensar en la posible existencia de reacciones nucleares en cadena.

A consecuencia de todo lo expuesto es indudable que pueda explicarse la génesis de estos magmas graníticos por un proceso nuclear, todavía desconocido, que se desarrollaría únicamente en ciertas condiciones tectónicas. A esta idea la denomina Choubert «hipótesis de la palingénesis nuclear», cuyas consecuencias petrogenéticas, geoquímicas y metalogénicas pueden resultar trascendentales y de incalculable valor.

Laboratorio de Mineralogía y Petrografía.

Sección de Petrografía.—Instituto «Lucas Mallada» de Investigaciones Geológicas.

Universidad de Barcelona, enero, 1950.

BIBLIOGRAFIA

MIGMATISMO

- ANDREATTA, C.—Apunti sopra l'origine dei granite. Rend. Soc. Min. It. 3-43-48, 1946.
- ASKLUND B.—Granites an associated rocks of the stavs-föarca.—Sveriges Geol. Undersöku Arsbok. Vol. 17 (1923).
- BACKLUND, H. G.—Der «Magmaaufstieg» in Faltegebirgen. Bull. Comm. Geol. Finland. núm. 115, 1936.
- Zur granitisationstheorie. Geol. Föreningens Förhandlingar, 60. H. 2., 1938.
- The problems of the Rapakivi granites. The Journal of Geology. XLVI, núm. 3, 1938.
- The granitization Problem. Geol. Magazine. (mai-juin), London, 1946.
- Einblick in das geologische Geschehen des Präkambräus. Geol. Rundschau XXXIV, 1943
- BARRELL, J.—Relation of Subyacent Igneous. Invasión to Regional Metamorphism. Amer. Journ. Sci. I., 1921.
- R. M. BARRER.—Diffusions in and trough solids. New York and Cambridge, 1941.
- BARTH, T. F. W.—Recent Contributions to the granite problem. Journ. Geol. vol. 56, 1948.
- The distribution of oxygene in the lithosphere. The Jour. of Geol. vol. 56, núm. 1, 1948.
- BUGGE, J. A. W.—The geological importance of diffusion in the solide estate. Auh. vtgitt, av. Det. Norske Vidensk., Akad. i Oslo, I. Math. naturv. Kl., 1945, número 13, 1946.
- BORIS BRAJNIKOV.—Sur la distribution de l'oxigene dans la litosphere. Bull. Soc. Geol. de France. 5.^a serie, t. XV, núms. 4, 5 y 6, 1945.
- CASTELL, H. C.—Reactions between solidos. Nature, t. 153. London, 1944.
- CLOOS, H.—Tektonik und Magma. Abh. Pr. Geol. Berlin, 1922.
- Das Batholitproblem. Forst. Geol. Pd., 1923.
- Zur Terminologie der Plutone. Helsingfor, 1928.
- Cloos H. u. Rittmann A. Geol. Rundschau. B. XXX, H. 5, 1939.

- G. CHOUBERT.—Les conditions tectoniques de la mise en place des granites hercyniens du Maroc. C. R. S. de la S. Geol. de France. 10. nov. 1947.
- Recherche d'une explication de la mise en place des granites hercynien du Maroc. C. R. S. de la S. Geol. de France. 17 nov. 1947.
- DETURY, J. S.—Generation of magma by frictional heat. Am. Jour. Sci. Vol. 242, 1944.
- ESKOLA, P.—On the petrology of the Orijarvi region in south western Finlande. Bull. Comm. geol. Finlande, núm. 40, 1914.
- On the origin of granitic magmas. Min. Petr. Mitt. Bd. 42, 1932.
- Conditions during the earliest geological times. Acad. Sci. Fenn., Ann. Ser. A., vol. XXXVI-4, 1932 a.
- On the principes of metamorphic differentiation. Comm. Geol. Finlande. Bull. 97, 1932 b.
- On the differential anatexis of rocks. Comm. Geol. Finlande. Bull. núm. 103, 1933.
- A note on diffusion an reactions in solids. Comm. Geol. Finlande. Bull. núm. 104, 1934 b.
- Om Finlands graniter. Geol. Fören. Förhandl., t. 68, 1946.
- Nature of metasomatism in the processes of granitization. XVIII congr. Geol. Intern. Londres, 1948.
- GOLDSCHMIDT.—Die Injektionmetamorphose in Stavanger-Gebiete. Vidensk. Skr. M. N. Kl. núm. 10. Kristianía, 1921.
- On the metasomatic processes in silicate rokes. Econ. Geol. vol. XVII, 1922.
- GOODSPEED, G. E.—Small granodiorite rocks formed by additive metasomatism. Journ. Geol. 45, 1937.
- Origin of granites. Geol. Soc. Amn., 1948.
- L. GLANGEAUD.—Les etats de la matiere dans la Petrogenese profonde. Experientia (Bále), vol. III, 1947.
- FF. GROUT.—Criteria of origin of inclusions in plutonic rocks. Bull. Geol. Soc. Amer., 1937.
- Formations of Igneous looking rocks by Metasomatism. Bull. Geol. Soc. América, III, 1941.
- HAUG, E.—Traité de Geologie, ts. I y II, París, 1908-11.
- A. HOLMES.—Histoire Naturelle du granite. Bull. Soc. Belge de Geol. Paleont. Tome LIV, 1945.
- HOLMQUIST, P. G.—Swedish Archean structures and their meaning. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, 15, 1916.

- IPPOLITO, F.—Intorno ad una nuova teoria sull'origine del Sial e sul l'orogenesi. Rend. R. Acc. Sc. Napoli. Serie 4.^a, vol. XIII, 1942-45.
- JAMOTTE, A.—Sur un principe de mobilité de l'emanation et de l'intrusion granitique. Mem. Comite especial du Katanga, 1944.
- KORZHINSKY.—Differential mobility of components and metasomatic zoning in metamorphism. XVIII. Congr. Geol. Int. Londres, 1948.
— Phase Rule and Geochemical mobility of elements. XVIII. Congr. Geol. Int. Londres, 1948.
- LACROIX, M. A.—Le granite des Pyrenees et ses phenomenes de contact. Bull. Soc. Geol. France, núm. 46. To. X, 1898.
- LAPADU-HARGUES, P.—Quelques remarques statistiques sur la composition chimique des schistes cristallins. C. R. Somus. S. G. F., 1945.
- MCCALLIENS, W. J.—Metamorphic diffusion. Comm. Geol. Finlande. Bull., núm. 104, 1934.
- MCGREGOR, M. and WILSON, C.—On granitization and related processes. Geol. Mag. vol. LXXVI, 1939.
- NIGGLI, P.—Das Problem der Granitbildung. Zurich, 1942.
— Die leukogranitischen, trondhjemschen und leuko svenitgranitischen Magmen un die Anatexie. Bull. suisse Miner Petrog. T. 26., 1946.
- F. PENTA.—Plutonismo e vulcanismo e la «differenziazione petrografica-metallifera». Periodico di Mineralogia. Anno XI, núm. 1, XVIII. Roma, 1940.
- R. PERRIN.—Extrapolation a la Geologie des donne'es metallurgiques. Ann. Mines., 1934.
— et ROUBAULT, M.—Les reactions a l'etat solide et la geologie. Bull. Srv. Cart. Geol. Algerie. 5.^a ser., núm. 1, 1937.
— et ROUBAULT.—Logique des mineraux du granite. Revue scientifique 5-6. París, 1941.
— and M. ROUBAULT.—On the granite problem. The Journal of Geology. Vol. 57, núm. 4, 1949.
— Applications d'etudes recentes sur les diffusions d'ions et la constitution des mineraux a l'interpretation de faits geologiques. B. S. G. F. 5.^a serie, t. XIX, 1949.
- RAGUEN, E.—Geologie du granite. París, 1946.
- RAMBERG HANS.—The thermodynamics of the earth's crust. I. Preliminary survey of the principal forces and reactions in the solid crust. Norsk. Geol. tidsskr. 24, 1945.

- RAMBERG HANS.—The facies classification of rocks ; A clue to the origin of quartzo-feldspathic massifs and veins. Vol. 57, núm. 1, 1949.
- RANKAMA, K.—On the geochemical Differentiation in the Earths Crust. Bull. Com. Geol. Finland. 137, 1946.
- RASTALL, R. H.—Le granite et les reactions a l'etat solide. Ibid, 4, 1939.
— The granite problem. Geol. Mag. vol. LXXXII, 1945.
- READ, H. H.—Metamorphism and igneous action. Nature, vol. 144, 1939.
— Meditations on granite. Part. I y part. II. Geol. Assoc. London. Proc., vol. 54-55, 1943.
— This subject of granite. Sciencie Progress., vol 34, 1946.
— Granites and granites. Royal Shool of Mines. Geol. Soc. Am. Memoir 28. London, 1948.
— A comentary on place in plutonism. The Quarterly Jour. of the Geological. Soc. of London. vol. CIV. Part. I. Presidential Adresse, 1948.
- REINHARD, MAX.—Uber die Entstehung des granits. Basler Universitätsreden, núm. 16, 1943.
- DORIS L. REYNOLDS.—The secuence of Geochemical Changes Leading to granitization. Quart. J. Geol. Soc. London. CII, 3, 1946.
— The granite controversy. Geol. Mag. Vol. LXXXIV, 1947.
— On the relations betwen «Fronts» of regional metamorphism and «Fronts of Granitizations». Geol. Magazine. LXXXIV, núm. 2, 1947.
- RIVIERE, A.—Sur les migrations d'elements et la constitution de differentiations pegmatitiques dans les series metamorphiques. C. R. Soc. Geol. France, 1945.
- SEDERHOLM, J. J.—Uber die Entstehung der migmatischen Gesteine. Geol. Rundsch, 4, 1913.
— On granit och gneis. Bull. Comm. Geol. Finlande, número 23, 1907.
— On regional granitisation (or Anatexis). Congr. Seol. Intern. C. R., 12, 1913.
— On migmatite and Associated Pre Cambrian. Rocks of South-west. Finland. Bull. Comm. Geol. Finlande, número 58, 1923.
- Suess, F.—La face de la Terre, 1921.
- SUNDIUS, N.—On the origin of late magmatic solutions containing magnesia, iron, and silica. Suer. Geol. Undersök. ser. C., núm. 392.

- TH. SCHEERER.—Discussion sur la nature plutonique du granite et des silicates cristallins. Bull. Soc. Geol. France IV, 1847.
- H. G. SMITH.—The lamprophyre Problem.—Geological Magazine. Vol. LXXXIII, 1946.
- SMULI KOWSKI, K.—On the anatectic differentiation in granitic areas. XVIII. Congr. Geol. Int. Londres, 1948.
- TERMIER PIERRE.—Sur la genèse des terrains cristallophylliens. C. R. XI Congr. Geol. Inter. Stockholm, 1912.
- TSCHERBINA, V.—Concentration and dissemination of chemical elements in the earth's crust as a result of oxidation and reduction processes. XVIII. Cong. Geol. Int. Londres, 1948.
- VON WOLF.—Plutonismus und Vulkanismus, 1930.
- WEGMANN, E.—Transformations metasomatiques et tectoniques. XVIII. Congr. Geol. Inst. Londres, 1948.
- Zur Deutung der Migmatite, 1935.
- Uber Diapirismus. Helsingfors, 1930.

MAGMATISMO

- ANDREATTA, C.—Energie nuclear et magmatisme. «Scientia» 40, 31-37, 1946.
- BACKLUND, H. G.—Der «Magmaaufstieg» in Faltengebirge. C. R. Soc. Geol. Finlande núm. XI, 1936.
- T. F. W. BARTH.—Crystallization of Piroxenes from basalts. Am. Min. XVI, 1931.
- H. BECKER.—Gebirgsbildung und Vulkanismus. Berlín, 1939.
- N. L. BOWEN.—The later stages of the evolution of the igneous rocks. Jour. Geol. 23-1915.
- Crystallization — Differentiation in silicated liquides, Am. Jour. Sci. ser 1th., vol. 39, 1915.
- The origin of Anorthosite. Journ. Geol. 25, 1917.
- Difusion in silicate melts. Journal of Geology. Vol. 29. Chicago, 1921.
- The Reaction Relation in Petrogenesis. Journ. Geol., 30, 1922.
- The Broader Story of Magmatic Differentiation. Lindgreen Volume. Amer. Inst. of Min. and Met. Eng. New York, 1933.
- BOWEN, N. L.—The evolution of the igneous rocks. Princeton, 1939.

- BRAMMALL.—Sintexis and differentiation. Geol. Mag. LXX, 1933.
- CLOOS.—Tektonische Behandlung magmatischer. Berlín, 1925.
- DALY, R. A.—The igneous rocks and the depths of the Earth. New York, 1933.
- R. C. EMMONS.—Diabase differentiation. A. Journ. Sc. 13, 1927.
- EDWARDS, A. B.—Differentiation of the dolerites of Tasmania I y II Journ. Geol. t. 50, 1942.
- FENNER, C. N.—The Crystallization of Basalts. Amer. Jour. Sci. Vol. XVIII, 1929.
- The residual liquids of Crystallizing - Magmas. Min. Mag. Vol. XXII, 1931.
- FERSMAN, A.—L'évolution du processus magmatique (en ruso). Revue Priroda, 1930.
- HARKER, A.—Natural History of Igneous Rocks., 1909.
- HOLMES ARTHUR.—Contributions to the theory of magmatic Cycles. Geol. Mag. LXIII, 1926.
- The idea of contrasted differentiation. Geol. Magazine. Vol 73. London, 1936.
- MC INTYRE, D. C.—Crystallization of plutonic and hypabyssal rocks. Geol. Mag. t. 83, 1946.
- KENNEDY, W. Q.—Trends of Differentiation in Basaltic Magmas Amer. Jour. Sci. Vol. XXV, 1933.
- and E. ANDERSON.—Crustal layers and the origin of magmas. Bul. Volcanologique. Série II. Tomo III, 1938.
- KROKSTRÖM, T.—The Brevven doleritic dike. Bull. Geol. Inst. of. Upsala XXVIII, 1932.
- Some notes on the differentiation problem. Bull. Geol. Insti. of the Univ. of Upsala. XXX, 1943.
- KLÜPPEL, W.—Ueber die altvulkane un die Neuvulkane und ihre abstammung Fors und. Forts 17, 1941.
- NIGGLI, P.—Die Komplexe gravitative Kristallisationsdifferentiation. Schweiz. Min. Petr. 13, 1933.
- Die Magmen-typen. Schwiz Min. Petr. 16, 1936.
- Das Magma und seine produkte. Leipzig, 1937.
- NOCKOLDS, S. R.—The order of crystallization of the minerals in some caledonian plutonic and hypabyssal rocks. Geol. Mag. t. 83, 1946.
- NOETZLIN, J.—Volcanisme et chimie nucleaire. Journ. Phys. et Radium, ser 8, t. I núms. 3 y 4. París, 1940.
- RITTMAN, A.—Die geologisch bedingte Evolution un differentiation des Sommavesuvmagmas. Z. f. Vulk 15, 1934.
- Vulcani, attività e genesi. Napoli, 1944.

- RITTMANN, A.—Die Herkunft der vulkanischen Eucigie und die Entstehung des Sials. Geol. Rundsch, XXX, 1939.
- SHAND, S. L.—Eruptive Rocks. London, 1943.
- ATHI SIMONE.—On the gradual development of the basaltic Parent Magmas during the course of the geological periods. Bull. Comm. Geol. Finland núm. 110, 1947.
- STILLE, H.—Normaltektonik, Salztektonik und Vulkanismus. Berlín, 1934.
- Mudanzas magmáticas. Traducción de J. M. Ríos. Estudios Geológicos núm. 4, 1946.
- C. F. TORRES DE ASSUNCAO.—Cristalizacao-diferenciacao do magma basaltico. Lisboa, 1936.
- TYRREL, G. W.—The Principles of Petrology, 1926.
- VOGT, J. H. L.—Über die Bedeutung der physikalischen Chemie für die Petrographie. C. R. XI Con. Geol. In. Stockholm, II, 1912.
- The physical-chemistry of the magmatic differentiation of igneous rocks. Vidensk. Selsk. Skr. Kristiania. Vol. 1, núm. 15, 1924.
- Über anchi - monomineralische und anchi - eutektische Eruptivgesteine. Vidensk. Selsk. Skr. Kristiania. Math-Natur. Kl. I. núm. 10, 1908.

Los minerales radiactivos (Uranio y carbono)

por

† MIGUEL MOYA

† MIGUEL MOYA

LOS MINERALES RADIATIVOS
URANIO Y CARBONO

Más de 250 nombres de minerales de uranio figuran en los modernos tratados de Mineralogía, pero la casi totalidad de estos minerales sólo se han encontrado en tan exiguas cantidades que sólo han ofrecido interés y valor para los Museos. Las menas de uranio que hoy se explotan económicamente y que proporcionan el U_3O_8 que requiere la industria son las que contienen como minerales primarios la pezblenda y la uraninita, y como minerales secundarios las llamadas «micas de uranio» (torbernita y autunita), la carnotita, la tyuyamunita y la ferganita.

Se explota también, para la obtención de uranio, el «kolm», y el no haber visto publicada en nuestra literatura técnica referencia alguna sobre dicha materia radiactiva, motiva la presente nota.

La asociación del uranio con el carbono ofrece diversos aspectos de los que vamos a ocuparnos. En esta asociación pueden presentarse: A) como minerales primarios, B) como agentes de precipitación y depósito de minerales secundarios, C) como productos de dinamometamorfismo y metamorfismo químico.

PEGMATITAS

Características de las pegmatitas uraníferas son, entre otras, las siguientes: que el feldespato sea potásico, principalmente el microclino, siendo raro encontrar minerales radiactivos en las pegmatitas de feldespato plagioclasa; que existan gabarros o concentraciones de mica biotita; que presente una estructura fajeada o en zonas, el grosor de cuyos elementos vaya aumentando desde la de grano más fino y más externa (aplita) hasta un núcleo de cuarzo que tiende a oscurecerse; que el cuarzo o el feldespato que rodean en la pegmatita una inclusión mineral presenten una fractura radial. La cyrtolita, una variedad de zircon, que frecuentemente contiene pequeñas cantidades de uranio, ejerce un pronunciado efecto en la fractura radial de la roca y hasta pequeños cristales de cyrtolita producen gruesas fracturas que se extienden algunos metros a su alrededor.

La mayoría de las muestras de minerales de uranio que se exhiben en los museos proceden de las pegmatitas (euxenita, samarskita, fergusonita y titanatos, niobatos y tantalatos de uranio).

Pegmatitas uraníferas se han encontrado en más de mil localidades, distribuidas en las cinco partes del mundo, y el noventa por ciento de los descubrimientos de minerales uraníferos se refieren a las pegmatitas, pero hasta la fecha no se han encontrado pegmatitas de las que pueda obtenerse económicamente una cantidad de uranio de cierta importancia, y ello a pesar de los esfuerzos que se ha hecho en este sentido en Tanganyka, Madagascar, Noruega, Estados Unidos, Manchuria, etc.

Sólo cuando el factor económico no entra en juego o cuando el uranio es un subproducto o cuando la pegmatita, además de llevar otros minerales está kaolinizada y puede trabajarse fácilmente o tratarse en sluices, como en Manonokitologo (Congo Belga), pueden obtenerse de las pegmatitas pequeñas cantidades de uranio.

Sin más valor, pues, que el puramente mineralógico y genético, hemos de considerar la presencia en las pegmatitas de un carbono uranífero que se presenta en dicha roca como un mineral singenético primario.

Sabemos que el uranio puede encontrarse formando combinaciones binarias con los metaloides al estado de carburos, nitruros, etc. Estos compuestos pueden hallarse en la fase flúida ígnea del magma, y al enfriarse éste, separarse como constituyentes cristalinos; seguir en disolución en las partes flúidas (rocas filonianas separadas del magma) o exhalarse en la fase gaseosa como combinaciones volátiles.

El carburo de uranio C_2U , como el C_3U_2 , funde de los 2.200° a los 2.400° y se presenta al estado libre como una combinación estable de uranio.

Así puede explicarse la presencia en las pegmatitas de la tucolita y de la antracolita, sustancias negras, duras, bituminosas que arden como el carbón, asociadas a la uraninita, y radiactivas, en las que la asociación del uranio y el carbono marca uno de los interesantes aspectos que hemos enumerado.

Los carbonos de uranio en presencia del agua originan metano, etano, propano, butano, etileno, propileno y sus homólogos; hidrocarburos acetilénicos, etc., que explican la posibilidad de la formación de los hidrocarburos (petróleo) de origen puramente mineral.

La tendencia del uranio, lo mismo que el vanadio, a asociarse a los hidrocarburos, está demostrada por su presencia ocasional en asfaltos y petróleos y por la relativamente alta radiactividad de las aguas en campos petrolíferos.

MINERALES SECUNDARIOS

En regiones tropicales es corriente que los minerales primarios de uranio sufran una completa alteración «in situ» y se presenten como productos secundarios. Ciertas especies pegmatíticas de Madagascar están profundamente alteradas y convertidas en un polvo amarillento; lo mismo sucede con la uraninita de Tanganyka, y en el famoso criadero de pechblenda del Congo Belga los filones están completamente alterados hasta una profundidad considerable, formando una espectacular variedad de minerales de uranio con brillantes colores.

En otras regiones las aguas superficiales o subterráneas arrastran en disolución las sales de uranio originadas por la descomposición de los minerales primarios y este arrastre se efectúa a grandes distancias hasta que la concentración de las disoluciones por evaporación o el encuentro con rocas básicas determina la precipitación y depósito de los minerales secundarios de uranio.

En esta precipitación y depósito de minerales secundarios influye la acción reductora de la materia carbonosa en lignitos, turbas (Madagascar) y vegetación fósil. Este es el segundo aspecto en que se nos manifiesta la asociación del uranio con el carbono.

Las impregnaciones de carnotita en las areniscas del jurásico superior y del permotriás en los campos de Utah

y Colorado (Estados Unidos) y en los criaderos de Uzbekistan y Karakhtan (U. R. S. S.) se enriquecen en aquella zona en que el mineral está en contacto o ha sustituido a trozos de madera fósil y materias bituminosas.

EL «KOLM»

El caso más interesante de la asociación del uranio con el carbono nos lo ofrece el mineral llamado «kolm», que se encuentra en varias localidades suecas. Mineral que figura en unas clasificaciones como primario y en otras como secundario, siendo un producto de dinamometamorfismo y metamorfismo químico que se presente en las pizarras bituminosas del cambriano superior.

Es un combustible duro, parecido en su aspecto al carbón o al azabache que se intercala en las pizarras en forma de nódulos aplastados o lenticulares. Los nódulos tienen algunos centímetros de grueso y una longitud de cinco veces aproximadamente su espesor. Tienen un contenido de uranio de un 0,4 por 100, y como el «kolm» es combustible en un 75 por 100, el contenido de uranio en las cenizas llega hasta el 1 por 100.

En Kvarntorp, provincia de Narke (Suecia) se tratan diariamente 3.450 toneladas de pizarras bituminosas que contienen 220 gramos de óxido de uranio por tonelada. En 1947 se produjeron nueve toneladas de uranio, y según J. Eklund, del Geological Survey de Suecia, las pizarras bituminosas suecas, principalmente las de 0,02 por 100 de U_3O_8 , contienen un millón de toneladas de metal.

Esta asociación del uranio con el carbono en materias carbonosas y bituminosas ofrece un interés mineralógico

y como indicio de la existencia de elementos radiactivos en el caso de las pegmatitas; es guía para el aprovechamiento de las zonas ricas en los criaderos de minerales secundarios, y el caso del «kolm» señala posible obtención económica del uranio como subproducto en aquellas pizarras bituminosas que lo contengan.

Sabemos que los minerales primarios de uranio, negros, pesados, amorfos o cristalinos, se encuentran en toda clase de rocas, lo mismo hipogénicas que sedimentarias. Se presentan preferentemente en las rocas hipogénicas de tipo ácido granitos, sienitas, etc. (Portugal y Tadzhikistan); excepcionalmente en rocas de tipo básico, gabros y anortositas; en pequeños depósitos de davidita (Mozambique); en las rocas sedimentarias que forman la aureola metamórfica de las intrusiones hipogénicas, así en las pizarras, especialmente en las duras y muy micáceas (Checoslovaquia), en las cuarcitas (Canadá); en los estratos dolomíticos de Sinkolobwe (Congo Belga); en las areniscas (Rodesia); en las margas (Budleigh, Inglaterra); en los aluviones (Brasil y Australia).

Los minerales primarios de uranio se encuentran asociados con sulfuros, arseniuros, carbonatos, etc., de metales pesados: oro, plata, cobre, níquel, cobalto, wolfram, estaño, etc.

Existen criaderos de cobre en que las menas, especialmente bornita y chalcocita, son radiactivas; en el caso de criaderos de cobalto, lo más frecuente es que vayan acompañados de alguna pechblenda; son varias las referencias de criaderos de mercurio, bismuto y molibdeno uraníferos, y en algunos criaderos de hierro de Suecia y de España se ha acusado la presencia del uranio. Depósitos uraníferos en las calizas devonianas y carboníferas de Tyuya Mu-

yun y Fergana (U. R. S. S.) han dado lugar por arrastres posteriores a los depósitos terciarios de los minerales secundarios que llevan los nombres de esas localidades. Minerales secundarios (uranofano, carnotita, zippeita, (autunita) de vivo color amarillo limón y de vivo color verde musgo (torbernita) se encuentran en varios terrenos y formaciones geológicas.

De las indicaciones precedentes resulta que los minerales de uranio primarios o secundarios pueden encontrarse en toda clase de rocas hipogénicas y sedimentarias, en todos los terrenos geológicos, en todos los yacimientos metálicos y polimetálicos. Y que la asociación del uranio y el carbono que hemos examinado en la presente nota amplía aún más el campo de investigación y conduce al prospector a utilizar en mayor escala los aparatos detectores de minerales radiactivos.

Hallazgo del *plesiodimylus chantrei* Gaillard
en el Meótico del Vallés

POR

M. CRUSAFONT PAIRO y J. TRUYOLS SANTONJA

M. CRUSAFONT PAIRO y J. TRUYOLS SANTONJA

HALLAZGO DEL *PLESIODIMYLUS CHANTREI*
GAILLARD EN EL MEOTICO DEL VALLES
CONSIDERACIONES PALEONTOLOGICAS
Y ESTRATIGRAFICAS

INTRODUCCION

La estratigrafía de los niveles continentales de la depresión prelitoral catalana, esbozada ya por Almera a fines del siglo pasado (1), ha sido precisada en las últimas décadas del presente, gracias al hallazgo de numerosos restos de mamíferos fósiles. La determinación de especies características y el estudio de las asociaciones faunísticas han sido en este caso los sillares que han servido para levantar el edificio estratigráfico de la región, puesto que litológicamente no existe apenas diferenciación entre los diversos tramos de la serie continental. Del Ponticense, fijado en 1887 por Almera (1), se segregó el Vindobonienense, gracias a los hallazgos efectuados en 1922 por Bataller en Sant Quirze de Galliners (2), al abrirse la trinchera de los «Ferrocarriles de Cataluña». Ultimamente (1945) todavía el conjunto aceptado como Ponticense ha debido subdividirse (3) para introducir un nuevo piso, el Meótico (primera vez que figura este piso en la estratigrafía del

Mioceno del oeste de Europa), con fauna de transición entre el Vindoboniense infrayacente y el Pontiense *sensu stricto*. En lo que concretamente se refiere al Vallés, el estudio de las biocenosis miocénicas ha permitido afirmar la existencia del Vindoboniense y del Meótico, siendo solamente a título de hipótesis la presencia del Pontiense superior en el extremo NO. del Vallés¹ que, en cambio, se ofrece tan bien caracterizado en las formaciones del Penedés oriental (Piera)².

Las asociaciones faunísticas entre elementos pontienses y vindobonienses atestiguan la presencia de este nivel de tránsito, el Meótico, y el rastrear la localización de los límites superior e inferior de este piso es problema de gran interés, por cuanto los sucesivos hallazgos van mostrando frecuentes imbricaciones de faunas, que obligan a variar las separaciones provisionalmente establecidas.

Los estudios realizados en el aspecto paleontológico dentro de la cubeta del Vallés, se han efectuado teniendo en cuenta especialmente la zona occidental, donde los lentijones de arcillas plásticas adosados a la masa de conglomerados de la denominada «Serralada» central, abrigan una importantísima fauna en excelente estado de conservación.

¹ Se trata del yacimiento de Can Bayona, no lejos de la estación de Olesa (donde se halla el famoso yacimiento de *Ceraticites*). Lo constituyen los niveles más altos de la serie miocénica, aunque la fauna hallada es insuficiente y, por lo tanto, la atribución insegura (4).

² Véase para más detalles el trabajo «El sistema miocénico en la depresión española del Vallés-Penedés», donde se incluye una sinopsis completa del Mioceno de la cubeta (4). En él se propone, al objeto de evitar el término «Meótico» de la literatura estratigráfica oriental, el nombre de «Vallesense» para indicar las formaciones análogas y sincrónicas de la depresión prelitoral catalana.

Al E. de la línea del Ripoll, los hallazgos son más raros y siempre aislados, sea por la naturaleza arenosa de los sedimentos, menos adecuada para los procesos de fosilización, sea por las exploraciones menos frecuentes realizadas en estas zonas. De ahí que la cronología de los escasos yacimientos de esta parte deba determinarse, no tanto por sus propios hallazgos, como por la obligada comparación estratigráfica con los de la zona occidental, mejor conocida desde el punto de vista paleontológico.

El descubrimiento de una importante asociación mixta en el yacimiento de Can Llobateres, al SE. de Sabadell, sobre la carretera que une esta ciudad con la villa de Mollet, ha permitido fechar este yacimiento como perteneciente al Meótico o Vallesense. Dicha atribución, ya sospechada con anterioridad (5) (6), ha tenido su confirmación gracias a los recientes hallazgos cuyo estudio motiva la presente nota. Debemos destacar que el yacimiento de Can Llobateres es el más oriental de los que poseen una fauna suficientemente característica para permitir su ubicación estratigráfica y, por tanto, el más próximo, para ser utilizado como punto de referencia, de las localidades fosilíferas del Vallés oriental.

En la presente nota se estudia, desde el punto de vista estratigráfico y paleontológico, el yacimiento de Can Llobateres y se describen los restos del *Plesiodimylus chantrei* en él encontrados, con un apéndice dedicado a diversas consideraciones paleobiológicas sobre la familia de los Dimílicos. Finalmente se relaciona estratigráfica y paleontológicamente el yacimiento mencionado con los de sus proximidades.

El yacimiento.

Entre los kilómetros 2 y 3 de la carretera de Sabadell a Mollet, cuando ésta gana el nivel de la terraza superior del Ripoll y la ultrapasa, se encuentra el yacimiento de Can Llobateres, situado en una de las márgenes de la mencionada vía de comunicación. Lo constituye un débil paquete de arcillas arenosas de tonos amarillentos alternando con pequeños conglomerados, cruzado por varias microfallas, alguna de las cuales se muestra muy aparente. El conjunto buza de manera suave hacia el NE. o E.-NE., y su aspecto es parecido al que ofrecen los diversos afloramientos que asoman por doquier en la notable entalladura del Ripoll. Los abundantes cultivos y la ausencia de abarrancamientos desprovistos de vegetación son las causas de que ocupe una extensión visible muy pequeña reducida a las márgenes citadas y a los bordes del camino vecinal de Ripollet a Castellar, donde se ha realizado algún hallazgo aislado. Hacia el O., y a muy poca distancia, el Mioceno queda ya cubierto por la costra cuaternaria de la terraza más alta del Ripoll, y no aparece hasta muchos metros más abajo, en el borde de la terraza media, cerca del Molino d'En Dou (fig. 1).

Este yacimiento fué descubierto hace veinte años por el primero de los firmantes en compañía de su amigo don Ramón Arquer, al procederse a la apertura de la carretera mencionada. Al año siguiente fué dado a conocer de manera sumaria en una publicación de carácter excursionista (7). Posteriormente, y con motivo de nuevos hallazgos, fué descrito ya con mayor detalle en 1943 con Villalta (8), adjuntándose un pequeño corte local.

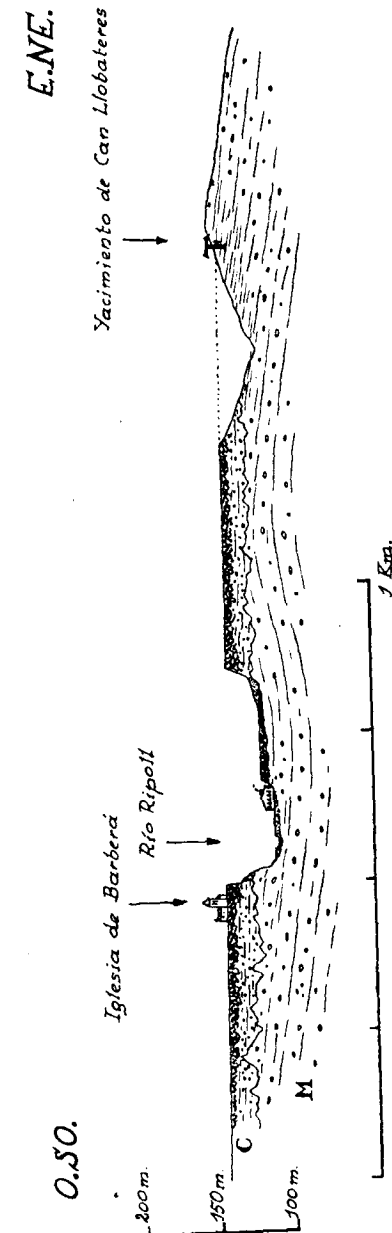


Fig. 1.—El yacimiento de Can Llobateres en relación con las terrazas de Ripoll.

En este último trabajo se dieron noticias de la fauna del yacimiento que nos ocupa, señalándose únicamente las siguientes especies:

Testudo sp.¹

Hipparion gracile Kaup.

Rhinoceros sp.

Tragoceras amalthea Roth et Wagner.

que en aquellas épocas sólo podía indicarnos un nivel pontiense en sentido lato. También se citaban algunos restos de Gasterópodos de los géneros *Helix* y *Planorbis*, incluidos más tarde en el trabajo del segundo de nosotros (5). Pero una vez caracterizado el nivel meótico en la zona occidental del Vallés (los yacimientos de los alrededores de Viladecaballs y el de Can Ponsich) (6) (9), razones de orden puramente estratigráfico, nos inclinaron a creer que también el yacimiento de Can Llobateres debería incluirse en este horizonte, lo cual vino a ser corroborado, por una parte, por el hallazgo del *Plesiodimylus chantrei* Gaillard, del cual nos ocupamos con mayor detalle en otro apartado de la presente nota, y por otra, por la caracterización del *Hipparion* de la localidad y que corresponde a una nueva especie de tipo más primitivo que el *Hipparion gracile*, ubicada en nuestro Meótico, y que el señor Paul Pirlot, de Bruselas, describe en su tesis doctoral próxima a publicarse.

La asociación de un *Hipparion* con el *Plesiodimylus* es sumamente demostrativa y viene así a corroborar las ideas

¹ Se trata de una tortuga de pequeña talla, probablemente la misma nueva especie del subsuelo de Sabadell y que está en vías de descripción.

sustentadas por el primero de los firmantes y del Sr. Villalta sobre la interferencia de faunas de tipo arcaico con formas indicadoras del Pontiense, según se ha dicho repetidamente en publicaciones anteriores. Aunque, pues, los elementos de juicio de que podemos disponer por causa de la pobreza del yacimiento sean pocos, las dos citadas especies nos proporcionan en este caso un nivel preciso, afianzando así nuestras anteriores suposiciones. Al propio tiempo, parece también venir en apoyo de los conceptos emitidos recientemente por uno de nosotros (10) sobre la paleogeografía de estas últimas fases del Mioceno en esta zona de la Depresión Prelitoral. Aun cuando la naturaleza de los sedimentos indiquen en el Meótico un cierto decremento de la humedad ambiental en relación con la del Vindoboniense, la presencia por un lado de un Insectívoro malacófago en Can Llobateres y el reciente hallazgo de un Lútrido aonicoide en el vecino yacimiento supuesto sincrónico de Can Ponsich (Sant Quirze) (11), nos induce a suponer que en parte continuaron durante estas épocas unas condiciones análogas en el ámbito vallesense, las cuales sólo llegaron a hacer crisis en el Pontiense último, según indican las biocenosis halladas en este nivel superior de la depresión.

El Plesiodimylus chantrei de Can Llobateres.

Muy cerca del lugar donde hace unos años descubrimos, en compañía de nuestro amigo don Juan Andrés, restos vegetales atribuibles a Coníferas, en la margen del camino vecinal anteriormente citado, uno de nosotros tuvo la fortuna de hallar un fragmento de mandíbula derecha con el P4 y los molares de un Dimílido típico, que puede ser reportado con absoluta certeza a la especie *Plesiodimylus*

chantrei Gaillard. Esta pieza fué descubierta, precisamente, en un nivel algo superior al de los hallazgos del *Hipparion* mencionado, lo cual nos llamó poderosamente la atención.

Para su comparación hemos podido disponer de un locotipo, una mandíbula izquierda con las mismas piezas,

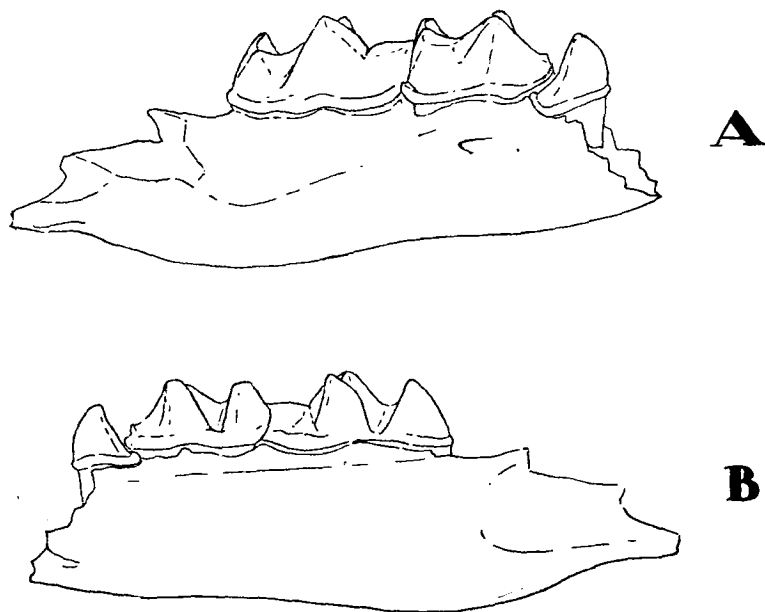


Fig. 2.—*Plesiodimylus chantrei* GAILLARD. Fragmento de mandíbula derecha con P4, M1 y M2. A): Cara externa, B): Cara interna. Tam. 10/1. Meótico. Can Llobateres (Vallés-Penedés). Col. Museo de Sabadell.

procedente del yacimiento vindoboniense de La Grive St. Alban, que nos fué amablemente cedida por nuestro excelente amigo y colega el Dr. J. Viret, del Museo de Lyon, y de los ejemplares anteriormente descritos por nosotros (12) (13) de los yacimientos vindobonineses de Sant Quirze y de Hostalets de Pierola; del primero, dos fragmentos de mandíbula, una izquierda y otra derecha,

probablemente del mismo individuo, y ambas provistas de los dos molares, y del segundo, un fragmento de otra mandíbula, también derecha, con el M2.

Los caracteres de las piezas dentarias (fig. 2) son absolutamente típicos de la especie de Gaillard, siendo el M2 ligeramente más largo que el M1, detalle este señalado como de valor diagnóstico por Hürzeler (14). En comparación con el locotipo observamos solamente la menor robustez del P4 y la menor individualización de las puntas de los dos pares, anterior y posterior, las cuales están aquí confundidas, a pesar del poco desgaste, formando dos crestas cortantes más marcadas que en el ejemplar de La Grive y más aún que en las piezas de Sant Quirze, en las cuales las cúspides se presentan muy destacadas. Es curioso observar que los ejemplares de nuestro Vindoboniense, procedentes de yacimientos del mismo Vallés, presentan piezas más robustas y mandíbula más potente; la débil *exedenodontia*¹ del *Plesiodimylus* es quizás menos marcada aún en el ejemplar de Can Llobateres.

Por lo demás, observamos el foramen nutricio debajo del M1, situado exactamente entre las raíces del mismo y el reborde basilar característico de todos los dientes; la mandíbula es poco robusta, como en el ejemplar de La Grive. No se pueden dar detalles de la rama ascendente por causa de estar el hueso mandibular roto algo más allá del M2.

Los caracteres señalados anteriormente parecen denotar algunas pequeñas diferencias con el tipo: la reducción del

¹ Este término fué propuesto por Hürzeler (14, pág. 7) para designar la especial hinchazón y desbordamiento mandibular de los dientes, típica de los Dimílicos. De ἐξεδοντο, hinchar y οδός, diente.

P4, la formación de crestas transversales con menor descolamiento de las cúspides, la leve disminución de la exedodontia. Es curioso, sin embargo, observar que algunos de estos caracteres se presentan más marcados en relación con los ejemplares de Sant Quirze que con los del tipo. Ello quizás podría indicar una menor especialización en relación con los individuos de la misma especie procedentes del Vindoboniense de nuestra zona. Sin embargo, todo ello resulta insuficiente para intentar establecer el valor de estas diferencias morfológicas. Quizás algún día nos sea posible insistir sobre este punto si las sucesivas exploraciones pudieran proporcionarnos un nuevo caudal de ejemplares y obtener, además, los datos correspondientes a la dentición superior todavía no hallada en nuestros yacimientos.

Damos a continuación unas medidas comparativas de nuestro ejemplar:

	Can Llobateres	La Grive	Montabuzard	St. Quirze
P 4. Longitud.....	1 mm.	1,4 mm. (Hürzeler)	—	—
M 1. Longitud.....	2,4 mm.	2,3 mm. »	—	2,6 mm.
Anchura.....	1,3 mm.	1,2 mm. »	—	1,5 mm.
M 2. Longitud.....	2,9 mm.	2,65 mm. »	2,8 — 2,9 mm.	3,1 mm.
Anchura.....	1,4 mm.	—	—	—
Altura mandíbula bajo M 1.	2 mm.	2 mm. (Crusafont)	—	2,5 mm.

La presente especie se conoce de los siguientes yacimientos: Sansan, en el Gers (Francia), según la cita de un Insectívoro bimolar por Lartet en 1851 (15); La Grive Saint-Alban (localidad-tipo), en el Isère (Francia), descrito primeramente por Deperet como *Dimylus paradoxus* en 1892 (16), pero establecido definitivamente por Gaillard en 1897 (17) y 1899 (18) como *Plesiodimylus chantrei*; Monta-

buzard, en el Loiret (Francia), según un manuscrito inédito de Stehlin citado por Hürzeler; Zeglingen, en Baseland (Suiza) en 1939 (19); Rumikon, en Zurich (Suiza), y Baarburg, en Zug (Suiza) en 1942 (20) por Hürzeler; Viehhausen, cerca de Regensburg (Alemania) en 1938 (21) por Seemann; Munich, en 1940 (22) por Stromer, Sant Quirze y Hostalets de Pierola, en el Vallés-Penedés (España), en 1943 (12) y 1944 (13), y Neudorf (Austria), en 1949 (22 bis) por Zapfe. Por último, la cita actual de Can Llobateres en esta misma cuenca constituye el primer conocimiento de un Dimílido en el Ponticense europeo.

Consideraciones biológicas acerca de los Dimílidos.

Los Dimílidos constituyen un grupo de Insectívoros especializados hasta ahora propios de Europa, que pueden reunirse en una familia muy bien definida y delimitada por sus caracteres biológicos. Gracias a la excelente monografía de Hürzeler (14), precedida de una nota preliminar publicada con anterioridad (20), poseemos actualmente un conocimiento bastante preciso de este grupo, que incluye ya un buen número de representantes fósiles. La bimolaridad, la exedodontia y el tipo de los primeros premolares son datos suficientes para su perfecta caracterización, aun cuando el más antiguo representante conocido presente todavía un M3 inferior rudimentario como elemento de ancestralidad, cosa por lo demás muy lógica desde el punto de vista de la odontofilogénesis. Schlosser (23), Gaillard (17) y Osborn (24) han coincidido en considerar a los Dimílidos emparentados con los Erinaceidos a causa de los caracteres de su dentición, que es realmente de un tipo análogo a la de éstos; sin embargo, sus relaciones filéticas y por ende su situación sistemática es todavía algo incierta por causa del

escaso o nulo conocimiento que poseemos respecto de la dentición de leche y de la osteología de estos Insectívoros. Sobre este último punto de vista insistiremos con algún detalle más adelante.

Los Dimílicos, según el estado actual de nuestros conocimientos, aparecen en el supuesto Estampiense medio de Bach, en Quercy (Francia), con *Exoedaenodus schaubi* Hürzeler; en el Estampiense superior encontramos un pretendido *Dimyloides*, en Kuttigen, cerca de Aarau; en el Aquitaniense superior, *Dimyloides stehlini* Hürzeler, en Boudry y Neuenburgersee, cantón de Neuchatel y *Dimylus paradoxus* Meyer, en Gans, de la cuenca de Aquitania; en el Aquitaniense superior, *Pseudocordylodon vireti* Hürzeler, de Saulcet, en el Allier; *Dimylus paradoxus* Meyer, en Weisenau, y *Cordylodon haslachensis* Meyer, de Haslach y Budenheim (Alemania); en el Burdigaliense, *Cordylodon* sp., de Wintershof-West (Alemania) y un Dimílico indeterminado de Estrepouy en el Gers (Francia); no se hallan representantes de la familia en el Vindoboniense inferior, mientras que en el superior hallamos *Metacordylodon schlosseri* (Andreae), en Oppeln (Alemania) y La Grive St. Alban (Francia), etc.; *Metacordylodon* sp., en Zeglingen (Suiza) y, por último, *Plesiodimylus chantrei* Gaillard, en las localidades ya citadas. En la monografía de Hürzeler se considera a los Dimílicos extintos en el Vindoboniense terminal, por lo que nuestra cita es la primera de un Dimílico en el Pontienense, asociado a *Hipparion*.

Existen, además, otros dos curiosos Insectívoros con dentición bimolar: uno de ellos es un Equinosoricido, *Melechinus nevadensis* Matthew, del Plioceno inferior americano (25) y el otro, *Dimylechinus bernouilli* Hürzeler, del Aquitaniense de La Limagne (Saulcet y Chavroche) (26),

los dos, no obstante, sin exedenodontia. Existe, por otra parte, un Sorícido exedenodonto, *Amblycops oligodon* Kormos, del Pontienense de Polgardi (27). Pero todos estos animales no tienen ningún parentesco directo con los Dimílicos; los dos primeros son verdaderos Erinaceidos y el tercero, según se ha dicho, un Sorícido.

En la mandíbula inferior de los Dimílicos existen dos puntos de máxima actividad masticatoria (por tres en la superior), uno de ellos constituido por el último incisivo y el canino y el otro por P 4 y M 1, y la dentición exedenodóntica demuestra una adaptación a una dieta malacófaga muy acentuada en algunos de ellos (*Cordylodon*, *Dimyloides*, *Pseudocordylodon*, *Exoedaenodus*), extrema en *Metacordylodon* y débil en *Plesiodimylus* y *Dimylus*. Ya hemos indicado que la exedenodontia es menor en el ejemplar de Can Llobateres en comparación con la de los individuos del Vindoboniense de la misma cubeta; ello constituye quizás una adaptación a un régimen menos favorable. Wegner (28) subdivide a los Dimílicos en dos subfamilias: Dimylinae Gaillard, 1899 (*Dimylus* y *Plesiodimylus*) y Cordylodinae Wegner 1912 (*Cordylodon* y *Metacordylodon*). Hürzeler, con mejores elementos de juicio, en su repetida monografía y revisión propone subdividirlos en Plesiodimylinae Hürzeler, 1944 (*Plesiodimylus*) y Dimilynae Gaillard, 1899, con los restantes géneros. Gaillard incluye a los Dimílicos con categoría de subfamilia dentro de los Talpidae por el hecho de haber atribuido al *Plesiodimylus* de La Grive un húmero de tipo excavador. Según el decir de Hürzeler esta atribución de Gaillard y la nuestra (13) es aventurada; sin embargo, debemos indicar que ya en nuestro primer trabajo sobre los Insectívoros del Vallés-Penedés colocábamos (Villalta y Crusafont) a los Dimílicos en

familia aparte. De otro lado, el hecho de atribuir un húmero especializado en el régimen excavador, no implica necesariamente que deba ser considerado como un Tálpido. Puede tratarse en este caso de un simple fenómeno de convergencia; el índice humeral es además considerablemente menor que en los topos estrictos y es probable que el animal considerado estuviera adaptado a excavar en los lodos y arenas de las riberas de los ríos a la búsqueda de pequeñas conchas de gasterópodos acuícolas o de larvas de insectos. Por nuestra parte, debemos indicar el hecho negativo de no haberse hallado hasta ahora, ni en La Grive ni en el Vallés-Penedés, ninguna dentición de otro insectívoro atribuible al animal cuyo húmero fué descrito por Gaillard y por nosotros. Otro hecho no desdeñable en nuestro caso es el de haber hallado la mandíbula que descubrimos en 1943 (13) en asociación con uno de los húmeros figurados y de otros restos óseos en mal estado de conservación.

Consideraciones estratigráficas sobre la zona del Ripoll.

El yacimiento a que nos venimos refiriendo se halla situado en el límite oriental de las zonas bien exploradas del Mioceno de la comarca del Vallés. Hacia Levante, las únicas referencias paleontológicas que se poseen dentro del ámbito de la cubeta son hallazgos aislados, realizados generalmente en perforaciones abiertas por la captación de aguas, con insuficiencia de datos de estratigrafía local y aun con frecuente imprecisión en cuanto a la localización exacta de donde se realizaron. En cambio, hacia Poniente y atravesado el sistema de terrazas del Ripoll, se encuentran los dos ricos yacimientos de Sant Quirze de Galliners:

el de la trinchera del ferrocarril, en el Vindoboniense terminal, y el de Can Ponsich, ubicado en las primeras hileras del Meótico, según atestiguan las abundantes faunas en ellos encontradas, yacimientos enlazados por el hallazgo de Can Barba (*Aceratherium incisivum* Kaup) con la potente sucesión de Tarrasa-Viladecaballs (29). Por otra parte, hacia el N. y NO., aislados hallazgos han proporcionado datos suficientemente elocuentes para poder situar con bastante exactitud el horizonte fosilífero de Can Llobateres en la serie continental del Mioceno del Vallés, por más que, según se ha dicho, la asociación *Plesiodimylus-Hipparion* basta por sí sola para fijar su cronología. De todos modos, es interesante conocer la situación del mismo en relación con los demás depósitos fosilíferos y principalmente con el del Castell de Barbará, del cual hablaremos más adelante.

El curso del Ripoll ha disecado intensamente las arcillas arenosas y los conglomerados de elementos de pequeños tamaños del Mioceno, originando un buen corte natural, aproximadamente normal a la dirección de los estratos. Por ello puede determinarse con facilidad la distancia estratigráfica de los yacimientos que se encuentran en su trayecto, ya sea en los afloramientos de los ribazos, ya en los pozos abiertos en el subálveo del río. En cambio, es más arriesgado el cotejar los dos yacimientos de Sant Quirze con el de Can Llobateres, pues parece que por debajo la amplia terraza superior del Ripoll, sobre la que se asienta la ciudad de Sabadell, o por debajo del talweg del río, existe un suave abombamiento de los estratos que origina un cambio de buzamiento. Por otra parte, el sistema de terrazas ya citado, impide observar, dada su amplitud, la relación estratigráfica entre el Mioceno de ambos lados

del mismo; la posible existencia de microfallas subterráneas, de otro lado muy frecuentes en estos terrenos, puede inducir a error en la comparación.

Es interesante revisar las localidades fosilíferas, situadas a modo de jalones estratigráficos en la línea del Ripoll (fig. 3). La cita paleontológica más próxima a nuestro yacimiento se ha dado de una localidad situada al NO. y a un kilómetro y medio de distancia horizontal. Se trata de un pozo de la fábrica «Hilaturas Cuadras y Prim»; a los 76 metros de profundidad fueron hallados restos óseos, entre ellos un fragmento de astrágalo, difícilmente clasificables, pero atribuibles a un Rinoceróntido; más abajo (a los 85 metros) se había hallado en unas arcillas algo piritosas una interesante fauna de Gasterópodos continentales (5) (*Ericia baudoni* (Michaud), *Limnaea* sp., *Planorbis* (*Gyrorbis*) *rouxi* (Noulet), *Testacella deshayesi* Delafond et Deperet, *Helix gualinoi* Michaud, *Helix* (*Patula*) *olissiponensis* Roman) y algunos restos vegetales. La fauna mencionada no puede precisarnos el nivel estratigráfico, tanto por lo que se refiere a los restos óseos indicados, como por lo que concierne a la fauna de moluscos que resulta banal desde el punto de vista de la cronología intramiocénica, puesto que muchas de las especies son comunes a varios niveles.

En las proximidades de esta localidad y en el ribazo izquierdo del río, cerca de la fábrica «Sabadell Textil», Darder había hallado (30) algunos restos de moluscos (*Helix* aff. *christoli* Matheron y *Cyclostoma* sp.) y Crusafont, algo más al N., otros restos aislados de *Testudo*. Por nuestra parte, nos complacemos en manifestar que en el escarpe derecho, en la parte baja de los torrentes de Sant Oleguer y en el borde N. del llamado «Pla dels cartrons», en-

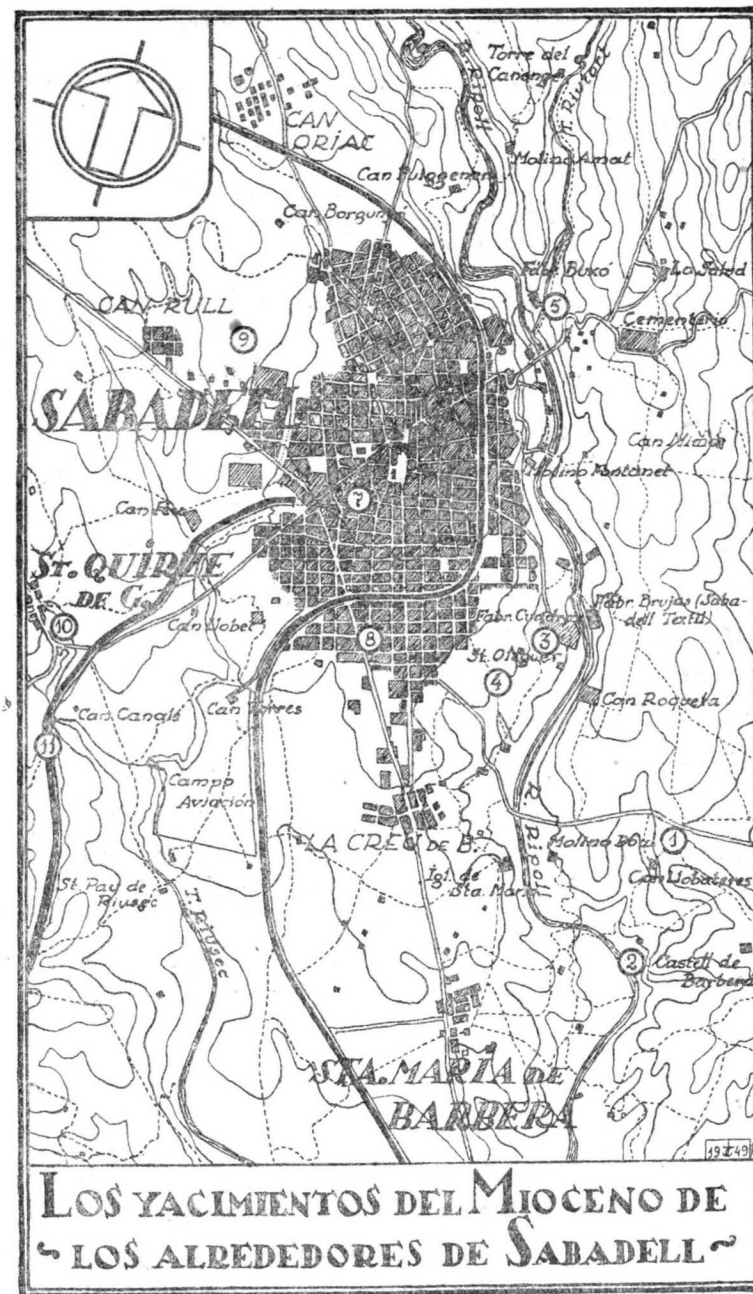


Fig. 3.—Enumeración de los yacimientos: 1) Can Llobateres. 2) Castell de Barberá. 3) Pozo fábrica Cuadras. 4) Sant Oleguer. 5) Pozo fábrica Buxó. 6) Riutort. 7) Túnel «FFCC de Cataluña». 8) Pozo fábrica Fochs. 9) Serra Cameró. 10) Mas Duran. 11) Trinchera de los «FFCC de Cataluña» (Sant Quirze). Escala 1:50.000

contramos muy recientemente una nueva localidad fosilífera con el hallazgo de un astrágalo y un centrotarsal asociados de *Hipparion*.

Más al N., a 2,5 kilómetros de estas localidades, y en otro pozo alumbrado para usos industriales en la fábrica «Ramón Buxó e Hijos», en la confluencia del Ripoll y el Riutort y a 20 metros de profundidad, se hallaron nuevos restos fosilíferos (*Deinotherium laevius* Jourdan, y un Cérvido indeterminado). Aguas arriba del afluente mencionado, en las cercanías de la Torre del Canonge, también se verificó un interesante hallazgo aislado de la misma especie, representado por un molar inferior y un buen número de huesos que, junto con el de un metapodio de «*Mastodon*», descubierto en las arcillas miocénicas situadas debajo de la segunda terraza del Ripoll, en las inmediaciones de Can Puiggener, constituyen los hitos paleomastológicos más septentrionales de la cuenca del Ripoll.

Por más que no tenga un gran interés desde el punto de vista que aquí importa, señalemos de paso las citas de «*Mastodon*» sp. en Can Alzina, en la linde con el término de Polinyá; de un pretendido *Trilophodon angustidens* (Cuvier) en La Salud (30 bis) y de *Testudo* sp. en Sant Nicolau.

En el lado O. de Ripoll, por debajo de la citada terraza alta en la propia zona urbana de Sabadell, han menudeado los hallazgos (29) gracias a los numerosos pozos alumbrados para usos industriales o domésticos y a la apertura del túnel suburbano de los «Ferrocarriles de Cataluña». Todo ello ha permitido obtener la siguiente asociación faunística de vertebrados fósiles:

- Testudo nova* sp. (in-litt.).
Metarctos batalleri Viret.
Ictitherium orbignyi Gaudry.
Dorcatherium jourdani Filhol.
Hipparion nova sp. (Pirlot in-litt.).
Dicerorhinus schleiermacheri (Kaup).
 ? *Tragoceras* sp.
Tetralophodon longirostris (Kaup).
 ? *Deinotherium giganteum* Kaup.

que por la presencia del *Hipparion* de tipo arcaico, caracteriza el Meótico. Destacan por su interés los hallazgos realizados en el mencionado túnel subterráneo a 15 metros de profundidad (2) (un magnífico conjunto de restos del citado Mastodonte, debajo del cruce de las calles Virgen del Pilar y Fernando Casablanca, un notable ejemplar de una nueva especie de tortuga y un fragmento de maxilar de *Metarctos*), la doble mandíbula del *Hipparion* de la fábrica «Fochs», a 30 metros de profundidad debajo de la calle de Buxeda, cerca de la carretera de Barcelona (31) (32) y el del *Dicerorhinus* y el *Ictitherium* realizados en un pozo situado en el cruce de la calle de Calders y la avenida de José Antonio y a 25 metros de profundidad (12) (33). Las demás especies citadas, algunos restos vegetales atribuidos por Bataller (2) a *Typha* y *Quercus*, así como otros restos de imposible clasificación, proceden de perforaciones practicadas en diversos lugares de la ciudad: Riereta cruce con carretera de Tarrasa (Antiguas Destilerías Costa), calle Mayor en la Cruz-Alta, calle de Sallarés, calle del Taulí, etcétera, o en las cercanías de la parte occidental de la ciudad: «Manufacturas Carol», en la margen derecha de La Riereta, Serra d'En Cameró, Can Borguñó y el Mas

Duran, ya en las inmediaciones de Sant Quirze de Galliners (1)¹.

Finalmente, debemos mencionar al S. del yacimiento objeto de esta nota la presencia de niveles fosilíferos, descubiertos por el primero de los firmantes, en los ribazos situados debajo del Castell de Barbará (34), en unas arcillas muy silíceas con un suave buzamiento hacia el SE., en tramos bastante inferiores estratigráficamente a los hasta ahora considerados. Desgraciadamente, el hecho de ser el más inferior de los yacimientos de la zona del Ripoll y el de haber proporcionado una asociación ambigua:

Testudo nova sp. (probablemente la misma del subsuelo de Sabadell).

? *Testudo bolivari* Hernández Pacheco.

Dicerorhinus cfr. sansaniensis (Lartet).

Cérvido indeterminado.

Micromeryx flourensianus Lartet,

no permite llegar a conclusiones definitivas referentes a la edad exacta del nivel. Sin embargo, existen dos razones que se complementan entre sí para presumir su probable atribución al Vindoboniense: una positiva, como es la presencia de una forma (desgraciadamente representada por escasos restos) afín al *Dicerorhinus sansaniensis*, típico hasta ahora del Vindoboniense, y otra negativa, como es la ausencia, hasta ahora, del menor resto de *Hipparion*, que

¹ El *Hipparion* del Mas Duran, hallado por el naturalista sabadellense Benessat en el último cuarto del siglo pasado, fué el que inclinó definitivamente a Almera a aceptar como pontienses los depósitos continentales del Vallés. Este hecho resulta hoy paradójico por cuanto no se trata, como se ha dicho, del *Hipparion gracile*, sino de una nueva especie más arcaica que caracteriza nuestro Meótico.

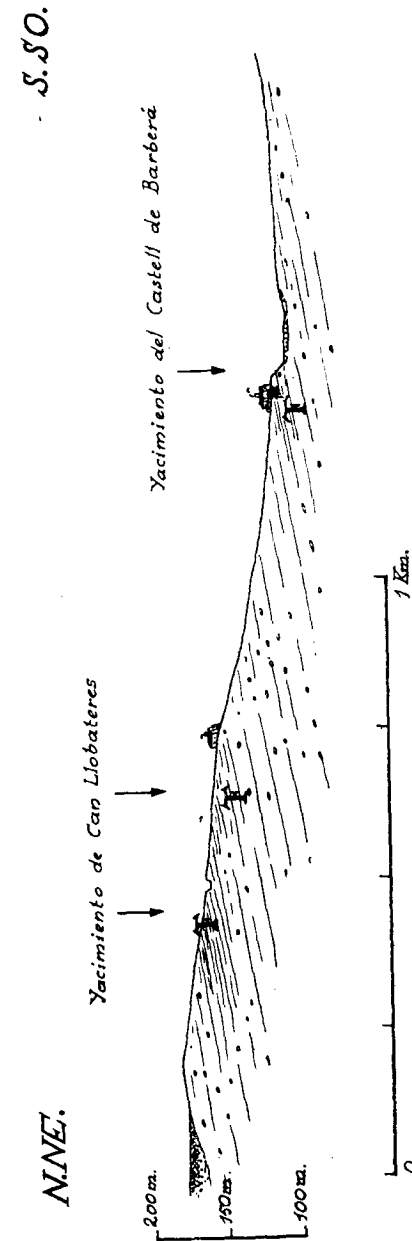


Fig. 4.— Situación relativa de los yacimientos de Can Llobateres y del Castell de Barbará.

suele ser tan frecuente en los niveles meóticos de la región. No obstante, debemos indicar que la facies litológica de este yacimiento es del todo análoga (arcillas arenosas, ama-

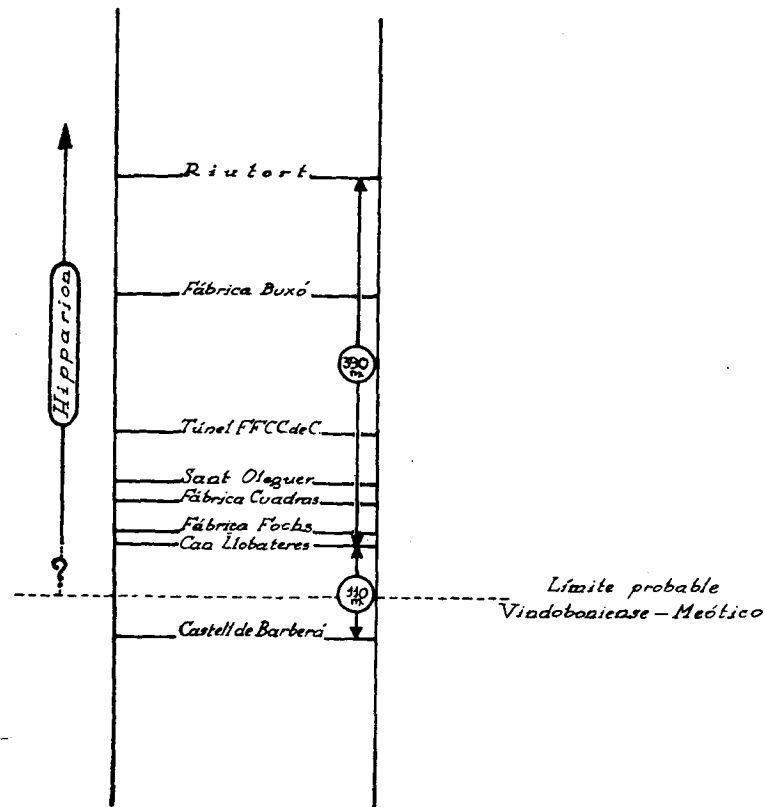


Fig. 5.—Los diversos horizontes fosilíferos en la zona del Ripoll.

rillentas con frecuentes nódulos de creta) a la de los inmediatos niveles de Can Llobateres y a los de todo el Meótico de la zona (fig. 4).

* * *

Aun teniendo en cuenta los buzamientos particulares de cada localidad fosilífera, puede establecerse con cierta aproximación que los niveles de fábrica Fochs, calle de Cal-

ders, fábrica Cuadras y Sant Oleguer, son casi sincrónicos del de Can Llobateres, mientras que los restantes del subsuelo de Sabadell, el de la fábrica Buxó y, a mayor abundamiento, los de Can Puiggener y Riutort, pertenecen a horizontes bastante más elevados. Por el contrario, el del Castell de Barberá queda ubicado a más de cien metros por debajo del que nos ocupa. Con las reservas anteriormente apuntadas es posible, pues, que la separación entre el Vindoboniense más alto y el Meótico quede situada entre estos dos últimos horizontes (fig. 5).

Puede inferirse de todo lo expuesto que el yacimiento de Can Llobateres es con toda probabilidad el más inferior del Meótico en esta zona y, por tanto, posiblemente sincrónico con el de Can Ponsich, en la parte occidental del Ripoll, que ocupa una posición análoga (a unos 30 metros por encima del Vindoboniense de la trinchera del ferrocarril en Sant Quirze) en aquella serie miocénica.

RESUMEN

En el presente trabajo se da a conocer la asociación faunística *Plesiodimylus chantrei*-*Hipparion* en el yacimiento del Meótico de Can Llobateres (Vallés-Penedés). Esta asociación es inédita en la literatura paleomastológica y consecuentemente ofrece también la particularidad de demostrar por primera vez la presencia de un Dimírido en el Pontiense *sensu lato*.

Se razona, además, estratigráfica y faunísticamente, la ubicación del citado yacimiento en los niveles inferiores del Pontiense del Vallés, considerados en su sentido más amplio.

Museo de Sabadell, agosto de 1949.

ADDENDA.

Después de la redacción del presente trabajo, podemos añadir tres nuevos datos paleontológicos sobre la zona estudiada. El primero de ellos se refiere a la localización de nuevos tramos fosilíferos en las inmediaciones del yacimiento objeto de esta nota, correspondientes a un horizonte algo inferior y, por lo tanto, ligeramente más próximo desde el punto de vista estratigráfico (unos 10 metros) a la pretendida divisoria entre el Meótico y el Vindoboniense (estos nuevos tramos fértiles vienen ya indicados en la figura 4 del texto). Los restos fósiles fueron hallados gracias a la apertura de un nuevo camino que une la carretera ya indicada de Sabadell a Mollet con la fuente de Can Llobateres y que llega a afectar el Mioceno después de atravesar la terraza de 50 metros de la que se ha hecho referencia anteriormente. Los primeros materiales hallados que llegaron a nuestras manos por conducto del distinguido prehistoriador sabadellense don Vicente Renom, no permiten una atribución precisa. Se trata de un fragmento de tibia de un Artiodáctilo selenodonto (Cérvido o Antilópido), de talla media, y de algunas placas de *Testudo* sp., la misma forma hallada en el yacimiento inmediato. Más tarde ha sido obtenido un maxilar de *Prolagus oenningensis*, especie inédita para la localidad¹.

El segundo dato se refiere al hallazgo de numerosos restos de extremidades del *Hipparion* arcaico en un pozo de la Fábrica Marcet, S. A., a 73 metros de profundidad que nos fueron proporcionados por el propietario, nuestro distinguido amigo don José M.^a Marcet, Alcalde de Sabadell, y gran protector de nuestra labor paleontológica.

El tercer dato es de mucho mayor interés biogeográfico, pues viene a confirmar la persistencia del *Plesiodimylus chantrei* en el Meótico, por haberse hallado por segunda vez y, en esta ocasión, en un yacimiento cuya asociación faunística es mucho más demostrativa que en el caso del de Can Llobateres. Se trata del hallazgo de un fragmento de man-

¹ Durante la corrección de pruebas del presente trabajo se puede ya indicar el hallazgo de una brecha osífera en este mismo punto con un material muy notable, entre el cual se destaca una *Progenetta*, que está en estudio.

díbula izquierda con el M2 en la localidad de Can Ponsich (9) (29), cuya biocenosis es actualmente la siguiente:

Plesiodimylus chantrei Gaillard.
Limnonyx sinerizi Crusafont (in-litt.).
Talpa vallesensis Villalta et Crusafont.
 «*Machairodus*» sp.
Monosaulax minutus Meyer.
Cricetodon cfr. *gregarius* Schaub.
Cricetodon (grupo *sansaniensis-decedens*).
Prolagus oenningensis Meyer.
Hipparion catalaunicum Pirlott (in litt.).
Aceratherium incisivum Kaup.
Dicerorhinus schleirmacheri Kaup.
Dicerorhinus sansaniensis Lartet.
Taucanamo sp.
Hvotherium simorreense Lartet.
 Listriodóntido (¿género nuevo?).
Micromeryx flourensianus Lartet.
Tragocerus sp.
Capreolus sp.
Dorcatherium jourdani Filhol.
 «*Mastodon*» sp.

Las características del ejemplar de Can Ponsich concuerdan absolutamente con las del de Can Llobateres. Las medidas tomadas sobre el mismo son las siguientes:

M2. Longitud, 3,00 mm.
 Anchura, 1,30 mm.
 Altura de la mandíbula bajo M1, 2,10 mm.

Enero de 1951.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALMERA, J., y BOFILL, A.: Descubrimiento de grandes mamíferos fósiles en Cataluña.—*Crónica Científica*. Tomo X. Barcelona, 1887.
- (2) BATALLER, J. R.: Los yacimientos de vertebrados miocénicos de Cataluña.—*Comp. Rend. du XIV Congrès Géol. Intern. de 1926*. Fasc. II. Madrid, 1928.

- (3) VILLALTA, J. F., y CRUSAFONT, M.: La Paleomastología española en los últimos años.—*Arbor*. Revista. Gen. del Cons. Sup. de Invest. Cientif. Tomo III. Madrid, 1945.
- (4) CRUSAFONT PAIRO, M.: El sistema miocénico en la depresión española del Vallés-Penedés.—*Intern. Geol. Congress*. 18th Session, de 1948 en Londres (en prensa).
- (5) TRUYOLS SANTONJA, J.: Nota previa sobre los moluscos del Mioceno continental de la Depresión Prelitoral Catalana.—*Congreso hispano-portugués de la Asociac. Esp. para el Prog. de las Ciencias*. San Sebastián, 1947. Publicado en *Las Ciencias*. Año XV. Núm. 1. Madrid, 1950.
- (6) CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F. DE: Sobre la caracterización de niveles meóticos en el Vallés.—*Museo de la Ciudad de Sabadell*. Tomo III. 1947.
- (7) CRUSAFONT PAIRO, M.: El jaciment fósilífer de Can Llobateres. *Bol. Centre Excursionista «Sabadell»*. Vol. II. Núm. 13. Sabadell, 1930.
- (8) VILLALTA, J. F. DE y CRUSAFONT, M.: Tres nuevas localidades de mamíferos del Pontense del Vallés-Penedés.—*Bol. Real Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XLV. Madrid, 1943.
- (9) CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J.: Sobre el descubrimiento de un nuevo yacimiento del Meótico en el Vallés.—*Bol. del Inst. Geol. y Min. de España*. Tomo LX, 20.º de la 3.ª ser. Madrid, 1948.
- (10) CRUSAFONT PAIRO, M.: Cuestiones zoogeográficas en la Paleomastología del Neogeno de España.—*XIII Congrès. Internat. de Zool.* de 1948 en París (en prensa).
- (11) CRUSAFONT PAIRO, M.: *Limnonyx*, un nuevo Lútrido del Mioceno español.—*Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*. Núm. 20. Madrid, 1950.
- (12) VILLALTA, J. F. DE y CRUSAFONT, M.: Los Vertebrados del Mioceno continental de la cuenca Vallés-Penedés. I. Insectívoros. II. Carnívoros.—*Bol. del Inst. Geol. y Min. de Esp.* Tomo LVI. 16.º de la 3.ª ser. Madrid, 1943.
- (13) VILLALTA, J. F. DE y CRUSAFONT, M.: Nuevos Insectívoros del Mioceno continental del Vallés-Penedés.—*Notas y Com. del Inst. Geol. y Min. de Esp.* Núm. 12. Madrid, 1944.
- (14) HÜRZELER, J.: Beiträge zur Kenntnis der Dimylidae.—*Schweiz. Palaeont. Abhand.* Band. 65. Basel, 1944.

- (15) LARTET, E.: Notice sur la colline de Santan, suivie d'une recapitulation de diverses espèces d'animaux vertébrés fossiles trouvées soit à Sansan, soit dans d'autres gisements du terrain tertiaire miocène dans le bassin sous-pyrénéen.—Auch, 1851.
- (16) DEPERET, CH.: La faune de mammifères miocènes de La Grive Saint-Alban (Isère).—*Arch. du Mus. d'Hist. Nat. de Lyon*. Tome V. Lyon, 1892.
- (17) GAILLARD, CL.: Nouveau genre d'Insectivores, etc.—*Compt. rend. de l'Acad. des Sciences*. Paris, 1897.
- (18) GAILLARD, CL.: Mammifères miocènes nouveaux ou peu connus de La Grive Saint-Alban (Isère).—*Arch. du Mus. d'Hist. Nat. de Lyon*. Tome VII. Lyon, 1899.
- (19) HÜRZELER, J.: Säugetierfaunulae aus dem oberen Vindobonien der Nordwest-Schweiz. — *Eclogae Geologicae Helvetiae*. Vol. 32. Hum. 2. Basel, 1939.
- (20) HÜRZELER, J.: Zur revision der Dimylidae.—*Eclogae Geologicae Helvetiae*. Vol. 35. Núm. 2. Basel, 1942.
- (21) SEEMANN, I.: Die Insectenfresser, Fledermause und Nager aus der Obermiozänen Braunkohle von Viehhausen bei Regensburg.—*Paleontographica*. Band. LXXXIX. Abt. A. Stuttgart, 1938.
- (22) STROMER, E.: Die jungtertiäre fauna des Flinzes, etc.—*Abh. der Bayerischen Akad. d. Wiss. Math-Naturw. Abt. N. F.*, Heft, 48. Stuttgart, 1940.
- (22 bis). ZAPFE, H.: Eine mittelmiozäne Säugetierfauna aus einer Spaltenfüllung bei Neudorf and der March (CSR). *Osterreichische Akad. der Wissenschaften*. Wien, 1949.
- (23) SCHLOSSER, M.: Die Affen, Lemuren, Chiropteren, etc.—*Beitrage zur Palaont. Osterreich-Ungarns*. Band. VI. Wien, 1887.
- (24). OSBORN, H. F.: The age of Mammals.—New York, 1910.
- (25) MATTHEW, W. D.: A New and remarkable Hedgehog from the Later Tertiary of Nevada.—*Publ. Bull. Dept. Geol. Sci. Univ. California*. Vol. 18. 1929.
- (26) HÜRZELER, J.: Über einen Dimyloiden Erinaceiden (*Dimylechinus* nov. gen.) aus dem Aquitanien der Limagne. *Eclogae Geologicae Helvetiae*. Vol. 37. Núm. 2. Basel, 1944.
- (27) KORMOS, TH.: *Amblycoptus oligodon*, nov. gen. und nova sp. eine neue Spitzmaus aus dem Ungarischen Pliozan.—*Ann. Mus. Nat. Ungar.* XXIV. 1926.

- (28) WEGNER, R. N.: Tertiär und umgelagerte Kreide bei Oepeln (Oberschlesien). — *Palaeontographica*. Bd. LX. Stuttgart, 1913.
- (29) CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F. DE: El Mioceno continental del Vallés y sus yacimientos de Vertebrados.—*Publ. de la Fund. «Bosch y Cardellach»*. III. Sabadell, 1948.
- (30) DARDER PERICAS, B.: Estudio geológico de la comarca de Sabadell.—*Mem. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XIV. Madrid, 1931.
- (30 bis) ALMERA, J.: Sobre las especies de *Aceratherium lemanense*, *Mastodon longirostris* y un *Elephas* descubiertos en esta provincia de Barcelona.—*Bol. R. Acad. de Cienc. y Artes*. Tercera época. Tomo I. Barcelona, 1899.
- (31) BATALLER, J. R.: Mamífers fòssils de Catalunya. Nota paleontològica.—*But. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.* Terc. época. Vol. I. Núm. 3. Barcelona, 1921.
- (32) BATALLER, J. R.: Contribució a l'estudi de nous mamífers fòssils de Catalunya.—*Arxius de l'Inst. de Ciències*. Any 12. Núm. 1. Barcelona, 1924.
- (33) VILLALTA, J. F. DE y CRUSAFONT, M.: Los Vertebrados fósiles del Mioceno continental del Vallés-Panadés.—*Publ. Mus. de Sabadell*. Sabadell, 1941.
- (34) — Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. Hoja número 392, «Sabadell». Memoria explicativa. *Inst. Geol. y Min. de España*. Madrid, 1947.



El yacimiento meóico de Can Llobateres, en el Vallés-Penedés.

(Foto Truyols).



Los ribazos miocénicos del Ripoll en las cercanías del Castell de Barberá, Vallés-Penedés.

(Foto Crusafont).

Los nuevos mamíferos del neogeno de España

POR

M. CRUSAFONT PAIRO y J. F. DE VILLALTA

M. CRUSAFONT PAIRO y J. F. DE VILLALTA

LOS NUEVOS MAMIFEROS DEL NEOGÉNO DE ESPAÑA

Es deseo de los autores de la presente comunicación el dar a conocer en ella las numerosas novedades proporcionadas por los yacimientos de mamíferos del Neogeno español en el último decenio, durante el cual han realizado activas campañas de exploración y de reconocimiento por las diversas cuencas terciarias del país.

Estas exploraciones han dado como resultado el aumentar el caudal de nuestros conocimientos sobre la fauna paleomastológica de la Península Ibérica, ampliando considerablemente las listas de especies de diversas localidades, algunas de las cuales, como la de Hostalets de Pierola (Barcelona), en la cuenca del Vallés-Penedés, se ha situado ya entre las más ricas de Europa. Al mismo tiempo se han ido descubriendo algunos géneros y especies nuevas cuya enumeración por localidades y la exposición de sus diagnósticos es el objeto de la presente nota. Los autores han considerado interesante reunir en una breve comunicación los datos dispersos por diversas revistas, algunas de las cuales alcanzan, por lo demás, escasa difusión. Aparte de los que en esta nota se detallan, los demás tipos de mamíferos neogénicos de España, descritos con anterioridad a nosotros, son escasos, algunos de ellos, no obstante, de gran interés paleobiogeográfico: el *Leptobos*

concludensis descrito en 1845 (1) como una especie de *Bos* por Ezquerria del Bayo, del yacimiento de Conclud (Pontiense «sensu lato»), en la cuenca de Calatayud-Teruel; el nuevo género de Cérvidos (familia Muntiacidae), *Palaeoplaticeros*, con sus dos especies *P. hispanicus* y *P. palentinus*, descrito por Hernández Pacheco (E.) en 1915 (2) del yacimiento vindoboniense del Cerro del Otero, en Palencia (Cuenca del Duero); el *Dicerorhinus hispanicus* dado a conocer por Dantín Cereceda del mismo yacimiento en el propio año (3); el *Capreolus concludensis* descrito por el Dr. Hernández Pacheco (E.) del ya citado yacimiento de Conclud, en 1930 (4); el *Lagopsis peñai* (Royo) del Vindoboniense de Alcalá de Henares, en 1928 (5), y el *Metarctos batalleri* descrito por Viret en 1929 (6) y 1933 (7) del Meótico del subsuelo de Sabadell (cuenca del Vallés-Penedés). Es interesante asimismo señalar el *Hipparion gracile* subesp. *rocinantis* dada a conocer por Hernández Pacheco en 1921 del yacimiento pontiense de la Puebla de Almuradier (cuenca del Tajo) (8) y la nueva variedad *pyrenaicus* del *Amphicyon major* De Blainville, establecida por Deperet y Rerolle en 1885 (9) por unos restos de la cuenca de la Cerdaña española.

En los últimos diez años las novedades mastológicas del Neogeno de España han sido establecidas en su inmensa mayoría por los autores de la presente nota; se señala también una nueva especie de *Cricetodon* hallada por los firmantes y descrita por Schaub (*).

* * *

(*) Queda por considerar el *Anchitherium ezquerra*, especie creada por MEYER en 1840 (*Neues Jahrbuch für Min. Geog. und Pet. Kunde von Leonhard und Bronn*, Stuttgart, 1840), procedente del yacimiento vindoboniense del Cerro de San Isidro

INSECTÍVORA.

Familia *Talpidae*.

Talpa vallesensis Vill. et Crus. (11).

Talpa pontiense de talla superior a la de la *Talpa minuta* del Vindoboniense europeo, de adaptación a un régimen más excavador que aquélla y casi igual a la de la *Talpa* de Europa, según indica el índice humeral.

Localidad tipo: Can Purull (Viladecaballs), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inf.).

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

Familia *Erinaceidae*.

Lantanotherium sanmigueli, Vill. et Crus. (11).

Lantanotherium de nivel pontiense, cuya talla se mantiene claramente inferior a la del *L. sansaniense* del Vindoboniense de Europa.

Localidad tipo: Can Purull (Viladecaballs), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inf.).

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

Palerinaceus (*Postpalerinaceus* nov. subg.) *vireti* Crus. et Vill. (12). (Fig. 1.)

(Valle del Manzanares) que, por estar basada en materiales muy pocos ha de ser considerada como una especie crítica. La cuestión de los *Anchitherium* de Madrid será abordada por los autores, en un trabajo en vías de redacción sobre los Mamíferos miocénicos del valle del Manzanares.

Palerinaceus pontiense de talla superior al del *P. intermedius* del Vindobiniense de Europa, con caracteres craneanos evolucionados que le acercan a *Erinaceus* y que parece ser un fin de filum del género de Filhol. Anchura mínima al nivel de la fosa temporal, contenida 3,3 veces en la longitud cresta occipital-borde anterior del nasal;

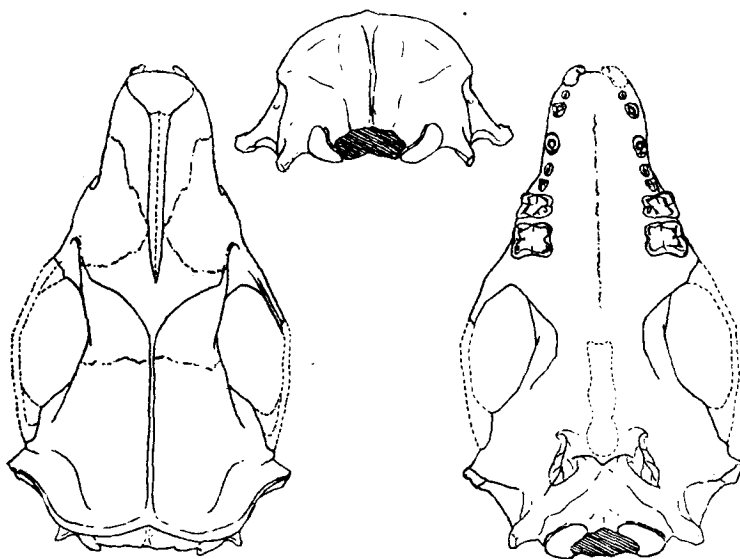


Fig. 1.—*Palerinceus* (*Postpalerinceus*) *vireti* CRUS. et VILL. Cráneo. Tam. 1/1,25. Col. Villalta, Barcelona. Subgenotipo.

anchura máxima de los frontales al nivel de las apófisis postorbitarias mayor que la distancia del foramen infra-orbitario al borde anterior del morro. Altura máxima desde el foramen magnum a la cima de la cresta occipital, igual a 3/4 de la anchura entre las apófisis paroccipitales. Cresta sagital fuerte; huesos nasales largos y estrechos, presencia de dos crestas frontales, I¹ superior caniniforme, D4 inferior con una estructura más simple que la del P4 inf.

Este diagnóstico no fué dado por los autores en la descripción de la nueva especie y se establece aquí a base de los datos incluidos en aquélla.

Localidad tipo: Can Trullás (Viladecaballs), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inferior).

Tipo: Colección Villalta (Barcelona).

CARNÍVORA.

Familia *Ursidae*.

Indarctos vireti Vill. et Crus. (13).

Indarctos vecino del *I. arctoides* Deperet, del Pontiense de Montredon, aunque de talla claramente inferior, con tuberculosa (M2) inferior más alargada en relación con el M1 comparativamente a la especie francesa. Metacónido de M1 inferior más soldado con la punta principal.

Localidad tipo: Can Purull (Viladecaballs), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inf.).

Tipo: Colección Villalta (Barcelona).

Agriotherium insignis Gervais mut. *pontiensis* Vill. et Crus (14).

Mutación arcaica del *A. insignis* del Plioceno de Europa caracterizada por su talla claramente inferior. Piezas con reborde basilar más pronunciado y cortedad relativa del M2 en relación con el M1 (inferiores).

El presente diagnóstico que no fué dado en la descripción original, se incluye aquí deducido de aquélla.

Localidad tipo: Can Purull (Viladecaballs), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inf.).
 Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

Familia *Mustelidae*.

Palaeomeles (nov. gen.) *pachecoi* Vill. et Crus. (15),
 (16) (figs. 2, 3 y 4).

Mélidos vindobonienses de pequeña talla, con caracteres afines a los géneros *Trochictis* y *Meles*, caracterizados, en el maxilar, por la reducción de la serie premolar;

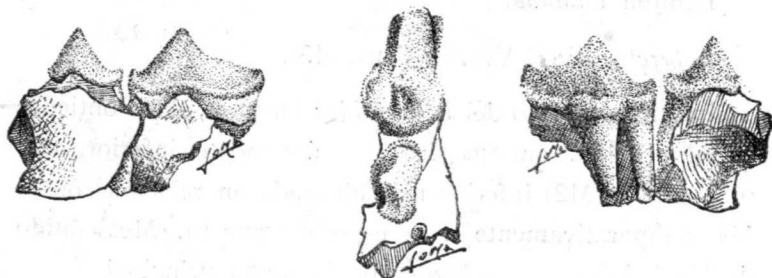


Fig. 2.—*Palaeomeles pachecoi* VILL. et CRUS. Fragmento de maxilar derecho con P 3 y P 4. Tam. 3/1. Col. Museo de Sabadell, Barcelona (España). Genotipo.

el P2 uniradiculado, P4 con longitud casi igual a la del M1, con protocono poco saliente y al nivel del paracono. M1 superior cuadrangular, más largo que ancho, faltando el tubérculo secundario de la parte externa del borde posterior; cuadrítuberculado, con el tubérculo interno-posterior muy pequeño. M1 inferior alargado, bajo y delgado, de estructura intermediaria entre las carniceras de *Trochictis* y *Meles*; trigónido bajo con tendencia a la reducción del protocónido en altura; metacónido fuerte y echado hacia atrás; talónido desarrollado en longitud, por lo menos igual a la del trigónido; cresta del entocónido con pequeños tubérculos; todo ello en un grado más mar-

cado que en las especies del género *Trochictis*, pero no tanto como en los *Meles*.

Localidad tipo: Hostalets de Pierola, cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Vindoboniense.

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

Enhydriodon lluecai Vill. et Crus. (17).

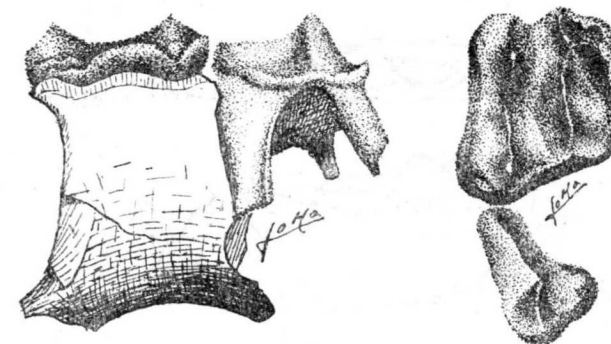


Fig. 3.—*Palaeomeles pachecoi* VILL. et CRUS. Fragmento de maxilar izquierdo con P 4 y M 1. Tam. 3/1. Col. Museo de Sabadell. Genotipo.

Enhydriodon primitivo, con mandíbula relativamente fuerte, fosa masetérica grande, llegando por debajo del M2 como en *Aonyx* y *Amblonyx*; región premolar poco retraída, premolares primitivos, alargados, singularmente P2 y P3. Cuarto premolar inferior con rudimento de punta póste-roexterna. M1 con talónido reducido y con punta única adosada al metacónido. M2 de contorno circular.

Localidad tipo: Los Algezares (Teruel), cuenca de Calatayud-Teruel.

Nivel: Pontiense «sensu lato».

Tipo: Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid).

Familia *Viverridae*.*Herpestes guerini* Vill. et Crus. (14).

Herpestes de talla ligeramente mayor que la de las especies vindobonienses, más evolucionada, con premolares menos agudos; P3 sin punta accesoria posterior; talónidos en general más alargados. M1 con trigónido corto y alto;

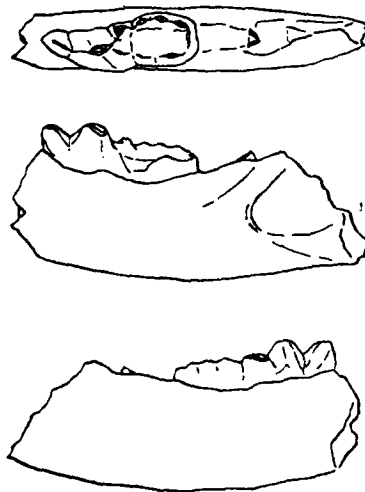


Fig. 4.—*Paleomeles pachecoi* VILL. et CRUS. Fragmento de mandíbula izquierda con el M 1. Tam. 2/1. Col. Museo de Sabadell, Barcelona (España). Paratipo.

talónido alargado con cuatro puntas; cresta uniendo el talónido con el trigónido; metacónido echado hacia atrás y muy alta, casi tanto como la punta principal.

Esta especie, de la cual hasta ahora no se conocía más que la mandíbula, está en plan de revisión por los autores por el hallazgo de nuevos materiales, y se cree que quizás deberá atribuirse a un género diferente de *Herpestes*.

Localidad tipo: Piera (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Pontiense «sensu stricto».

Tipo: Colección Guerin (Barcelona).

Familia *Hyaenidae*.*Ictitherium montadai* Vill. et Crus. (15).

Especie de *Ictitherium* con notables caracteres hieniformes, mucho más acentuados que en el *I. hipparionum* Gaudry, del Pontiense europeo, y que se concretan a la forma y caracteres del cráneo, de los maxilares y mandíbulas. Mayor retracción maxilar y mandibular, con consiguiente reforzamiento del protocónido de los premolares que se hacen cónicos; acortamiento del hipocónido, con correspondiente ensanchamiento del mismo, forma más aguda por adaptación a un régimen de carroña. Tuberculosas superiores de forma alargada y oval, formando con la carnicera un ángulo de mayor abertura que en las demás especies del género. Apófisis postglenoides más pronunciadas, con tendencia al tipo hiena. Frontal de pendiente suave y mayor abertura de las órbitas.

Localidad tipo: Hostalets de Pierola (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Vindoboniense.

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

Hyanenictis almerai Vill. et Crus. (14).

Hyanenictis relativamente evolucionado, habiendo perdido el P1 inferior, diastema muy reducido; mandíbula relativamente robusta; faz acortada y canino en posición más vertical. M1 inferior sin metacónido. P2 inferior, largo, poco agudo y con punta anterior desarrollada.

Esta especie había sido atribuida antes de los autores a *H. graeca* Gaudry, por Bataller (27).

Localidad tipo: Sant Miquel del Taudell (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inf.).

Tipo: Museo Martorell, de Barcelona.

Familia *Felidae*.

Pseudaelurus marini Vill. et Crus. (15).

Especie ligeramente mayor que el *Pseudaelurus quadridentatus* Blainville, con P3 superior provisto de una punta accesoria anterior bien destacada y de sección regularmente oval alargada; carnecera superior con protocono en situación algo posterior y menos desarrollado que en aquella especie. Metacono corto.

Localidad tipo: Hostalets de Pierola (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Vindoboniense.

Tipo: Colección Villalta (Barcelona).

Albanosmilus (nov. gen. Vill. et Crus. non Kretsoi) *jourdani* (Filhol) (18) (figs. 5 y 6).

Machairodóntido de talla mediana, de caninos superiores con concavidad acusada a todo lo largo de la cara interna y visibles acanalamientos en la externa, habiendo perdido su antagonismo con el C inferior, incisiforme y echado hacia delante; P3 superior de tamaño mediano, con cuatro puntas (protostilo bifido); P4 superior de cuatro puntas, con protocono débil pero sostenido por raíz bien desarrollada. P3 inferior rudimentario con raíces soldadas. P4 inferior con cuatro puntas subiguales. Carnecera inferior bialada sin metacónido ni talónido.

El género *Albanosmilus* fué establecido por Kretsoi para el «*Machaidorus*» *jourdani* Filhol de la Grive Saint-Alban, pero el diagnóstico de este autor es incompleto y erróneo.

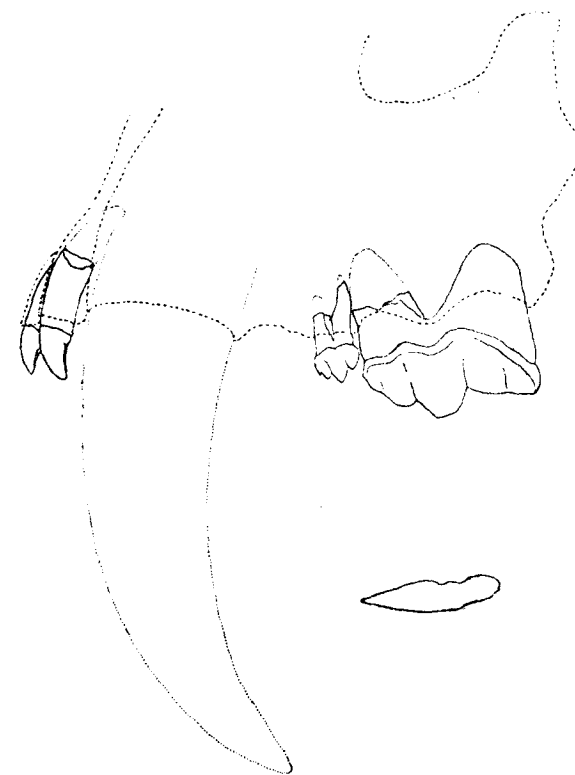


Fig. 5.—*Albanosmilus jourdani* (FILHOL). Perfil ideal del maxilar izquierdo e implantación de las piezas superiores y sección del canino. Tam. nat. Col. Museo de Sabadell, Barcelona (España). Hipotipo.

Los autores establecieron en 1943 un nuevo género respetando el nombre propuesto por el zoólogo húngaro.

Localidad tipo: Sant Quirze de Galliners (Sabadell), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Vindoboniense.

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

RODENTIA.

Familia *Castoridae*.

Castor vidali Crus., Vill. et Bat. (19).

Castor del Pontiense con P4 inferior muy desarrollado, con amplia unión del mesofléxido con el hipofléxido, formando un surco relleno de cemento. Fléxidos y fosétidas simples.

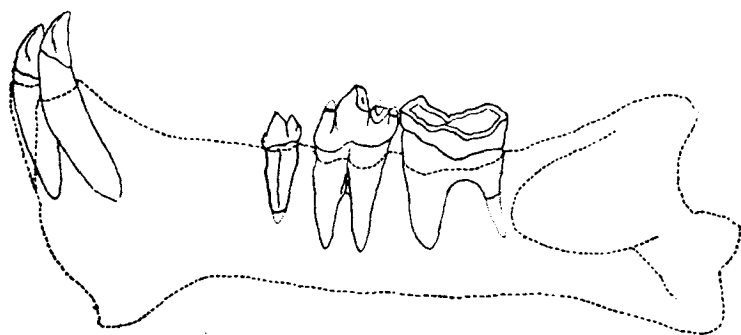


Fig. 6.—*Albanosmilus jourdani* (FILHOL). Perfil ideal de la mandíbula izquierda e implantación de las piezas inferiores. Tam. 2/3. Col. Museo de Sabadell, Barcelona (España). Hipotipo.

El diagnóstico no fué establecido por los autores en su descripción, pero se incluye aquí a base de los datos de aquélla.

Localidad tipo: Seu d'Urgell (Lérida), cuenca de Seu d'Urgell.

Nivel: Pontiense.

Tipo: Colección Guerin (Barcelona).

Familia *Cricetidae*.

Cricetodon ibericus Schaub (20), (21).

El diagnóstico específico no fué establecido por el autor, pero de la descripción se deduce tratarse de una forma afín por la talla con el *C. gregarius*, pero separable de ésta por tener el lóbulo anterior del primer molar inferior menos estirado y por la distinta correlación entre la longitud y la anchura del M1; el lóbulo anterior de los molares inferiores (*vorderknospe*) es bipartido en lugar de simple, y el sinclinal externo (*aussenbucht*), que es encorvado hacia atrás en todos los molares inferiores de *C. gregarius*, no muestra esta curvatura más que en el M3.

Localidad tipo: Hostaletç de Pierola (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Pontiense.

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

PERISSODACTYLA.

Familia *Equidae*.

Anchitherium sampelayoi Vill. et Crus. (22).

Anchitherium terminal, evolucionado, de gran talla, con marcada tendencia a la hipsodontia; cíngulo basal casi obsoleto, más aún en las piezas juveniles; homeodontia más marcada que en las formas arcaicas; extraordinaria reducción de la dentición de leche; forma especial del D2.

Por primera vez se demostró de manera fehaciente la coexistencia en España del *Anchitherium* con el *Hipparion gracile* durante el Pontiense.

Localidad tipo: Nombrevilla (Zaragoza), cuenca de Calatayud-Teruel.

Nivel: Pontiense «sensu lato».

Tipo: Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).

Hipparion crusafonti Villalta (23).

Hipparion del grupo morfológico del *H. gracile-mediterraneus*, pero mucho más evolucionado, con tendencias equinas que se manifiestan por la alineación rectilínea de las bandas de esmalte que separan el metacono del paracono en los molares superiores y las externas en los inferiores; por el alargamiento de las piezas de la mandíbula; por la faceta mucho menos inclinada del cuneiforme en los metacarpianos y la posición más horizontal de la del pequeño cuneiforme en los metatarsianos medios. Aspecto de las líneas de esmalte muy anguloso y bastante rizado. Metastílido y metacónido muy angulosos. Protocono de triangular a fusiforme. Metápodos largos, aunque muy robustos. Superficie proximal de los metacarpianos más extendida en sentido lateral.

La presente nueva especie fué descrita por el señor Villalta en una nota preliminar, y su conocimiento será completado por el mismo en su tesis doctoral en vías de preparación.

Localidad tipo: Villaroya (Logroño), cuenca del Ebro.

Nivel: Villafranquiense (Plioceno superior).

Tipo: Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).

Familia *Elasmotheriidae*.

Hispanotherium (nov. gen. Crus, et Vill.) *matritense* (Prado) (24) (figs. 7, 8 y 9).

Elasmotérido primitivo, menos hipsodonto que los demás géneros de la familia; molares superiores alargados, rellenos y rodeados de cemento, con protocono estrangulo-

lado, con ligeras arrugas de esmalte en el lado interno y parte media del protolofo y M2 con dos cristas y con gan-

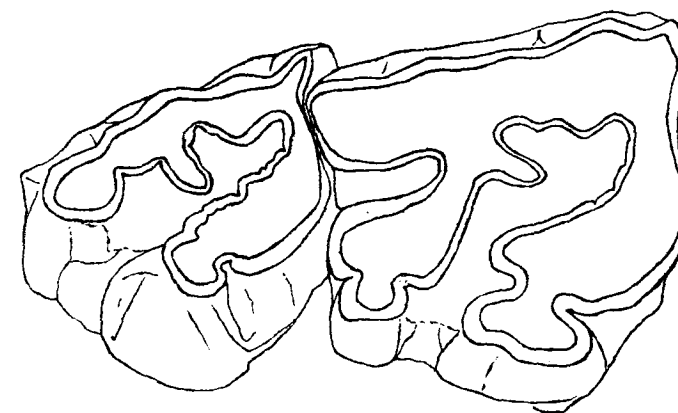


Fig. 7.—*Hispanotherium matritense* (PRADO) M 2 y M 3 sup. derechos. M 2 es el holotipo y el M 3 un lectotipo. Tam. nat. Col. Escuela de Minas. Madrid.

cho y antiganchos. Piezas inferiores con gran reducción de la serie premolar, pilar del metacónido estrechado por am-

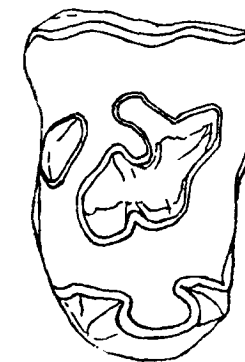


Fig. 8.—*Hispanotherium matritense* (PRADO) P 4 sup. derecho. Hipotipo. Tam. nat. Col. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

bos lados, metalófidio acortado, convergencia de las puntas internas de los lófidios, existencia de cemento relleno

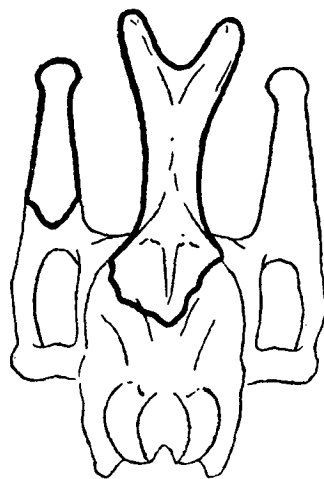


Fig. 11.—*Triceromeryx pachecoi* VILL. CRUS. et LAV.
Restauración ideal del cráneo por su norma occipital.
Col. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

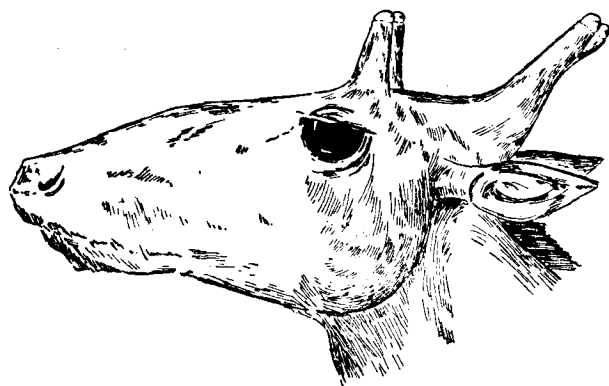


Fig. 12.—Restauración ideal de la cabeza del *Triceromeryx*. Tam. 1/6 aprox.

neopitecoide; cúspides secundarias en la crista lingual; corona alta.

Localidad típica: Hostalets de Pierola (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Vindoboniense.

Tipo: Museo de Sabadell, Barcelona (España).

Hispanopithecus (nov. gen.) *laietanus* Vill. et Crus. (26).
(figura 13).

Pongidae caracterizado por la extraordinaria reducción de los índices de anchura de los molares inferiores, de los



Fig. 13.—*Hispanopithecus laietanus* VILL. et CRUS.
Serie inferior derecha. Tam. 2/1. Col. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. Genotipo.

cuales el M2 es el más ancho, excediendo en muchas unidades al índice de los otros dos, aunque casi equidistante; corona baja; relieve somero y con valles de pendientes suaves; M3 neopitecoide; cingulo obsoleto y reducido a un hoyo bucal. Mandíbula comprimida. Región premolar retraída, pero con piezas de estructura bastante primitiva.

Localidad típica: La Tarumba (Barcelona), cuenca del Vallés-Penedés.

Nivel: Meótico o Vallesense (Pontiense inf.).

Tipo: Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).

* * *

Para terminar esta breve nota, diremos que existen dos nuevos géneros de Giráfidos en vías de descripción en la ya citada tesis de Crusafont. Uno de ellos es *Birgerbohlinia*, un nuevo representante de los Sivatheriinae, procedente del Pontiense «sensu stricto» del yacimiento de Piera (Barcelona), en la cuenca del Vallés-Penedés, y el otro, *Decennatherium*, un nuevo miembro de la subfamilia Giraffinae del Pontiense «sensu lato» de Nombrevilla (Zaragoza), en la cuenca de Calatayud-Teruel. Entre los materiales descubiertos por nosotros en los últimos años existen todavía diversas otras novedades no descritas y que serán objeto de próximos trabajos de los autores (*).

Museo de Sabadell, diciembre de 1949.

CARNIVOROS:

Hyaena marini nova sp. (VILLALTA, J. F. de: Contribución al conocimiento de la fauna de mamíferos fósiles del Plioceno superior de Villarroya. Tesis. En prensa).

Lutra sinerizi nova sp. (VILLALTA, J. F. de: *Ibidem*).

Canis cipio nova sp. (CRUSAFONT, M.: El primer representante del género *Canis* en el Pontiense eurasiático. En prensa).

Limnonyx (nov. gen.) *sinerizi* nova sp. (CRUSAFONT, M.: *Limnonyx*, un nuevo Lútrido del Mioceno español. En prensa).

Eomellivora liguritor nova sp. (CRUSAFONT, M.: Los Carnívoros del yacimiento pontiense de Los Valles de Fuentidueña (Segovia). En vías de redacción).

ROEDORES:

Sciuropterus albanensis quircensis nova subsp. (VILLALTA, J. F. de: Sobre un Esciuróptero del Vindoboniense del Vallés-Penedés. En prensa).

(*) En el momento de la presentación de esta nota son ya varias las novedades que se suman a las anteriores. Por tratarse de formas que se describen en trabajos todavía en prensa, sólo se incluye su relación, guardándose para una nota posterior el detalle de sus diagnósticos. La lista de estas últimas novedades es la siguiente:

ARTIODACTILOS:

Decennatherium (nov. gen.) *pachecci* nova sp. (CRUSAFONT, M.: Los Giráfidos fósiles de España. Tesis. En prensa).

Birgerbohlinia (nov. gen.) *schaubi* nova sp. (CRUSAFONT, M.: *Ibidem*).

Sabadell, 1950.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) EZQUERRA DEL BAYO: Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España.—*Anales de Minas*. Tomo XIII. Madrid, 1845.
- (2) HERNÁNDEZ PACHECO, E.: Un nuevo grupo de Cervicornios miocenos.—*Rev. de la R. Acad. de Cienc. Exact. Fis. y Natur.* Madrid. Marzo, 1914.
- (3) HERNÁNDEZ PACHECO, E., y DANTIN CERECEDA, J.: Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia.—*Com. de Invest. Paleont. y Prehist.* Mem. núm. 5 Madrid, 1915.
- (4) HERNÁNDEZ PACHECO, E.: Un Suido y un nuevo Cérvido del yacimiento paleontológico de Concul (Teruel).—*Bol. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XXX. Madrid, 1930.
- (5) — Memoria explicativa de la hoja núm. 560. Alcalá de Henares.—*Instituto Geológico y Minero de España*. Madrid, 1928.
- (6) VIRET, J.: *Cephalogale batalleri*, carnassier du Pontien de la Catalogne.—*Bull. de la Soc. Hist. Nat. de Toulouse*. T. LVII. Toulouse, 1929.
- (7) VIRET, J.: Nouvelles observations sur un Simocyonidé du Pontien de la Catalogne.—*Assoc. pour l'étude de la Médit. occ. Géologie des Pays catalans*. Vol. III. 3^{ème}. part. núm. 27. Barcelona, 1933.
- (8) HERNÁNDEZ PACHECO, E.: La llanura manchega y sus mamíferos fósiles.—*Com. de Invest. Paleont. y Prehist.* Mem. núm. 28. Madrid, 1921.
- (9) DEPERET, CH. y REROLLE, L.: Note sur la géologie et sur les mammifères fossiles de la Cerdagne.—*Bull. de la Soc. Geol. de France*. 3^{ème}. ser. T. XIII. Paris, 1885.
- (10) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Los Insectívoros del Vindoboniense de la cuenca del Vallés-Penedés. — *Las Ciencias*. Año VII. Núm. 1. Madrid, 1942

- (11) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Nuevos Insectívoros del Mioceno continental del Vallés-Penedés.—*Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de Esp.* Núm. 12. Madrid, 1944.
- (12) CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F.: Sur un nouveau *Palerinaceus* du Pontien d'Espagne.—*Eclogae Geologicae Helvetiae*. Vol. 40. Núm. 2. Bâle, 1947.
- (13) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: *Indarctos vireti* nova sp. un nuevo Ursido del grupo de los Hemiciónidos del Mioceno sup. del Vallés.—*Cons. Sup. de Invest. Cientif. Centro «Lucas Mallada»*. Madrid, 1943.
- (14) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Nuevas aportaciones al conocimiento de los Carnívoros pontienses del Vallés-Penedés. — *Publ. del Inst. Geol.* Vol VII. Barcelona, 1945.
- (15) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Los Vertebrados del Mioceno continental de la cuenca Vallés-Penedés. I. Insectívoros. II. Carnívoros.—*Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp.* Tomo LVI. Madrid, 1943.
- (16) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Nuevos Carnívoros del Vindoboniense de la cuenca del Vallés-Penedés.—*Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de Esp.* Número 13. Madrid, 1944.
- (17) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: *Enhydriodon lluecai* nova sp., el primer Lútrido del Pontiente español.—*Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XLIII. 1945.
- (18) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Contribución al conocimiento del *Albanosmilus jourdani* (FILHOL). — *Cons. Sup. de Invest. Cient. Centro «Lucas Mallada»*. Madrid, 1943.
- (19) CRUSAFONT, M., VILLALTA, J. F. y BATALLER, J. R.: Los Castores fósiles de España.—*Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp.* Tomo 61. Madrid, 1948.
- (20) SCHAUB, S.: Cricetodontiden der Spanischen Halbinsel.—*Eclogae Geologicae Helvetiae*.—Vol. 37. Núm. 2. Basel, 1944.
- (21) SCHAUB, S.: Los Cricetodóntidos del Vallés-Penedés.—*Estudios Geológicos*. Núm. 6. Madrid, 1947.
- (22) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Un *Anchitherium* en el Pontiente español: *Anchitherium sampelayoi* nova sp. *Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de Esp.* Núm. 14. Madrid, 1945.

- (23) VILLALTA, J. F.: Una nueva especie de *Hipparion* del Villafranchiense.—*Arrahona*. Rev. del Museo de Sabadell. Núms. 1-2. Sabadell, 1950.
- (24) CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F.: Sobre un interesante Rinoceronte (*Hispanotherium* nov. gen.) del Mioceno del Valle del Manzanares. Nota preliminar.—*Las Ciencias*. Año XII. Núm. 4. Madrid, 1947.
- (25) VILLALTA, J. F., CRUSAFONT, M. y LAVOCAT, R.: Primer hallazgo en Europa de Rumiantes fósiles tricornios.—*Publ. del Museo de Sabadell. Com. cient. Paleont.* Sabadell, 1946.
- (26) VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: Dos nuevos Antropomorfos del Mioceno español y su situación dentro de la moderna sistemática de los Símidos.—*Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de Esp.* Núm. 13. Madrid, 1944.

Los nuevos campos petrolíferos del Bajo
Pirineo francés

POR

JOSE CANTOS FIGUEROLA

JOSE CANTOS FIGUEROLA

LOS NUEVOS CAMPOS PETROLIFEROS DEL BAJO PIRINEO FRANCES

A consecuencia de la visita realizada durante el verano de 1949 a la zona de Paut-St. Gaudenz, se dió una breve nota (1), de la que se desprendía nuestro franco optimismo en cuanto al futuro petrolífero de las estructuras de aquella zona.

Hasta aquel momento se habían encontrado numerosos diapiros y pliegues favorables y el campo para nuevas prospecciones parecía inmenso. Además, los yacimientos de gas natural explotable ya surtían a las ciudades de Pau-Toulouse y Burdeos. Pero, entonces, no poseían aun más que buenos índices petrolíferos, ya que la mayor producción del mejor sondeo era tan sólo del orden de las 6 toneladas diarias, según dimos a conocer en aquella ocasión.

Pues bien, en nuestra reciente excursión se ven las cosas muy cambiadas, confirmándonos plenamente aquellas esperanzas del año pasado, puesto que la nueva estructu-

(1) Notas breves sobre las investigaciones petrolíferas en el Bajo Pirineo francés, por José Cantos Figuerola.—*Notas y Comunicaciones* del Instituto Geológico y Minero de España, número 20.

ra de Lacq se puede considerar ya como un legítimo yacimiento de petróleo.

La situación es la siguiente: La Société National de Pétrole d'Aquitaine ha descubierto dicha estructura junto al mencionado pueblo de Lacq, a 25 kilómetros de Pau, junto a la misma carretera de Bayona. Su determinación se ha hecho únicamente por medio de métodos geofísicos de prospección, pues los recubrimientos modernos (cuaternario y mioceno) no han permitido actuar de otra forma. Únicamente se pudo localizar, por observaciones superficiales en la zona, el paso de una gran falla de dirección próximamente Levante-Poniente, coincidiendo con la de los grandes plegamientos de la región.

De lo que hemos podido observar en escasamente unas horas de visita, unido a las amables indicaciones de nuestro colega señor Maugis, deducimos que la estructura es una cúpula alargada, de unos 5 kilómetros de longitud por 3 kilómetros de anchura (dimensiones sólo supuestas, de acuerdo con lo visto). Sus flancos tienen muy suave caída, pues las diferencias máximas de nivel del mismo banco, de un sondeo a otro, a distancias mutuas de 500 metros, son del orden de 70 metros.

Sondeos.—Hasta el momento han realizado, o se encuentran trabajando en ellos, un total de 10 sondeos, distribuidos en forma de cuadrícula de 500 metros de lado.

Los sondeos han atravesado el mioceno y a la profundidad de 600 a 700 metros (623 metros en el sondeo número 2 y 695 metros en el sondeo número 4) han cortado el techo del tramo campaniense del Cretáceo, constituido por una brecha caliza, seguida de calizas y dolomias fisuradas, más o menos impregnadas de petróleo y que forman el yacimiento actualmente en explotación.

Todos los sondeos han resultado productivos al llegar a la capa misma, con una presión en la boca de hasta 10 y 12 libras. Pero en los números 1 y 7 bombean por ser su salida natural, al parecer, mucho más pequeña. En los 9 y 10 no se había llegado todavía al yacimiento. En el número 3 se taponó la capa, que resultó igualmente productiva y a presión, y se continuó en busca de nuevos niveles posiblemente petrolíferos. Hoy se encuentran a los 1.450 metros sin salirse del Campaniense y pretenden llegar a los 3.000 metros.

Producción.—Los dos pozos más interesantes en la actualidad son los números 2 y 4. El primero tiene la capa productiva a los 623 metros. La presión de salida del petróleo es de 10 libras en la boca y con un tubo de poca sección la producción diaria puede ser del orden de 400 toneladas, aunque en la actualidad sea mucho menor, por falta de medios de almacenamiento y de vagones para el transporte.

El petróleo pasa por un sistema de grifos con separador para el gas a unos grandes tanques. El gas se quema a distancia, por no ser económico, de momento, su aprovechamiento.

El sondeo número 4 se explota en igual forma. La profundidad de la capa es de 695 metros; la presión es de cerca de 12 libras y la producción, según nos dijeron, es del orden de 500 toneladas de salida natural. Su producción actual está limitada por las mismas razones expuestas.

Geofísica.—Como se ha indicado ya, en esta zona recubierta por el Mioceno, no era posible descubrir la citada estructura, sino con ayuda de la Geofísica.

El método eléctrico no parecía muy adecuado al pro-

blema, y, sin embargo, dió algunas indicaciones de interés.

El gravimétrico fué aplicado, empleándose el gravímetro estático y, sin duda, debido a la suavidad de la estructura y poca diferencia de densidad de los bancos con relación a su profundidad, resultó prácticamente estéril. Únicamente el método sísmico de reflexión tuvo éxito rotundo. Pudieron interpretarse del orden de 10 a 12 espejos de reflexión, viéndose en los gráficos perfectamente la marcha de las capas del Secundario en forma de cúpula. Igualmente quedó determinada la posición de la falla que corta a la estructura longitudinalmente por uno de sus flancos. Puede que la falla, lejos de resultar perjudicial, haya sido su conducto de alimentación petrolífera.

El croquis del texto da una idea de lo que es un corte transversal al anticlinal, de acuerdo con los gráficos geofísicos y con el resultado de los sondeos.

Para complementar las enseñanzas de estos viajes relámpago, pero que confirman nuestro optimismo en cuanto al futuro petrolífero del subsuelo español, he creído de interés añadir unos datos recopilados de revistas científicas por nuestro compañero don Joaquín Borrego, pues aunque difieren en cuanto a producción de los tomados por nosotros recientemente, creemos de interés consignarlos por tratarse de las primeras pruebas de la caja: «Según aquéllos, la labor realizada por la S. N. P. A. durante cinco años representa unos 6.500 metros de perforación de sondeos hasta el primer pozo productivo de Lacq.

En estas investigaciones se ha recurrido a la Geofísica, la cual ha sido empleada en gran escala en la región cubierta por depósitos miocenos en busca de los diapiros triásicos de los Bajos Pirineos. El empleo de los métodos

eléctricos ha descubierto una serie de anomalías, y estos mismos lugares, estudiados después por el método sísmico, han resultado corresponder a estructuras enterradas, de orientación sensiblemente paralela a los pliegues aflorantes a la superficie más al sur.

Así es como fueron descubiertas las estructuras de Lacq de Soumoulou-Pau y Gan-Jurançon. Esta de Lacq ha sido la primera explotada por un pozo de 685 metros. La capa productiva está localizada a 635 metros, en un conglomerado brechoso del flysch cretáceo. El gasto de aceite en la boca del pozo ha sido de 3 metros cúbicos por día con 3 kilogramos de presión. El petróleo que produce es negro asfáltico, con olor fuertemente sulfurado. Por bombeo ha aumentado a 12 y después a 17 metros cúbicos por día, pero el nivel se deprime y se debe bombear a 450 metros de profundidad.

El pozo número 2 de Lacq ha sido emplazado 500 metros al oeste del precedente, próximo al ferrocarril de Pau-Bayonne.

Los terrenos atravesados por el sondeo han sido las molasas miocenas y las margas eocenas.

Después de importantes pérdidas de inyección en el fondo, la perforación fué suspendida a los 621,70 metros y comenzó a dar petróleo. Se supone que el aceite proviene de un horizonte subyacente y asciende por las fisuras o fallas del cretáceo hasta el pie de la perforación. La presión es de 61,500 kilogramos en el fondo.

Se ha aforado el gasto, pasando de 1 a 40 y 45 metros cúbicos por hora de un petróleo sin agua. La presión del fondo no baja más que 500 gramos. Esta producción corresponde a un millar de toneladas por día, aproximadamente.

El bombeo del petróleo en el pozo Lacq número 1 está en acción desde el comienzo del mes de febrero de 1950, al ritmo de 17 metros cúbicos por día.

La estructura de Pau-Soumoulou se estudia actualmente por sondeos. Esta sonda está a unos 100 metros al sur de la carretera nacional número 117, a 10 kilómetros de Pau y 5,500 kilómetros de Soumoulou. Al finalizar el mes de mayo alcanzó la profundidad de 1.200 metros con serias manifestaciones de gas y aceite.

Se trata de un petróleo verde, diferente del de Lacq y más parecido al de Saint Marcel (pozos 1 y 2).

Este yacimiento se encuentra en el contacto Eoceno-Cretáceo, exactamente en las calizas rosas Danienses.

Un equipo de prospección geofísica prosigue investigaciones por el método sísmico en la región de Tarbes-Bordères.

Los últimos perfiles ejecutados indican la probable existencia de una estructura enterrada en las proximidades de Tarbes.

En la zona de Bastennes-Gaujacq los ensayos de producción se han hecho a 2.400 metros. Se ha obtenido en cuarenta y ocho horas un gasto de 3.500 litros de petróleo mezclado con barro. El aceite presenta excelentes características.

Parece que más tarde se abordarán los problemas de los anticlinales clásicos de Sainte Suzanne, Saint Palais, Arancon-Bergoney, anticlinal de Gave de Monleón en la parte occidental del departamento de Basses-Pyrénées. Problema a resolver también el de la región de Peyrehorade-Bidache, con sus capas impregnadas de aceite y gas en los niveles gaseosos del flysch, con sus series invertidas, etc., y también las estructuras de Césans Lavardens

(Gers) y Villagranis-Landiras (Gironde), pliegues simples de gran amplitud representando las últimas ondulaciones pirenaicas al norte de Aquitania.»

En resumen, que estos importantes resultados, unidos al enorme éxito económico de las vecinas estructuras de la zona de St. Gaudenz, que suministran de gas a las ciudades de Pau, Toulouse y Burdeos, entre otras, deben de servir de aliciente para no abandonar nuestras prospecciones, desgraciadamente tan pobres, del subsuelo español.

Madrid, septiembre 1950.

Hidrología de Puertollano (La fuente acidula
de San Gregorio)

POR

JOSE MESEGUER PARDO

JOSE MESEGUER PARDO
Ingeniero de Minas

HIDROLOGIA DE PUERTOLLANO LA FUENTE ACIDULA DE SAN GREGORIO

La situación de los manantiales mineromedicinales en la superficie terrestre, más que a los rasgos geológicos de cada comarca se subordina a la geotectónica, pues en la mayor parte de los casos, las aguas llegan al exterior tras recorridos más o menos complejos que determinan los accidentes tectónicos, particularmente las superficies de contacto anormal de las distintas unidades y las fracturas o paraclavas que las hienden.

Dichos accidentes señalan, pues, las directrices sobre que debe apoyarse cualquier estudio amplio acerca de la hidrología de un país; mas ha de considerarse que las grandes tectoclasas sólo dibujan una línea probable de afloramientos o manantiales, ya que, en realidad, los que originan las surgencias son los cruces de las grandes fracturas con otras transversales secundarias, y por tal razón, las manifestaciones se localizan en puntos muy precisos.

Al examinar el excelente mapa de los manantiales mineromedicinales publicado por el Instituto Geológico y Mi-

nero de España, en 1947, se comprueba la distribución de las surgencias, según líneas que corresponden a los grandes accidentes geológicos de época relativamente moderna, señalados por la presencia de rocas hipogénicas.

Una categoría de fuentes digna de atención es la que comprende las acídulas en relación genética con las fases póstumas del vulcanismo que, como cabe imaginar, se localizan en las zonas eruptivas modernas.

El conjunto de surgencias de esta naturaleza que ofrece mayor interés en nuestra patria, se halla hacia el centro de la submeseta meridional castellana, en la región volcánica del Campo de Calatrava, donde brotan no menos de 30 manantiales bicarbonatados ferruginosos, a los que pueden añadirse algunos otros de importancia bastante menor.

La red de fracturas en conexión con tales fuentes, y que en época pliocena y cuaternaria originaron las conocidas erupciones de basalto y limburgita, afecta fundamentalmente a las cuarcitas y pizarras del Siluriano inferior u Ordoviciense. Las paraclasas principales, bastante verticales, se amoldan a las directrices hercinianas y siguen, en general, el rumbo NO.-SE.; la más importante es la que pudiera denominarse del Guadiana, que sigue un trazado rectilíneo de dirección SE.-NO., en una longitud superior a 225 kilómetros y acaso se prolongue hasta alcanzar el valle del Tajo. Queda señalada en la provincia de Toledo por el manantial de Espinoso del Rey, y en la de Ciudad Real, por los de Navalpino, Santa María, Piedrabuena y Almadén de Cervera, asentados a lo largo del valle del Guadiana, y luego por los hervideros de Fuentasanta, Chorrillo, Granátula, el manantial Antimonio y los de Villamanrique y Cervantes.

Las fracturas secundarias, debidas al diastrofismo postalpídico, se orientan en las direcciones S.SO.-N.NE. o SO.-NE., y han sido producidas por desenganches laterales que cortan más o menos ortogonalmente a los plegamientos variscicos.

El conjunto de litoclasas se ha rejuvenecido en época reciente a consecuencia de movimientos epirogénicos, y así ha podido originarse el intenso vulcanismo pliocuaternario, cuya fase póstuma aparece representada por el proceso hidrológico característico de la comarca.

Entre los manantiales carbónicos del Campo de Calatrava resalta, por su abolengo, la Fuente de San Gregorio, de Puertollano, que debe su nombre a la situación en un antiguo prado, donde existía una ermita bajo la advocación de dicho santo.

Goza el manantial de vieja nombradía, y ya el célebre catedrático compiutense Dr. Alfonso Limón, natural de Puertollano, consignaba en su *Espejo cristalino de las aguas de España*, que las de la fuente principal de aquella villa eran «las mejores y más eficaces que ay en el dicho Campo de Calatrava, y en toda España».

De antiguo se conocía la laguna en la que el agua «brotava de lo hondo acia arriba con fuerza, y ruido, y sólo servía para regar unas huertas». «Vino un extranjero y considerando el ímpetu con que el agua brotava, afirmó que avia suficiente cantidad de agua de pie en aquel sitio para molinos, y batanes, y que él la sacaría, púsose por obra, y no se pudo conseguir por causa de aver en el suelo un risco muy duro, y tan grande, que no fueron poderosos para romperle, y por ciertas roturas de él sale el agua azeda brotando con ímpetu, como en la misma fuente se

reconoce hoy. Desistieron de este intento, y quedó aquel recogimiento de agua, laguna como antes estaba; y por causa de averse haogado en él una persona, y aver sucedido otras desgracias, el año de 1600 se hizo arca para recoger las aguas como antiguamente estaban, y se recogieron en el sitio que oy están con arca de madera fortalecida con otra de piedra, y cal, y se quitó la laguna.»

Por aquel tiempo llegó de médico a Puertollano el Dr. Francisco Ruiz Barcelona, e informado de las aguas «fué a verlas, y aviendolas gustado y considerando sus facultades dijo ser agua que se podía usar por ordinaria bebida y aplicar como medicina en algunos achaques y enfermedades». Desde entonces comenzaron a usarse para la bebida ordinaria de los naturales.

El manantial de San Gregorio, llamado comúnmente *Fuente Agria*, se encuentra casi en el centro de Puertollano, en los jardines trazados en el antiguo paseo de Nuestra Señora de Gracia, después denominado del General Narváez y hoy avenida de José Antonio.

Rinde un agua clara, transparente, rica en anhídrido carbónico, y como es sana, digestiva y muy agradable al paladar, se la hace objeto de un gran consumo. Brota en forma de borbollón, de abajo a arriba, en una oquedad sobre la que existe una captación en forma de campana continuada por un cilindro de madera de pino, de 0,275 metros de diámetro. En el interior se forma una columna líquida cuyo volumen es muy superior al que debiera corresponderle con arreglo al gasto del manantial, y ello se debe a la considerable cantidad de gas que de continuo se desprende.

No es esta la única surgencia de agua carbónica. A

unos 40 metros al Sur brota otro manantial, llamado de la *Casa de Baños*, cuyas aguas, a temperatura algo más elevada, no tan diáfanas y con menor cantidad de gas, tuvieron mucha reputación por sus propiedades terapéuticas. Están clasificadas como alcalinas ferruginosas bicarbonatadas y radiactivas; indicadas para diversos padecimientos y especializadas para las dispepsias, gastralgias, infarto hepático y esplénico, y colelitiasis. El famoso general y político isabelino don Ramón María Narváez, logró con ellas la curación de una dolencia de estómago y dictó algunas medidas beneficiosas para el manantial.

También a unos 40 metros al SO. de la Fuente de San Gregorio, en uno de los paseos laterales del Jardín Municipal, existe un pozo agrario llamado de la *Noria Vieja*; a 80 metros a Levante, otro denominado del *Ave María*, propiedad del Ayuntamiento; a 100 metros al SE., junto al edificio del Banco Central, otro llamado del *Huerto de Apolonio*; y, además, en diferentes casas particulares se encuentran pozos con aguas más o menos acidulas.

A juzgar por los antecedentes adquiridos, el régimen de la Fuente de San Gregorio es bastante variable. Un aforo practicado el 25 de enero de 1928 señaló 23.973 litros en veinticuatro horas; nueva medición realizada por el Ingeniero don Gregorio López Aguilar el 22 de agosto de 1930, rindió 18.098 litros en igual período de tiempo; con posterioridad, e independientemente de las oscilaciones inherentes a las estaciones del año, se advirtieron disminuciones del caudal, y en los últimos tiempos han sido aquellas tan considerables, que el 9 de agosto del corriente año de 1950 incluso dejaron de surgir las aguas.

En los primeros días de septiembre, luego de taponada

una fuga acuífera que se observó a 1,20 metros al NO. del centro de la captación, comenzó a brotar nuevamente la Fuente, y aforada ésta por el Aparejador Municipal don Gregorio Galindo Sánchez, se obtuvieron 2.800 litros en veinticuatro horas. El día 13 de octubre, probablemente a causa de las últimas lluvias acaecidas, el caudal se elevaba a 6.034 litros, según las mediciones que por nuestra parte efectuamos. Está positivamente comprobada la influencia del régimen pluviométrico comarcal sobre las variaciones del caudal de la Fuente.

Obligado es considerar las características de la misma para poder formar concepto exacto de su particular naturaleza, y aunque en rigor debiera limitarse nuestro estudio al sector donde radica el manantial, para mayor facilidad y comprensión del problema planteado, efectuaremos un esbozo de toda la zona y su constitución geológica.

Háliase ubicada la Fuente Agria a los 38° 41' 20" de latitud Norte, 0° 25' 20" de longitud Oeste, respecto al meridiano de Madrid, y a 650 metros sobre el nivel del Mediterráneo, en Alicante. La ciudad de Puertollano, cuya situación corresponde perfectamente a su nombre, se encuentra en plena divisoria del Guadiana y el Guadalquivir, en una depresión de fractura que constituye el paso natural del llano de Argamasilla de Calatrava, al que se extiende, más al Sur, por el valle del Ojailén, asiento de la cuenca minera.

La mencionada depresión, que utilizan la carretera y el ferrocarril hacia Andalucía y Extremadura, viene a interrumpir una arista orográfica, que comprende al O. de Puertollano, los cerros de Los Charcones, la Olla Grande y San Sebastián, de 930, 926 y 830 metros de altitud, res-

pectivamente, y a Levante, el de Santa Ana (900 m.) y los accidentes de la Sierra Alta a los que separan vallecillos encajados; estas últimas elevaciones ostentan nombres diferentes y poseen altitudes comprendidas entre 900 y 990 metros. Los barrios extremos de Puertollano ascienden por las laderas de los expresados cerros de San Sebastián y Santa Ana.

Todos los accidentes orográficos están constituidos por cuarcitas duras y consistentes, que resisten bien a la acción de los agentes exógenos, y su derrubiación ha determinado, al pie de las laderas, una formación de acarreo, cuya superficie ocupan cultivos de olivo y cereales.

La escorrentía es recogida por el río Ojailén, tributario poco importante del Guadalquivir, que se desliza al Sur de la línea de relieves, paralelamente a la misma, por una llanura muy suave que, a primera vista, parece bastante homogénea y formada por capas horizontales que rellenaron la depresión, pero no es así, puesto que este valle, de significación distinta al de Argamasilla de Calatrava, sólo ofrece una delgada capa pleistocena con algunos retazos miocenos, que enmascaran al Siluriano.

Las cuarcitas del último sistema, pertenecientes al piso Ordoviciense, destacan en las colinas por sus colores claros y forman crestones a modo de murallones hendidos en peñascos que se desmoronan por las laderas debido a la frecuencia con que se quiebran los bancos en los extensos lisos casi normales a las caras de junta. En ocasiones se cargan de hematites y hasta dan origen a verdaderas masas ferruginosas, como en las vertientes meridionales del cerro de la Olla Grande, al O. de Puertollano.

Sobre el horizonte de cuarcitas, homogéneo y de 200

metros de potencia, acaso haya existido otro de pizarras, que la erosión ha hecho desaparecer, y que fenómenos tectónicos han localizado a nivel inferior, en otras zonas bajas de la región.

Se extiende el Siluriano de O. a E. con 30 a 55° de inclinación meridional, pero tanto ésta como el rumbo, son difíciles de precisar por la confusión que a primera vista producen las diaclasas, planos de fractura y despegue de las cuarcitas, sensiblemente normales entre sí, que simulan una falsa estratificación inclinada al Norte.

El plegamiento de los estratos corresponde al sistema variscico y los ejes mejor definidos siguen la orientación O.NO.-E.SE. No sólo la erosión ha modelado los accidentes orográficos, sino que ha sido esencial la influencia de multiplicadas fracturas que se subordinan a dos direcciones generales: E.-O., la más importante, y NO.-SE. Tales fracturas prestan al llano de Argamasilla de Calatrava un carácter inconfundible de valle de hundimiento.

Las trincheras cercanas a la estación de ferrocarril de Puertollano, permiten apreciar la intensidad de los empujes tectónicos en los cerros de la Olla Grande y San Sebastián, y asimismo en el de Santa Ana se observan con facilidad las ondulaciones de las cuarcitas, debidas a los dos sistemas de pliegues antes referidos. En la ladera meridional de la última eminencia, los bancos, muy trastornados y con indicios de milonitización, inclinan 50°, pero el tendido disminuye paulatinamente a medida que se asciende por la colina, y se reduce a 20° en la cumbre, donde se advierte un anticlinal, cuya rama N. ha desaparecido casi, a partir de la charnela, a causa de un pliegue-falla

que ha roto los estratos paralelamente a la línea de cúspides. Este pliegue-falla, que separa los cerros de San Sebastián y Santa Ana del valle de Argamasilla, es el que en unión de otras paraclasas transversales ha dado origen a la depresión de Puertollano.

Al Norte y Mediodía de la ciudad, descansa horizontalmente sobre el Ordoviciense un Mioceno continental, compuesto de arcillas y margas más o menos erosionadas y delgados retazos de caliza. Esta última es blanco-amari-llenta y se presenta dura y compacta, aunque en algunos puntos ostenta una estructura francamente terrosa. La formación pertenece al Pontiense y puede ser observada en algunas de las pequeñas trincheras de los ferrocarriles mineros.

El Pleistoceno determina una orla que rodea a Puertollano y se extiende particularmente por el área entre la estación del ferrocarril y los primeros kilómetros de la línea a Extremadura. Se integra de cantos silíceos y capas de arena y arcilla, recubiertos por espesores variables de tierra vegetal rojiza, a la que suelen mezclarse fragmentos de cuarcita. La proximidad de los relieves silurianos, de cuya derrubiación procede el sistema, explica la abundancia de tales fragmentos, que llegan en ocasiones a constituir una parte importante del volumen total de las tierras. En la vecindad de los afloramientos miocenos ofrecen también aquellas trozos de caliza terrosa entremezclados con los de cuarcita.

De intento dejamos para el último extremo el hablar de las rocas eruptivas, por ser su importancia excepcional en el caso que consideramos. Son bien aparentes los afloramientos de basalto, que se alinean de O. a E. y destacan

por el color oscuro, en contraste con los tonos más claros de los sedimentos circundantes.

El cerro del Castillo, al E. de Almodóvar del Campo, es un volcán basáltico, sobre cuyas lavas se ha edificado buena parte de la villa. Aparecen allí escorias, cenizas, lapillis algo alterados y bombas de 10 a 12 centímetros, materiales que señalan el carácter explosivo que debió revestir la erupción.

A unos dos kilómetros al SE., y en relación con dicho afloramiento, aparece otro en la vertiente septentrional del cerro de la Olla Grande, paraje llamado Casilla de la Huerta. Este asomo, que constituye, sin duda, una ramificación del aparato volcánico anterior, ofrece un basalto labradórico típico, cuya masa se halla desprovista de elementos de proyección.

Cerca del río Ojailén, a dos kilómetros al S. de Puertollano, se halla igualmente el volcán de La Valona, de forma elíptica, en el cual se perciben distintas coladas de basalto, que atestiguan diferentes emisiones. A Levante está el afloramiento de basalto-limburgita de Castillejo del Río, y más al E., los de la Loma de Laredo.

Por fin, a unos cinco kilómetros a Levante de Puertollano, el pequeño cerro del Castillo de la Higuera es otro afloramiento basáltico, del que nace una colada de relativa importancia.

El volcán del cerro del Castillo de Almodóvar y el pequeño asomo de la Casilla de la Huerta se hallan relacionados con una fractura de dirección E.-O., mientras que los de La Valona, Castillejo del Río y Loma de Laredo señalan otra línea de resistencia débil que corres-

ponde a un acentuado pliegue profundo y dió paso a las masas ígneas.

Todas las erupciones se han verificado en los tiempos pleistocenos, y algunas de ellas habrán sido presenciadas, probablemente, por el hombre primitivo que recorría el país. Deben depender de los postreros movimientos póstumos alpídicos que afectaron a la región, y ser un reflejo de los que ocasionaron el hundimiento de los óvalos mediterráneos.

Subordinada a las últimas fases de los fenómenos volcánicos se halla la génesis de las aguas acídulas de todo el Campo de Calatrava, y en particular las de la Fuente de San Gregorio, objeto de nuestro estudio. Las aguas del subsuelo resultan, según es sabido, de diferentes ciclos de circulación—*directo, inverso magmático*—, que originan diferentes tipos de surgencias, según los casos. Se distinguen principalmente:

- a) Las aguas *freáticas*, es decir, las acumuladas sobre los primeros estratos impermeables a partir de la superficie, que forman un manto a pocos metros de profundidad; son las aguas de los pozos ordinarios.
- b) Las situadas a un nivel no inferior al de los llanos contiguos a los accidentes orográficos, que brotan en las escarpas de aquellos a temperatura constante, poco distinta de la media comarcal.
- c) Las que, por ofrecer una temperatura más elevada que la media del lugar, o sea superior a la de las fuentes ordinarias, tienen la condición de *termales*.

La temperatura anormal de estas últimas, la gran mineralización que suelen presentar, y otras propiedades particulares, señalan una diferencia con los manantiales co-

munes. En tiempos pretéritos, dicha temperatura excepcional trataba de explicarse con argumentos no poco complicados, mas hubo de surgir la idea de que pudiera resultar de la circulación de infiltraciones superficiales caldeadas y mineralizadas durante el proceso de desplazamiento subterráneo. Al investigar en ese sentido pudo esclarecerse el problema, y los trabajos de Delesse, Burat, von Cotta, Dana, Philips, Posepny, von Groddeck, de Launay y tantos otros geólogos ilustres, han puesto fuera de duda que los manantiales termales representan la primera y más directa manifestación del calor central de la Tierra y dependen, ora de las aguas de infiltración que, al descender a regiones corticales profundas, adquieren la temperatura de las isogeotermas atravesadas, ya de las aguas subterráneas que se emulsionan con emanaciones volcánicas, como acontece precisamente con la Fuente Agria, de Puertollano.

Las surgencias, en efecto, de la primera categoría, llamadas *geotermales*, como producidas por simple infiltración de aguas meteóricas y ulterior ascenso por diaclasas amplias o por la rama menor del pliegue de un estrato impermeable, cuentan con un caudal en armonía con la cabecera de la cuenca alimentadora, exigua proporción de materias disueltas y un régimen, en cierto modo, permanente.

En cambio, las segundas, de índole *termo-mineral*, poseen generalmente mayor cantidad de elementos en disolución, extraordinaria abundancia de gases, especialmente anhídrido carbónico, y, sobre todo—detalle característico—, determinadas intermitencias en la surgencia, es decir, una especie de *pulsación* o *ritmo* que traduce, si-

quiera atenuadamente, las intermitencias del fenómeno *geiseriano*, como corresponde a su origen volcánico.

Además de la elevación de temperatura, rasgo común con los manantiales geotermales, y del ritmo, gasificación y mineralización pronunciadas, es un carácter particular la localización en la proximidad de rocas endógenas modernas, señal de su indudable origen en relación con los fenómenos del vulcanismo.

Sólo un contado número de manantiales—en los que el anhídrido carbónico, por un fenómeno generalizado acaso en demasía, resulta de la descomposición de las calizas o procede directamente de la atmósfera—puede presentar excepciones a la regla, pues que no cabe negar la posibilidad, en casos especiales, de que las aguas cargadas de ácidos reaccionen con la caliza y liberen cierta cantidad de anhídrido carbónico, o bien que arrastren una determinada proporción del mismo cuerpo, tomada de la atmósfera, para abandonarlo más tarde como en el caso de la formación de estalactitas (*).

Pero prescindiendo de esos casos excepcionales, los manantiales ricos en anhídrido carbónico precisan la intervención de fenómenos de origen profundo, cual los desprendimientos, en forma de mofetas, que caracterizan el final de las erupciones volcánicas y persisten durante dilatados períodos de tiempo. La elevada densidad del gas, al estorbar el desprendimiento natural, favorece las acumulaciones profundas, y así sólo puede llegar hasta la superficie arrastrado por las aguas subterráneas, que adquie-

(*) Las aguas superficiales se cargan también del anhídrido carbónico procedente de la oxidación de las materias orgánicas al contacto del aire.

ren, lógicamente, la cualidad de acídulas y se elevan como en ebullición en las particulares surgencias.

Tal es lo que sucede en la Fuente Agria, de Puertollano. Las aguas tienen 1,0024 de densidad, y de los análisis realizados hace tiempo por don Antonio Moreno y don Pedro Gutiérrez Bueno, resulta el siguiente contenido de un litro :

Bicarbonato de hierro	0,051	gramos.
Idem de calcio	0,054	»
Idem de magnesio	0,048	»
Carbonato sódico	0,190	»
Cloruro sódico	0,056	»
Sílice	0,024	»

Gases desprendidos espontáneamente :

Anhídrido carbónico libre	8,27	litros.
Aire	2,11	»

Esta mineralización se explica fácilmente. Al descender las aguas meteóricas por las innumerables grietas de las cuarcitas que forman los cerros de San Sebastián y Santa Ana, encuentran en profundidad a las mofetas aún existentes como postrer vestigio del vulcanismo comarcal, se mezclan con las mismas y la emulsión adquiere suficiente fuerza ascensional para salir al exterior por la fisura que ha formado la Fuente de San Gregorio y por algunas ramificaciones, como la del manantial de la Casa de Baños, y las que prestan el carácter acídulo a bastantes de los pozos próximos.

La intervención de las emanaciones hipógenas proporciona a las aguas la facultad de retener en disolución los distintos principios minerales. El anhídrido carbónico, ayudado por la temperatura, contribuye al ataque de las rocas atravesadas, y de este modo se verifica la disolución del hierro, calcio y magnesio; la sílice procede también de la acción del anhídrido carbónico sobre los distintos silicatos básicos de las rocas eruptivas; y nada decimos del carbonato y cloruro sódicos, porque cuentan sobradamente con la solubilidad necesaria para ser arrastrados por las aguas.

Al alcanzar las últimas la superficie, se desprende el anhídrido carbónico, los bicarbonatos se convierten en carbonatos y el hierro pasa más tarde a óxido, que impregna a las rocas próximas y hasta puede cementar los materiales sueltos, produciendo conglomerados. Es fácil comprobar que las aguas de la Fuente Agria, al contacto prolongado del aire depositan un sedimento rojo-amarillento, ocasionado por las sales férricas.

El manantial ofrece, en resumen, como elementos característicos :

- a) Temperatura superior a la media anual de la comarca.
- b) Elevada proporción de materias minerales disueltas.
- c) Extraordinaria cantidad de gases.
- d) Cierta discontinuidad en el desprendimiento de aquéllos.

Caracteres que definen su naturaleza esencialmente *termo-mineral*, porque, no obstante la moderada termalidad, que basta, ciertamente, para descartar un origen

juvenil, es suficiente, como expresa Daubr e, con que el exceso termométrico llegue a dos grados centigrados.

La alimentaci3n de la Fuente no es dudosa: las precipitaciones atmosféricas caídas sobre los declives meridionales de los cerros de San Sebastián y Santa Ana, que sirven de cuenca receptora, suministran un volumen acuífero del que una fracci3n se evapora o fija por los vegetales, otra discurre superficialmente hasta alcanzar el río Ojailén y el resto se infiltra en las cuarcitas, y, solicitado por la gravedad, desciende para formar una acumulaci3n profunda. Así se comprende que el caudal dependa esencialmente de la a udida infiltraci3n, que es funci3n de las precipitaciones atmosféricas y, por consiguiente, que ofrezca variaciones del régimen en armonía con las oscilaciones de aquéllas.

Harto sensible es, por desdicha, la disminuci3n de las lluvias durante los últimos años, no s3lo en la zona de Puertollano, sino en todo el territorio nacional, y ese decrecimiento ha de traducirse, como es l3gico, en una reducci3n de las acumulaciones subterráneas, que forzosamente han quedado aminoradas, con obligada mengua del caudal de la surgencia. Las mermas, en cierto modo circunstanciales, se hallan ligadas a la obstinada sequía que abrumba a la regi3n, pero es de esperar se corrijan al restablecerse el régimen pluviométrico normal.

En el mantenimiento del caudal son de señalar, sin embargo, las indudables repercusiones de los múltiples pozos perforados en la zona de influencia del manantial, repercusiones tan manifiestas que, cuando, por ejemplo, se abri3 el pozo del Ave María, qued3 en seco la Fuente de San Gregorio y hubo que cegar el primero para restablecer el caudal.

Asimismo deben considerarse las mermas que ocasionan algunas fugas de agua perceptibles en las inmediaciones de la Fuente y debidas, con toda probabilidad, a deterioros en las obras, bastante antiguas, de la captaci3n, por la agresividad de las aguas carb3nicas que atacan a la cal y al cemento de los morteros.

A la inolvidable memoria de D. Luis de Adaro

POR

P. H. SAMPELAYO

P. H. SAMPELAYO

A LA INOLVIDABLE MEMORIA DE D. LUIS
DE ADARO ⁽¹⁾

Con la amplitud que corresponde a un viejo Principado, podría decirse que Adaro formó parte de una pléyade de insignes geólogos: Don Casiano de Prado, en Luarca; Schulz, en Ribadeo; Paillette, Barrois, Garcin..., que fueron ganados por Asturias para su progreso, en cuanto empezaron a estudiar y conocer sus encantos.

En 1914, tenía sesenta y cinco años Adaro, y ya Director del Mapa Geológico realizaba fuera de sus afanes de empresa un viaje por el extremo occidental del Principado. Quiso recoger fauna primordial en La Vega de Ribadeo, mientras yo deseaba mostrarles las primicias de la tercera fauna en Asturias, que había encontrado en la carretera a Los Oscos. Mi emoción, ante Adaro y Falcó, pasó pronto al iniciarse la cosecha de fósiles, los cuales, con las incidencias y bromas de la jornada, me dejaron encantado ante aquellos geólogos que habían hecho en triunfo la marcha desde Asturias al reciente Instituto Geológico, obra de Adaro.

(1) Circunstancias inesperadas, han hecho que esta nota, ofrecida con todo el fervor entusiasta del Instituto Geológico y Minero de España, tenga que ser publicada fuera de la reunión conmemorativa.

Mi amistad con don Luis duró hasta acompañarle en el dolor de perderle, en su rápido apagar de aquel triste verano de 1915.

Adaro, parco y severo en sus ambiciones personales, escasamente sentidas y nunca alentadas, las tuvo amplias y afanosas para Asturias, y de tal modo puso en ellas voluntad, que las logró, unas en vida y otras se cumplieron con la prolongación de los deseos de su espíritu: quiso que perdurasen sus normas ingenieriles y hoy, la Dirección, en el centro de la cuenca, en el mismo sitio de su ejercicio, ha formado un plantel de Ingenieros que, ayudados por los facultativos de la Escuela de Mieres, llevan, tersa y a la perfección, la moral de su cumplimiento, con la conducta heroica que sea precisa en cualquier sector, pues estos mineros hacen del valor blasón obligado en las adversidades y peligros, dentro y fuera de la mina.

Hoy se extraen 7.000.000 de toneladas de hulla. Cambió el rumbo de los estudios de la Geología Asturiana y aún sus planos y cortes son ejemplares con sus brillantes colores y elegantes curvas paleozoicas de enlace, verdaderas directrices de investigación; dibujó el carbonífero extravasado que acompaña y pasa a los lados de la cuenca, señalando el rumbo lejano, hasta Portugal y Burgos, del más alto carbonífero.

Maestro de Tectónica, elevó esta escuela asturiana con sus compañeros Urrutia, Falcó y Cueto..., valores sencillos e individuales que brotarán de nuevo en la maravilla de esta tierra, abierta en todos los índices de su geología.

Aquí cabe un recuerdo a la noble memoria del caballero y geólogo asturiano, Excmo. Sr. D. Eugenio del Cueto y Ruiz-Díaz, representante final de la brillante escuela

astur de Tectónica, iniciada por Urrutia y Adaro, prolongada por Manolo Ruiz Falcó y el Ingeniero francés Garcin y terminada dolorosamente con los profundos estudios de Cueto, expuestos y considerados en los centros de Europa y América.

La vista ingenieril, de apreciación extensa y concreta, se ejerció por Adaro en cuanto tuvo ocasión de expresar una evaluación geométrica, en todas sus apreciaciones, y así surgen armoniosos y artísticos sus planes y cortes, horizontales y verticales, ofreciendo la gran cuenca y sus detalles en proyección de tres niveles: el supuesto en profundidad, el seccionado en la raíz de los valles y el geológico con su relieve orogénico.

Sin duda, tendrán pliegues o conexiones que modificar, como toda obra amplia, detallada y total, pero ahora, ya en trance de recuerdo de Adaro, empiezan a parecer jóvenes y nuevos y se han agotado y se imponen como guías imprescindibles; maravillas de concepción y polícromía en una de las zonas más torturadas de Europa, con escalas completas de estratigrafía, rotas y ostentadas en toda su brillantez.

Quizás un fondo de explicación está en que este Maestro no era fingido ni zoilo en su saber, y lo que sabía lo aprendió y dedujo más en el monte y en la mina que en la erudición a la violeta, y ahora, pasados años, trasciende la inquietud de sus isoclinales y la curvatura de sus plegamientos, ante los cuales por fuerza hay que reconocer su derecho en la geología europea. Ahí están, individuales y asturianas, sus detalladas escalillas de estratos carboníferos, guiando el arranque y la explotación desde que se propusieron; ahora, decidida la sincronización con las cuencas extranjeras, su adaptación se va logrando con el

respeto que merece un triunfo, alejando alardes de pendería.

Don Luis de Adaro ofreció, además del plano, cortando los valles en su hondura media, las capas de carbón y sus rocas timones, señalando el relieve y morfología de las cuencas pequeñas en conjunto individual, vivo y parlante, de colores unidos, designadores de edad, distinguidos a distancia, como se ofrecen a nuestros ojos, ignorantes o acertadores, las manchas que con su diversidad y relaciones vocean sus vicisitudes historiadas y las torturas tectónicas, que sólo así, policromadas, se imponen de golpe a la vista y a la imaginación; porque esta representación, comprendida y lograda al principio de la Geología por los fundadores Murchison, Lyell, etc., ha empezado a flaquear hace pocos años, dicen que por obligación económica, pero estimamos que ha de sostenerse, como lo hace nuestro Instituto Geológico y Minero, en esfuerzo obligado y meritorio, porque a la ciencia geológica hay que conservar el rango en el vestir dentro del libro, para que siempre lleve la representación vibrante de sus entrañas, sin artificios de tachaduras ni tonos lacios y uniformes que a escasa distancia se mezclan y entrecruzan, ofreciendo la pobreza del marco contra la claridad merecida al revelado geológico y obligada al arte y a la belleza, fuentes de la verdad.

Y como la humanidad del conductor ha de agregar tanto como la ejemplaridad y enseñanza, ahí está su desprendimiento y falta de egoísmo, su generoso aliento en el trabajo y su bondad, grabada y transmitida por todos los que le conocimos.

Una Comisión de Ingenieros, que fué presidida por

Cueto, parece decidirse a continuar los deseos de Adaro de rematar «La Cuenca Carbonífera de Asturias».

Mi modesta obra de Asturias, unida a mi cariño, pueden justificar mi acercamiento al Maestro, con la representación del Instituto Geológico, en el que tanto amor puso y donde quedó su vida, en su obra de los *Hierros de Asturias*.

Madrid a 18 de diciembre de 1950.

Reseñas y Notas bibliográficas

HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): *Síntesis geomorfológica del país vasco en los límites de Guipúzcoa y Navarra*.—«Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 48. Madrid, 1950.

Como su título indica, se trata de un trabajo de síntesis, basado fundamentalmente en el libro de Lamarck (1).

Después de una breve reseña histórica referente a los estudios llevados a cabo en esta región, se analiza la cuestión geotectónica en relación con la prolongación del Pirineo hacia Occidente y cómo esta cordillera va modificándose hasta desaparecer en realidad en la «Depresión vasca» de Hernández-Pacheco (Eduardo). Se describen sucintamente sus unidades estructurales y se analiza cómo éstas van cambiando y se modifican de E. a W.

Seguidamente se estudian las diferentes unidades estructurales del país vasco oriental, dándose sus características fundamentales y localizándolas en el espacio. Alineación del Jaizquibel y el Corredor exterior, el Borde secundario del Macizo de las Peñas de Haya, La alineación Santa Bárbara-Burunza y el Corredor interno, las penillanuras paleozoicas, la depresión intermedia y el Macizo de Quinto Real.

Se analiza cómo este conjunto de unidades estructurales pudieran prolongarse o estar representadas hacia Occidente, pasado el Oria, cuestión esta de gran interés y que pudiera ser objeto de estudios, pues de ellos se sacarían conclusiones morfo-estructurales de alto interés.

La dinámica de las unidades morfo-estructurales es también analizada, indicando cómo unas han actuado sobre las otras y cuál halla sido su génesis.

Al final se resume el trabajo, indicando que «la tectónica buza hacia el E. es típicamente pirenaica, debida a la presencia de los macizos hercínicos y a la existencia de grandes masas del Keuper. En las zonas muy rígidas se producen grandes roturas o fallas, con determinados corrimientos, pero siempre de detalle, fenómenos debidos en estas zonas a la diferencia de plasticidad que ofrecen las masas rocosas».

Hacia el W. el carácter de cobertera quebradiza se acentúa más, pasándose del tipo de tectónica de plegamiento pirenaico al de grandes

(1) LAMARCK (P.): *Recherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne*. «Mem. Soc. Geol. de France».—Nov. Ser. Fasc. I a IV. Mem. 27. Paris, 1936.

roturas y apilamiento de caparazones, que termina finalmente dando origen a la tectónica de tipo fallado germánico, de grandes fracturas, debidos a la rigidez del conjunto de cobertera afectado por los rehundimientos o abombamientos, del zócalo hercínico sobre el que descansa.

Este tipo tiene su zona genuina, fuera ya del país vasco, a lo largo del Besaya y de valle del río Pas, en Santander.

El país vasco-cantábrico es, pues, en el estado actual de los conocimientos geológicos, una zona de tránsito entre dos tectónicas de tipo diferente, la pirenaico-alpina, en la que dominan los plegamientos y la germánica-pirenaica, que se caracteriza por las roturas o fallas.

Tal país ha estado sometido posteriormente a diversos ciclos de erosión, lo que le ha dado su configuración actual, habiendo sufrido un movimiento de inmersión en tiempos recientes del Cuaternario y en su zona litoral, a lo que es debido el aspecto peculiar de las costas vasco-cantábricas».—H.-P.

GÓMEZ DE LLARENA (J.): *La magnesita de Eugui (Navarra)*.—«Real Sociedad Esp. Hist. Nat.», t. 48, Madrid, 1950.

Se estudia un importantísimo depósito de magnesita que encierran las pizarras y grawvacas que quedan al N. de Eugui y que Stuart-Menteath determinó como carbonífero en 1886.

Tal zona se halla en la cuenca alta del Arga, dando origen la magnesita a un conjunto rocoso de brillantes cristales blancos y transparentes que en delgados estratos y con potencia uniforme, buza fuertemente dando origen a una masa muy considerable.

El material es un carbonato magnésico-cálcico con elevado porcentaje de magnesio. Las series de magnesita, que son varias, dan origen a conjuntos de muchas capas de 3 a 5 cm. de potencia, a los que acompaña nódulos de sílex y geodos de magnesita y dolomita y agrupaciones de cristales de piritita.

El muro de la formación lo constituyen un conjunto de materiales estériles, estando constituido por calizas negras y pizarras verdosas.

El techo lo forman pizarras y grawvacas oscuras, en donde se ha encontrado por primera vez el autor, interesante fauna constituida por fósiles pequeños de glifocerátidos, *Proshumardites*, *Crawinóceras*, *Eumorphoceras*. Ortocerátidos, Pterópodos, Bivalvos, Braquiópodos, Equinodermos y crinoideos. A esta fauna acompaña una flora ya descrita por Stuart-Menteath en 1886.

Este yacimiento es de origen lagunar y de precipitaciones directas, estando aún su génesis poco estudiada por ser muy raro este tipo de formación, pero que difiere en absoluto de los de sustitución o dolomitización progresiva en calizas.

A continuación se compara este yacimiento con otros importantes ya conocidos y fundamentalmente con el famoso del valle de Veitsch en Asturias.—H.-P.

DUE ROJO (A.), S. J.: *Movimientos sísmicos en España durante el año 1948*.—«Real Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 48, Madrid, 1950.

En este trabajo estadístico se resume la labor sismológica de los laboratorios geofísicos españoles y de sus colaboradores en la información macrosísmica.

El año 1948 presentó pocas anomalías en la distribución de la actividad sísmica del suelo. El total de sismos registrados fué de 240, siendo esta magnitud del mismo orden que la de los cuatro años anteriores.

No obstante se aprecia una pequeña variación respecto a débiles sacudidas registradas en el Ebro, que han sido relativamente frecuentes, así como un predominio de intensidad en la región pirenaica.

Respecto a la región levantina, indica el autor que suele destacar por el número e importancia de los terremotos; en este año cuenta con una sola serie importante ocurrida en el mes de junio, llegando a superar el grado VII F. M.

Las restantes regiones siguieron un ritmo que pudiera clasificarse de normal.

Acompañan al trabajo una tabla I, en la que se da la serie de los terremotos sufridos en España; otra II, que corresponde a los terremotos registrados sin datos macrosísmicos, y una III tabla, en la que se da la distribución regional, cronológica, de tales fenómenos en España.—H.-P.

FERNÁNDEZ BOLLO (M.): *Datos geológicos obtenidos en un sondeo en Chamartín de la Rosa*.—«Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 48, Madrid, 1950.

Se analiza un sondeo de unos 100 m. de hondura, efectuado en los campos de Chamartín, que ha atravesado la formación Pliocuaternaria que caracteriza a estos parajes.

Se había supuesto, por investigaciones gravimétricas, que a unos 250 m. se encontraría el Vindoboniense, y se habían fijado discontinuidades a unos 200 m. por prospección sísmica.

En el sondeo ahora efectuado, se han hecho investigaciones de radioactividad, correspondiendo las más intensas quizá a aportaciones directas venidas de las zonas granítico-sienítica.

Se han hecho en los testigos algunas determinaciones granulométricas en relación con el régimen de la formación de los sedimentos.

En el fondo, hacia los 90 m., aparecieron unos depósitos arcósicos que pudieran corresponder a la base ya del Plioceno.

Se acompaña un gráfico en el que se da el resultado resumen de este sondeo de exploración.—H.-P.

MELÉNDEZ (B.): *Tratado de Paleontología*, tomo II. Instituto «Lucas Mallada», Madrid, 1950, un tomo en 4.º de 710 páginas, con 17 láminas y 414 figuras intercaladas en el texto.

Inicia el autor este segundo tomo de su *Tratado de Paleontología* con un Preliminar, en el que, brevemente, vuelve sobre el tema del transformismo y la evolución orgánica, justificando su posición, por la que admite la evolución orgánica con ciertas restricciones, a lo que no se opone la religión.

En el primer capítulo, dedicado a las cuestiones paleobiológicas, estudia el problema de las áreas geográficas primitivas y las zonas de dispersión de los grupos biológicos, fijando los factores que dan lugar a tales dispersiones y al proceso de las migraciones. Se ocupa a continuación de la duración de las especies fósiles, y por lo tanto, de su distribución vertical en los distintos estratos geológicos; de la dificultad de establecer una clasificación paleontológica y, finalmente, de las distintas leyes que rigen la evolución. Al final del capítulo da un cuadro de edades absolutas de los terrenos y otro con la clasificación general de los mismos.

En el segundo capítulo se ocupa de la Paleocnología o huellas problemáticas, de las cuarcitas silurianas y el flysch, explicando su probable origen y distintos géneros conocidos.

Los capítulos tercero a décimo los dedica, respectivamente, a Trilobites, Artrópodos restantes, Lamelibranquios, Gasterópodos, caracteres generales de los Cefalópodos y Nautiloideos, dos capítulos de Ammonites y un último de Belemnites y otros Decápodos. La disposición de estos capítulos es la misma adoptada en el tomo primero, cuya Nota Bibliográfica dimos en el núm. 18 de NOTAS Y COMUNICACIONES, por lo que no insistimos sobre ello.

Finalmente hay un apéndice en el que trata de los problemas de la filogenia y amplía las nociones dadas en el primer tomo sobre micropaleontología, en especial Microforaminíferos.

Al fin de cada capítulo se inserta una bibliografía muy interesante y completa.

Con la aparición de este volumen puede decirse que ha quedado terminada la parte de la paleontología que tiene una mayor importancia desde nuestro punto de vista geológico, pues los dos tomos que aún restan por publicar se dedican a Vertebrados y Paleobotánica, los primeros relativamente escasos en España, y la Paleobotánica de un interés geológico prácticamente circunscrito al Carbonífero. Así pues, nos hemos de felicitar por la aparición de este volumen, que con el anterior viene a cubrir una necesidad hace tiempo sentida por cuantos se dedican al estudio y enseñanza de estas disciplinas.—A. ALMELA.

TEIXEIRA (C.): *Nota sobre la fauna limnica del Carbonífero de Santa Lucía-Matallana (León)*. Estudios Geol.—Inst.º Invest.º Geol.º «Lucas Mallada». N. II, t. VI. Madrid, 1950.

Se describen en esta nota un conjunto de pequeños fósiles animales procedentes de esta cuenca carbonífera. Se trata de fauna limnica de crustáceos y lamelibranquios.

Las especies citadas son *Leacia Ceantschi*, *Carbonia af fibulina* y un *Anthraconanta* sp.

Tales organismos fósiles se describen deduciéndose de la *L. Ceantschi*, que es típica de la cuenca a partir del estefaniense inferior, confirmando la flora que acompaña este nivel estratigráfico, dándose a continuación la lista de las especies de tal flora.—H.-P.

G. DE LLARENA (J.): *Nuevos datos geológicos y paleontológicos sobre la cuenca carbonífera de Ciñera-Matallana (León)*. Estudios Geol.—Inst. Geol. «Lucas Mallada», t. VI, núm. II, 1950.

La cuenca carbonífera que corre de La Pola de Gordón hacia Ciñera Matallana representa un conjunto sedimentario, todo el concordante de origen salobre en la base y lacustre en el resto. La serie litológica está formada por areniscas, pizarras y capas de carbón y pequeñas intercalaciones a manera de lentejones de gonfolitas calizas y pudingas silíceas.

Ocupa este conjunto una gran depresión fraguada en terrenos del Paleozoico inferior, del Cámbrico al Dinantiense-namuriense, que la rodea en todo su perímetro.

El autor calcula su potencia media en unos 500 m., estando toda la cuenca inclinada en general hacia el S., en la zona occidental y oriental, mientras que hacia el centro, dominan plegamientos de amplio radio hacia el Bernesga y de radio pequeño hacia el Torio. Los plegamientos han actuado en sentido N.-S. durante la tectónica post-oligocena y probablemente en la fase Sálica, que tuvo lugar entre el Oligoceno y el Mioceno.

Debido a lo intenso del proceso orogénico, el borde N. de la cuenca en parte, aparece cobijado por el marco del Paleozoico inferior, estando el borde S. fallado en un largo trayecto, contra la calza devónica del marco que envuelve a la cuenca.

Dentro del conjunto carbonífero las fracturas con dislocaciones y desplazamientos son poco frecuentes. Entre ellas la más importante es la falla de la capa Pastora.

El arrumbamiento general de las capas es de E. a W., concordando en esto, con el marco del Paleozoico inferior.

Las capas en general forman un sinclinal, estando su plano axial en la margen izquierda del Torio, es decir, hacia Vegacervera-Orzonaga.

En la zona occidental, hacia Ciñera-Llombera, las capas se hundían hacia tal faja, mientras que en los parajes Correcillas-Villalfeide la inclinación es en sentido inverso. Es aquí donde este carbonífero ha de alcanzar su mayor potencia y hacia donde buzan las potentes capas explotadas en el grupo Ciñera-Santa Lucía-Competidora.

La flora fósil es muy homogénea en toda la cuenca, siendo la edad tránsito entre el westfaliense al estefaniense, pero predominando las especies de este último conjunto.

Como ya se ha indicado, la fauna hallada por primera vez en esta cuenca y en España, hacen ver que este conjunto sedimentario se constituyó primero en un régimen salobre, seguido de otro lacustre y pantanoso mucho más largo. Tal fauna no se encuentra ni hacia el N. ni en su prolongación occidental, estando repartida en el resto y en los tramos medios de este conjunto carbonífero.

De todo lo indicado se deduce que dentro de la uniformidad y continuidad de la serie carbonífera, la zona N. de Villar a Vardaya es la inferior extratratigráficamente considerada.—H.-P.

MELÉNDEZ (B.): *Un antracites nuevo de Camarosa (Lérida)*. Estudios Geol.—Inst. Sup. Inv. Geológicas «Lucas Mallada», núm. II, t. VII. Madrid, 1950.

El autor publicó ya anteriormente (núm. 6 de esta revista) un estudio de conjunto referente a los Atractites de España, que son interesantes dibranchiales liásicos y que hasta entonces eran poco conocidos en nuestra Península.

Se describe ahora una nueva especie, basada en un único ejemplar que ha sido recogido por el Profesor San Miguel de la Cámara en las cercanías de Camarosa (Lérida) en el verano de 1949.

La nueva especie *Atractites San Miguelis* nov. sp. se caracteriza por el ángulo del fragmocono que es de 22°, por la relación del diámetro de las cámaras a su profundidad, que es de 5,42, por su sección circular y por su considerable tamaño (44 mm. de diámetro máximo). La especie corresponde al Lias medio.—H.-P.

HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.): *Ejemplos utilitarios de estratigrafía aplicada*. Estudios Geol.—Inst. Invest. Geol. «Lucas Mallada», núm. II, t. VI. Madrid, 1950.

Se ocupa de las alteraciones sufridas en las formaciones paleozoicas con marcado régimen isoclinal, fenómenos de alteración de tipo complejo y de carácter regional, y que dan origen aparentemente a depósitos ordenadamente dispuestos. Como ejemplo se estudian los yacimientos de caolín de la zona litoral asturiana, en relación con formaciones

del cámbrico y efectuadas en materiales más o menos afectados por inyecciones de rocas eruptivas.

De estas zonas se da un croquis que corresponde a los parajes relacionados con los cabos formados por cuarcitas silúricas y que van desde el Cabo Tores y Vidias, Vidio al de Busto, Bao, La Atalaya, etcétera, en donde los materiales pizarrosos y capas de grawvakas más o menos afectadas por inyecciones graníticas y neis, es lo característico.

Son las grawvakas feldespáticas las que por un proceso geoquímico descrito por el autor, dan origen a los acúmulos caolínicos que se descubren en estas zonas de rasas litorales.

Otro de los depósitos descrito es el formado por los talcos de Cala (Huelva), que ocupa las zonas de Santa Olalla de Cala y que comienzan en las alturas andaluzas de Aracena que vierten hacia los llanos de Llerena.

El criadero, de una anchura de unos 100 m., queda entre rocas eruptivas de tipo cálcico y otras algo más ácidas, indicándose que las bandas de talquización son cuatro. El mineral es grisáceo, higroscópico y de tendencia caolinífera.

Se trata de un metamorfismo provocado por rocas graníticas en calizas paleozoicas que dan origen a génesis de rocas básicas serpentínicas, afibólicas y talco, el cual se presenta en nódulos.

A continuación se da una bibliografía de caolín, talco (estealita), sepiolita y saponita de España.

Y como última nota se hace el «Estudio geológico acerca de la investigación de aguas potables en Lorca (Murcia)».

En esta zona la escasez de agua, acentuada en estos últimos años, ha motivado el estudio y alumbramiento de aguas potables.

Todas las aguas, según el autor, son de origen meteórico y se almacenan y proceden de rocas fisuradas calizas del Triás superior, Retiense y del Jurásico y algunas de las margas eocenas.

No existen accidentes tectónicos que interrumpan o intercedan a determinadas corrientes subterráneas.

A continuación se analiza geológica y fisiográficamente el territorio que alcanza extensión superficial de 1.800 km.², deduciéndose que a medida que se avanza hacia el Sur, los terrenos se hacen más llanos y más apropiados para contención de aguas, pero éstas se cargan con materiales salinos (yeso, sal y azufre). Por el contrario, hacia el Norte, las aguas son más puras, pero sin dar origen a aguas de buenas condiciones.

Como caso particular se señala la fuente del Tiriezar, que por sus condiciones no es utilizable por el momento, por ser su aprovechamiento no fácil, por las razones que se apuntan.

El agua fundamentalmente circula a través de calizas jurásicas y triásicas, que dan manantiales importantes hacia Vélez Blanco. Se aconseja para aumentar el caudal hacer galería hasta llegar a la caliza triásica.—H.-P.

CUSTODIO DE MORAIS (J.): *Geohidrología da região de Coimbra*. Sep. Publ. Inst. Climat. e Hidrol.—Univ. Coimbra, 1950.

La región de Coimbra es rica en manantiales y aguas subterráneas. Muchas de estas surgencias estaban canalizadas, haciéndose en este respecto por el autor un breve noticiario histórico en relación a las obras, estudios y análisis de todas estas aguas, dando una tabla de las características de las más importantes.

En la actualidad el caudal más importante se obtiene de pozos situados en una capa de arenas que siguen el valle del río.

Recientemente la necesidad de agua aumentó, y por ello se hicieron estudios hidrogeológicos mediante prospecciones y sondeos.

Los lugares para las obras quedaron situados aguas arriba de la ciudad y en areneros bien consolidados, para que el agua provenga exclusivamente de las arenas del río, que por ser muy potentes, ofrecen ya una filtración casi perfecta. Ello permite obtener el agua directamente del caudal subalveo, no siendo necesario la construcción costosa de presas para determinar embalses que tienen además otros inconvenientes, siendo el más importante, el relleno por arrastre que es muy digno de tenerse en cuenta.

La captación se ha efectuado a lo largo de una línea de 100 m. de cota, donde el agua de lluvia no aprovechada se filtra en el terreno hacia el NW., hacia donde se inclinan las capas del subsuelo, hasta encontrar el nivel impermeable.

Se estudia las características de las aguas de estas zonas subterráneas. También se tiene en cuenta el valle seguido en otras épocas por el Mondego, que al final del terciario corría por una planicie hoy situada a 100 m. de cota, en donde se descubren cascajos pliocenos, cantos rodados y depósitos arcillosos. En esta llanura, el río trazó meandros, zonas en los que las aguas subterráneas hoy son muy abundantes y en donde se las alcanza a poca hondura y con facilidad.

A continuación se describen los pozos abiertos para abastecimiento de la ciudad, y que por su abundancia y calidad de las aguas, han permitido un buen abastecimiento.—H.-P.

FLORES (A.): *Ensayo geográfico sobre el Sáhara español*. Rev. «Africa», núm. 108. Madrid, 1950.

Con carácter esquemático y claro, se dan las características fundamentales de esta zona africana, describiéndose el relieve del suelo, indicando que son y representan determinadas denominaciones en relación con las formas del relieve, tales en particular, la hamada, indicando seguidamente una serie de vocablos corrientes con que en el país se diferencian diversas formas topográficas. Trata de fijar los rasgos orográficos,

ficos, fundamentalmente en el N., hablando a continuación de las formaciones de arenas, los «erg» y principalmente los que constituyen bandas de decenas de kilómetros y que en dirección del Aliseo, cruzan el país.—H.-P.

JONGMANS (W. J.) y MELÉNDEZ (B.): *El Hullero inferior de Valdeinfierno (Córdoba)*. Estudios Geol., núm. II.—Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada». Madrid, 1950.

Se localiza esta cuenca carbonífera del Bembezar, en los límites de Córdoba, Sevilla y Badajoz. Se trata de una gran mancha aislada rodeada de Cámbrico y Estrato-Cristalino, sobre los que descansa el Hullero con típica discordancia angular, estando a su vez muy trastornado.

Del estudio paleontológico se deduce que tales depósitos representan a: Culm y no al Carbonífero superior, como anteriormente se suponía.

Se estudia estratigráficamente la región, dándose las características geotectónicas del Cámbrico. A continuación se estudia el hullero, que queda constituido por un potente banco de conglomerados de base de 5 a 10 m., pizarras carbonosas, grawvakas, areniscas y conglomerados. La capa que ha sido explotada, es la que está más próxima al conglomerado de base.

Del estudio se deduce que este terreno se depositó en una cuenca preformada por erosión en terrenos plegados previamente al Culm. A continuación se dan los datos paleontológicos de su flora fósil, de la que se citan varias especies que se describen.

Lo fundamental de este estudio es que su discordancia señala una tectónica muy probablemente caledónica, siendo hercínica la que plegó a Culm estudiado.—H.-P.

PÉREZ MATEOS (J.): *Estudio mineralógico de algunas muestras de arena del Sáhara meridional español*. «Archivos del Inst. Est. Afric.», número 14. Madrid, 1950.

Se analizan cuidadosamente muestras de arenas recogidas en el Sáhara especialmente, dándose las características de la proporción de sus diversos componentes.

Se localizan las muestras, describiéndose en los concentrados las especies más interesantes, que resultan ser la distena, epidota, estauroлита, granate, rutilo, turmalinas y algún mineral opaco, magnetita, ilmenita y trozos de picotita.

Se hacen algunas consideraciones sobre los elementos estudiados, describiéndose a continuación la técnica de laboratorio seguida.—H.-P.

TERMIER (H.) y (GEN.): *Hiérarchie et corrélations des caractères chez les Crinoïdes fossiles*. «Bull. Sev. Carte Géol. de l'Algérie», 1.^a sér., Paléont., núm. 10. Alger 1949.

Se trata de un interesantísimo estudio sobre la posible correlación de caracteres obtenidos del estudio de las placas columnares del pedúnculo de los Crinoïdes, y los del *Crinoïde* completo, planteando el problema de si tales caracteres del pedúnculo pueden ser suficientes para poder clasificar los Crinoïdes, incluyéndolos en los grupos sistemáticos clásicos, y en consecuencia tratan de establecer hasta qué punto estos fósiles fragmentarios pueden ser utilizados en estratigrafía como fósiles característicos.

Estudian en detalle la anatomía del tallo de los Crinoïdes y de sus placas columnares, intentando establecer las características de los diversos órdenes, familias y géneros, hasta donde se lo permite el material disponible, todo él proveniente de Marruecos y Argel.

Los apartados en que dividen su estudio son los siguientes:

Ensayo de correlación entre los caracteres del pedúnculo, las placas radiales y los brazos.—Estudio del pedúnculo (anatomía, morfología, fisiología, evolución).—Crecimiento del pedúnculo.—Caracteres del pedúnculo en los diversos grupos sistemáticos.—Valor sistemático de las placas columnares.—Conclusiones paleontológicas.—Valor estratigráfico de los Crinoïdes en Africa del Norte.

Cuando los tallos han sido ya descritos y se sabe a qué Crinoïde corresponden, no hay mayores dificultades, pero por lo general las placas columnares se encuentran aisladas, y no siempre es posible, por la escasez de caracteres que presentan, llegar a una clasificación exacta. En este caso lo más prudente es evitar una nomenclatura que forzosamente ha de originar múltiples casos de sinonimias. De todas formas, hay que esperar que de un conocimiento más detallado de tales placas se pueda llegar a una determinación específica exacta, aunque actualmente estamos aún lejos de haberlo conseguido, pues en definitiva los fragmentos de tallos son restos esqueléticos que por las deducciones de la anatomía comparada pueden, al menos en teoría, darnos un conocimiento exacto del Crinoïde a que pertenecen.

El trabajo está documentado con más de 160 figuras distribuidas en ocho láminas, y posee amplia bibliografía y un cuadro de distribución estratigráfica de los Crinoïdes característicos del Norte de Africa.—BERMUDO MELÉNDEZ.

JEANNET (A.): *Sur la forme de l'ouverture chez certains Nautilus Mésozoïques*. «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», Bd. XXVII. Zurich, 1948.

Con motivo del estudio de la fauna de Cefalópodos del yacimiento de hierro oolítico de Herznach (Argovia), el Prof. Alphonse Jeannet,

de «L'Ecole Polytechnique Fédérale» de Zurich, llama la atención sobre la forma de la abertura de la cámara de habitación de los *Nautilus* mesozoicos, carácter que por no ser siempre fácilmente apreciable, no suele tener en cuenta su sistemática.

Las principales modificaciones que pueden observarse en el peristoma de los nautilus mesozoicos, con relación al actual, son:

1. Forma general de la concha en las proximidades del peristoma.
2. Forma de la región ventral.
3. Contorno del peristoma en los flancos.

4. Apéndice que en algunos casos se presenta en las proximidades del ombligo.

Estudia diversos casos en que los anteriores caracteres han podido ser observados, y hace ver cómo la forma de las estrías de crecimiento no siempre sirven para reconocer la del peristoma, citando el caso de *Paracemoceras arduennense* d'Orb., que presenta un seno ventral en el peristoma, en cuyos bordes vienen a quebrarse las estrías de crecimiento.

Comparando la forma del peristoma y las impresiones del interior de la cámara de habitación del *Nautilus* actual, y de las especies fósiles, llega a la conclusión de que en estas últimas los hechos parecen indicar una emigración del contorno del peristoma hacia el fondo de la cámara de habitación de un nautilus actual, y las cosas ocurren como si dicho peristoma se hubiese fijado en el contorno de determinadas impresiones del manto.

Finalmente, comparando el peristoma de estos *Nautilus* que presentan un seno ventral muy marcado con el de los *Ammonites*, que por lo general poseen una apósis rostral diferenciada, establece un cierto antagonismo entre ambos grupos, presentando la hipótesis, sin duda atrevida, de que tales divergencias podrían significar diferencias anatómicas más transcendentales que la simple existencia de uno o dos embudos para la expulsión del agua de la cavidad paleal, y que tal vez correspondiesen: los primeros a *Tetranquiales* (*Nautilus*), y los segundos a los *Dibranquiales* (*Ammonites*).—BERMUDO MELÉNDEZ.

RUIZ DE GAONA (M.) y COLOM (G.): *Estudios sobre las sinecias de los foraminíferos eocénicos de la vertiente meridional del Pirineo (Cañal de Luña-Vizcaya)*. «Estudios Geológicos», núm. 12, tomo VI. Madrid, 1950.

Se intenta en este extenso trabajo, que ocupa más de 140 páginas de la Revista, y está profusamente ilustrado con más de 300 figuras, determinar la distribución, en el tiempo y en el espacio, dentro del área meridional de las formaciones pirenaicas, de las diversas asociaciones de foraminíferos recolectados en los depósitos eocénicos, especialmente en los niveles superiores.

Se estudian sucesivamente las sinecias de macro y microforaminíferos, recogidas en diversos yacimientos catalanes, navarros y vascos:

En el Ipresiense de Arén (Cataluña), predominan: *Flosculina globulosa*, *Alveolina subpyrenaica* y *Alveolina primaeva*, especie de pequeño tamaño.

En el Ipresiense de la provincia de Guipúzcoa, se observa la abundancia de *Laffiteina valensis* y *Laffiteina yarzai*, sobre todo la primera, y numerosos Numulitidos, junto con *Asterodiscus* y *Discocyclinas*; por el contrario, en estos niveles escasean los microforaminíferos.

En el Luteciense de Elia (Peñalacari), se encuentran: *Clavulinoides haeringensis* y *Clavulinoides marielinus*, especies ambas características del Luteciense, y en otros yacimientos de la misma edad se encuentran además *Anomalina grosserugosa*, *Cibicides alleni* y *Vulvulina nummulina*, junto con abundantes especies de Numulitidos.

Las margas azules del Bartonense de la cuenca de Pamplona, se caracterizan por la abundancia de microforaminíferos, que han permitido determinar su edad de manera exacta. Es notable la gran cantidad de Lagénidos hallados en estos sedimentos margoso-arcillosos, a pesar de lo cual no representan formaciones de facies profundas, sino más bien litorales.

Los yacimientos catalanes del Eoceno superior son ricos en Numulitidos, y su facies litológica, en gran parte caliza, es marcadamente litoral. En estos mismos yacimientos se encuentran determinadas especies de microforaminíferos comunes con las «margas azules» de Pamplona, pero su número es escaso, debido a la diferencia de facies litológica. Los autores presentan listas condensadas con la distribución de especies en ambas regiones, haciendo consideraciones sobre las analogías y diferencias faunísticas entre las dos regiones sedimentarias, y consideran que, a base de las especies de Numulitidos halladas, los yacimientos catalanes deben ser de edad Lediense.

Gran parte del trabajo está dedicada a la descripción de las diversas especies estudiadas, presentando algunas como nuevas, y figurando casi todas en 20 láminas que documentan esta importante contribución a la micropaleontología española.—BERMUDO MELÉNDEZ.

TERMIER (H.) & (GEN.): *Psition systématique et biologique des Conulaires*. «Extr. de la Revue Scientifique», núm. 3.300 (diciembre). Fascículo 12, año 86, 12 págs., 26 figs. París, 1948.

Los materiales de Conuláridos recogidos en el Marruecos francés por los esposos Termier, les han permitido llegar a interesantes conclusiones relativas a la posición sistemática, anatomía y paleobiología de los Conuláridos, fósiles que hasta hace poco se consideraban como conchas de Pterópodos.

Después de estudiar con detalle la anatomía de estos fósiles, resu-

miendo los trabajos de autores anteriores, llaman la atención sobre el hecho de que en su composición entra el fosfato cálcico, lo cual los aleja por completo de los Moluscos y de los Celentereos, grupos en los que hasta ahora venían incluyéndose.

En los ejemplares que ahora estudian han podido observar, como ya lo hizo Kowalski en 1935, la presencia en el extremo agudo de las conchas, de un espacio de sección lenticular, en forma de menisco en las secciones transversales, limitando una especie de cucurucho con la abertura en dirección opuesta a la de la conularia, sin que sobresalga de la pared de ésta. Los esposos Termier consideran esta cámara como embrionaria, y hacen ver la semejanza existente entre esta estructura y la *sícula* de los Graptolitos, lo cual puede ser indicio de su parentesco sistemático.

Los diferentes géneros de Conuláridos presentan diversas ornamentaciones, pero en conjunto se pueden reducir siempre a líneas transversales, finamente tuberculadas, que forman costillas salientes e inflexionadas hacia arriba en el centro de las caras de la pirámide de la conularia. Estas costillas parecen haberse formado independientemente a cada lado de la línea parietal media de dichas caras, las cuales no son rectas, sino más bien en forma de zigzag irregular.

El crecimiento de la concha de las conularias no se efectúa, pues, como en las conchas de los Moluscos, mediante un borde continuo, sino independientemente, como resultado de la reunión de ocho segmentos fusiformes e independientes que se unen por líneas sinuosas.

Estas particularidades morfológicas acercan a los Conuláridos al grupo de los Vermídeos *Pterobranquios*, y parece lo más probable que formasen un grupo de animales totalmente distintos a los que actualmente conocemos pero emparentados con aquellos.

El ciclo biológico de las conularias podría resumirse de esta forma:

1. Larva planctónica que nadaría libremente.
2. Fijación de la larva por la región preoral.
3. Formación de una ventosa de fijación, a partir del lóbulo preoral, y aparición de un «brote» destinado a ser el adulto.
4. Formación por gemación de otros individuos, originándose una colonia.
5. Formación de un tabique convexo hacia abajo, y desprendimiento de la parte distal de la concha, que sería el animal adulto, el cual desde ahora llevaría vida planctónica, análoga a la de los actuales Pterópodos.
6. Formación de nuevas larvas, por vía sexual o por gemación, alguna de las cuales puede fijarse sobre la misma concha de la conularia, originando colonias flotantes.—BERMUDO MELÉNDEZ.

DEFLANDRE (G.): *La vie créatrice de roches*. «Presses Universitaires de France», 128 págs., 24 figs. París, 1947.

Es un pequeño manual de alta divulgación en el que se pone de manifiesto el papel de los microorganismos en la formación de las rocas sedimentarias, desde los tiempos más remotos de la Historia de la tierra, en plena Era Arcaica, hasta nuestros días.

Muchas veces las rocas contienen fósiles, y entonces es fácil deducir su origen orgánico, pero en realidad, todas las rocas sedimentarias no detríticas reconocen también un origen remoto orgánico, siendo el resultado de la acción de microorganismos, que precipitan las sustancias minerales disueltas en el agua si es que no forman la roca por acumulación de sus esqueletos microscópicos.

Los capítulos que componen esta obra son los siguientes: Origen y formación de rocas sedimentarias.—El jaspe; las radiolaritas.—El tripoli; las diatomeas.—El sílex.—La creta; las rocas formadas por cololitos y foraminíferos.—El carbón de piedra; los carbones formados por algas.—El petróleo; los betunes.—Apreciación de conjunto y conclusiones.

El autor de este libro es uno de los paleontólogos que más se han distinguido en los últimos años en los estudios de micropaleontología, debiéndose a él numerosos hallazgos de microfósiles, especialmente los fósiles del sílex, que según estos descubrimientos es de origen orgánico. Gracias a todos estos estudios, a la par que se dilucida el origen de muchas rocas cuya génesis no estaba suficientemente aclarada, se van ampliando el campo de estudio de la paleontología a seres microscópicos, que la mayoría de las veces son una verdadera sorpresa, como recientemente ha ocurrido con los *Flagelados* e *Infusorios* fósiles.—BERMUDO MELÉNDEZ.

DESIO (A.): *Vestigia problematiche paleozoiche della Libia*. «Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia Fisica della R. Università di Milano». Serie P., núm. 20. Milán, 1950.

En las 92 páginas de este folleto se estudian una serie de pistas y huellas halladas en el Paleozoico (Silúrico-Devónico-Carbonífero) de Libia, que aparecen figuradas en magníficas fototipias en las 13 láminas que ilustran el trabajo.

Se describen minuciosamente ejemplares de:

Spirophyton, *Myrianites*, *Bifungites*, *Terebellolites*, *Eoclathrus*, *Harlania*, *Cruziana*, *Arenicolites*, *Kinneyia*, *Nereites*, *Sabellarifex*, *Climacichnites*, *Polygonolites*, *Interconulites*, *Fraena* y *Rouaulitia*.

Tiene este trabajo una primera parte en la que se hacen interesantes consideraciones sobre la clasificación y la nomenclatura de estos fósiles,

discutiendo la conveniencia de emplear para ellos la nomenclatura binómica de Linneo, ya que en realidad no se trata de organismos fosilizados, sino de huellas dejadas por los mismos.

Distingue las huellas producidas por organismos (huellas fisiológicas), de las producidas por agentes físicos (huellas físicas), admitiendo las primeras como fósiles en sentido amplio, por lo cual puede utilizarse para ellas la nomenclatura binómica, pero no así las segundas que al no poderse relacionar con ningún ser vivo, no son en realidad objeto de estudio paleontológico.

Hay además en el trabajo un capítulo dedicado al estudio de la edad de los terrenos donde se han hallado estos fósiles y a sus facies estratigráficas.—BERMUDO MELÉNDEZ.

MORENO CARDONA (I.) y LINARES (A.): *Trilobites en Sierra Nevada (Granada)*. «Estudios Geológicos», núm. 12. Madrid, 1950.

Se trata de una nota preeliminar, en la cual sus autores dan cuenta del hallazgo por primera vez, de dos ejemplares de *Trilobites* en el borde septentrional de Sierra Nevada, sobre pizarras metamórficas, cerca del contacto con la orla mesozoica, probablemente triásica, que rodea en esta región la Sierra Nevada.

Los dos ejemplares encontrados, lo han sido sueltos; el primero rodado, en el lecho de un arroyo, no permite su clasificación, aunque se puede reconocer sin género de duda un *Trilobites*.

El otro ejemplar puede ser clasificado; se trata de un *Calymene* próximo al *Calymene pulchra* Barr., que probablemente será una especie nueva, aunque sus autores no se deciden a establecerla esperando nuevos hallazgos.

En este sentido continúan la búsqueda de otros ejemplares en la región del Trebenque, que es donde han sido hallados los anteriores.

Las consecuencias del hallazgo, según los autores, son de gran trascendencia, pues permiten determinar como silúrico un terreno que hasta ahora se tenía por estrato-cristalino, de edad enigmática.—BERMUDO MELÉNDEZ.

SHIMER (H. W.) y SHOROCK (R. R.): *Index fossils of North America*. 837 págs., 303 láms. «Massachusetts Institute of Technology John Wiley and Sons», Inc. New York, 1949.

Se trata de una publicación magna en la que si no todos los fósiles encontrados en Estados Unidos, aparecen descritos y figurados en su inmensa mayoría los fósiles característicos norteamericanos, formando un auxiliar indispensable para el paleontólogo no sólo norteamericano, sino también europeo y aun para los españoles, pues sabido es que

sobre todo en el Paleozoico, existen numerosas especies comunes entre nuestra patria y Norteamérica.

La ilustración es realmente magnífica, y en las 303 láminas que ilustran el trabajo aparecen representados por lo menos unos 4.000 fósiles distintos, de los cuales se dan descripciones detalladas y noticias bibliográficas concretas.

La exposición se realiza por orden sistemático, precediendo cada grupo de unas generalidades morfológicas y anatómicas muy bien logradas, e indispensables para facilitar el estudio sistemático de géneros y especies.

Es, en resumen, una obra fundamental que es lástima no se llevase a cabo, si no en todos los países, por lo menos en otras regiones, como por ejemplo en Europa central o meridional, con lo cual se facilitaría enormemente la ingrata labor de clasificar fósiles, cuando no se dispone de una buena biblioteca.—BERMUDO MELÉNDEZ.

GRENVILLE (A. J. C.): *El desarrollo geológico de Europa*. 282 págs., con 14 figuras en octavo, encuadernado en tela. «Emecé, Ed., S. A.». Buenos Aires, 1948.

Es una traducción del libro inglés «The Geological growth of Europe», en la que con un lenguaje ameno y en plan de divulgación, se recogen las principales vicisitudes geológicas por que ha pasado Europa en el transcurso de los tiempos geológicos.

Se hace ver, por una parte, la importancia que para los rasgos fisiográficos actuales tiene la constitución geológica de cada una de las grandes regiones naturales que constituyen nuestro continente, y por otra parte, cómo el aspecto actual del mismo es el resultado de una serie de movimientos de desplazamientos en la vertical, y de plegamiento (en su mayor parte muy recientes), unidos a la acción de los agentes de la erosión: ríos, glaciares, mar, etc.

Pretende este libro ser una guía geológica sucinta para el viajero que recorre Europa, y que además del interés turístico que le pueda proporcionar el paisaje, se interese por una explicación de los fenómenos geológicos que observa.

Los diferentes capítulos que componen el libro son: Algunas consideraciones geológicas.—El gran mar cretácico.—Europa como producto de los tiempos postcretácicos.—Las costas atlánticas.—El «mar de fondo» de la «tormenta alpina».—El valle del Rhin.—Las tierras bálticas.—La cuenca superior del Danubio.—El plegamiento de los Alpes.—La cuenca inferior del Danubio.—La Rusia incommovible.—El nacimiento de Italia.—Oriente y Occidente en el Mediterráneo.—Conclusión.

Completan además el libro una sucinta bibliografía bien seleccionada, un breve vocabulario de palabras técnicas que al profano podrían resultarle desconocidas, y los correspondientes índices.

Al final del libro analiza el autor las razones por las cuales las regiones naturales europeas no coinciden, o no han coincidido durante mucho tiempo, con los límites de los estados políticos. Los límites establecidos por los movimientos alpinos, que han creado regiones naturales tan evidentes como España y Caucasia, no han sido respetados por diferentes pueblos que en el transcurso de la historia han invadido estas regiones repetidas veces. La unidad geográfica italiana tan neta y demarcada, no llegó a ser política durante mucho tiempo por la acción separatista de numerosos y minúsculos estados independientes. Austria, al incluir en sus dominios gran parte de los Alpes, Bohemia y parte de la plataforma rusa no constituyó una región natural.

La razón de todo esto, y de otros muchos ejemplos que aduce, la encuentra el autor en la necesidad innata en los pueblos de dominar regiones cuyas producciones les son necesarias por ser distintas a las propias de la región que ocupan.

Dado que todas las naciones desean fábricas y graneros, yacimientos de carbón, comercio con ultramar, etc., los movimientos étnicos se producen con desprecio de los límites naturales y de acuerdo con la economía política.

En opinión del autor, la Era Terciaria ofreció al hombre un continente «modelo», en el que a través de la Historia se ha ido desplazando hasta llegar al estado actual de división en nacionalidades, influenciado por las necesidades apuntadas y al mismo tiempo por las exigencias geográficas.—BERMUDO MELÉNDEZ.

MELÉNDEZ (B.): *Sobre la distribución estratigráfica de los Cistideos en España*. «Estudios Geológicos», núm. 12, tomo VI. Madrid, 1950.

Como resultado de las investigaciones que sobre los Cistideos españoles que viene realizando el autor desde 1944, se pueden esbozar en la actualidad los principales rasgos de su distribución estratigráfica en España.

1. CÁMBRICO.—*Carpoideos*: En el Cámbrico Acadiense las citas de *Trochocystites bohemicus* son numerosísimas, habiéndose señalado sin lugar a dudas y relativamente abundante, en Asturias, León y Aragón, desde muy antiguo. En el Potsdamiense, las citas de Cistideos son muy dudosas.

2. ORDOVICIENSE.—*Hidroforidos*: La base del Ordoviciense español es de facies detrítica, sin que lógicamente contenga otros restos que «pistas». En el Llandeilo, desde muy antiguo, se conoce un Cistideo famoso, el *Aristocystites Murchisoni* (Vern. & Barr.), hallado en Ciudad Real, Cáceres, Almadén, y tal vez en Asturias. También del mismo nivel, y de la provincia de Ciudad Real, proviene un Cistideo muy notable; *Corythe rouaulti* Samp., y en Almadenejos, de la misma provincia, se han encontrado placas sueltas de *Ar. bohemicus*.

En el Caradoc se ha encontrado el *Echinospaerites balticus* en diversas localidades próximas a Barcelona. Pero sin duda es el Asghillense, el nivel estratigráfico que en España es más rico en Cistideos. De-reims (1898) y Lotze (1929), citan en Luesma (Zaragoza), los géneros *Echinospaerites* y *Caryocystites* como muy abundantes, y nosotros hemos hallado en la misma localidad, además de estos géneros, varias especies de *Heliocrinites*, *Aristocystites*, *Glyptosphaerites*, y probablemente también *Cheirocrinus* y *Mimocystites*.

3. GOTLANDIENSE.—Así como el Silúrico inferior español es relativamente rico en Cistideos, en cambio en el Silúrico superior faltan casi por completo. Hemos encontrado una especie de *Caryocystites* y otra de *Aristocystites* en el Wenlock de Fombuena (Zaragoza), y Lotze dice haber encontrado restos de Cistideos en el Downton de la misma región.

4. DEVÓNICO.—*Blastoideos*: El Devónico español es especialmente rico en *Blastoideos*, pero todas las numerosas especies halladas corresponden al Devónico inferior (Coblenciense-Eifeliense), y están todas localizadas en el arco que describen dichas formaciones en Asturias y León. Las 13 especies citadas se distribuyen en los géneros *Pentremitida*, *Nucleocrinus*, *Troostocrinus* y *Phaenoschisma*.

CONCLUSIONES.—La abundancia del *Trochocystites bohemicus* en el Acadiense y su amplia distribución geográfica, debe ser sin duda consecuencia de que casi toda nuestra península estaba en aquella época cubierta por el mar que ocupaba el geosinclinal caledónico, que también cubría casi toda Europa.

Los *Hidrofóridos* del Silúrico, que presentan un máximo de desarrollo en el Asghillense, parecen representar una importante migración de Cistideos venidos de regiones más septentrionales (Francia, Bohemia), lo cual parece confirmarse por la presencia de especies y géneros que ya se conocían con anterioridad en dichos países.

La fauna de *Blastoideos* del Devónico inferior español, es el resultado indudable de otra nueva migración, pues estos equinodermos aparecen en el Silúrico de Norteamérica, y de allí emigran a través del Atlántico hacia Europa, encontrándose ya en el Devónico inferior en numerosas localidades. Sin embargo, esta fauna, que en las demás localidades europeas adquiere su máximo desarrollo en el Carbonífero inferior, no pasa en España del Eifeliense, extinguiéndose sin dejar descendencia.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

PAN (I. DEL): *Observaciones geológicas sobre el yacimiento logroñés con «Elephas antiquus», Falc.* «Bol. de la Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. 48. Madrid, 1950.

Inicia el autor este estudio, continuación de otro anterior en el que se describen los restos de *Elephas antiquus*, Falc., con unas consideraciones estratigráficas del yacimiento, enclavado en las graveras de «Ba-

rriobero» y de «Quico», en la carretera de Logroño a Pamplona y a un kilómetro aproximadamente de la primera capital, situadas en una terraza del Ebro formada por grandes espesares de gravas de diversos tamaños y arenas, en la que se distinguen claramente cuatro niveles, en el último de los cuales fué donde aparecieron los restos del *Elephas*.

Analiza las condiciones de formación y la cronología de esta terraza fluvial cuaternaria, muy relacionada geológicamente con otras formaciones análogas del valle del Ebro, en especial con las del tramo alto de este río, en la Rioja alta. Respecto a su cronología, la diagnosis paleontológica hace pensar en una de las formas que aparecieron en el Cuaternario medio y en su segundo período interglacial, y que los materiales que descansan sobre estos restos fósiles posiblemente coincidieron con el advenimiento del tercer período glacial (Rissense). La edad de la capa arcillosa superior del yacimiento, puede referirse en términos generales al holoceno, resultando difícil una determinación exacta, por falta de restos de industrias líticas y de cerámica, ya que los testimonios humanos, faltos de fosilización, no permiten una atribución cronológica exacta.

Termina su interesante y documentado trabajo con unas consideraciones paleogeográficas sobre el valle del Ebro en la zona logroñesa donde han sido recogidos los restos de este elefante, según los cuales el desarrollo evolutivo de los valles, unido a la acción de la climatología y de la tectónica, fueron cambiando el aspecto del paisaje, según lo atestiguan la existencia de movimientos y desnivelaciones, la presencia de restos de fauna interglacial y la existencia de tierra roja.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

BAUZÁ RULLÁN (J.): *Contribución al conocimiento de la ictiología fósil del Neogeno balear. Sobre el hallazgo del «Taurinichthys Willaltai».* «Bol. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. 48. Madrid, 1950.

Esta nueva aportación de autor tan conocido y destacado, referente al hallazgo del *Taurinichthys Willaltai*, viene a dar un carácter más tropical a la fauna helveciense del yacimiento de Sa Taulada (Snta Margarita), y al mismo tiempo a dar como posible que el género *Stylodus* de Sauvage, no sea más que el propio *Taurinichthys sachcri*, según ya el profesor Leriche en 1906 creyó ver al estudiar placas faringeadas de ambos géneros y cuya opinión original transcribe el Dr. Bauzá en su trabajo. Informa en éste sobre las opiniones, tanto del propio profesor Leriche, como sobre las del destacado especialista, profesor Edgard Cas-sier, y termina haciendo una minuciosa descripción del material hallado. Acompañan dos láminas de fotografías.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

CUERDA (J.) y MUNTANER (A.): *Nota sobre un nuevo yacimiento hallado en Palma de Mallorca como perteneciente al Plioceno*. «Bol. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. 48. Madrid, 1950.

Se trata de una pequeña comunicación que los autores anticipan a un trabajo detallado que ofrecen, dando cuenta de un yacimiento en el lugar denominado Cala Gamba, en Palma, formado por arcillas arenosas que contienen una abundantísima e interesante fauna marina a la que acompañan representantes lacustres, que les hace suponer se trata de una fauna salobre pliocénica, análoga a la descrita por Almera en el Plioceno de Cataluña.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

HARRIS (T. M.): *Notes on the Jurassic Flora of Jorshire*. «The annals and Magazine of Natural History», vol. 3, núm. 36, diciembre 1950. London.

En la presente nota el autor estudia detenidamente el *Ctenis kaneharai*, Yokoyama, *Pseudoctenis lanei*, Thomas y *Clathropteris whitbiensis*. Tras breve comentario a todas ellas, da la diagnosis detallada de cada una, haciendo asimismo un breve estudio de las especies que tienen cierta semejanza con las que él describe, la discusión de sus caracteres y las sinonimias de cada una. Se detiene de una manera especial con *Clathropteris Whitbiensis* sp. nov. y en su diferenciación con el *Dictyophyllum rugosum*, L. y H. De todas las especies estudiadas acompaña dibujos esquemáticos de su morfología e histología de su cutícula. Es abundante su bibliografía.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

GIANATTI (A.): *Osservazioni sulla flora fossile quaternaria di Val Vigizzo (Novara)*. «Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia», vol. LVI, núm. 1. Milano, 1950.

Inicia su trabajo haciendo un breve resumen de lo hecho con anterioridad a él y con una descripción de la localidad fosilífera, así como del material que contiene las improntas vegetales, que son arcillas de colores cenicientos que no dan efervescencia con el ácido clorhídrico. Hace a continuación la descripción paleontológica de las especies recogidas: *Neckera crispa*, Hedw, por primera vez señalada; *Pteris aquilina*, L., tampoco recogida hasta que él lo hizo; *Taxus baccata*, L.; *Salix caprea*, L. var. *grandifolia*; *Typha angustifolia*, L., mencionando, sólo brevemente otras especies, inciertas por su estado, en la determinación: *Ulmus montana*, With; *Alnus cordata*, Desf; *Carpinus betulus*, L.; *Rhamnus alpina*, L. y *Rh. frangula*, L., acompañando de las primeras

magníficas fotografías. Termina haciendo unas consideraciones sobre el interés que presenta el nuevo material recolectado.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

MARTINIS (B.): *La microfauna dell'affioramento pliocenico di Casanova Lanza (Como)*. «Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia», vol. LVI, núm. 2. Milano, 1950.

Se trata de una interesante aportación al estudio de la fauna pliocénica de la provincia de Como, en la que ya se habían hecho estudios de gran interés. Tras un estudio breve del yacimiento, del aspecto y caracteres de la arcilla que contiene los microfósiles, de unas consideraciones ambientales y de su edad, describe las nuevas especies recogidas: *Bolivina punctata*, d'Orb. var. *substriata*; *Bulimina acanthia*, Costa; *Bulimina calcarata*, Seg; *Lenticulina peregrina* (Schawager), Cush; *Pulvinulinella carinata* (d'Orb.), Cush y *Valvulineria bradyana* (Forn), Emiliani. Termina su trabajo con la lista bibliográfica de obras consultadas y con una magnífica lámina de las especies reseñadas.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

CITA (M. B.): *L'Eocene della sponda occidentale del lago di Garda*. «Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia», vol. LVI, núm. 3. Milano, 1950.

Persigue su autor con el presente trabajo contribuir al mejor conocimiento de la estratigrafía del eoceno de la zona que estudia y que comprende cinco afloramientos, ya conocidos por el autor a través de otros trabajos, todos ellos interesantes por lo rico y significativo de su microfauna.

Describe cuarenta y ocho especies, la mayor parte de las cuales aparecen fotografiadas en excelentes láminas que acompañan al trabajo y de todas las cuales da sus sinonimias, descripción, difusión y edad de la especie y localidad. Avalora su trabajo una seleccionada y abundante bibliografía.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

PRENTICE (J. B.): *The genus «Gigantella» Sarycheva*. «Geological Magazine», vol. LXXXVII, núm. 6. noviembre-diciembre 1950.

El género *Gigantella* fué propuesto por Sarycheva (1928) para el grupo de Braquiopodos de los Productidos gigantes, agrupados alrededor de las formas de *Productus giganteus* (Martín) británicos. Este nombre, según última noticia llegada al autor de esta nota, fué dado antes a un crustáceo por Ekman (1905), complicándose el problema de la nomencla-

tura cuando Chao (1928) introdujo el género *Kanzuella* para una forma aberrante del grupo del *P. giganteus*.

Analiza detalladamente los caracteres de todos ellos, para acabar proponiendo el nuevo género *Gigantoproductus* en sustitución del de *Gigantella* de Sarycheva y para el cual da una minuciosa diagnosis. Breve bibliografía acompaña al trabajo.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

MALARODA (R.): *Segnalazione di un nuovo crinoide Comatulide nel Paleogene veneto*. «Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia», vol. LVI, núm. 1. Milano, 1950.

El crinoide estudiado proviene de unas arcillas que afloran en la vertiente NE. de Colli Berici (Vicentino), al que acompañan gran abundancia de *Flabellum apendiculatum*, Brongt y *Stephanosmia aequicostata*, Schauz. Se trata de una forma que por no corresponder a ninguna de las que se hallan descritas, hace necesaria la creación de un nuevo género y especie, dándole su autor el de *Vicetiametra albetinii*. La descripción del primero y en particular de la especie, es todo lo detallada que aquélla requiere, completándola además con una magnífica lámina en la que figura la fotografía del ejemplar en varias posturas y un dibujo esquemático aclaratorio.

Su autor hace consideraciones sobre la posible semejanza de su nuevo fósil con otros géneros de Crinoides como *Cypelometra* y *Glenotrenules*, a los que, sin embargo, no es posible referir por diferencias fundamentales que los separan.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

SPENCER (W. K.): *Asterozoa and the Study of Palaeozoic Faunas*. «Geological Magazine», vol. LXXXVII, núm. 6, noviembre-diciembre 1950.

Pretende el autor de esta nota contribuir a la discusión sobre la distribución y migración de las faunas del Paleozoico inferior británicas y principalmente del Oeste de Europa y Norte América, para lo cual se hizo necesaria la revisión y clasificación de ciertas familias y el establecimiento de algunos nuevos géneros. Hace unos ligeros comentarios a la biología de los Asteroideos y Ofiuroideos como grupos de gran representación en el Paleozoico y a la influencia de las transgresiones sobre la fauna. Estudia a continuación muy brevemente el Tremadociense, Arenigiense, Ordoviciense, Siluriano de Australia y de Inglaterra, Devoniano y Carbonífero, citando para cada terreno la fauna que le es propicia, terminando con unas notas sistemáticas y otras bibliográficas. Propone asimismo la creación de tres nuevos géneros, a saber: *Ubri-chaster*, *Phillipsarter* y *Yarravaster*.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

SOLÉ SABARÍS (L.) y MARCET RIBA (J.): *Mapa Geológico de España a escala 1 : 50.000. Hoja y explicación de Gerona, núm. 334*. Instituto Geol. y Min. de España, con la colaboración de la Excma. Diputación provincial de Gerona, núm. 119 H. Madrid, 1950.

Van apareciendo sucesivamente nuevas hojas, con sus correspondientes explicaciones, del gran mapa geológico nacional a escala 1 : 50.000. Es altamente satisfactorio para todos los geólogos españoles ver como éstas van mejorando, a medida que pasan los años, en precisión, detalles y presentación, y que contribuyen eficazmente los trabajos de campo al descubrimiento de nuevos terrenos, erupciones, especies y yacimientos de minerales y fósiles.

Son ya 129 las publicadas y nos conta que hay unas 50 preparadas para su publicación.

La explicación y hoja de Gerona, que vamos a reseñar, forma un volumen de 140 páginas, con un mapa a escala 1 : 50.000 en colores, una gran lámina de cortes geológicos, también en colores, otras trece láminas de fotografías y microfotografías de terrenos, rocas y fósiles y dieciocho figuras en el texto de croquis y cortes geológicos.

Los autores han compuesto una interesante memoria y formado un mapa muy completo con clara y exacta fijación de terrenos, límites, contactos y abundantes signos de caracteres tectónicos y geognósticos que permiten leer fácilmente la Hoja. El trabajo de formación del mapa completa y mejora en algunos terrenos los mapas que hasta ahora había y que han servido de base a los autores para dibujar la Hoja de Gerona.

La memoria explicativa constituye un interesante estudio de la Geología y Fisiografía de la zona abarcada por la Hoja. Después de una extensa nota bibliográfica, que comprende 82 citas, hacen un resumen geográfico ilustrado con un bloque diagrama y un croquis de regiones fisiográficas. En el capítulo titulado «Reseña Histórica», reúnen en un breve resumen cronológico los datos y estudios geológicos efectuados anteriormente, desde los antiguos trabajos de Maestre (1845), Verneuil y Colomb (1864-1868), Bauzá (1874), a los más extensos e importantes de Vidal Carreras desde 1882 a 1922 y los posteriores a esta época.

La provincia de Gerona había sido objeto de numerosos e importantes estudios geológicos, mineralógicos, petrográficos y paleontológicos, que los autores de la memoria que reseñamos han sabido aprovechar para su redacción, en la cual se recoge cuanto de interés se había escrito sobre estas materias, lo que eleva grandemente el interés de la obra. El capítulo que más novedades contiene es el titulado «Morfología», en el que el Dr. Solé ha vertido sus conocimientos detallados sobre la Geomorfología de las tierras catalanas. En los otros se reúnen los datos publicados en los trabajos de Vidal, Faura, San Miguel, etcétera, siendo meritorio el orden de exposición y reunión de ellos para

formar una obra completa que reúne lo que se encuentra disperso en gran número de notas y memorias.

En el capítulo de estratigrafía dan a conocer la estructura geológica de la Hoja y la estrecha relación que existe entre los terrenos y rocas y las regiones naturales. En él se estudian los caracteres y distribución del paleozoico, de cuyos terrenos el siluriano está casi completo; el devoniano con esquistos calcáreos y calizas sin fósiles. Faltan por completo el carbonífero, el permiano y todo el mesozoico, pasando del devoniano inferior al eoceno, de cuyo terreno hacen un resumen muy interesante, con descripciones de los pisos y caracterización paleontológica, de lo que resulta que el eoceno aquí es bastante completo. Faltan los estratos miocenos, y termina el terciario con plioceno lacustre y continental, que es objeto de estudio bastante detallado y en el que se incluyen datos de observación personal (Solé 1948). Según los estudios de este autor el plioceno de La Selva está representado por plasenciense superior y villafranquiense, y en el Ampurdan sólo por este último. Finalmente estudian el cuaternario, las terrazas fluviales, los depósitos aluviales, los de origen lacustre, los aluviales y coluviales recientes y los cordones litorales y dunas.

En el capítulo V estudian la tectónica de la Hoja, distinguiendo en ella una tectónica herciniana del macizo de las Gabarras; la tectónica alpidica en el macizo paleozoico, y terminan con un resumen de la tectónica dinámica de plegamientos hercinianos y alpidicos.

A la Morfología de la Hoja dedican el capítulo VI, en el que se describen las unidades morfológicas con todo detalle, sus modelados, ciclos y niveles.

Sigue el capítulo dedicado a Petrografía; en él se recoge cuanto se había escrito anteriormente, principalmente en los trabajos del Dr. San Miguel de la Cámara. Ilustran el capítulo una serie de microfotografías (8) reproducidas de trabajos del mencionado doctor, y una macroscopia del Dr. Solé. Es grande la variedad de rocas eruptivas y metamórficas en esta Hoja, y en el capítulo se describen granitos de variados carácter y propiedades, granodioritas, dioritas, aplitas, pegmatitas, lamprófidos, pórfidos graníticos, dioríticos y cuarcíferos, porfiritas andesíticas y basaltos. Entre las rocas metamórficas, principalmente de contacto, se citan y describen pizarras andalucíticas y quistolíticas, mármoles, cornubianitas de silicato cálcico y ferromagnésico, micacitas y cornubianitas cuarzo-micáceas, filitas satinadas y cuarcitas.

El capítulo VIII se dedica a Paleontología, que como el paleozoico no es fosilífero, se limita a la de los terrenos terciarios y cuaternarios. Figura en él una larga lista de fósiles, de algunos de los cuales se han reproducido fotografías en las láminas XI, XII y XIII; todos los datos se refieren a la colección existente en el Museo Martorell, y a datos de Vidal, Faura, Cazorro y Llopis; las fotografías son todas de ejemplares del Museo Martorell.

A continuación viene un capítulo dedicado a minerales, minas y canteras, en el que se hace un inventario de minerales encontrados en la región por diversos naturalistas; de minerales petrográficos, rocas explotadas (granitos, calizas y arcillas). Finalmente, en el capítulo X, dedicado a Hidrología, termina la explicación. Es éste un extenso estudio de las aguas superficiales y subterráneas de la Hoja. Se citan todas las fuentes de las distintas regiones fisiográficas, así de aguas ordinarias como minerales, dedicando especial interés a las aguas carbónicas; completan el estudio numerosos análisis químicos y croquis de las condiciones de afloramiento. Termina el capítulo con un estudio especial de las aguas termales de Caldas de Malavella.

En resumen, la memoria explicativa constituye una importante contribución al conocimiento geológico general de la comarca en que está enclavada la Hoja.—F. BENITO.

Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja número 704. Cáceres. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1949.

Han colaborado en los estudios y redacción de esta Hoja, los Ingenieros de Minas Sres. Kindelán y Cantos y el Dr. en Ciencias Naturales Sr. Hernández-Pacheco (F.).

Caracteriza a esta Hoja la gran extensión y uniformidad del Cambriano superior pizarroso, postdaniense, intensamente plegado en régimen isoclinal y acentuadamente metamorfozido por influjo del batolito granítico, que forma dos amplios manchones al NW. y SE. del mapa, formas eruptivas de gran uniformidad caracterizados por granitos de grano gordo y de mica negra dominante.

Descansando directamente sobre el Cambriano y en contacto con la mancha de granitos occidental, destaca una masa de Siluriano inferior, ordoviciano, constituido por masas cuarcitosas de crucianas y pizarras muy homogéneas de Calymene. A su vez este Siluriano, que da origen en conjunto a un sinclinal más o menos plegado en detalle, soporta un conjunto devoniano concordante con el constituido fundamentalmente por areniscas y calizas de Gedinense.

Hacia las zonas de contacto con los granitos, las masas calizas devonianas dan origen a materiales marmóreos por metamorfismo.

Todo este conjunto sedimentario está concordante y ha sido plegado muy intensamente por la tectónica hercinica que arrumba los ejes en dirección NW.-SE.

El conjunto Siluriano devoniano da origen a un plegamiento periclinal en su zona del SE., debido a lo cual las cuarcitas trazan un gran arco en el terreno que rodea y envuelven a los materiales pizarrosos ordovicianos y al conjunto devoniano, como se aprecia en los cortes en serie que ofrece la Hoja. Allí donde la flexión es más acentuada en este

plegamiento tal conjunto ha sido atravesado por rocas de tipo diorítico-gábrico.

En la zona de contacto del devoniano con el granito existe un gran filón de fosforitas, explotado en Aldea Moret, así como masas de ambligonitas reconocidas en parte.

Es interesante la masa caliza respecto a la hidrología subterránea, pues permite fundamentar en el caudal de aguas encerrado en ellos, el abastecimiento de la capital cacereña.

Fuera del núcleo urbano de Cáceres, el industrial de Aldea Moret, todo este país es eminentemente agro-pecuario, dando origen Cáceres a un centro de comunicaciones de relativa importancia.—J. A. KINDELÁN.

Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja número 752. Mirandilla (Badajoz). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1949.

Esta Hoja geológica, estudiada y redactada por el Ingeniero de Minas Sr. Roso de Luna (I.) y el Dr. en Ciencias Naturales Sr. Hernández-Pacheco (F.), ocupa posición centrada en Extremadura, quedando situada entre la Sierra fundamentalmente silúrica de San Pedro y la depresión erosiva-tectónica del Guadiana.

Sintéticamente aparece formado por tres zonas, una al N., constituida por las alineaciones más externas y meridionales de la Sierra de San Pedro en su segmento más oriental; otra al S., casi exclusivamente eruptiva granito-diorítica.

Siendo el manchón diorítico uno de los más extensos y típicos de España. Entre la masa de granito y dioritas, situadas al E. y W., respectivamente, ha quedado prensada una gran masa de cuarcitas y pizarras ordovicenses que dan origen a la sierra del Muro-Bermeja, que no es sino un resto de un gran pliegue desmantelado representado por su flanco oriental.

En el centro de la Hoja quedan situados un conjunto de terrenos Terciarios representativos de un Mioceno superior (Vindoboniense) preponderantemente arcilloso-margoso y a un Plioceno superior detrítico (rañas) que cubre en parte a tal conjunto, adosándose a la vera de las pequeñas alineaciones de la Sierra de San Pedro.

Hacia el centro y por erosión, bajo este terciario aparece el substrato paleozoico o silúrico del Ordoviciano, al que hacia occidente cubre una masa de aluviones cuaternarios, relativamente superficiales.

La tectónica es típicamente hercínica, pero su arquitectura está en un grado de desmantelamiento muy avanzado, quedando representado por un compuesto de pliegues sinclinales y anticlinales que afectan a cuarcitas y pizarras que con frecuencia aparecen fallados longitudinalmente. Hacia el ángulo NE. aparecen también las pizarras cámbricas, Post-danienses, afectadas por la masa tectónica e intensamente metamorfiza-

das por influencia del batolito granítico que ampliamente se extiende hacia el N. en la Hoja contigua de Alcuescar.

Los sedimentos terciarios descienden horizontalmente rellenando una depresión paleozoica erosivo-tectónica de relativa gran profundidad, que ha de sobrepasar los 60-80 metros en sus zonas más occidentales.

Fisiográficamente el país es en amplias zonas una penillanura levemente rejuvenecida y recorrida por alineaciones de tipo hispánidos de no grandes desniveles. En tal penillanura se ha encajado a partir del Plioceno medio el río Aljucen, que viene a ser un elemento fisiográfico de gran interés por el carácter especial de su valle, de relativa gran antigüedad y de ascendencia clara pliocena.

El país es típicamente agro-pecuario, dominando las dehesas de pasto y arbolado hacia el NW. y las tierras de labor hacia el SE. y SW., siendo de relativa gran riqueza y con tránsito hacia el tipo «barros» en los alrededores de Mirandilla.—J. A. KINDELÁN.

Nota bibliográfica de la Hoja de Yepes.

Son autores de esta Hoja los Ingenieros D. Diego Templado, don José Meseguer y D. José Cantos, vocales del Instituto Geológico.

Toda la Hoja está constituida por formaciones miocenas, entre las cuales distinguen los autores dos tramos: Tortoniense y Pontiense. No admiten la existencia del Sarmatiense, y extendiéndose a las observaciones de hojas limitrofes, estudiadas por ellos mismos, indican que los términos arenosos y yesíferos no se presentan superpuestos, sino se trata de una sustitución lateral, apareciendo en la zona de Poniente las arenas, más o menos arcillosas; y hacia Levante los yesos.

En el Tortoniense distinguen litológicamente un término arcillo-sobuloso, que se extiende en toda la zona del SO. del río Algodor y otro yesífero en la margen derecha de este río y al N. del Tajo.

El Pontiense, constituido por calizas, se desarrolla en una gran mancha en el centro de la Hoja, hasta el límite oriental y de un modo general, se apoya directamente sobre los yesos.

Señalan también algunos sedimentos Holocenos en los ríos Tajo y Algodor, con algunas terrazas no muy claramente dibujadas, una de ellas a más de 100 metros más alto que el nivel actual del Tajo.

Se estudian algunas canteras, principalmente en Yepes, en donde se aprovechan las zonas margosas del Pontiense, para la fabricación de cementos, cuya fábrica se encuentra en la Estación de Castillejos, con un cable aéreo de 2.500 m. de longitud y capacidad de 20 metros cúbicos hora.

Se estudian las aguas de la Región, que en general son muy duras. De los análisis que se acompañan se deduce que, el grado Hidrotimétrico oscila entre 48 y 206, siendo las aguas muy sulfatadas y calcáreas.—

JUAN A. KINDELÁN.

JORDANA SOLER (Luis) y MESEGUER PARDO (José): *Mapa Geológico de España a escala 1 : 50.000*. Explicación en la Hoja núm. 488 de Ablanque. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 1949.

Ha visto la luz esta publicación en la que los autores, después del capítulo habitual dedicado a la bibliografía, desarrollan el tema estudiado, no sin antes realizar un compendio histórico de los estudios anteriores al suyo. que documentan al lector acerca de los eminentes geólogos, que con mayor o menor extensión han tratado la geología de la región.

Un documentado resumen de la geografía de la hoja, incluso en censo de población de la hoja, orografía, hidrografía, clima, vías de comunicación, etc., etc., introducen al lector en el desarrollo de la estratigrafía, que comprende los sistemas silurianos, triásico, liásico y cretáceo para pasar, seguidamente, al estudio de la tectónica local.

Dedican otro capítulo a la Paleontología de los sistemas citados, que ilustran con diversas fotografías de los fósiles encontrados, viiendo a continuación el estudio petrográfico de las cuarcitas, pizarras, conglomerados, areniscas, calizas, margas y arcillas encontradas.

Por no existir verdadera minería dentro del terreno ocupado por la hoja, sus descripciones mineras se reducen a considerar lo realmente interesante, entre lo que merece citarse la salina de Saelices, utilizando la sal de las margas triásicas. Consideran, finalmente, la hidrología y agronomía regional.

Además de la hoja geológica, con sus cortes geológicos aclaratorios de la estratigrafía y de la tectónica, la explicación contiene diversos fotografías que la ilustran convenientemente.—J. R. O.

KINDELAN Y DUANY (Juan Antonio): *Mapa Geológico de España a escala 1 : 50.000*. Explicación de la Hoja núm. 584 de Mondéjar. Instituto Geológico y Minero de España, 1949.

Es un folleto de 38 páginas que contiene, además de la hoja, los cortes geológicos necesarios para darse cuenta de la disposición que afectan los terrenos que las constituyen, y en el que figuran como ilustraciones diversas fotografías que contribuyen a dar más claridad a los conceptos de la lectura.

Comienza con una extensa bibliografía, y en ella aparece la descripción física como anticipo indispensable para la descripción geológica, para terminar esta parte descriptiva con el estudio paleontológico de los fósiles encontrados.

El autor se ocupa, después, de la reseña estratigráfica y considera con la debida atención la tectónica regional, para terminar con dos capítulos dedicados a la petrografía y materias aprovechables y a la hidrología subterránea, incluyendo algunos análisis de aguas que existen en la región estudiada, deduciendo de ellos interesantes consecuencias.—J. R. O.

Hoja de Cilleruelo de Abajo núm. 314.

El autor de esta hoja y de la Memoria explicativa correspondiente es D. Maximino San Miguel de la Cámara, catedrático de la Universidad de Madrid, y ha sido publicada por el Instituto Geológico y Minero de España, previa revisión e inspección del Ingeniero Jefe de la 2.ª región, Norte.

La memoria explicativa consta de los siguientes capítulos: I, Bibliografía; II, Geografía física; III, Estratigrafía; IV, Paleontología; V, Tectónica, y VI, Agricultura y riqueza minera e industrial.

En el capítulo I figuran 41 obras consulta debidas a la pluma de 26 autores distintos.

En el de Geografía física se ocupa de la Orografía, Hidrografía e Hidrología de la región.

Los elementos geográficos componentes de la primera los sintetiza en tres: la sierra, los páramos y las llanuras. Ocupa la primera los lugares en que afloran las formaciones mesozoicas y paleogenas, y el segundo y tercero los formados por mioceno y cuaternario.

En dicho capítulo se ocupa principalmente del primer apartado, o sea, del de la sierra, que corresponde a la mancha cretáceo-jurásica del «Mancizo de Silos», y al final destina breve espacio a los otros dos apartados, de páramos y llanuras.

Por ser de escaso desarrollo la red hidrográfica de esta hoja, pues está constituida por un par de ríos de escaso caudal y una serie de arroyos principales dirigidos de E. a O. y de NE. a SO., el apartado correspondiente es breve. En cambio, presta el autor más importancia al de Hidrología, donde se insertan análisis químicos de algunos manantiales, trabajo efectuado por el laboratorio de Análisis Químicos del Instituto Geológico que dirige el Ingeniero de minas D. Laureano Menéndez Puget.

Al capítulo III, de Estratigrafía, dedica el autor dieciséis páginas, con una serie de interesantísimos cortes estratigráficos incluidos en el texto y multitud de fotografías que sirven para ilustrar debidamente lo importante de su contenido.

Los apartados de dicho capítulo son: Jurásico, Cretáceo.—El Cretáceo de la provincia de Burgos, según Larrazet.—El Cretáceo de la región de Soria, según P. Fallot.—Paleogeno.—Oligoceno, y Mioceno.

Según puede apreciarse por la lectura del párrafo anterior, es un capítulo que debería titularse Historia y Estratigrafía, pues a más de estudiar el autor cumplidamente la estratigrafía de la Hoja, se ocupa también en analizar la labor de los geólogos que le precedieron en el estudio de esta región y en aunar las consecuencias de dichos estudios con las debidas a su observación personal.

El capítulo IV, de Paleontología, es el que mayor lugar ocupa después del de Estratigrafía, y hace un estudio detallado e interesantísimo de la fauna fósil.

Divide el capítulo en los siguientes epígrafes: Fauna jurásica de Tejada.—Microfauna de las calizas del Cretáceo.—Fauna garumnense, y Moluscos eocenos. En el epígrafe primero se ocupa también de los fósiles cretáceos de Tejada.

Va ilustrado el capítulo con magníficas fotografías de fósiles, de cortes y de dibujos aclaratorios de algunas de estas fotografías.

En el capítulo V, Tectónica, se ocupa como es lógico sólo de aquella parte de la Hoja, que ha sufrido el efecto de las fuerzas orogénicas y que ocupa estrecha faja en la parte N. de la Hoja.

El eje del pliegue anticlinal que afecta a los estratos mesozoicos lleva dirección E.-SE. a O.-NO. y se extiende en forma de espolón hacia el O. hasta los kms. 195 y 196 de la carretera Madrid-Burgos, donde queda oculto bajo los depósitos de la formación lacustre miocena.

Señala las fallas de Ontoria del Pinar y de Silos, describiendo ambas, y termina el capítulo asegurando la existencia de una represión neojurásica, una transgresión cenocanense y una regresión danesa.

En el capítulo VI y último se ocupa el autor, a más del estudio de la edafología, algo de arqueología y arquitectura, y por último dedica un epígrafe a «Canteras», donde hace una descripción de las existentes en el perímetro abarcado por esta hoja.—EL JEFE DE LA 2.ª REGIÓN.



INDICE

	Páginas
Ideas modernas sobre la petrogénesis de las rocas eruptivo-metamórficas y volcánicas, por ALFREDO SAN MIGUEL ARRIBAS.....	3
Los minerales radiactivos (Uranio y carbono), por † MIGUEL MOYA....	87
Hallazgo del <i>plesiodimylus chantrei</i> Gaillard en el Meótico del Vallés, por M. CRUSAFONT PAIRO y J. TRUYOLS SANTONJA.....	97
Los nuevos mamíferos del neogeno de España, por M. CRUSAFONT PAIRO y J. F. DE VILLALTA.....	127
Los nuevos campos petrolíferos del Bajo Pirineo francés, por JOSÉ CANTOS FIGUEROLA.....	153
Hidrología de Puertollano (La fuente acidula de San Gregorio), por JOSÉ MESEGUER PARDO.....	163
A la inolvidable memoria de D. Luis de Adaro, por P. H. SAMPELAYO..	183
Reseñas y Notas bibliográficas.....	191