

I/16-1-1

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

E S P A Ñ A

NUMERO 21



MADRID

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

1950

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.

La Vermiculita

POR

MIGUEL MOYA

MIGUEL MOYA

LA VERMICULITA

GÉNESIS.—CARACTERÍSTICAS.—APLICACIONES

Criaderos

Cada día el progreso industrial nos llama la atención sobre el empleo de nuevas sustancias minerales, sobre las especiales propiedades de las mismas y sus posibles aplicaciones prácticas.

En este sentido, por el desarrollo que en pocos años han adquirido la explotación de la vermiculita y la fabricación de nuevos e interesantes productos a base de este mineral, creemos oportuno hacer alguna referencia a la naturaleza, génesis, principales características y criaderos de esta variedad o tipo de clorita. Con el nombre genérico de «cloritas» se designan varios minerales de una composición parecida a la de las micas, pero que no contienen álcalis, son más básicas y están hidratadas. De un modo general pueden considerarse como silicatos hidratados de alúmina, hierro y magnesio.

Las variedades difieren en la relación de las bases presentes en los estados de protóxido y sexquióxido. Como unisilicatos figuran: la Jeffersita, la Pyrosclerita, la Kernita,

la Maconita, la Vaalita, la Diabautita y la Vermiculita con las subvariedades: Cusalgeeita, Hallita, Pelhamita, etc.

Todos los minerales mencionados forman, dentro de las cloritas, el grupo de las vermiculitas. En él, el magnesio figura como protóxido y la alúmina y el hierro como sexquióxidos, siendo la relación cuantivalente de las bases, la sílice y el hidrógeno: 4:2:6:3.

Subsilicatos son la Proclorita, la Ripidolita que se exfolia como la Vermiculita, etc.

Con estas variedades y en la serie general de las cloritas figuran: el Clinocloro, la Penina, la Ottrelita, la Delenita, etcétera.

Como uno de los varios tipos de la serie clorítica, la vermiculita, se presenta en las rocas eruptivas y en las metamórficas y en las sedimentarias, pero nunca como un mineral primario. Los silicatos aluminosos de magnesio, hierro y cierto número de álcalis, pueden cambiar sus bases por el radical oxhidrilo y en las zonas superiores del magma, con temperaturas entre 250° C y 100° C, en la zona hidrostática y a expensas de un metamorfismo químico y dinámico tomar un cierto número de moléculas de agua de cristalización.

Por metamorfismo hidrotermal se derivan las cloritas de los piroxenos monoclinicos, como la augita y la dialaga; de anfíboles aluminosos, como la hornablenda; y de micas, como la biotita y la flogopita.

Todos estos minerales primarios son silicatos aluminosos de hierro magnesio y otras bases, y cuando por alteración química se descomponen las pierden y se hidratan, se forman, como productos secundarios o minerales epigenéticos, las cloritas (la vermiculita), que son, como hemos

dicho, silicatos aluminosos de hierro y magnesio hidratados. Hagner ha observado que en la alteración de la hornablenda y su transformación en vermiculita puede darse, o no, un paso intermedio de transformación en biotita. El examen de láminas delgadas de hornablenda alterada indica claramente que la vermiculita se ha formado directamente de la hornablenda muchas veces y que en otros casos ha tenido lugar la formación de un estado intermedio.

Los piroxenos y anfíboles sin alúmina pueden tomar ésta en fenómenos de alteración química de algunos feldespatos, dando origen también a la vermiculita.

La vermiculita se presenta en toda clase de rocas eruptivas cuando en éstas, por endomorfismo, se producen las alteraciones a que nos hemos referido. Así, vemos referencias de vermiculita en las pegmatitas uraníferas de la Sierra de Comechingones (Argentina) como producto secundario de alteración química; en Hecla, distrito de Turret (Estados Unidos) aparece la vermiculita en el granito: también en el granito en Llano y Burnet, en Texas Central (Estados Unidos). Y poseemos una muestra de vermiculita procedente de un dique pegmatítico que asoma en el granito de Hoyo de Manzanares (Madrid).

En Rainy Creek (Montana) aparece la vermiculita en una zona de sienitas que emergen entre las pizarras arcillosas y cuarcitas del paleozoico.

Se encuentran en las dioritas: la mayor parte de la vermiculita de Wyoming (Estados Unidos) procede de la alteración hidrotermal de las dioritas con hornablenda. Se encuentra también la vermiculita en las serpentinas procedentes de las lerzlitas. Las lerzlitas se serpentinizan por alteración del olivino, y la alteración de la dialaga y subsiguiente hidratación produce la vermiculita. En las serpen-

tinias de la región de Palabora (Transvaal) existe una extensa zona serpentínica con vermiculita. Mallada y Orueta citan la clorita con caracteres que permiten suponer que se trata del grupo de las vermiculitas en las serpentinas de los términos de Marbella y Ojén, Serranía de Ronda). Así pues, la vermiculita se encuentra en todos los tipos de rocas hipogénicas: ácidas, sub-ácidas, sub-básicas y básicas. Pero sobre todo, por efectos de propilitización y dinamometamorfismo, en los terrenos metamórficos, en el estrato cristalino: gneis, micacitas, piroxenitas y pizarras hornabléndicas y cloríticas.

La vermiculita es de color verde que blanquea en la superficie tomando un brillo nacarado; se presenta en forma tubular, palmeada, radiada.

Es exfoliable, dando hojas o láminas flexibles y no elásticas; es atacada por el ácido clorhídrico y se desagrega con ácido sulfúrico, lo que permite distinguirla del talco. La vermiculita es suave al tacto, untuosa; su dureza es de 1,5, se raya, pues, con la uña, dejando huella como si la raya se hiciese sobre cera, lo que permite distinguirla de las micas. Una propiedad característica por la que se reconoce fácilmente es la de que, calentada a la llama de un mechero o simplemente de una cerilla, se exfolia, hinchándose y abriéndose como un abanico. Sometida a alta temperatura llega a aumentar hasta veinte veces su volumen primitivo, y el peso específico que es de 2,5 se reduce a 0,1 y aún menos.

La vermiculita se usa para fines industriales desde 1924. En Sud Africa, Estados Unidos e Inglaterra se han establecido varias importantísimas fábricas de productos de vermiculita.

El Bureau of Mines de los Estados Unidos informa en un folleto editado en julio de 1949 de los ensayos realizados

por su cuenta con más de trescientas muestras de vermiculita procedentes de los sondeos practicados en los depósitos de Llano (Texas Central).

Los ensayos de exfoliación, lo mismo con la vermiculita en bruto que con la ya preparada mecánicamente, se efectuaron a distintas temperaturas, siendo las más eficaces las comprendidas entre los 900 y los 1.000 grados centígrados.

Se ensayaron en el laboratorio varios métodos de preparación mecánica: en cribas, mesas, separación gravimétrica, separación por aire y flotación. En general, los tratamientos en seco son más sencillos y recomendables desde un punto de vista comercial, pero los tratamientos húmedos permiten obtener un producto más limpio y una mayor recuperación de vermiculita.

La porosidad de la vermiculita ya exfoliada hace que sea un excelente material como aislante térmico y del sonido, y su poco peso hace que tenga numerosas aplicaciones en la fabricación de argamasas, estucos y cementos.

Los tamaños de vermiculita más gruesos, es decir, los comprendidos entre 0,5 y 20 mallas se emplean en gran escala en la construcción de muros, techos y tejados en casas y fábricas y en las paredes de hornos, estufas y refrigeradores. Los tamaños comprendidos entre menos 20 y más 65 mallas (en escala Tyler de 0,833 a 0,208 milímetros) se usan en los morteros y cementos. Su poco peso (sólo 130 a 165 kilos por metro cúbico) comparado con el de la arena (unos 1.600 kilos por metro cúbico), juntamente con su alto valor como aislante térmico y acústico dan a la vermiculita considerables ventajas sobre otros materiales empleados hasta ahora. En los últimos años ha habido una creciente demanda de vermiculita en tamaños inferiores a 65 mallas para su empleo en la fabricación de linóleo, tableros dieléctri-

cos, bakelita, grasas lubricantes, neumáticos y objetos de caucho, papeles de imprenta, pinturas exteriores, para las tintas de imprimir, etc.

Así, la vermiculita es la base de un proyecto de casas prefabricadas, y una Compañía (la Kisulite Industries) ha desarrollado y patentado materiales cementadores adecuados que, mezclados con vermiculita, dan bloques o planchas de alta resistencia a la compresión; el material puede moldearse y colorearse para imitar tejas, y además de sus cualidades aislantes es incombustible y de una gran resistencia a la podredumbre y a los parásitos, debido a su composición inorgánica.

Para refractarios especiales se emplea la vermiculita mezclada con arcilla refractaria y con bentonita y entra también en la composición de un producto (la micolita) que se emplea como extendedor de pintura y que cubre un 25 por 100 más que la pintura de aluminio solo. Con la vermiculita, por un procedimiento patentado, se consiguen esmaltes con una gran variedad de terminaciones metálicas. El efecto metálico obtenido con la vermiculita puede decirse que es indestructible.

En uno de los últimos números —26 octubre 1949— del *Boletín de Información* que publica en Madrid la Embajada Británica, aparece una interesante información sobre un nuevo material, el «Pyrok», fabricado con cemento Portland y vermiculita.

La vermiculita se presenta, generalmente, mezclada con otros minerales y diseminada en toda la masa de la roca. Abunda, pues, en la Naturaleza, pero sólo en pocos sitios aparece limpia sin estar acompañada de otros cuerpos y en cantidad suficiente para ser explotada económicamente.

La vermiculita se explotó primeramente en la Unión

Sudafricana, en los campos del Noroeste y del Este de Transvaal.

Además de la zona serpentínica de Palabora se ha demostrado la existencia de depósitos de vermiculita en el distrito de Pietersburg.

En el Oeste de Australia se han descubierto y se explotan criaderos de vermiculita en Young River y Yellosodine, Y en la U. R. S. S. se cita como de extensión considerable y calidad comercial un criadero en Bulduin (Montes Urales).

El Geological Survey, de Estados Unidos, en su Boletín 805-B describe los criaderos de Rainy Creek (Montana), los más importantes del país, que se presentan en un área de pizarras arcillosas y cuarcitas paleozoicas, de sienita y de una piroxenita de grano grueso que va desde una roca que contiene casi exclusivamente piroxeno a una roca compuesta casi únicamente de biotita o, como alteración de ésta, de vermiculita.

En Hecla, distrito minero de Turret (Colorado) aparece la vermiculita en el granito, como alteración e hidratación de la biotita, y según Mr. W. W. Kirby, las vetas llegan a adquirir en algunos sitios metro y medio de potencia.

En Kearny Creek (Montana) se encuentra el mayor depósito de vermiculita de Estados Unidos; presenta la forma de un dique de más de treinta metros de potencia por trescientos cincuenta de corrida, que ha sido reconocido hasta una profundidad de más de cien metros.

Por la creciente importancia económica de los productos de vermiculita, el Bureau of Mines de Estados Unidos ha realizado numerosas investigaciones en los criaderos de este mineral. Las más recientes (1949) en los de Llano y Buruet, que se encuentran en áreas del pre-cambriano, en gnesis y

pizarras cloríticas y pizarras hornabléndicas atravesadas por potentes diques de granito. La mena consiste esencialmente de vermiculita en escamas finas con una ganga de hornablenda y, en menor proporción, cuarzo y feldespato. El bed-rock de los criaderos varía considerablemente y es un granito o una pegmatita, un gneis o una pizarra hornabléndica. En dicha área se llevan practicados 342 sondeos.

En España, Calderón cita varias especies de clorita en Alcorlo (N. de Guadalajara), en Colmenar Viejo (Madrid). Cortázar se refiere a un ejemplar de ofita en Villel (Teruel), en el que se observa la alteración del piroxeno completamente transformado en clorita, y Castel cita la clorita en Alpedroches y Orea (Guadalajara). Calderón cita una interesante variedad de clorita que se presenta en hojuelas verdes, apiladas como monedas, dando lugar a las formas vermiculares conocidas con el nombre de helmintas. Se trata, por estas referencias, de vermiculita que se presenta, según Calderón, al Sur del Tibidabo. Se trata, indudablemente, de la zona metamórfica de Puig Madrona (Barcelona), en el límite occidental de la Sierra del Tibidabo, a unos tres kilómetros al Norte de Papiol, en la que el granito se halla en contacto con micacitas y filadidos anfibólicos que se interponen entre la roca hipogénica y el siluriano.

Dada la génesis de la clorita no hay que decir que puede encontrarse este mineral y los que forman el grupo de las vermiculitas en numerosos lugares de nuestro país en los que existan rocas hipogénicas metamórficas, pero desde el punto de vista minero, es decir, de encontrar criaderos de vermiculita económicamente explotables, nos permitimos señalar dos zonas: una, la de Sierra Nevada, y otra, la de la Sierra de Ronda.

Nos referimos, por la enorme masa y la extensión en

que aparecen las micacitas y pizarras anfibólicas, a la extremidad SO. de la Sierra Nevada (Almería y Granada), en la que, además del macizo de micacitas que forma la mayor parte de dicha Sierra encajadas en él, aparecen en el puerto de Hueneja y Curia del Cerro de Almiraz (Almería) unas rocas diabásicas que al descomponerse, y ya en contacto con las micacitas, forman la llamada *roca verde*, muy rica en clorita. Aparecen igualmente en Bayárcal, ladera Este del Barranco de Puerto; en Paterna, Cortijo de la Fuente; en Beires, Barranco del Zas, y otros puntos de la Sierra en la provincia de Almería, así como en Lanjarón, al N. del puente sobre el río Izbor, en Sopotujar y otros parajes de la provincia de Granada.

En la Serranía de Ronda existen extensas zonas de metamorfismo entre las peridotitas y los gneis, las micacitas y dolomías cristalinas y las anfibolitas. Las cloritas aparecen asociadas al talco en las serpentinas procedentes de las lerezolitas. En algunos parajes, como al S. de Tolox, en la Sierra de Aguas, entre Alora y Carratraca, se presenta la clorita palmeada, de color verde intenso cuando está pura, y amarilla donde la ha teñido el óxido de hierro.

En las zonas de metamorfismo en la Serranía, pero muy especialmente en sus contactos con la roca eruptiva, en los bordes de ésta se encuentra la clorita con estructura que la refiere al grupo de la vermiculita.

La producción de vermiculita en Estados Unidos alcanzó en 1942 la cifra de 57.848 toneladas. La vermiculita cribada se vendió al precio de 12 dólares la tonelada, y la exfoliada llegó a alcanzar un precio de 100 dólares tonelada.

Se presta actualmente especial atención a la vermiculita como a otras sustancias de este tipo limitadas hasta hace pocos años a los textos de Mineralogía y que son objeto de

interesantes aplicaciones industriales. Muchos minerales análogos y tierras especiales alcanzan precios superiores a los de algunas menas de metales valiosos, y no ha de pasar, sin duda, mucho tiempo, sin que en nuestro país, y en beneficio de nuestra economía, ya sea por los organismos estatales o bien por entidades de carácter privado, se realicen investigaciones para determinar el emplazamiento y reservas de criaderos de esta clase.

Enero 1950.

Nuevos países productores de petróleo

POR

JOSE CANTOS FIGUEROLA y RUFINO GEA

JOSE CANTOS FIGUEROLA y RUFINO GEA

Ingenieros de Minas

NUEVOS PAISES PRODUCTORES DE PETROLEO

Las actividades petrolíferas han tomado en estos últimos años un incremento extraordinario, especialmente en los países ya petrolíferos de antiguo, como son los Estados Unidos, Méjico, Venezuela, Rusia, etc., pero también en otros cuya influencia en el mundo es mucho más moderna, como es el caso del Canadá, el Irán, el Irak y otros muchos que conoce todo el que se interesa en esta materia.

Sin embargo, hay algo que no es del dominio del vulgo, y que será la finalidad de este artículo. Se trata de que muchas naciones que hacia los años 1930 a 35 no contaban para nada en el mundo petrolífero, hoy son ya países productivos o al menos avanzados investigadores, cuyos resultados económicos en materia de hidrocarburos líquidos o gaseosos es ya indiscutible.

Entre estos países citaremos por orden alfabético, los que nos han parecido más interesantes, con cifras tomadas la mayoría de la importante revista americana *World Oil* y otras obtenidas en nuestros viajes al extranjero, con la mira puesta en observar y reunir datos que puedan servir de ayuda a la resolución del problema petrolífero de nuestro subsuelo español.

Igualmente pudiéramos citar con la misma finalidad el descubrimiento reciente de nuevos campos petrolíferos, sin la más remota manifestación externa a más de 1.000 kilómetros de los ya conocidos, pero esto podría ser motivo de otro artículo mucho más extenso y queda para otra ocasión.

A continuación hacemos por separado referencia a la actividad en los dos últimos años de los países que se citan y que incluimos en nuestra denominación de nuevos productores.

Albania.

Empezó su historia petrolífera en 1933, elevándose su producción anual en 1942 a 267.000 toneladas de petróleo, cifra que se sobrepasó en 1947 con 300.000 toneladas. A partir de este año se inicia un rápido descenso, desconocemos si por razones políticas, y en 1948 ya no produce más que 60.000 toneladas. Los yacimientos se han encontrado en el Mioceno, a profundidades entre los 500 y 780 metros.

Alemania.

Si bien es un país bastante antiguo desde el punto de vista que estamos considerando, hasta recientemente no se han hecho verdaderos esfuerzos para adquirir un puesto entre los productores mundiales. Los yacimientos de la región de Emsland han sido los que han hecho aumentar la producción de Alemania.

Individualmente considerado, el campo que más produce es el de Nienhagen-Hänigsen, en Hannover, aunque está en decadencia, puesto que en 1948, las 145.000 tone-

ladas que produjo representan un descenso de más del 7 por 100 respecto al año anterior.

Las cifras que damos a continuación hacen bien patentes los progresos de este país:

1947.—Sondeos terminados: 114	}	Con petróleo, 63
		Con gas, 1
		Secos, 50

Total de metros: 87.200.

Sondeos en actividad: 1.618.

Producción anual: 672.000 toneladas.

1.948.—Sondeos terminados: 187	}	Con petróleo, 100
		Con gas, 0
		Secos, 87

Total de metros: 164.200.

Sondeos en actividad: 1.583.

Producción anual: 742.000 toneladas.

La profundidad mínima a que se ha encontrado petróleo es de 90 m., y la máxima a que se han hecho sondeos, de 1.800 m.; las profundidades más corrientes son del orden de los 1.000 m. Los yacimientos se encuentran en el Paleozoico, Triásico, Jurásico, Cretácico y Terciario, esto es, en toda la serie estratigráfica.

Arabia Saudita.

Es asombroso cómo en muy pocos años (su historia petrolífera se inicia en 1936) ha adquirido tan enorme importancia mundial. Los progresos realizados en 1948 han afianzado aún más su posición y sus yacimientos se pueden considerar unos de los mejores del mundo. En este año se han

ampliado los límites de la zona petrolífera de Abqaiq, y aunque su producción es grande, aún se espera producir mucho más. Se siguen explorando otras zonas con equipos geológicos y geofísicos, utilizándose especialmente los métodos sísmico y gravimétrico, que son los más adecuados para la determinación de estructuras. Digna de mención es la investigación gravimétrica realizada en la zona marina próxima a la costa, cuyo resultado no conocemos.

1947.—Sondeos terminados: 24	}	Con petróleo, 22
		Con gas, 0
		Secos, 2

Total de metros: 42.900.

Sondeos en actividad: 53.

Producción anual: 14.975.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 24	}	Con petróleo, 24
		Con gas, 0
		Secos, 0

Total de metros: 47.100.

Sondeos en actividad: 70.

Producción anual: 23.809.000 toneladas.

Profundidad mínima a que se ha encontrado petróleo: 480 m., y máxima al muro de las capas impregnadas, 3.066 metros.

Es notable el considerable aumento de producción en 1948 respecto al año anterior.

Los yacimientos se han encontrado en el Jurásico y Cretácico.

Argelia.

Pudiéramos decir que aún está en su infancia petrolífera: con todo, se han efectuado numerosos reconocimientos con el resultado de encontrar dos zonas favorables: la de Ain Zaft, que se agotó después de extraer un total de 4.000 toneladas y el campo de Tliouanet, que produce 0,3 toneladas diarias de 5 sondeos.

La actividad en estos dos últimos años ha sido, más que nada, de exploración, tanto geológica como geofísica. En 1947 se efectuaron 13 sondeos con una profundidad total de 4.400 m. y en 1948 otros 6 con un total de 8.750 m.; todos ellos dieron un resultado negativo, salvo uno con indicios.

Argentina.

Los primeros campos petrolíferos se encontraron en 1914, pero su verdadera actividad es muy reciente. La producción máxima se obtuvo en 1944 con un total de 4.620.000 toneladas; la de los años posteriores fué algo inferior, pero en 1948 se obtuvo un ligero incremento respecto a 1947.

El actual gobierno tiene un gran interés en conseguir nuevos campos productivos, para lo que ha contratado a una compañía extranjera que se encarga de realizar exploraciones y sondeos. La actividad geológica es enorme, y los trabajos de prospección geofísica muy numerosos.

Los datos más importantes de estos últimos dos años son:

1947.—Sondeos terminados: 208 ...	}	Con petróleo, 182
		Con gas, 5
		Secos, 21

Total de metros: 232.300.

Pozos en actividad: 3.046.

Producción anual: 3.641.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 74 ...	}	Con petróleo, 58
		Con gas, 4
		Secos, 12

Total de metros: 71.400.

Sondeos en actividad: 3.047.

Producción anual: 3.830.000 toneladas.

La mínima profundidad a que se ha encontrado petróleo es de 160 m., y la máxima al fondo de la capa petrolífera, de 1.900 m.

Austria.

La actividad petrolífera de este país es muy reciente. Los mejores campos productivos están en manos de los soviets, y el campo de Mühlberg, único en que ha aumentado la producción de 260.000 toneladas en 1947 a 303.000 en 1948, también está en su poder.

Tiene bastante interés un sondeo realizado en la denominada estructura de Mantzen, que encontró bastantes indicios y otro que encontró gas a presión y no pudo ser controlado. Ambos se efectuaron en 1948. A principios de 1949 se ha hecho otro sondeo, uno de los más importantes por su producción.

Los sondeos y producción de los últimos años son los siguientes:

1947.—Sondeos terminados: 5.

Idem en actividad: 546.

Producción: 1.114.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 40.

Idem en actividad: 647.

Producción: 950.000 toneladas.

Profundidad mínima del petróleo, 120 m., y máxima al fondo de la capa petrolífera, 2.500 m.

Los 40 sondeos efectuados indican con bastante claridad los esfuerzos que realiza este país para detener su descenso, pero tiene que luchar con la falta de material, pues no posee más que 30 sondas viejas y 5 modernas.

Los yacimientos se encuentran en el Mioceno.

Bahrein.

Es muy moderno, ya que sus primeras extracciones datan de 1932. Su producción es bastante importante y creciente, pues en 1947 se obtuvieron 1.570.000 toneladas, realizándose 6 sondeos que resultaron productivos con un total de 64 sondeos en actividad; en cambio, en 1947, en que no se hizo ninguno, aumentó la producción a 1.820.000 toneladas. Todos los yacimientos están en el Jurásico, a una profundidad mínima de 600 m., siendo la máxima a la parte inferior de las capas de unos 1.380 m.

Bolivia.

Los campos petrolíferos más antiguos datan de 1926, época en que la producción era insignificante. Hasta años

recientes no han hecho verdaderos esfuerzos para elevarla, y actualmente sigue un programa para conseguir independizarse del extranjero, tanto en lo que se refiere al petróleo como a otros productos.

Los datos que damos a continuación no reflejan en realidad su producción potencial, ya que ésta viene limitada por la demanda y la capacidad de las refinerías locales.

1947.—Sondeos terminados: 6 (todos productivos).

Total de metros: 4.750.

Sondeos en actividad: 25.

Producción anual: 63.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 6 ... } Con petróleo, 4
 } Secos, 2

Total de metros: 4.500.

Sondeos en actividad: 29.

Producción anual: 77.000 toneladas.

Profundidad mínima del petróleo, 60 m. y máxima al muro de las capas productivas, 1.300 m.

Brasil.

... Inicia su producción en 1939, y aunque no es grande, las cifras que después daremos, no representan sino una fracción muy pequeña de sus posibilidades. De los campos petrolíferos localizados en Bahía, algunos de los principales están inactivos en espera de la terminación de una refinería.

El programa a desarrollar en 1949 es hacer varios sondeos «wildcats» y continuar los reconocimientos geológico y geofísicos.

Hay que hacer notar que muchas de las estructuras encontradas se han localizado por métodos geofísicos.

1947.—Sondeos terminados: 26 ... } Con petróleo, 21
 } Con gas, 1
 } Secos, 4

Total de metros: 21.500.

Sondeos activos: 60.

Producción anual: 16.130 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 15 ... } Con petróleo, 14
 } Secos, 1

Total de metros: 11.500.

Sondeos activos: 69.

Producción anual: 24.000 toneladas.

Profundidad mínima de las capas petrolíferas, 265 m. y máxima al fondo de los yacimientos, 1.170 m.

Canadá.

También son notables los progresos de este país en los últimos años, pero especialmente en 1948, en que se consiguió un incremento bastante importante respecto al año anterior. De un modo especial la provincia de Alberta ha sido, en 1948, la más activa del mundo después de Estados Unidos y Venezuela. Hay que señalar el hecho de que esta provincia, que al principio de 1947 estaba aún en franca decadencia debido al descenso en la producción del Valle de Turner, consiguió rehacerse en febrero de este año, en que se descubrió el campo de Leduc, con buena producción. Este campo, a fines de 1948, ya producía 3.500 toneladas diarias de petróleo procedente del Devoniano.

El campo más importante que se encontró en 1947 fué el de Redwater, cuyo desarrollo ha sido tan rápido que a principios de 1949 ya producía 2.000 toneladas diarias. También se terminó en ese mismo año, en Pincher-Creek, el sondeo productivo más profundo (3.600 m.), que produce 250 toneladas diarias de petróleo y 45 millones de pies cúbicos de gas.

Otra cuestión interesante es el número de sondas disponibles que ha ido aumentando progresivamente. Al iniciarse 1948 eran 20; subió este número a 50 al principio de 1948; a fines de este año eran 85, y en marzo de 1949 ya ascendían a 100.

A primeros de 1949, según nuestras últimas noticias, parece que se ha realizado un importante descubrimiento en Golden Spike.

En Canadá Oriental los avances han sido de menos importancia, continuándose las exploraciones geológicas y geofísicas.

Para hacer más patente la diferencia existente entre las zonas Oriental y Occidental de este país, damos por separado las cifras referentes a las dos.

Canadá Occidental.

1947.—Sondeos terminados: 324 ...	}	Con petróleo, 203
		Con gas, 34
		Secos, 87

Total de metros: 323.600.

Producción anual: 1.263.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 426 ...	}	Con petróleo, 249
		Con gas, 22
		Secos, 155

Total de metros: 540.400.

Sondeos activos: 759.

Producción anual: 2.030.000 toneladas.

Profundidad mínima del petróleo, 180 m. y la máxima alcanzada en los sondeos, 3.750 m.

De los 426 sondeos realizados en 1948, estaban en Alberta 356, mientras que en 1947 de los 314 efectuados, correspondieron a esa provincia 195.

Canadá Oriental.

1947.—Sondeos terminados: 368 ...	}	Con petróleo, 21
		Con gas, 196
		Secos, 151

Total de metros: 117.600.

Producción anual: 25.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 392 ...	}	Con petróleo, 25
		Con gas, 189
		Secos, 178

Total de metros: 127.200.

Sondeos en activo: 989.

Producción anual: 33.000 toneladas.

Profundidad mínima del petróleo, 99 m. y máxima al fondo de las capas petrolíferas, unos 990 m. Las profundidades más corrientes son del orden de los 500 m.

Cuba.

Pocos datos tenemos sobre este país, pero desde luego sabemos que su actividad petrolífera es reciente y parece ser que, a pesar de haberse incrementado el número de sondeos, siguen sin aclarar su problema.

En estos dos últimos años las cifras son poco prometedoras, pues frente a 47.000 toneladas extraídas en 1947, sólo se producen 18.700 en 1948, lo que representa una disminución de más del 50 por 100.

Checoslovaquia.

También la industria petrolífera de esta nación tiene una historia muy moderna, pero según la poca información que se puede obtener acerca de lo que ocurre detrás del telón de acero, no toma mucho incremento su producción. Se extrajeron en 1947 unas 35.000 toneladas, que han bajado a 31.000 en 1948. Además, continúan haciéndose sondeos sin resultado positivo, salvo pequeñas extracciones en el campo de Hodomin. En realidad, este campo, más que un solo recipiente, es un conjunto de pequeñas zonas productivas.

Chile.

Es un país que acaba de iniciar su historia petrolífera. A fines de 1948 tenía un total de 8 sondeos productivos, descontando 6 de los que se extrae gas. Se espera la terminación de un oleoducto para empezar a transportar petróleo, pues hay esperanza de que se puedan extraer ya unas 330 toneladas diarias como mínimo.

China.

Su actividad es muy reciente y su producción no guarda proporción con lo extenso del país, pero tienen mucho interés sus estructuras. Efectivamente, en 1947 sólo se obtuvieron 63.000 toneladas, cifra que se superó en 1948 con

un total de 91.500 toneladas. En 1947 había en explotación 15 sondeos y se realizaron 6; mientras que en 1948 los activos eran ya 19, y los 7 nuevos que se hicieron, dieron todos petróleo. Los yacimientos están en el Terciario a profundidades mínimas de 138 m. máxima de 900 m.

República Dominicana y Haití.

No son en realidad países petrolíferos, pero uno de los sondeos realizados dió un total de 2.160 toneladas y por eso los citamos. Durante 1948 no se hizo nada y las operaciones conocidas se efectuaron entre 1939 y 1947 y fueron 13 sondeos, todos ellos improductivos, salvo el indicado anteriormente.

Ecuador.

Sus primeros trabajos datan de 1920, pero con producción insignificante. En los últimos años sus campos estaban en decadencia, pero en 1948 se ha conseguido detener el descenso, con una producción sólo superada en 1944 y 1945. Este aumento se debe principalmente al hallazgo de una nueva zona petrolífera en Santo Tomás, en la que el petróleo está bastante superficial, a profundidades entre 290 y 560 m. Parece ser que se había podido producir más de no haber sido por una huelga que duró más de un mes; aparte de ello también han de luchar con la falta de equipos y de material.

Las cifras de los dos últimos años son las siguientes:

1947.—Sondeos en actividad: 718

Producción anual: 404.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 63 ... } Con petróleo, 53
 } Secos, 10

Total de metros, 31.500.

Sondeos en actividad, 771.

Producción anual: 435.000 toneladas.

Profundidad mínima a que se encuentra el petróleo, 190 m.; el sondeo más profundo es de 1.800 m.

Egipto.

Ha conseguido un máximo de producción en 1948, pero a pesar de ello su futuro es algo incierto. Durante este año se realizó un nuevo descubrimiento en Ras Matarma y se confirmaron las esperanzas puestas en el campo de Ash, que se descubrió a fines de 1947. En el campo de Hurghada se descubrió una nueva zona que se creyó muy interesante, pero sólo resultó productivo un sondeo. Se continúan explorando extensas zonas.

1947.—Sondeos terminados: 15 ... } Con petróleo, 9
 } Secos, 6

Total de metros: 21.000.

Sondeos en actividad: 148.

Producción anual: 1.550.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 20 ... } Con petróleo, 12
 } Secos, 8

Total de metros: 23.600.

Sondeos en actividad: 129.

Producción anual: 2.195.000 toneladas.

Los yacimientos se encuentran en el Carbonífero, Cretáceo y Mioceno, a una profundidad mínima de 120 m.,

siendo la máxima al muro de las capas impregnadas de 1.140 m.

Francia.

Es un país que actualmente está realizando enormes esfuerzos para conseguir un puesto entre las naciones petrolíferas. Su historia data de largos años y está estrechamente unida al nombre de Pechelbronn desde 1813. Ha de transcurrir más de un siglo, en 1924, para que se oiga hablar, poco en verdad, de Gabiau. Pero cuando en realidad empieza a sentirse curiosidad por las actividades petrolíferas de Francia es en 1939, con los descubrimientos de St. Marcet. De entonces acá se intensifica la búsqueda de nuevos yacimientos en tres provincias principalmente: Alsacia, Aquitania y Languedoc (1).

En 1948 se mantienen en Pechelbronn la producción de otros años, haciéndose nuevos sondeos, pero se dedica más atención al Sur de Francia, principalmente Aquitania. Sin embargo, pese a los trabajos geológicos y geofísicos que aquí se realizan, St. Marcet sigue siendo el único campo comercial. Este produjo en 1948 140.000.000 de m³ de gas; pero sus dos pozos petrolíferos no dieron más que 2.060 toneladas en todo el año. Y se recuperaron más de 20.000 toneladas de gasolina natural procedente del gas natural, que lleva en suspensión alrededor de 40 litros por m³. Actualmente tienen en construcción una nueva planta de recuperación para el tratamiento de 1.270.000 m³ diarios del gas de los criaderos.

La última noticia que hemos obtenido en un viaje muy reciente al país vecino es de suma importancia para el

(1) Estructuras Petrolíferas del Bajo Pirineo Francés. - J. CANTOS. - Notas y Comunicaciones.

porvenir de esta nación: En el campo de Pechelbronn, y en un nuevo horizonte geológico, se ha encontrado un yacimiento económicamente explotable, pues de un sondeo de 900 m. de profundidad hecho allí, surgió una imprevista erupción de petróleo, que dió 1.100 toneladas el primer día. Después su producción se mantiene en 80 toneladas diarias que surgen a presión. Este yacimiento se encuentra en las dolomías del Trías, hecho muy alentador para las investigaciones que estamos realizando en nuestra Patria.

Actualmente se encuentran en funcionamiento 18 sondas, que pueden llegar a 3.000-3.600 m., aunque en un sondeo han alcanzado en la región de Aquitania los 4.165 metros. Otras dos pueden perforar hasta 1.500-2.400 y 31 para trabajos de poca profundidad.

1947.—Sondeos terminados: 53 ...	}	Con petróleo, 23
		Con gas, 2
		Secos, 54

(de este total pertenecen a Pechelbronn, 45).

Total de metros: 43.400.

Sondeos en actividad: 705.

Producción anual: 58.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 63 ...	}	Con petróleo, 14
		Con gas, 1
		Secos, 48

(corresponden a Pechelbronn, 43).

Total de metros: 70.500.

Sondeos en actividad: 667, de los que corresponden a Pechelbronn, 665.

Producción anual: 60.000 toneladas.

La profundidad mínima del petróleo es de 60 m., de los 63 sondeos en 1948, 12 llegaron a los 2.400 m. Los yacimientos se encuentran en el Triásico, Jurásico, Cretácico y Oligoceno (1).

Gran Bretaña.

La producción de este país no ha conseguido aún importancia desde que inició su actividad en 1939 y además ha sufrido un descenso en 1948. Con objeto de incrementarla se hacen numerosas investigaciones, más en busca de nuevos yacimientos que intentando extender los límites de los conocidos.

Las cifras referentes a estos últimos años son bastante significativas:

1947.—Sondeos realizados: 12:

Total de metros: 9.900.

Sondeos en actividad: 244.

Producción anual: 58.300 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 8 (al azar).	}	Con petróleo, 2
		Con gas, 1
		Secos, 5

Total de metros: 6.400.

Sondeos en actividad: 242.

Producción anual: 54.000 toneladas.

La profundidad mínima a que se ha encontrado el pe-

(1) En el momento de entregar estas líneas a imprenta, nos llega la noticia, que repetimos con las consiguientes reservas, de que la Société National de Petrol d'Aquitaine ha perforado con éxito dos nuevos sondeos en una de las estructuras de PAU y de los que se extrae gran cantidad de petróleo.

tróleo es de 24 m., siendo la máxima al muro de las capas petrolíferas 690 m.

Holanda.

Es una de las naciones de más reciente actividad petrolífera y de mayor éxito en cuanto al desarrollo de su producción. Inicia su extracción en 1943 y desde entonces va incrementándose enormemente. En 1947 ya extrae 246.000 toneladas y en 1948 llega a las 574.000 toneladas, más del doble del año anterior. Toda su producción se debe al campo de Schoonebeek. Aparte de los datos anteriores, tenemos en estos dos últimos años:

1947.—Sondeos terminados: 17.

Total de metros: 17.100.

Sondeos en actividad: 31.

1948.—Sondeos terminados: 41, de los que resultan productivos 40.

Total de metros: 35.400.

Sondeos en actividad: 77.

La profundidad mínima a que se encuentra el petróleo es de 750 m. y la máxima al fondo del yacimiento, de 795 metros. Las capas productivas están en el Cretáceo.

Hungría.

Es también un país bastante reciente, ya que datan de 1937 sus primeros éxitos. Pero desde la ocupación soviética se produce un constante descenso de su producción, a pesar de haberse incrementado el número de sondeos y de los esfuerzos del gobierno para mantener al menos el

nivel de años anteriores. Este descenso ha sido de cerca del 17 por 100 entre 1947 y 1948. Las sondas que operan en el país son viejas, y aunque se han pedido nuevos equipos, no parece que tengan muchas esperanzas de obtenerlos.

Se efectúan actualmente varios trabajos de prospección geofísica con mucho éxito.

Como dato curioso indicaremos que en septiembre de 1948 se confiscaron los intereses americanos, que en realidad representaban casi toda la producción de la nación, se deportó a los elementos directores y aunque los Estados Unidos hicieron una protesta quedó sin satisfacción.

1947.—Sondeos terminados: 24 ...	}	Con petróleo, 11
		Con gas, 6
		Secos, 7

Total de metros: 32.000.

Sondeos en actividad: 168.

Producción anual: 720.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 28 ...	}	Con petróleo, 15
		Con gas, 4
		Secos, 9

Total de metros: 26.700.

Sondeos en actividad: 182.

Producción anual: 597.000 toneladas.

Profundidad mínima del petróleo, 75 m., y máxima de los sondeos, 1.740 m. Los yacimientos se encuentran en el Oligoceno, Mioceno y Plioceno.

India.

La única zona productiva de este dominio es el campo de Dighoi, a pesar de las exploraciones que se vienen realizando. En 1948 se obtuvo un ligero aumento en la producción, que pasó de 310.000 toneladas; en 1947, a 321.000; este incremento se consiguió debido al mayor número de sondeos realizados. La zona productiva es un anticlinal, del que se obtiene el petróleo a una profundidad media de 1.500 m. Se están efectuando nuevos trabajos geológicos y geofísicos en Assam.

Iraq.

Es un país muy productivo y realmente moderno, pues sus primeros trabajos datan de 1927.

Casi todo el petróleo lo produce Kirkuk, que a fines de 1948 daba 7.700 toneladas diarias de diez sondeos tan sólo. Se realizan numerosas exploraciones geológicas y geofísicas, en especial los métodos gravimétricos y sísmico, que han conducido al descubrimiento de nuevas estructuras.

1947.—Sondeos terminados: 8	}	Con petróleo, 4
		Secos, 4

Total de metros: 5.700.

Sondeos en actividad: 10.

Producción anual: 5.582.000 toneladas.

1948.—Sondeos terminados: 15	}	Con petróleo, 10
		Con gas, 3
		Secos, 2

Los otros dos sondeos fueron de exploración.

Total de metros: 11.700.

Sondeos en actividad: 12.

Producción anual: 4.411.000 toneladas.

Profundidad mínima del petróleo, 216 m., y máxima al muro de las capas petrolíferas, 1.800 m.

Los yacimientos están en el Cretáceo y Mioceno.

Italia.

Las investigaciones petrolíferas han tenido por resultado el descubrimiento de zonas petrolíferas en su territorio, cuya verdadera importancia se desconoce aún. Por el momento, la producción petrolífera no tiene importancia, pues según los últimos datos que tenemos, en 1947 se produjeron 13.000 toneladas de crudo, y en 1948, 10.800 toneladas.

Sin embargo, ha compensado plenamente su esfuerzo el descubrimiento de grandes yacimientos de gas en el valle del río Po, pues en 1948 ha llegado su producción a 4,6 billones de pies cúbicos de gas al año. Además, como resultado de recientes prospecciones geofísicas por el método sísmico, se han encontrado nuevas zonas productivas de gas en Ripalta y Cortemaggiore.

Kuwait.

Si de nuevos países productores de petróleo se habla, evidentemente éste ocupa el primer lugar. Pocas zonas han tenido una expansión comparable al campo de Burghan, en Kuwait, que, si bien se descubrió en 1938, sólo se habían

hecho unos pocos sondeos al iniciarse la última conflagración universal, en que fué preciso detener las operaciones y cementar los pozos como medida de seguridad. Hace poco más de dos años, el campo ocupaba una extensión aproximada de 2.400 Ha. y se extraían 1.100 toneladas diarias; a principios de 1948 la producción había subido a 10.400 toneladas diarias, y al terminar este mismo año, la zona era ya de 8.900 Ha., con una producción media diaria de 35.000 toneladas. Donde había 13 sondeos productivos al iniciarse el año, en verano de 1949 se elevaban a 37, y en realidad la producción viene restringida más por dificultades de transporte y almacenamiento, que por los sondeos.

A principio de 1949 sigue el aumento de producción que está próximo a las 46.000 toneladas diarias.

Las primeras extracciones se realizaron en 1946, habiendo sacado en los primeros dos años y medio 11.480.000 toneladas. Las reservas se estiman en más de 1,7 billones de toneladas, la *máxima del mundo* para un solo campo.

En 1948 funcionaban nueve sondas y se han instalado dos más en 1949. Actualmente trabaja un equipo sísmico en busca de nuevas estructuras.

Marruecos.

Aunque país productor hace más de treinta años (1918), sus primeros campos nunca produjeron ninguna cantidad apreciable. Las mejores esperanzas las ofrece el campo de Ouad Beth, descubierto en 1947. En realidad este campo parece que no es continuo, y se han realizado numerosos sondeos para localizar y explotar las distintas bolsadas. En 1948 se hicieron en esta zona 41 sondeos, de los cuales resultaron productivos tres, que dan unas 43 toneladas dia-

rias, aunque se esperaba llegar a las 100 ó 135 en 1949. Poseen siete sondas, de las que cinco son norteamericanas y tres de ellas pueden llegar a los 3.000 metros.

1947.—Sondeos terminados: 34.

Total de metros: 20.340.

Sondeos en actividad: 61.

1948.—Sondeos terminados: 57 } Con petróleo, 3
 } Secos, 54

Total de metros: 52.300.

Sondeos en actividad: 25.

Producción anual: 15.900 toneladas.

La profundidad mínima a que las capas petrolíferas se hallan es de 90 metros y la máxima al fondo de las mismas, de 1.650 metros.

Pakistán.

Produjo en 1947 unas 55.000 toneladas, que subieron en 1948 a 93.000. En este último año se han hecho tres sondeos en Balkassar, si bien no se terminó ninguno. La máxima profundidad a que se ha llegado es de 1.440 metros. Se continúan los trabajos geológicos y geofísicos; actualmente se utiliza solamente el método sísmico, con dos equipos de reflexión y uno de refracción.

Túnez.

Se continúan efectuando investigaciones geológicas y geofísicas. Se hizo un sondeo en 1948 que llegó a los 2.850 metros, con indicios de gas, pero sin petróleo.

Pero según noticias muy recientes en el Cap Bon, aca-

ban de perforar una capa de gas a gran presión, que es del mayor interés económico de momento y petrolífera para el futuro. La estructura ha sido determinada por métodos geofísicos.

Turquía.

El primer petróleo que produjo este país data de 1940, año en que un sondeo hecho en Ramandag produjo, aunque por corto tiempo, 10 toneladas diarias. No se vuelve a hacer nada de interés comercial hasta 1947 en que se terminó el sondeo Raman 9; se calculó que daría unas 50 toneladas diarias de petróleo a una profundidad de 1.320 metros, si bien no se puso en actividad hasta 1948.

Durante este año se han hecho tres sondeos con otros tantos productivos, habiéndose producido un total de 4.100 toneladas. Hay cuatro sondas, pero las operaciones se llevan con mucha lentitud.

Se realizan numerosas investigaciones geológicas y geofísicas; los métodos utilizados son el sísmico, gravimétrico y eléctrico.

Yugoslavia.

Se ha hecho un plan quinquenal 1947-51, cuyo fin es conseguir un aumento en la producción; la meta a conseguir es de 1.540 toneladas diarias en 1951. La máxima producción se obtuvo en 1944, durante la ocupación alemana, con 330 toneladas diarias, en tanto que a principios de 1948 estaba por debajo de las 200 toneladas. La producción global de este año fué de 61.000 toneladas.

Estados Unidos.

Para comparar, adjuntamos los mismos datos referentes a los Estados Unidos, que dan una idea de la inmensa actividad del primer país del mundo en el campo de la investigación y de la producción petrolífera:

1947.—Sondeos terminados:	33.798.		
	Total de metros:	33.984.000.	
	Sondeos en actividad:	428.522.	
	Producción anual:	314.000.000 toneladas.	
1948.—Sondeos terminados:	39.354	Con petróleo,	22.128
		Con gas,	3.044
		Secos,	14.182
	Total de metros:	40.530.000.	
	Sondeos en actividad:	439.963.	
	Producción anual:	333.600.000 toneladas.	

Como conclusiones de este artículo diremos, que hacia 1938 la producción mundial era de unas 350.000.000 toneladas y en 1948, de 570.000.000 toneladas.

Que en aquella época trabajaban en Estados Unidos unos 200 equipos sísmicos y en 1948 cerca de 525, cifra que representa el 79,57 por 100 de la distribución mundial. De igual modo en 1938 actuaban unos 50 equipos gravimétricos y en 1948, 125, correspondientes aproximadamente al 68 por 100 de la distribución de todo el mundo (*).

En 1947 se emplearon en Estados Unidos 105 millones

(*) E. A. ECKHARDT: *Geophysical activity in 1948*. «Geophysics», vol. XIV, núm. 4, 1949.

de dólares en investigaciones geofísicas con el fin de descubrir nuevos campos y estructuras petrolíferas, cifra que llegó en 1948 a 125 millones de dólares, de los que corresponden 105 a los trabajos sísmicos y el resto a los demás procedimientos, con predominio del gravimétrico.

Respecto al número de perforaciones realizadas en 1948 la cifra se eleva a 42.467 sondeos, con un total de unos 44.000.000 de metros en todo el mundo. De esta cifra el 92,6 por 100 corresponde a los Estados Unidos.

En resumen, que a medida que avanzan los métodos de prospección del petróleo se van encontrando más campos en sitios insospechados, y ya hoy no es muy aventurado decir que, en mayor o menor cantidad, tienen petróleo aprovechable económicamente, la mayoría de las naciones que se han propuesto buscarlo con medios suficientes para ello. Por consiguiente, en nuestro suelo español, donde tan poco se ha hecho hasta la fecha, debemos también esperar en encontrarlo el día en que los medios empleados sean proporcionados a tan difícil pero importante problema.

Posible radiactividad en algunos minerales

POR

MIGUEL MOYA

M I G U E L M O Y A

POSIBLE RADIOACTIVIDAD EN ALGUNOS MINERALES

Con el título «Minerales de mercurio radiactivo» publicaba la *Revista Minera* en 1905 (tomo XXIII, serie C) el siguiente suelto :

«Estudiando ciertos minerales de Servia, dice Losanitsch en el *Journal de Pharmacie et Chimie* de 1.º de julio, que notó que los minerales de Mercurio de Avala y Bara mostraban notables propiedades radiactivas. El experimentador expresa la opinión de que la parte radiactiva de este mineral está, sin duda, constituida por un elemento diferente del radio, al cual llama radio-mercurio. Su poder radiactivo es menor que el del radio y distinto de éste. Se volatiliza con facilidad porque el mineral no da señales de radiactividad después de calcinado. La noticia dará lugar a estudiar los minerales de azogue de Almadén, de Asturias, de Granada y otros, para examinar si el fenómeno se repite en algunos de los minerales de España.»

Sin más propósito que responder a esta suposición de la *Revista Minera*, he examinado las siguientes muestras de minerales de mercurio :

PRIMERA MUESTRA

Provincia de Ciudad Real.

Término de Almadén. Mina del Estado. Cinabrio en cuarcita. Muestra facilitada por don Laureano Menéndez Puget.

SEGUNDA MUESTRA

Provincia de Oviedo.

Término de Mieres. Cinabrio en brecha cuarzosa. Mina «Peña». Muestra facilitada por don Torcuato Hevia.

TERCERA MUESTRA

Provincia de Badajoz.

Término de Usagre. Mina «Mariquita». Cuarcita con cinabrio. Muestra facilitada por don Francisco Herrera.

CUARTA MUESTRA

Provincia de Almería.

Término de Bayarque. «Mina San José». Cinabrio de caliza y esquistos anfibólicos. Muestra facilitada por don Rufino Brea.

QUINTA MUESTRA

Provincia de Granada.

Término de Castaras. Mina «Caducada». Cinabrio en arenisca. Muestra facilitada por don Manuel Pastor.

Ninguna de las cinco muestras analizadas ha dado indicios de radiactividad.

Se sabe hoy que originariamente existieron mercurios

radiactivos de períodos cortos; unos que dieron lugar a oro, como los dos isómeros del ^{197}Hg que, según nuestro criterio, se transformaron en todo el oro que hoy existe, y otros a bismutos, como ^{203}Hg y ^{205}Hg , aquél con período de 43,5 días el de menor probabilidad de transformación, que asimismo engendraron todo el talio estable. Nada tiene de particular que el oro y talio se encuentren impurificando al mercurio, y por esta razón los alquimistas anteriores a nuestro siglo creyeron en un posible éxito, que no podían alcanzar con los medios de que disponían.

En 1905 el Dr. Muñoz del Castillo examinó una muestra procedente de Albuñol (provincia de Granada), en la que el cinabrio aparecía «diseminado» —dice— «en una caliza cristalizada como mármol sacaroideo de color rojizo». Con esta muestra logró impresionar varias placas fotográficas. ¿Se trataba de un mineral de mercurio radiactivo?

Posible es que las impresiones fotográficas obtenidas por el Dr. Muñoz del Castillo en sus primeros trabajos fueran debidas a que dicho investigador no intercalaba un papel negro entre el mineral y la emulsión fotográfica.

* * *

Los señores Muñoz del Castillo, Amaro Herrera, Calderón, Hernández Pacheco y Carbonell, se han ocupado en trabajos publicados en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, en el *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, en la *Revista Minera*, en la revista *Las Ciencias*, en *Comptes Rendus* del Congreso Geológico Internacional de 1926, etc., de la radiactividad de los minerales de bismuto de la provincia de Córdoba.

Los criaderos de bismuto se encuentran en la zona granítica de los Pedroches en el límite de la masa hipogénica

con el sedimentario, en la estrecha faja cámbrica que de NO. a SE. se halla limitada al S. por el granito y al N. por la gran mancha silúrica de la provincia de Ciudad Real.

Dice Carbonell que en el cementerio de Conquista asoman las pegmatitas con turmalinas en las cercanías de los criaderos de «San Sixto». Estas pegmatitas turmaliníferas se alojan en las litoclasas de las pizarras, ya paralelas al contacto de aquella roca hipogénica con el sedimentario, ya normales a esta línea geológica.

En Conquista el mineral se presenta en un agregado granodocristalino, formado por el cuarzo, el bismuto y una materia amarillenta amorfa, traslúcida que se disemina en la masa rellenando sus intersticios y que es el hidrocarbonato de bismuto o bismutita.

Es curioso el hecho de que también en las pegmatitas de la provincia de Córdoba de la República Argentina, en los criaderos uraníferos, se presenta como mineral secundario el carbonato de bismuto. El bismuto, en efecto, se presenta exclusivamente en rocas de formación antigua y además asociado a metales pesados, como el estaño, tungsteno, uranio, etc.

Muñoz del Castillo y Amaro Herrera ensayaron unas muestras enviadas por el Sr. Hernández Pacheco al Museo de Ciencias Naturales de Madrid, y el resultado, desde el punto de vista de la radiactividad, no fué satisfactorio. Eran muestras procedentes de Conquista, y como habían de devolverlas al Museo, no pudieron pulverizarlas, por lo que hubieron de dirigirse a la Sociedad explotadora de las minas. Las muestras que se les enviaron, debidamente pulverizadas, dieron claras señales de radiactividad.

Este mismo resultado positivo fué obtenido años después por Carbonell, que al tratar de los minerales raros de

la provincia de Córdoba, dice: «Los minerales de bismuto son también radiactivos. La experiencia ha sido hecha con ejemplares procedentes de Conquista y Venta de Azuel».

Hemos creído interesante «replantear» dichos ensayos y a tal fin nos hemos dirigido en solicitud de muestras de mineral a las explotaciones de bismuto actualmente en actividad.

Amablemente nos han sido remitidas las siguientes muestras:

PROVINCIA DE CORDOBA

MUESTRA NÚM. 1

Término de Pozoblanco. Mina «Dolores». Bismuto y bismutiva. Facilitada por don José Alcántara.

MUESTRA NÚM. 2

Término de Villanueva de Córdoba. Mina «Espuela de San Miguel». Brecha cuarzosa bismutífera. Facilitada por «La Minera de Villanueva de Córdoba».

MUESTRA NÚM. 3

Término de Conquista. Mina «San Sixto». Brecha cuarzosa con bismuto y bismutiva. Facilitada por don José Nieto de «Bismutos Conquista», S. A.

Las muestras de los minerales que se explotan en estas minas son de características idénticas a las reseñadas anteriormente. Debidamente trituradas y sometidas dichas muestras a análisis en el electroscopio *no han acusado indicio de radiactividad*. No hemos podido, pues, confirmar per-

sonalmente las referencias numerosas y autorizadas de que hemos hecho mención.

Los minerales de bismuto, si pertenecen a la misma formación que los de U y Th, pueden tener radiactividad natural debido a la existencia de los isotopos ThC. ^{213}Bi , RaC, RaE y AcC, de los cuales se pueden seguir la evolución al separar el bismuto y ver cómo en éste desaparece la radiactividad, ya que el período mayor es el de RaE en cinco días.

* * *

Aunque en la actualidad no existe mercurio natural radiactivo, existen sí criaderos de mercurio uranífero, cuyos minerales darán señales de radiactividad. A estos criaderos se refiere el Dr. C. F. Davidson, Geólogo Jefe de la Atomic Energy Division en una reciente publicación (1949) del *Geological Survey* de la Gran Bretaña; por ello nos agradecería poder repetir el ensayo efectuado por el Dr. Muñoz del Castillo, intercalando el papel negro entre el mineral y la placa, no sólo para evitar la acción mecánica de contacto o la química sobre la emulsión fotográfica, sino para impedir la acción de fosforescencia del mineral, posibles causas todas ellas de esas impresiones a que se refiere Muñoz del Castillo.

Y también ensayar nuevas muestras de minerales de bismuto, ya que en los minerales se han identificado cinco bismutos radiogénicos radiactivos.

¿Qué es Geofísica?

POR

JOSE CANTOS FIGUEROLA

JOSE CAÑTOS FIGUEROLA

Ingeniero de Minas

¿QUÉ ES GEOFÍSICA?

Hace poco tiempo se ha publicado, en estas mismas páginas, un extenso artículo, de un querido compañero, con el título de «Esto es la Geología». Se trata de un artículo de divulgación, que ha de ser de gran interés no solamente para el profano, sino para muchos de reconocida cultura en el terreno de la Ciencia. Pues bien, el autor de estas líneas, ha recibido el mismo encargo, referente a la Geofísica y creo que aunque tenga bastantes menos adeptos el tema que vamos a tratar, sin embargo, también será mayor el número de personas que se puedan hacer esta pregunta: ¿Qué es Geofísica?

Pero como el tiempo y el espacio fueron limitados a priori, no sé si voy a poder contestar a la pregunta en forma tal, que llegue a comprender alguien la respuesta. Pero lo intentaremos prescindiendo en lo posible de un rigorismo científico, que no encajaría bien en estas líneas de vulgarización.

Geofísica pura y Geofísica aplicada.

El campo de la Geofísica se lo distribuyen dos clases de investigadores científicos: Los que estudian las características físicas de la tierra, miradas bajo el punto de vista

puramente científico, se dedican a la *Geofísica pura* y los que aplican los mismos métodos y aparatos físicos de medida, para el descubrimiento de nuevas riquezas minerales, que llaman a su ciencia *Geofísica aplicada*.

De los primeros no nos ocuparemos en este artículo, porque al hablar de Geofísica aplicada, se tratará de métodos comunes y de similares aparatos; además, porque en esta revista encaja mucho mejor la prospección geofísica que la ciencia pura; pero digamos unas palabras sobre ésta para que queden mejor deslindados los campos.

Geofísica pura.

Desde hace muchos siglos el hombre estudia la física de la tierra, aunque al principio no llamase Geofísica a esta ciencia. Así vino a determinar que la tierra no era un plano rodeado del mar infinito, sino que tenía forma aproximadamente esférica, y fueron nuestros compatriotas los primeros que demostraron prácticamente aquella afirmación, dando la vuelta al mundo. Posteriormente se estudió su forma exacta, sin salirse del campo de la Geofísica.

Más aun diremos: La Geografía, Meteorología, Oceanografía, Geología y Geodesia, son todas ciencias que caben dentro de la denominación de Geofísica.

Pero, en fin, es tal la importancia de cada una de ellas por separado, que nos tacharían de acaparadores de ciencia si lo dijésemos.

Por consiguiente, vamos a limitarnos a lo más puro y característico de la Geofísica moderna, a saber: Magnetismo terrestre, Gravitación, Sismología, Electricidad terrestre, Electricidad atmosférica, Temperatura y calor, Radiactividad.

El hombre de ciencia descubrió que la tierra es un imán, con sus polos magnéticos Norte y Sur, lo que dió lugar al estudio de las deformidades magnéticas que se pueden fijar en líneas generales sobre la superficie. Estas mediciones se hicieron con ayuda de diversos aparatos magnéticos.

La atracción que la tierra ejerce sobre los cuerpos se midió por diferentes procedimientos y esto dió lugar a la *Gravimetría*, y así sucesivamente fueron naciendo: la *Sismología*, que estudiaba por medio de aparatos los movimientos naturales de la tierra o sismos, y se relacionó con el vulcanismo.

La Electricidad terrestre y atmosférica da lugar a otro capítulo de la Geofísica pura. Igualmente puede constituir otra rama más el calor de su corteza.

Por último, el capítulo más moderno de todos es el de la Radiactividad, que en mayor o menor intensidad se advierte en casi todas las rocas de la superficie.

Con estas nociones elementales sobre la Geofísica pura pasemos a los métodos geofísicos de prospección del subsuelo y al tratar de ellos se verán deslindados los campos de ambas ciencias, en el fondo tan distintas.

Geofísica aplicada.

El descubrimiento de riquezas minerales, escondidas en el subsuelo y útiles a la humanidad, ha sido, desde tiempo inmemorial, una de las aspiraciones más intensas del hombre. Así aparecieron los buscadores de oro, de agua y de otras sustancias aprovechables. Y de la observación y la práctica se formó el especialista; unas veces estudioso del suelo y de sus rocas y consciente de sus descubrimientos, pasó a convertirse en el geólogo; otras, más intuitivo,

pretendía recibir, con ayuda de una varita de avellano, ciertas radiaciones de los minerales ocultos, tomó el nombre de «zahorí» y algunos pretenden considerarle como el precursor del geofísico. No es totalmente desatinada esta consideración, si se tiene en cuenta, que el aparato receptor, puede ser el sistema nervioso de ciertos privilegiados, y el registrador, la varita, de cualquier materia que sea, que mueve involuntariamente el individuo. Pero, aunque no dudamos que pueda existir este receptor nervioso, no disponemos de sitio aquí para tratar de ello, y nos limitaremos a los métodos, basados en las ya mencionadas propiedades físicas de la tierra.

El geofísico las considera y monta su gran laboratorio del subsuelo en pleno campo. Aclaremos esto: El físico toma una muestra de roca y la analiza en su laboratorio, determinando sus especiales características de dureza, cristalización, densidad, etc.; o bien de densidad, elasticidad, conductividad, magnetismo y radiactividad, que analizará igualmente el geofísico; solamente, que este último, montará un receptor de ondas elásticas en el campo y producirá un sismo artificial, con ayuda de una carga explosiva para determinar su elasticidad. Otras veces estudiará su conductividad o su densidad relativa, con ayuda de aparatos apropiados. Pero, los métodos que emplee, estarán siempre basados en que lo que busca o estudia no está al alcance de su mano, sino oculto en el subsuelo.

Objeto de la Geofísica.

Pero, ¿para qué hace esto y cuál es el principal objeto de la Geofísica? Pues en realidad el mismo que el del geólogo. Sólo que este último estudia e interpreta, con rela-

ción a lo que ve sobre la corteza, y el geofísico suele entrar en acción, cuando el geólogo, que trabaja más económicamente, ha agotado sus posibilidades.

Creemos oportuno el momento para recordar una anécdota de la Universidad de Montreal (Canadá):

«Uno de sus miembros dijo en una reunión científica: Un día llegará en que el geólogo vaya por delante; el geofísico le seguirá con sus aparatos; detrás aparecerá el ingeniero con su tren de sonda y sus coronas de diamantes; y, por último, aquellos hombres que, con alegría y cantando, se llevarán la mayor parte de los dólares.

Y un financiero que lo oía dijo: Perfectamente dicho. Hay que mandar siempre por delante al hombre más barato».

El cuento es bien expresivo. Donde el geólogo no tenga problemas sobraré el geofísico, que es más caro, pero que entra en acción cuando aquél pierde su filón o su estructura, bajo terrenos de recubrimiento, que le impiden actuar. Y apoyado en el dictamen del geofísico, vendrá el sondista para confirmar el descubrimiento (o para descubrir el error, pues nada hay infalible). Pero aun durante el sondeo, se recurrirá a la Geofísica, para abaratarlo con métodos especiales y, por último, cuando el sondista haya perdido su testigo mecánico de carbón o de petróleo, tendrá el método eléctrico sus recursos para estudiar el interior del sondeo y salvarle la situación.

Se deslindan los campos.

El geólogo suele recurrir al sondista para demostrar la existencia de un supuesto criadero mineral, y le indicará

la zona, de acuerdo con sus conocimientos de observación directa sobre el terreno.

Pero una perforación suele ser demasiado costosa, para que nos exponamos a tenerla que repetir una y otra vez, a ciegas, dentro de la zona más o menos extensa indicada por el geólogo. Aquí entra en juego el geofísico, que, con sus aparatos, indicará por eliminación, el lugar o lugares más apropiados para la ubicación del sondeo, teniendo en cuenta sus resultados obtenidos de anticlinal, sinclinal, o de profundidad o situación de una roca de determinadas características: arenas, calizas, sal, etc.

El geofísico debe de ser geólogo.

Parece que van quedando delimitados los campos. Pero creo que también interesa saber que el geofísico no debe actuar por sí solo. Sin duda, que sería mal asunto que lo hiciera así, porque en resumen no obtendrá con sus aparatos más que números, parámetros, gráficos más o menos complicados, que habrá de interpretar; y para ello, o bien deberá tener a su lado al geólogo, esclavo de cada medida y cada interpretación o, lo que es mejor y más normal, actuará el mismo como geólogo especializado entre ciertos límites indispensables, para poder interpretar con éxito sus mediciones. Eso sin perjuicio de que un sondeo realizado con posterioridad no confirme las previsiones geofísicas, dando quizás al asunto aspecto de fracaso. Sin embargo, volviendo a los gráficos geofísicos susceptibles a menudo de admitir más de una interpretación, se podrá modificar esta de acuerdo con los resultados del sondeo mecánico; lo que significará, o bien el buen éxito de un nuevo sondeo, o

el abandono definitivo de la zona, ahorrando importantes desembolsos de labores inútiles de prospección.

Aspecto económico.

En la Geofísica aplicada hay un factor económico que es, sin duda alguna, el más importante de todos. El geólogo puede muy bien estudiar el terreno por delante y dar paso al sondista para que ponga de manifiesto la existencia de la supuesta riqueza. Sin embargo, ¿qué hacen en América por no decir en el mundo entero, que solamente en Estados Unidos se gastaron en 1948 la cifra de 125.000.000 de dólares en prospecciones geofísicas? ¿Hemos de pensar que se lo han gastado por pura investigación científica o por sentimentalismo? Sin duda, en los negocios no existe eso.

La realidad es que en los Estados Unidos se han perforado en 1948 solamente para petróleo, que consume casi la totalidad de la mencionada cifra de prospección geofísica, la cantidad de 40.530.000 metros lineales (39.354 sondeos), de los cuales la mitad aproximadamente han resultado productivos. Pues bien; sin el empleo de la Geofísica, no solamente no se hubiesen descubierto centenares de campos petrolíferos ocultos a gran profundidad bajo los terrenos modernos, sin manifestación exterior alguna que guiase al geólogo, sino que en la determinación y delimitación de estos campos, después de descubiertos, hubiesen tenido que realizar probablemente doble número de sondeos para llegar a los mismos resultados. Y más aún: estos sondeos, gracias a los métodos geofísicos aplicados en su interior, han de ser más económicos, por ahorrar, total o parcialmente, el testigo mecánico, y han de dar muchos de

ellos mejores frutos, como explicaremos en el capítulo correspondiente.

Deben de bastar estas cifras, unidas a que el costo de esos 40.000.000 de metros de sondeo significan una cifra del orden de cuarenta mil millones de pesetas, para dar una idea de lo que pueda significar disminuirla en una proporción importante, o lo que es parecido, conseguir con la misma cantidad una mayor proporción de sondeos productivos. El hecho es que en los Estados Unidos, en 1938, trabajaban 200 equipos sísmicos y 50 equipos gravimétricos entre otros, y en 1948 la cifra se eleva a 525 sísmicos y 125 gravimétricos. En resumen, sabemos que la cifra global de prospecciones geofísicas se ha más que duplicado en diez años y que desde el año 1947 al 1948 ha pasado de 105 a 125 millones de dólares consumidos y, por último, también podemos asegurar que en aquel Reino del Dinero y en este campo de la minería, los dólares no se «gastan», sino que se «colocan» a un buen interés.

Hablemos un poco de cada uno de estos métodos, que de tal forma han revolucionado la prospección minera en el mundo:

MÉTODO MAGNÉTICO

Es, sin duda, el más antiguo de todos como método de prospección, y sin embargo, datan solamente de 1843 las primeras sugerencias de que las variaciones del magnetismo terrestre pudieran ser utilizadas como método de localización de minerales.

Está fundado en lo siguiente: Una aguja de acero imantado, libre de girar horizontalmente, se orienta según el campo magnético terrestre. Pero las líneas de este campo

no siguen la dirección exacta de los meridianos geográficos, o sea que no indican el polo verdadero, sino que forman un ángulo d con su dirección. Este ángulo se llama *declinación*, y su valor varía de un punto a otro de la tierra, principalmente por su posición geográfica de *latitud*, pero también de *longitud*. La intensidad de la componente horizontal del campo se designa por H .

La declinación magnética difiere unos 5° entre la parte E. y la O. de la Península.

Tiene el menor valor hacia el cabo de Creus, y el mayor en el de Finisterre.

Si la misma aguja se suspende de un eje horizontal, de forma que pueda girar en un plano vertical, esta aguja tomará una determinada inclinación, variable según su posición geográfica igualmente. El ángulo τ que forma con la horizontal se llama *inclinación*, y la componente vertical del campo se designa con la letra Z . La intensidad resultante R del campo magnético se deduce de la fórmula $R^2 = H^2 \pm Z^2$.

La declinación y la inclinación se han determinado en muchos lugares de la tierra. De estos valores se han deducido las líneas isógonas de igual declinación y las isóclinas de igual inclinación. De la misma forma se han trazado las líneas de igual intensidad magnética resultante, que se llaman isodinámicas.

Las líneas de igual declinación, aunque muy tortuosas, tienen una disposición general de Norte a Sur.

Las líneas de igual intensidad horizontal siguen una dirección en general perpendicular al meridiano, con el mayor valor en la punta inferior de la Península y el menor al Norte de Galicia; la diferencia es de $0,038 \text{ gauss} = 3,800 \text{ gammas}$.

Por ejemplo, en Tarifa es igual a 0,25200, y en el Cabo Ortegal, de 0,21400.

Por último, los valores que se emplean en la prospección son los que se refieren a la intensidad horizontal o a la intensidad vertical, y con ellos se trazan las correspondientes líneas isodinámicas horizontales y verticales, respectivamente. Estas últimas son las más corrientemente empleadas.

Propiedades magnéticas de los cuerpos.

Los cuerpos se llaman paramagnéticos, como el hierro, la magnetita, la ilmenita, la pirita, etc., cuando colocados en un campo magnético uniforme, se concentra en ellos las líneas de fuerza del mismo; su efecto es aproximarlas.

Otros cuerpos son diamagnéticos: su efecto es dispersar las líneas de fuerza disminuyendo la intensidad del campo magnético o la densidad de las mismas. De este tipo es el agua, el cuarzo, la calcita, el diamante.

Unos y otros se diferencian por su *permeabilidad* magnética: los primeros tienen una gran permeabilidad, y los últimos, pequeña permeabilidad.

Aparatos empleados.

Para la medición de los valores d y H se emplean aparatos del tipo del teodolito magnético, que fundamentalmente es una brújula. Para la de los valores v y Z , un aparato llamado inductor terrestre, que consiste en una bobina que se hace girar en el campo magnético terrestre. En ella se producirá una corriente inducida, hasta que el eje de giro coincida con la dirección de la inclinación del campo.

Entonces dejará de pasar corriente por la bobina y la posición de su eje nos dará el valor de la *inclinación*, v . Con el mismo aparato se calcula su intensidad.

En la prospección geológico-minera se emplean los variómetros de dos tipos: el horizontal consta de un imán en posición vertical; por consiguiente, sufre su máxima desviación por la componente horizontal del campo. El variómetro vertical tiene su imán colocado en posición horizontal, girando alrededor de un eje horizontal y midiendo, por lo tanto, la componente vertical del campo. Este último es el más empleado en la prospección del subsuelo.

Para utilizar el variómetro horizontal, se orienta su plano de giro en la dirección del meridiano magnético, que es donde mide la máxima intensidad de la componente. En el caso del variómetro vertical se orienta perpendicularmente a este mismo meridiano, para eliminar de su lectura la influencia del campo magnético terrestre, ya que lo que nos interesa en la prospección, son las anomalías producidas por la roca o mineral del subsuelo.

Susceptibilidad.

La intensidad de imantación de un cuerpo por unidad, se llama *susceptibilidad magnética* y se expresa por $\chi = \frac{I}{H}$. La del aire es 0 y la de los cuerpos diamagnéticos es negativa.

Para dar una idea de la magnitud de estos valores, copiamos la lista de susceptibilidad magnética relativa a la unidad de volumen de diferentes cuerpos:

Magnetita	97.300×10^{-6}
Ilmenita	30.700×10^{-6}

Gabro	3.300×10^{-6}
Basalto	600×10^{-6}
Limonita	150×10^{-6}
Pirita	4×10^{-6}
Aire	0
Agua	$-0,72 \times 10^{-6}$
Calcita	$-1,1 \times 10^{-6}$
Cuarzo	$-1,2 \times 10^{-6}$
Diamante	$-1,8 \times 10^{-6}$

En el caso de las rocas, tienen prácticamente siempre susceptibilidad magnética positiva, en razón a la pequeña cantidad de hierro o minerales magnéticos que contienen; varían entre 5.600×10^{-6} el gabro-olivino y $0,07 \times 10^{-6}$ las rocas sedimentarias arenoso margosas.

Método operatorio.

El aparato más empleado en la prospección es el variómetro vertical, con el que se hace un reticulado de puntos. Pero como estas lecturas están afectadas por determinadas variaciones diurnas y otras anomalías atmosféricas que influyen de una manera continua, pero variable en toda la zona, se emplea otro aparato igual en un punto base, cuyas lecturas, de tanto en tanto tiempo, nos darán la corrección que le corresponde a cada lectura del variómetro móvil.

Los valores obtenidos se situarán sobre un plano horizontal sobre el que se trazarán las líneas isodinámicas verticales o sencillamente isanómalas o de igual anomalía, que es lo que realmente interesa.

Técnicamente el método tiene un amplio campo de aplicación, incluso en la determinación de fallas, estructuras,

etcétera, apoyándose en la distinta susceptibilidad magnética de las rocas.

Para su empleo en el campo, se hace una red de estaciones con el variómetro. Sus lecturas se transforman en gammas, de acuerdo con fórmulas que da el constructor.

El gamma que se emplea como unidad, es igual a 1×10^{-5} gauss y la intensidad del campo en gauss, es el número de líneas de fuerza por cm^2 en el aire. Uniendo los puntos de igual valor sobre el plano, se obtienen las líneas isodinámicas o isanómalas. Los lugares donde se manifiesten las máximas anomalías indicarán la posición de las masas de mineral magnético.

MÉTODO GRAVIMÉTRICO

El método gravimétrico está basado en la atracción de las masas y en especial en la que ejerce la tierra sobre los cuerpos. Este valor se mide en cualquier lugar de su superficie por medio de un péndulo, o sea una masa que se mueve suspendida de un hilo. Tendría la misma magnitud en cualquier punto de ella, si la tierra fuese perfectamente esférica, homogénea y no estuviese afectada por la fuerza centrífuga de su movimiento de rotación. Los que se dedican a la Geofísica pura, hacen el plano gravimétrico de la tierra teniendo en cuenta sus variaciones normales de latitud, fuerza centrífuga y altura del terreno, que se traduce en aumento de la distancia al centro de la tierra.

Las variaciones anormales son debidas a la heterogeneidad de la corteza terrestre, o sea a la irregular distribución de las rocas y minerales de distinta densidad, que es lo que busca a medir con aparatos apropiados el investigador del subsuelo.

Péndulo simple.

Para medir la gravedad en un punto determinado de la tierra se puede usar un péndulo que consiste en una masa conocida suspendida de un hilo. Midiendo el tiempo que tarde en hacer una oscilación completa se calcula el valor g de la gravedad en el lugar elegido, por la fórmula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

en la que l es la longitud del hilo.

Esta fórmula es teórica y se aproxima mucho a la realidad cuando la masa y la oscilación son muy pequeñas y el hilo inextensible y sin apenas peso propio.

g es la aceleración debida a la gravedad y tiene un valor aproximado de $980 \text{ cm.} \times \text{seg}^{-2}$, lo que significa que un cuerpo que caiga libremente, sin velocidad inicial, tendrá una aceleración de 980 cm. por segundo, en cada segundo de tiempo.

Pero en cada punto de la tierra y en relación con su latitud, su cota de nivel y otros factores más, le corresponderá un valor de g .

Superficies equipotenciales.

Potencial de la gravedad es una función de la misma, y uniendo los puntos que tienen el mismo potencial, se obtienen las superficies equipotenciales o de nivel. Si la tierra fuese perfectamente esférica, homogénea y en reposo, las superficies equipotenciales serían esferas y el gradiente horizontal que definiremos a continuación sería igual a cero en cualquier punto.

Gradiente. Se llama gradiente máximo de la gravedad o simplemente gradiente, a la variación de g desde un punto a otro situado a la distancia uno del primero, en la dirección conveniente, para que aquella variación sea máxima.

En las investigaciones geológicas y mineras, se utiliza el gradiente máximo horizontal y se mide con un aparato llamado Balanza de Torsión.

Prospección gravimétrica

Las superficies equipotenciales de la tierra, que ya hemos dicho que no son esféricas, se han trazado hipotéticamente tomando como base una importante red de puntos en los que se han calculado los valores gravimétricos con toda exactitud. Por consiguiente, en cada lugar de la tierra existe un valor de g , llamado *normal* y que se refiere al que le corresponde por su posición geográfica.

Si nosotros calculamos los diferentes valores de la gravedad en un punto, y después de una serie de correcciones indispensables, como es la acción del terreno o influencia de los desniveles topográficos, le restamos el valor normal correspondiente al mismo punto, obtendremos las anomalías de la gravedad en el lugar, que son las que se deben a las irregularidades geológicas del subsuelo y, por consiguiente, las que interesan al geólogo y al minero.

Aparatos empleados.

Los aparatos más frecuentes empleados en la prospección son la Balanza de Torsión de Eötvös y el Gravímetro Estático.

Balanza de Torsión.

La balanza mide dos clases de valores: el *gradiente* horizontal y el *término de curvatura*. Gradiente hemos dicho ya que es el incremento máximo de la gravedad por unidad de distancia y se determina en magnitud horizontal y dirección. Término de curvatura es un valor función inversa de los radios mínimo y máximo de la curvatura de la superfi-

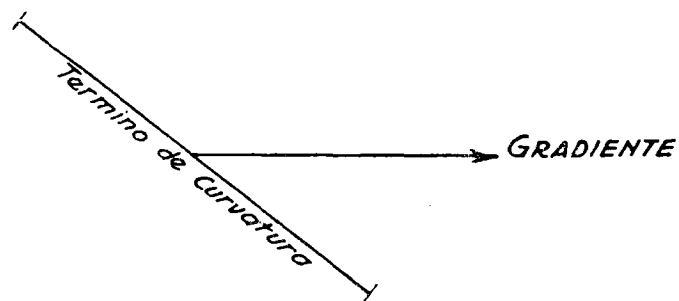


FIG. 1

cie equipotencial que pasa por el punto cuyos valores se miden. Es grande cuando la superficie de nivel curva mucho en una dirección, o, lo que es igual, tiene pequeño radio, o tiene gran deformidad. Este término también se expresa en magnitud y dirección (fig. 1).

La balanza en sí consiste en un brazo con dos masas situadas a diferente altura en forma de que cada una de ellas se encuentra sometida a la acción de la gravedad, pero sobre una superficie de nivel diferente (fig. 2).

Al ser distintos en intensidad y dirección los esfuerzos de la gravedad sobre cada masa, existirá una pequeñísima componente horizontal, diferencia entre ambas, que se tra-

ducirá en un giro del brazo. Por eso el hilo es delgadísimo, de platino iridiado especial, para que el giro sea grande con un esfuerzo muy pequeño.

Este aparato que es enormemente sensible, tiene el in-

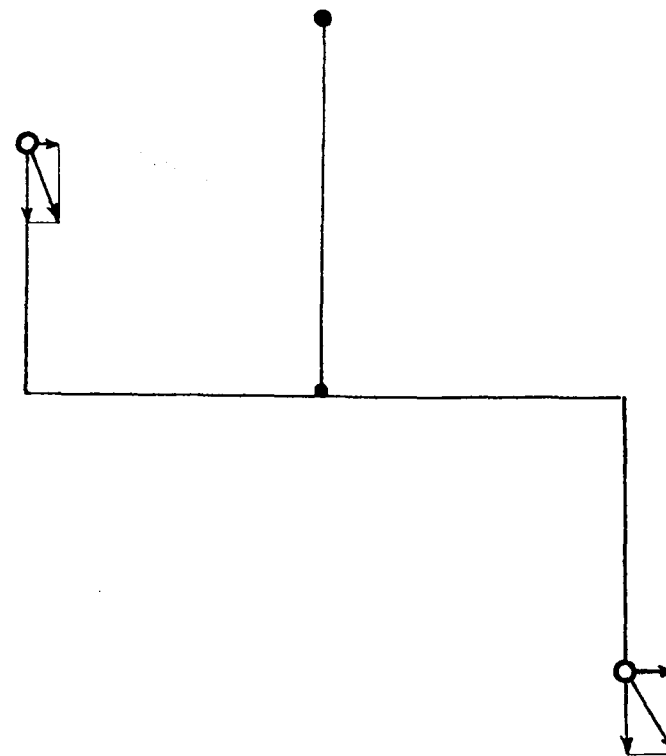


FIG. 2.— Esquema de una Balanza de Torsión

conveniente de estar, muy afectadas sus lecturas por la acción del terreno, que de no ser totalmente horizontal, nos obligará a corregir las lecturas de la balanza del efecto de desnivel, hasta una distancia de 100 m. y en ocho direcciones para cada estación. Por consiguiente, es en general lento su trabajo.

Gravímetro estático. Este instrumento, mucho más moderno, evita aquellos inconvenientes, siendo mucho más económica su aplicación y mayor su campo de acción. Reproducimos la fotografía del que poseemos en este Instituto, aunque existen otros varios modelos por el mundo.

Todos ellos se basan en medir directamente las variaciones del valor de la componente vertical de la gravedad en cada punto del terreno. También habrá que hacer una corrección de nivel, pero sencilla y únicamente función de la cota del punto de estación. El procedimiento es en conjunto muy rápido y económico.

MÉTODO SÍSMICO

Está fundado el método en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas a través de las capas del subsuelo.

En Geofísica pura se estudia el fenómeno de los terremotos, que no es más que la consecuencia de la transmisión de las ondas elásticas producidas por un accidente tectónico de la corteza terrestre. El impulso inicial producido, bien por una explosión volcánica, por roturas de las capas, motivado por compresiones o por cualquier otra causa tectónica, se transmite en todas direcciones, tanto superficialmente como en el interior de la tierra.

Observando los efectos del terremoto en la superficie, se trazan las isosistas o líneas de igual amplitud de oscilación sísmica y se llega al lugar de mayor intensidad o *epicentro*. Por último, se llama *hipocentro* al punto del interior de la tierra donde se ha producido el impulso inicial o centro de irradiación de energía sísmica. La profundidad del hipocentro se calcula por una sencilla fórmula. Los aparatos que

registran los movimientos de la corteza se llaman sismógrafos.

En el terreno de la Geofísica aplicada el método es indirecto y consiste en producir un sismo artificial por medio de una carga explosiva enterrada en el suelo. Las capas del subsuelo se ponen en movimiento oscilatorio y sus ondas se propagan en todas direcciones; según el medio atravesado lo harán a distinta velocidad. Por ejemplo, los aluviones modernos, arenas y arcillas propagan las ondas a

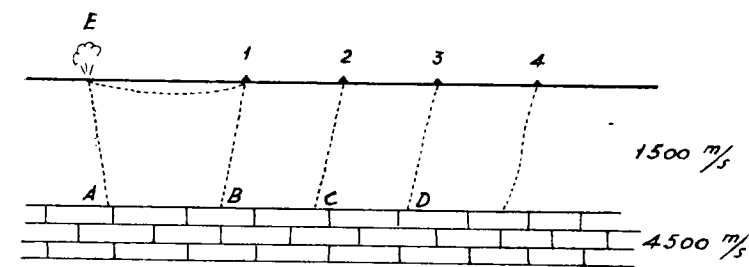


FIG. 3 a)

velocidades del orden de 500 m/s.; las calizas a 4.500 y 5.000 m/s. próximamente, y la sal mineral compacta y las rocas hipogénicas, a velocidades muy variables, pero en general comprendidas entre 5.000 y 7.000 m/s.

Pues bien, hagamos una explosión en un punto E y coloquemos una serie de sismógrafos en línea recta y cada uno en condiciones de registrar las oscilaciones del suelo en ese punto. Todos ellos registrarán series muy variables de ondas, entre las que citaremos: la superficial o directa; las reflejadas contra las capas de gran velocidad (fig. 4) y la refractada sobre la primera capa de 4.500 m/s. de velocidad, por ejemplo (fig. 3). Las ondas recibidas en cada sismógrafo se registran, por medio de otro aparato, sobre un papel

fotográfico que se llamará sismograma. Según la forma de hacer el estudio de estas ondas para llegar a conclusiones geológicas, se subdivide el procedimiento sísmico en dos métodos esenciales: el de refracción y el de reflexión.

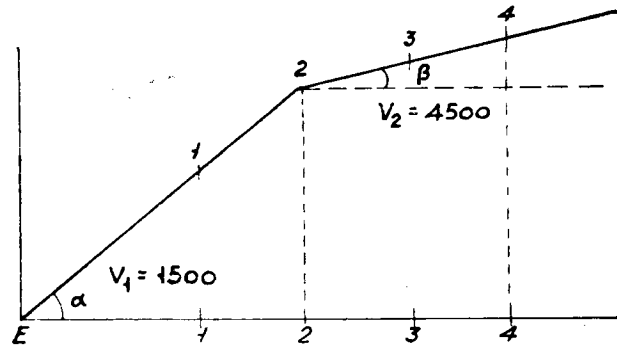


FIG. 3 b).—Método de refracción. Propagación de las ondas sísmicas y curva dromocrónica

Método de refracción.

Consiste en teoría en que no se calcula más que el tiempo de llegada de la primera onda al receptor.

En el ejemplo de la fig. 3 en el receptor 1 el recorrido E_1 de la onda superficial tardará en llegar un tiempo t , siendo

$$t = \frac{\text{Recorrido}}{\text{Velocidad}} = \frac{E_1}{1.500 \text{ m/s.}}$$

Este tiempo t será menor que el recorrido por EAB_1 , mucho más largo. Pero habrá un punto 2, por ejemplo, en que el tiempo de la onda superficial $\frac{E_2}{1.500}$ será igual al del recorrido EAC_2 (fig. 3 a), puesto que el trayecto parcial AC se hace a mucha mayor velocidad (4.500 m/s.), y

a partir de ese punto la onda refractada EAD_3 llegará siempre antes que la superficial.

Tomando como ordenadas los tiempos de llegada de la primera onda a cada sismógrafo y como abscisa su distancia correspondiente al barreno, se construye un gráfico que se llama curva dromocrónica (fig. 3 b). En ella la cotangente del ángulo α que forma el parámetro E_2 con el eje de abscisas es igual a la velocidad $V_1 = 1.500$ del primer horizonte y la cotangente del ángulo β correspondiente al segundo parámetro 2-4 es la velocidad $V_2 = 4.500$ m/s. del segundo horizonte, y así sucesivamente.

La profundidad del horizonte oculto de mayor velocidad nos la da una sencilla fórmula, que en el caso de capas horizontales es igual a

$$H = (E_2) \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Dentro del método existen una serie de variantes como son el *sondeo sísmico*, procedimiento original del señor García Siñeriz, que aplica el llamado «Coeficiente de profundización» y que permite interpretar varios horizontes alternantes de pequeña y gran velocidad sísmica y cuyo fundamento, aunque sencillo, no sería fácil de explicar en pocas líneas.

Otro procedimiento es el *Fan Shooting*, que consiste en poner los sismógrafos en abanico y resulta muy útil para la determinación de una cúpula salina o del lecho de un río.

En todos ellos cada equipo receptor es independiente y consta de sismógrafo registrador y radio-receptor, que ha de marcar el momento exacto de la explosión y que servirá de punto de partida para el cálculo del tiempo.

Método de reflexión.

Para creer en la eficacia de este método, basta con saber que siendo más complicado y caro que todos los demás métodos, con gran diferencia, tanto en lo que se refiere a la adquisición de aparatos de campo, como a los correspondientes gastos de prospección, sin embargo, es en este momento el más empleado en el mundo entero, en especial en la busca de estructuras petrolíferas.

Consiste en colocar la carga explosiva relativamente profunda, bajo los aluviones modernos, para evitar en los sismógrafos reflejos nocivos en la interpretación (fig. 4). Esto nos obliga a llevar un tren portátil de sonda y a hacer un pequeño sondeo para cada explosión, lo que, unido a la elevada amortización de equipos tan costosos, explica en parte lo caro que resulta. Las casas explotadoras del procedimiento cobran cantidades enormes por una investigación y, sin embargo, no cesan de ser contratadas, lo que indica que son económicamente favorables sus resultados.

El equipo consta de un registrador central, unido por cables a varios receptores en general mucho más pequeños que los de resorte empleados en el método de refracción. La cinta de papel fotográfico registra simultáneamente las ondulaciones recibidas por los 6 ó 12 receptores instalados, y sobre ellas habremos de estudiar las ondas reflejadas contra determinadas capas de mayor elasticidad que las suprayacentes y con ayuda de fórmulas, la profundidad a que se encuentran la capa o capas que han producido los reflejos.

La enorme ventaja del método consiste en que con pequeña carga explosiva y lo que es mucho más importante, con reducida longitud de línea, se llega a profundidades del orden de 4 y 5 km.

El inconveniente del método es que no se presta para ser empleado más que en las capas horizontales o ligeramente inclinadas sin excesivos trastornos geológicos o tec-

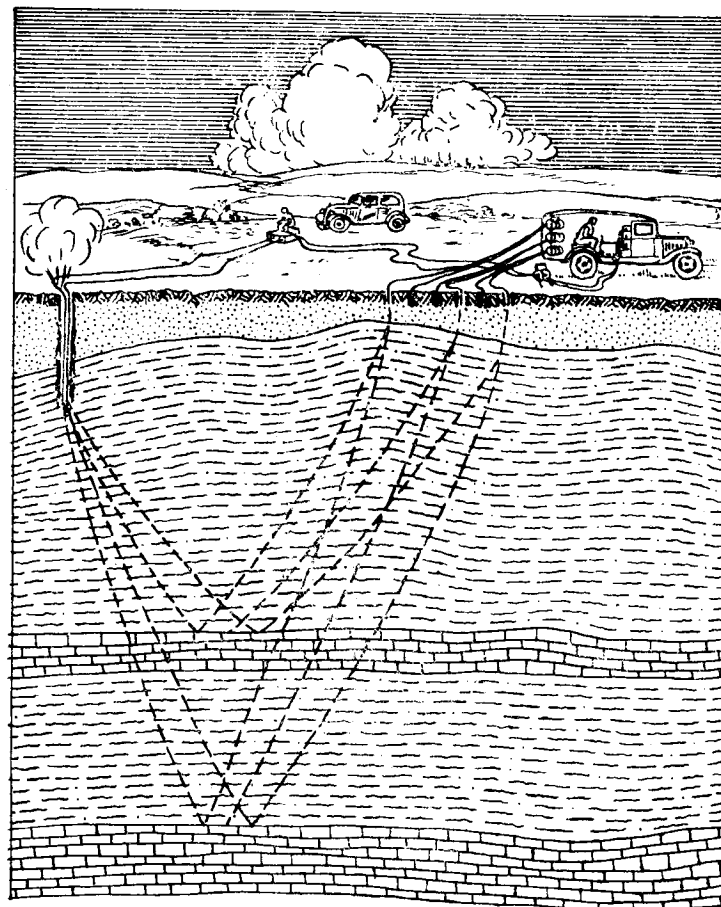


Fig. 4.—Método sísmico de reflexión

tónicos que enmarcaren las reflexiones, pues en esos casos resultan difíciles de descifrar los sismogramas.

MÉTODO ELÉCTRICO

Se dice corrientemente que un cuerpo es conductor de la electricidad cuando, como el cobre, la plata, el hierro, ofrecen pequeña resistencia a su paso y se llaman resistentes aquellos que prácticamente no dejan pasar la corriente. Como ejemplo de éstos citaremos el cuarzo, la mica, el azufre y la calcita. Pero, en realidad, todos los cuerpos son más o menos conductores, incluso los más resistentes como el azufre, cuya conductibilidad es pequeñísima. (Véase la tabla.)

Pues de la misma forma las rocas del subsuelo son todas más o menos conductoras de la corriente eléctrica, y el parámetro que nos indica esta propiedad se llama *resistividad*, que es la resistencia por unidad de longitud del conductor cuando tiene sección unidad.

Se expresa en ohmios por m. y m^2 o para simplificar ohms./m.

Para dar una idea de las proporciones en que varía la resistividad en las rocas del subsuelo copiamos una lista de algunos cuerpos y rocas.

Azufre	10^{15}	Ohms./m.
Mica	$9 \cdot 10^{13}$	» »
Calcita	$5 \cdot 10^{12}$	» »
Sal gema, seca	10^{13}	» »
Cuarzo	10^{11}	» »
Granito	10^7 a 10^9	» »
Arenisca seca	$5 \cdot 10^7$ a 10^9	» »
Caliza seca	10^3 a 10^4	» »
Caliza húmeda	$3 \cdot 10^2$ a $5 \cdot 10^2$	» »
Mineral de pirita, seco	10^2	» »

Mineral de pirita, húmedo...	60	Ohms./m.
Calcopirita	0,01	» »
Arenas con 0,76 % de humedad	$830 \cdot 10^{-2}$	» »
Arenas con 0,5 % de humedad	$95 \cdot 10^{-2}$	» »
Arcilla con 4,4 % de humedad	$1.450 \cdot 10^{-2}$	» »
Arcilla con 28 % de humedad	$16 \cdot 10^{-2}$	» »
Sal Gema, húmeda	5 a $20 \cdot 10^{-2}$	» »
Grafito	$3 \cdot 10^{-4}$	» »
Cobre	$1,7 \times 10^{-4}$	

Obsérvese hasta qué punto puede tener importancia la humedad de las rocas en la prospección, sobre todo cuando viene acompañada de cierta salinidad, ya que la sal se encuentra entre los primeros y últimos puestos de la lista, según que esté seca o no.

Basados en la resistividad relativa de estos cuerpos se utilizan varios procedimientos para localizarlos cuando se encuentran en el subsuelo.

Sondeo eléctrico. Consiste en hacer pasar una corriente entre dos puntos A y B del terreno (fig. 5), midiéndose al mismo tiempo la diferencia de potencial entre otros dos puntos intermedios, M y N, del campo producido. De acuerdo con determinadas fórmulas, y debido al fenómeno de concentración de la corriente en un haz principal, se obtiene una resistividad aparente o relativa, correspondiente a un volumen de terreno V, que tiene próximamente la forma de la parte rayada en la figura 5, y que se encuentra a una profundidad del orden de 0,25 de A B. Se com-

prende que, alejando los electrodos A y B que forman la línea de corriente y haciendo cada vez la medición correspondiente, se realiza un sondeo eléctrico del subsuelo. Una variante de este método, empleada por el Instituto Geológico, se debe al señor Siñeriz.

Corriente continua. Para ello se puede emplear corriente continua de baterías secas, que tiene el inconveniente de producir en los electrodos ciertas corrientes de po-

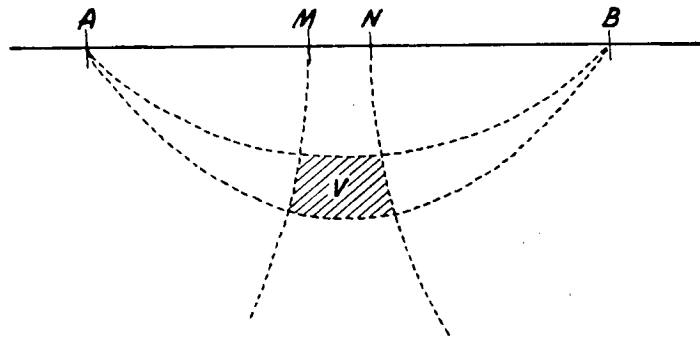


FIG. 5.—Sondeo eléctrico

larización que hay que compensar o reducir con electrodos especiales que se llaman impolarizables.

Corriente alterna. Pero igualmente se hace uso de la corriente alterna, que si no tiene estos defectos, encuentra otros mayores, como son los fenómenos de inducción, más difíciles de apreciar y evitar.

Corriente alterna cuadrada. Frecuentemente se emplea también un tipo de corriente que toma el nombre de alterna cuadrada. Está producida por una dínamo o por baterías secas, pero se le hace pasar por un inversor rotativo con una velocidad de alrededor de 12 a 30 inversiones por segundo. El resultado es que se obtiene una corriente que

se representa gráficamente como la figura 6, y cuyos fenómenos nocivos son inferiores a los de las corrientes alterna y continua.

Superficie de resistividades. Cualquiera que sea la corriente empleada, si se conserva la separación entre los electrodos A y B y se hacen avanzar paralelamente sobre el terreno, podremos realizar un sondeo eléctrico horizontal, si se efectúa en línea recta o un plano horizontal de resistividades, haciendo un reticulado de estaciones; en ambos ca-

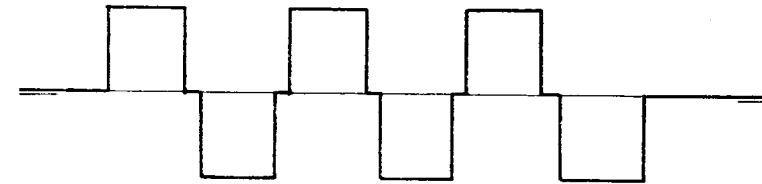


FIG. 6.—Corriente alterna cuadrada

sos a una profundidad fija y conocida del orden de 0,25 AB.

Polarización espontánea. Hace un siglo próximamente que se hicieron experiencias midiendo ciertas corrientes naturales del terreno en unas minas de Cornouailles. Pero hasta mucho más tarde, en 1913, no fueron explicadas y utilizadas estas corrientes en la prospección. Se trata de que algunos minerales como el grafito, las piritas, la magnetita y otros, al oxidarse en el seno de la roca en que arman, pueden dar lugar a la formación de corrientes en igual forma que se producen en una pila eléctrica (fig. 7).

Este fenómeno da lugar a unas diferencias de potencial en la superficie, que se pueden medir con un galvanómetro muy sensible, intercalado en el circuito de dos electrodos clavados en el suelo y que se van moviendo a distancia fija.

El método obliga a usar electrodos especiales impolari-

zables, pues las piquetas metálicas que se emplean en los demás métodos, producen también corrientes nocivas de polarización, que confundirían nuestras medidas.

Aparatos empleados. Para realizar las mediciones eléctricas en cualquiera que sea el procedimiento aplicado se emplean diversos aparatos:

Aparato Schlumberger: Schlumberger es el verdadero

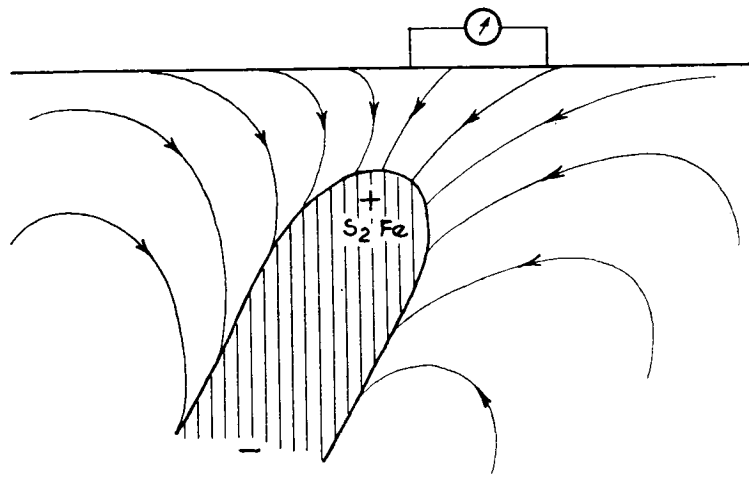


FIG. 7.—Polarización espontánea de una masa de pirita

iniciador del método y su aparato de corriente continua es de los más perfectos de cuantos se han empleado y emplean.

Aparato Siñeris: Otro modelo, similar fundamentalmente al anterior, es el aparato Siñeriz, que ha sido construido por el personal de nuestra Sección en los talleres del Instituto Geológico y Minero de España y de acuerdo con esquemas y modificaciones del autor. Se puede emplear para cualquiera de los métodos mencionados. Es muy sen-

sible y para medir las resistividades del subsuelo, se compensan primero las corrientes de polarización.

Gradiómetro de resistencias. Un aparato eléctrico muy moderno, que está teniendo también buenos éxitos, es el gradiómetro de resistencias, construido en EE. UU. por la casa Heiland y también en Suecia por otro fabricante. Emplea como fuente de energía un generador de corriente alterna de baja frecuencia y en lugar de medir

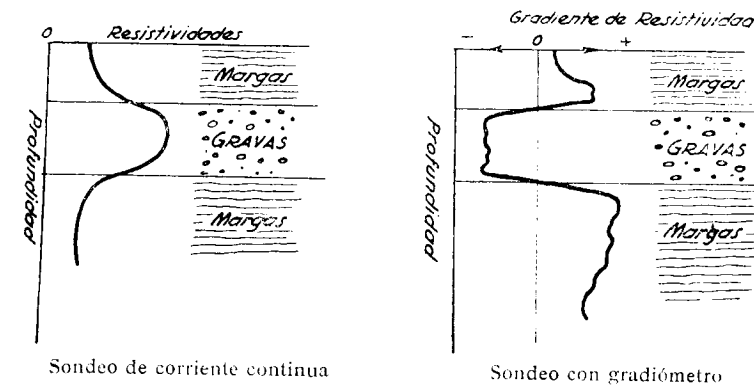


FIG. 8

resistividades, mide directamente el *gradiente de resistividad*. Tiene importantes ventajas, sobre todo para la interpretación, pues como el gradiente es máximo en los contactos, se marcan éstos de una forma mucho más clara y cortante, como se puede observar en la figura 8, comparando los gráficos correspondientes a los mismos contactos con el método ordinario descrito y el nuevo gradiómetro.

Como ocurrirá en todos los métodos eléctricos, la bondad de cada uno dependerá tanto de la perfección de las lecturas con cada aparato, como de la aplicabilidad del

procedimiento en cada problema geológico que se quiera resolver.

Otros aparatos: El aparato Gish-Rooney evita las corrientes de polarización trabajando con corriente alterna cuadrada. Utiliza también baterías secas, pero con un inversor de unas 12 revoluciones por segundo.

El aparato Megger es parecido, pero produce la corriente continua con una magneto movida a mano y utiliza también el inversor rotativo.

MÉTODOS ELECTRO-MAGNÉTICOS

Otro de los procedimientos geofísicos muy empleados, sobre todo en Suecia, es el Electro-magnético. Está fundado en producir un campo magnético artificial con ayuda de una bobina por la que se hace pasar una corriente alterna. Una segunda bobina o corriente secundaria está inducida por el campo magnético producido por aquélla. Las variaciones de esta corriente inducida serán medibles y por sus variaciones se llega a la localización de determinados minerales conductores, como las piritas, por ejemplo, que dan lugar a una distorsión en el campo electro-magnético artificial, bien en dirección o en intensidad. Tiene una ventaja sobre los métodos eléctricos: que evita las tomas de tierra y, por lo tanto, los errores que ello significa en algunos casos.

Como en todos los métodos, existen muchos procedimientos o formas de ser aplicados, cuya elección dependerá del problema geológico planteado.

MÉTODO RADIATIVO

En principio se emplea este método únicamente en la busca de minerales radiactivos, como el uranio. Pero el agua lo es también a veces, así como el petróleo; y algunos filones metálicos han manifestado cierta radiactividad sensible a los aparatos empleados. Pero sobre todo, se ha demostrado en el laboratorio que prácticamente todas las rocas son más o menos radiactivas; por eso su campo de aplicación es teóricamente muy amplio.

Con relación a la prospección del petróleo es de bastante utilidad en el interior de los sondeos para la detección de una capa impregnada.

Los dos tipos de aparatos empleados son el electroscopio de Ambronn y el Contador de Geiger Müller.

El primero consta de una cámara de ionización, unida a la lámina de un electroscopio. Para su empleo se aspira el aire de un agujero de 30 a 50 cm. de profundidad hecho en el suelo con una barrena. Se absorbe con una bombita aspirante e introduce el aire en la mencionada cámara, después de cargar de electricidad el electroscopio. La carga se hace frotando una barra de ebonita igual que cargaríamos un condensador. La lámina de oro queda separada hasta un tope. Por el tiempo que tarda en volver la lámina a su posición después de introducido el aire o gas en la cámara, se conoce su ionización y por lo tanto la radiactividad del suelo.

El *Contador Geiger Müller*, que se emplea en prospección, es un aparato que se diferencia esencialmente del anterior en que la cámara de ionización está herméticamente cerrada y actuada solamente por ciertas radiaciones que

atraviesan su cubierta. La cámara consiste en líneas generales en un tubo metálico, en el interior del cual hay un hilo conductor, y encerrados ambos en otro tubo de vidrio soldado por sus extremos. En el interior hay una atmósfera que puede ser de argón a una presión del orden de 8 mm. Las radiaciones gamma de los minerales y rocas atraviesan las paredes del tubo, liberando electrones, que producen descargas de aquél, sometido a una tensión elevada entre filamento y tubo. En él se miden el número de descargas por minuto, bien tomadas al oído, o por medio de un contador especial de impulsos. También se puede hacer por la desviación de una aguja. Estos aparatos son de indiscutible utilidad en la busca de minerales fuertemente radioactivos, como son los de uranio y thorio. Pero repetimos que existen algunos como el petróleo que son muy absorbentes de emanaciones radiactivas y esto nos permite teóricamente hacer su detección, aunque en la realidad no resulta de cierta utilidad más que para determinar capas en el interior de los sondeos:

Aparato Mesco: El aparato Mesco, cuya fotografía reproducimos, tiene la ventaja de ser sensible y muy ligero, pues pesa solamente 5 Kg. y en su mayor dimensión tiene 36 cm. Fundamentalmente es muy parecido al anterior descrito.

TESTIFICACIÓN ELÉCTRICA

En principio no es más que una modalidad del eléctrico de continua, pero que ha revolucionado la técnica de los sondeos, sobre todo en el campo del petróleo.

Se debe su invento a los hermanos Schlumberger, y actualmente sus equipos y patentes se emplean en una

gran parte de los sondeos de petróleo del mundo entero. En realidad, no es más que el sustituto del testigo mecánico unas veces; otras, un dato complementario de extraordinario valor.

Casi todos saben que extraer un testigo es en general costoso y a veces difícil de conseguir entero. En esos casos el testigo eléctrico lo sustituye en condiciones incomparablemente más económicas.

Pero incluso después de extraído el testigo mecánico, por ejemplo tratándose de una capa de carbón, se ha deshecho éste parcial o totalmente, dejando en duda la potencia de la capa. Entonces el testigo eléctrico nos permite determinar su potencia y posición exacta con un par de centímetros de error. En el caso del petróleo, aun con testigo mecánico, se atraviesa a veces una capa petrolífera que debido a la presión de los barros del sondeo, queda totalmente enmascarada, dándose por negativa la perforación. La testificación eléctrica determina con toda exactitud el nivel o niveles que pueden o deben ser petrolíferos, lo que nos conduce a hacer la prueba de la capa en el lugar preciso y muy a menudo ha sido la causa de un descubrimiento, que sin este método hubiese pasado desapercibido.

En la práctica consta de un aparato eléctrico de corriente alterna cuadrada del que parte un cable cuatripolar al extremo del cual va el portaelectrodos, del que salen las dos tomas de corriente AB y otras dos de medida MN, mencionadas al describir el método de corriente continua. Los electrodos se encuentran a distintas alturas, fijadas para cada medición, pero regulables. (El electrodo A se puede igualmente clavar en la superficie, introduciéndose entonces solamente tres en el sondeo.) (fig. 9).

El sistema es de una gran precisión y sus medidas se

registran en papel fotográfico, tanto la resistividad, como la porosidad y la profundidad exacta correspondiente.

Funciona sumergido en los barros de un sondeo sin entubar.

El factor resistividad es el mismo ya explicado cuya medida corresponde a la porción de terreno comprendido

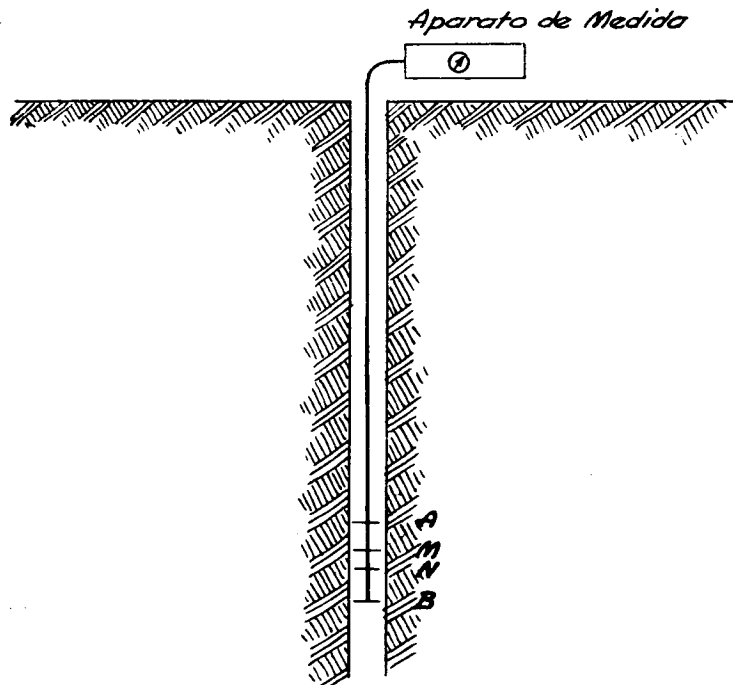


FIG. 9.—Testificación eléctrica

entre M y N y el factor *porosidad* es al mismo nivel, la polarización espontánea de la capa atravesada. Se ha llamado *porosidad* porque precisamente en la investigación de petróleo, donde tiene el máximo desarrollo el método, la máxima polarización espontánea se produce en las capas más porosas, debido a fenómenos de electrofiltración y electro-

osmosis, igual que se impregnen de agua que de petróleo. Como ejemplo véase la figura 10.

El petróleo, por ejemplo, da valores máximos de porosidad y resistividad.

El agua salada da igualmente máximo de porosidad, pero mínimo de resistividad. Las margas mínimo de ambos valores.

La velocidad operatoria suele ser de 200 a 600 m. de lon-

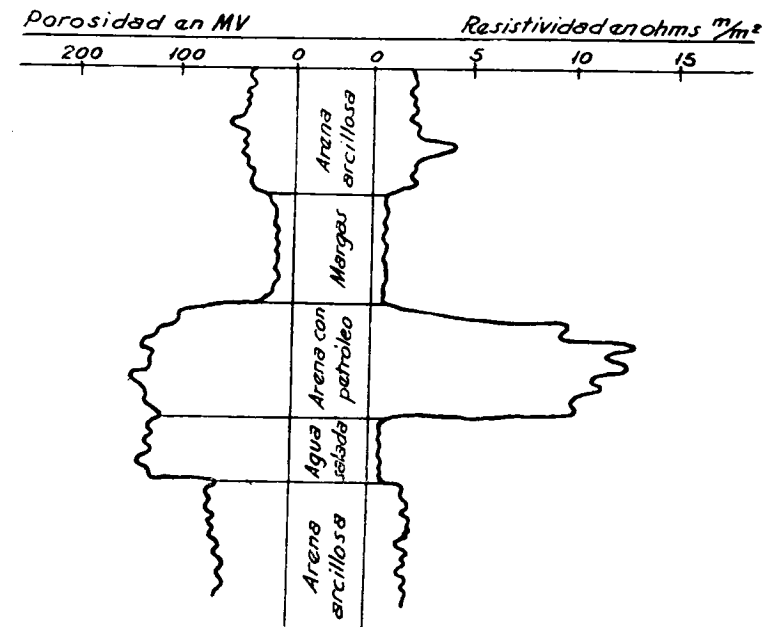


FIG. 10.—Diagrama de porosidad, y resistividad de una testificación eléctrica

gitud de sondeo por hora y el registro es automático sobre papel fotográfico.

El equipo empleado dispone de gran profusión de tambores especiales montados sobre camión que permiten

el registro exacto y directo de profundidad con gran facilidad de movimiento. Ha sido extendido a otros métodos geofísicos, resultando que hoy se aprovechan también para otros muchos problemas: las medidas de radiactividad, por ejemplo, se hacen introduciendo en el interior una cámara especial de ionización muy pequeña. Una brújula unida a un sistema especial eléctrico de tres electrodos interiores de contacto, nos permite conocer la dirección y buzamiento de las capas, dato de gran valor. Igualmente se aplica para problemas especiales, el sísmico, el térmico y también otros aparatos como el toma muestras de las paredes del sondeo, la cámara fotográfica y el detector de gases.

Método telúrico. Otro método muy moderno y cuyo alcance no se conoce bien aún, es el método telúrico. Utiliza para la prospección las corrientes naturales del suelo, que no son ni las parásitas debidas a líneas, ferrocarriles, etc., ni las de polarización espontánea, que se evitan con electrodos impolarizables y además se compensan.

El registro es automático.

CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS

Se dijo ya que la Geofísica es un maravilloso instrumento del geólogo o cuando menos una valiosa ayuda, si se sabe hacer buen uso de los datos que le puede aportar. Pero también los métodos geofísicos se complementan entre ellos en forma tal, que la aplicación de varios procedimientos puede conducirnos a un éxito, que no se hubiese conseguido de emplear uno solo. Pero esto nos obliga a conocer con precisión el alcance de cada uno de los pro-

cedimientos en el problema concreto, para saberlos emplear y complementar mejor.

Elección del método. El gravimétrico, por ejemplo, indicará solamente estructuras, anticlinales, sinclinales, cúpulas y fallas y obligará, a que según los aparatos empleados, el terreno sea llano o poco accidentado, con lo que vemos la limitación de su aplicabilidad.

Para distinguir calidades de rocas por su elasticidad y conocer su profundidad será necesario recurrir al método sísmico, sobre todo si se encuentra muy profunda la roca buscada.

Y dentro de este método, cuando las capas sean horizontales, o su dirección sea constante en una gran extensión, aplicaremos el sencillo método de refracción. Cuando la profundidad sea grande y al revés pequeña la extensión en que podemos operar, como es el caso de las cúpulas salinas y anticlinales reducidos, tendremos que recurrir al procedimiento de reflexión, más caro y complicado, siempre que las condiciones geológicas y tectónicas lo permitan.

Igualmente podríamos recurrir en problemas parecidos al método eléctrico, aunque teniendo en cuenta su alcance mucho menor y también menor precisión, debido a la gran influencia sobre la resistividad, del agua de impregnación de las rocas. Esto le hace muy útil en los problemas hidrológicos, aunque siendo necesaria una gran especialización en los distintos procedimientos, debido a su difícil interpretación.

El método magnético se emplea en general con éxito en la busca de minerales de níquel, cromita, hierro (con excepción de los carbonatos) y de otros que coinciden a

veces en alguno de estos criaderos, como son ciertos aluviones de platino, oro y diamantes.

Por último, al método radiactivo no recurriremos en principio, más que en el caso de minerales radiactivos. Aunque a veces se emplee también para localización de algunos filones metálicos, inclusive de plomo.

En los campos petrolíferos es tal la complejidad de los problemas que se presentan, que todos los métodos, sin excepción, están en continuo funcionamiento, aunque cada caso sea motivo de un especial estudio, de acuerdo con el campo de aplicación de cada método.

Con estas breves ideas sobre los procedimientos geofísicos y sus posibilidades de empleo, será fácil también comprender la forma de complementarlos según las características de los distintos problemas que se le pueden presentar al geólogo.

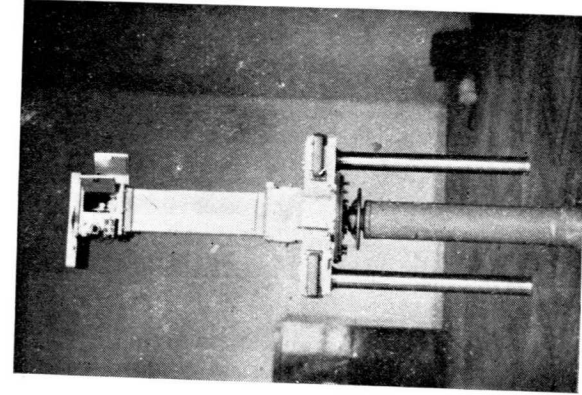


Foto 2.—Balanza de Torsión de Eötvös
(Modelo grande)

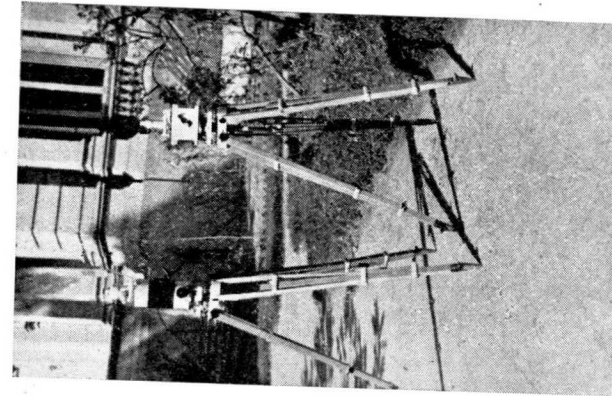


Foto 1
Variómetros magnéticos horizontal
y vertical



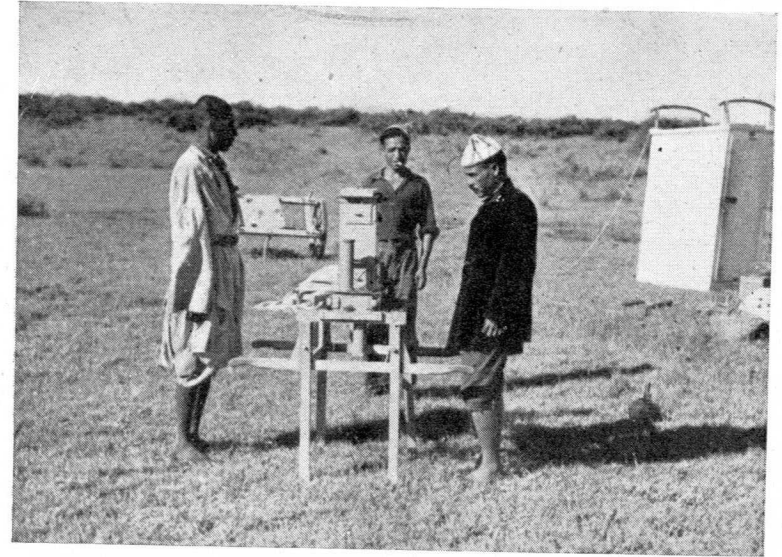


Foto 3. — Balanza pequeña de Torsión al ser cambiada de estación

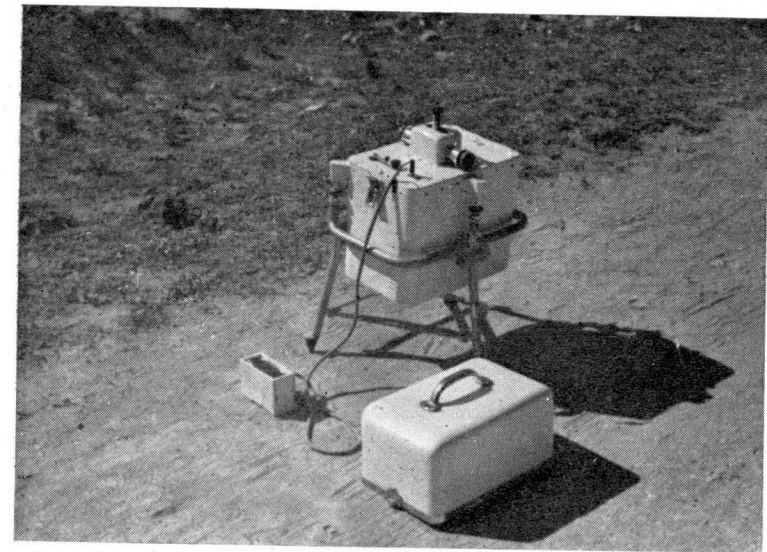


Foto 4. — Gravímetro de Nörgaard

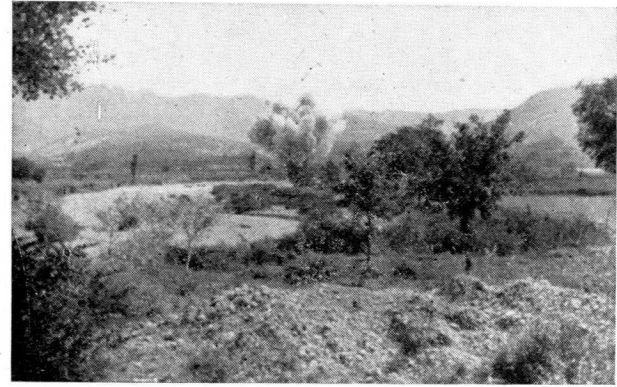


Foto 5.—Explosión de 50 kg. de dinamita en una prospección sísmica



Foto 6.—Equipos receptores dispuestos para registrar el sismo artificial

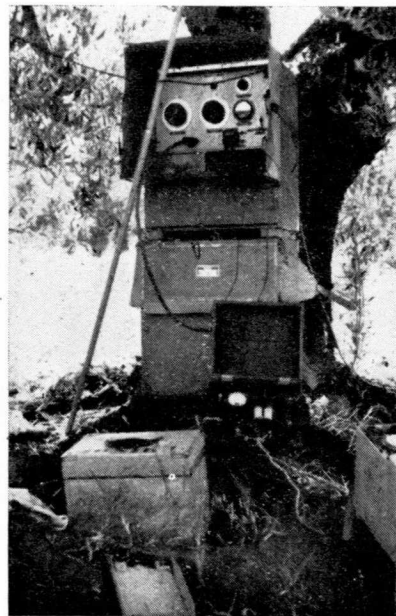


Foto 7.—Emisora para un equipo de refracción

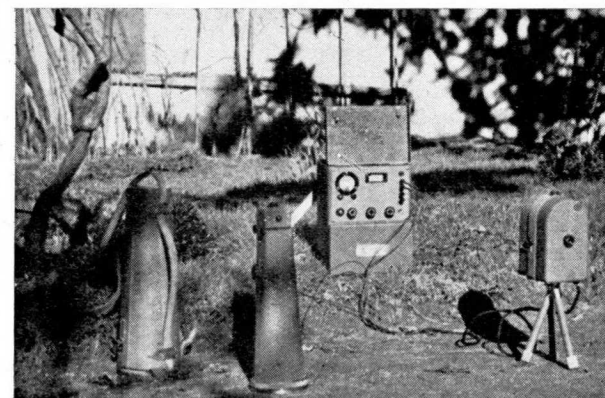


Foto 8.—Equipo de refracción construido por el Instituto Torres Quevedo con las normas y orientaciones del Instituto Geológico

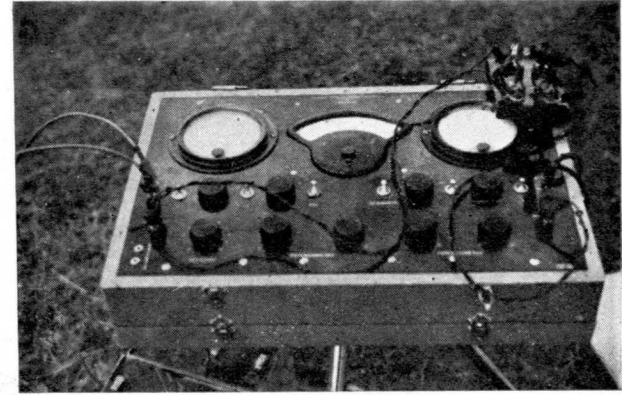


Foto 9.—Aparato Siñeriz de corriente continua



Foto 10.—Aparato Siñeriz funcionando en el campo



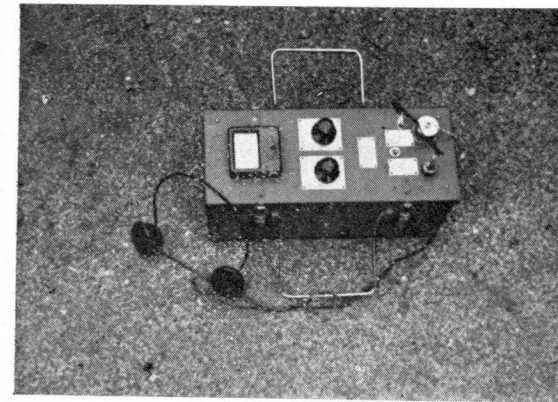


Foto 11.—Contador de radiación γ modelo Mescó, portátil



Petróleo en Alemania

POR

ALFRED BENTZ

PETRÓLEO EN ALEMANIA

«Resultados de la investigación geológica del petróleo en el Noroeste de Alemania entre los años 1931-1947»

Por ALFRED BENTZ. Celle. ⁽¹⁾

Traducción directa del alemán por JOSE M.ª RIOS
Ingeniero de Minas

La prospección del petróleo en las regiones del Noroeste de Alemania, constituye un verdadero modelo de sistema en la investigación, tanto en sus etapas geológicas como geofísicas, y quizás más en estas últimas, pues si bien no son raros los ejemplos de intensísimas y bien llevadas campañas de investigación geológica de superficie, en cambio, el de una investigación geofísica tan completa, extensa, bien realizada y eficaz en sus resultados como la que llevó a cabo Alemania en busca de estructuras petrolíferas, era quizás único en la época en que se llevó a cabo, como lo es también el de una colaboración tan estrecha y bien planeada entre ambas especialidades.

Los detalles técnicos y de organización de esta admirable campaña pueden encontrarse en la obra "Erdöl und Tektonik", de la que es ápice el trabajo que presentamos a continuación, pero quizás aún en forma más sistemática en la serie de artículos "The german war for crude oil in

(1) Título del original alemán: «Ergebnisse der erdölgeologischen Erforschung Nordwestdeutschlands 1932-1947, ein überblick», primer capítulo de la obra «Erdöl und Tektonik», Amt für Bodenforschung, Hannover-Celle 1949.

Europe 1934-1945", que abarca, no solamente la investigación y producción de hidrocarburos naturales, sino los trabajos realizados para la destilación y síntesis. Dichos artículos aparecieron en la revista "The Petroleum Times" desde noviembre de 1947 hasta mayo de 1948.

No podemos ocuparnos, "in extenso", de materia tan amplia y compleja y concentraremos nuestra atención sólo en los resultados de dichas investigaciones referidos a su expresión geológica tal como los ofrece el Dr. A. Bentz, director del Amt für Bodenforschung y rector de las investigaciones que exponemos, en el mencionado primer artículo de la obra "Erdöl und Tektonik", publicación en la que una serie de especialistas ofrecen estudios de los diferentes aspectos geofísicos, geológicos, estructurales, paleontológicos, etc., de la gran campaña de investigación.

Y lo haremos con doble intención: por un lado, ofrecer en forma concisa los resultados, y, por consiguiente, el estado actual de la riqueza conocida de hidrocarburos naturales en Alemania. Por otro lado, llamar la atención, con analogías bien patentes, sobre las chimeneas salinas españolas y sus posibilidades petrolíferas.

Ya lo hicimos antes de una manera indirecta, aunque intencionada, en nuestro trabajo "Diapirismo" (2) al establecer primero las descripciones y luego la comparación entre nuestra región clásica de chimeneas salinas cántabro-navarras y la del Golfo Pérsico, sobre todo, entre otras grandes productoras de petróleo, y más tarde, y de manera más directa, en nuestro trabajito de divulgación "Las investigaciones de petróleo en España" (3).

(2) «Diapirismo», por J. M. Ríos. Bol. Inst. Geol. y Min. Tomo LX, tercera serie, 1947.

(3) «Las investigaciones de petróleo en España», por J. M. Ríos. N. y C. del I. G. y M., núm. 19, 1947.

Insistimos, con estos nuevos ejemplos del Noroeste de Alemania e implícita comparación, en llamar la atención sobre nuestra región de chimeneas salinas. Son las nuestras ejemplos clásicos entre los clásicos de tales estructuras geológicas, pero, además, casi todas ellas van acompañadas de manifestaciones petrolíferas más o menos intensas, y en una de ellas, la de Maestu, asienta la única explotación de asfaltos de alguna importancia que tenemos en España. Son indicios de tal categoría, que apenas puede comprenderse que dichas estructuras no hayan sido objeto de atención, cuando parece que, por sus llamativas características, hubieran de haber sido objetivo de primer e inmediato interés. Por algunos geólogos norteamericanos se ha estimado que la importancia de dichas estructuras es escasa por faltar a las chimeneas conocidas el clásico "sombrero" de retención; pero aparte de que no creemos que este hecho sea por sí solo decisivo, ello quiere decir que no habríamos de contentarnos con la exploración de estructuras aflorantes, sino que precisa dirigimos a la localización de las ocultas, que son en cualquier caso las de máximo interés. Resulta evidente que no ha de pensarse que todas las que existen sean aflorantes, y como las formaciones salinas tienen características físicas y mecánicas tan distintas de las demás, constituyen el objeto ideal de las investigaciones geofísicas, prestándose a ellas con la máxima facilidad.

Las campañas de investigación petrolífera constan de tres partes distintas, que son la prospección geológica, la investigación geofísica o corroboración profunda por métodos físicos de la prospección geológica de superficie, y la investigación por sondeos.

En España la primera etapa de prospección geológica de superficie se ha hecho, a partir del año 1930 sobre todo, con

gran detalle y organizadamente. Se han reconocido extensas áreas del territorio nacional y se han señalado bastantes estructuras que se estiman interesantes y dignas de investigación. Aún hay mucho espacio por recorrer y la tarea no está, ni mucho menos, terminada, pero sí, desde luego, bien encauzada y su marcha no deja que desear, salvo quizás una lentitud que comienza a iniciarse en los dos últimos años.

Pero en las etapas siguientes de prospección geofísica e investigación profunda es poquisimo lo que se ha hecho, como veremos más adelante.

Debería, pues, emprenderse una amplia y eficaz campaña de investigaciones geofísicas para la localización de posibles estructuras no aflorantes de tipo salino diapírico, o las que puedan existir bajo las extensísimas áreas peninsulares recubiertas por el oligoceno y el mioceno, contando de antemano con todos los medios necesarios para lograr un resultado eficaz.

No ocurra como en las investigaciones profundas por sondeo hasta ahora realizadas en busca de petróleo, en que por falta de medios materiales y apoyos morales, y a pesar del entusiasmo de los investigadores, su marcha es tan lenta y tan precaria que se malogran todos los esfuerzos realizados, y el daño es mayor porque cunde el desánimo y la desconfianza entre los capitales interesados y en el país mismo.

Si no se arriesga el capital necesario y si no se afronta el problema en toda su escala y magnitud, las investigaciones profundas, tal como se efectúan ahora, no sólo no serán de provecho alguno sino que causarán gran daño al desprestigiar las posibilidades y los técnicos de una manera innecesaria. Actualmente sólo una auténtica Lotería podría

dar a la Patria hidrocarburos naturales, y ello es sabido perfectamente por todos los técnicos ahora empeñados con gran entusiasmo y espíritu de sacrificio en la investigación de petróleos en este país.

Para darse cuenta de la total insuficiencia de los esfuerzos aquí realizados, basta considerar algunas cifras de lo que se hace en otros países. Precisamente en estos días la revista "Acero y Energía" (4) publica unos datos que vamos a resumir aquí, y cuyo interés está realzado sobre todo por referirse al país vecino, cuyas circunstancias geológicas son de máximo parecido a las nuestras.

En Francia se dispone actualmente de 31 máquinas modernas de sondeo, de las cuales, 24 son muy potentes, 8 de potencia media y 14 sondas ligeras. Se calcula que para guardar las proporciones con el ritmo de investigación en Estados Unidos serían necesarias 60. En España tenemos solamente dos máquinas modernas y apropiadas para sondeos de petróleo, pues las restantes, por su antigüedad e inadecuación, no cuentan. Dejamos por completo a un lado las cifras referentes a explotación, que son mucho más elevadas.

En el año 1948 se realizaron en Francia 85 sondeos de investigación, con 120.000 metros de sondeo; en 1949, 110 con 145.000 metros, y aun se estima que para guardar el ritmo con los Estados Unidos, salvadas todas las diferencias de escala del país, número de habitantes, potencialidad económica, etc., proporcionalmente, se deberían hacer anualmente 400 sondeos de exploración, con 900.000 metros de perforación. En España, en tres años de actividad, se han hecho poco más de 5.000 metros con dos máquinas.

(4) «Las explotaciones petrolíferas en la Unión Francesa», por Lucien Dumas, Director general de la Sociedad Nacional de Petróleos del Languedoc-Mediterráneo. «Acero y Energía», marzo-abril 1950.

En Francia se gastaron en el año 1948, 7.000 millones de francos; en el año 1949, 10.000 millones, en la investigación de petróleos, de los cuales 3.875 los suministraron los Presupuestos Generales; 3.300, las Sociedades Estatales; 1.000, las Colonias y Protectorados; 825, los Créditos estratégicos, siempre en millones de francos. Aunque no tenemos datos exactos de España, no creo arriesgado calcular que por año no se han gastado más de siete millones de pesetas.

A la vista de estas cifras se comprende fácilmente que es preciso plantear el problema de nuevo. Exponer claramente los riesgos y enormes costos de una investigación petrolífera hecha y realizada con los medios económicos y mecánicos que imperativamente exige y considerar al mismo tiempo las inmensas ventajas económicas y estratégicas del hallazgo.

Y conocidas las ventajas y los riesgos, afrontar el problema con todas sus consecuencias o renunciar a él, pues en realidad ahora, en cuestión de petróleos, estamos tratando de construir el Escorial con una cuadrilla de peones. Es posible, muy posible, desgraciadamente, que la escala del problema rebase las posibilidades nacionales. Puede buscarse una solución extra-nacional o bien crear alguna o algunas y potentes Empresas nacionales del estilo de otras que funcionan en España con otros objetivos industriales, y como aquellas Sociedades Estatales a las que se ha encomendado en Francia la investigación petrolífera. O por lo menos concentrar las actividades y escasos medios disponibles actualmente para planes menos ambiciosos que aquéllos, pero de más eficacia que los actuales.

Al señalar este estado de cosas no nos inclinamos, cómodamente, a las soluciones negativas.

Tengamos fe en nuestro subsuelo, quizá empobrecido en las riquezas de la clásica y vieja minería, pero muy probablemente rico en las materias primas minerales de los productos de moderna invención, como se ha demostrado para las sales potásicas, y empieza, quizá, a demostrar también para las menas del aluminio, las bauxitas.

Y respecto del petróleo, no olvidemos ni perdamos de vista que considerado al principio este producto como un raro privilegio de unos pocos países afortunados, el tiempo, el esfuerzo y el riesgo van demostrando que es una riqueza mineral tan extensa y pródicamente repartida como el carbón, cuando no más.

En el artículo mencionado cita el señor L. Dumas las siguientes palabras de un director de la Standard Oil, dirigidas personalmente a un auditorio francés: "Es el genio de un pueblo el que determina la cantidad de petróleo que puede poner a disposición de la Humanidad; no basta la presencia del petróleo en su subsuelo". Y ahora, parafraseando este concepto en otros términos, y dada por sentada para España la condición final e indispensable, diremos que cada país obtiene de su subsuelo el petróleo que se merece, según la constancia, el riesgo, el tesón y el esfuerzo invertidos en su búsqueda.

Pasemos ahora a ofrecer la exposición que hace el doctor Bentz de los tipos estructurales que se han explorado en el noroeste de Alemania.

J. M. RÍOS

Abril, 1950.

«Ojeada general sobre los resultados de las investigaciones geológicas en busca de petróleo llevadas a cabo en Alemania Nordoccidental desde 1932 a 1947»

Por ALFRED BENTZ, Celle

Tampoco la Geología se ha visto libre del Destino general de la Ciencia, sometida a dividirse cada vez en proporciones más especializadas y más reducidas. A la ventaja del conocimiento de innumerables detalles y del aumento correspondiente de hechos establecidos, en los que, en definitiva, ha de fundarse todo conocimiento científico serio, se oponen peligros que no conviene ignorar. Obligamos a que se formen especialistas, que solamente abarcan una reducida disciplina, y que, como consecuencia de su limitado punto de vista, exageran el significado de los hechos, no estando por ello en condiciones de situar y ordenar su especialidad dentro de un marco o conjunto de orden superior.

La necesidad de síntesis fué una de las razones fundamentales que aconsejaron la organización de esta serie de coloquios acerca de la geología del petróleo y de la tectónica sajónica en el Noroeste de Alemania. La geología del petróleo tiene un objetivo práctico muy marcadamente acusado: la busca del petróleo y la explotación de las formaciones encontradas, en forma tan favorable como se pueda conseguir. Esta orientación a lo práctico nos lleva con demasiada facilidad a que se abandonen los fundamentos científicos y sólo se ponga énfasis en aquellas observacio-

nes que sirven de un modo inmediato a lo utilitario. Pero hay en ello un grave peligro, ya que se ha demostrado siempre que la ciencia no se puede usar para fines extraños a su propia esencia sin llevar en ello el castigo de que en el plazo más breve se polarice unilateralmente, esterilizándose. Por consiguiente, cuando hacia el año 1930 se impuso en Alemania la idea de que sólo por caminos puramente científicos podrían lograrse los cimientos en que basar la comprensión de la constitución de los yacimientos petrolíferos, hubo que cuidar que la penetración puramente teórica del problema no quedase en retraso con respecto a las cuestiones diarias de la práctica. La tarea del Instituto Geológico (Geologische Landesanstalt) en este dominio no pudo limitarse por consiguiente a una pura posición auxiliar para el alcance de los fines prácticos, sino que se impuso la tarea de una función intermediaria para informar profunda y científicamente los resultados y métodos de la geología del petróleo, transmitiéndolos luego, y fructificando así otras ramas de la Geología y de las Ciencias Naturales.

Otra razón para la realización de estos coloquios estriba en que los colegas que hasta ahora no han tenido facilidad para conocer nuestros métodos y resultados, puedan familiarizarse con ellos y, por una exposición tan amplia como sea posible de lo logrado, sean capaces en adelante de la formación de un criterio propio. También hay en ello un deseo, el de la contribución fundamental de Alemania a la renovación de la cooperación científica internacional. De la misma manera que se ha abierto camino el convencimiento de que no puede haber una Europa floreciente sin una Alemania sana y vigorosa, tampoco puede desconectarse al estudioso alemán de la colaboración internacional. En el caso especial de la geología del petró-

leo creemos haber llegado, por la exploración intensiva del Noroeste de Alemania, mediante métodos geológicos y geofísicos, a conocimientos y experiencias que no solamente serán de valor para el enjuiciamiento geológico de regiones terráneas de parecida constitución, sino que favorecerán en grado no despreciable el aprovechamiento práctico de tales regiones.

Nos hemos preocupado, por consiguiente, por dar a la publicidad, en la manera más concentrada y rápida posible, nuestros conocimientos. Como resultado de este propósito pudimos ofrecer el «Mapa geotectónico del Noroeste de Alemania», publicado por el Reichsamt für Bodenforschung, a escala 1:100.000, del que aparecieron en julio de 1947 las primeras 16 hojas, y en agosto de 1948, las 9 restantes. En este mapa aparecen reunidos los datos fundamentales, y los párrafos que siguen sirven a modo de explicación, suministrando resúmenes y datos parciales.

Por el cúmulo de observaciones individuales, el intento de una síntesis de este género resulta, naturalmente, mucho más difícil que lo era en el momento del último gran congreso hannoveriano de la Sociedad Geológica Alemana (Deutsche Geologische Gesellschaft) del año 1932. Cuando expliqué entonces, en la lección de introducción, mi conferencia acerca de «Las premisas geológicas para la existencia de campos petrolíferos en Alemania», sólo se conocían cuatro de ellos en Alemania Occidental, a los que había que añadir un quinto campo petrolífero en Turingia. La tarea consistía entonces en deducir, de las experiencias logradas en estos cinco campos, conclusiones para la localización de otros nuevos. Si me limito ahora al Noroeste de Alemania, lo hago porque es allí donde se han logrado nuevos y decisivos hallazgos y experiencias, mientras que las restantes áreas alemanas de posibilidades petrolíferas han

defraudado, como en Turingia y en la fosa superior rhenana o, porque como ocurre con la depresión zuavobávvara de molasas, no está hoy en día suficientemente investigada aún.

Los cuatro campos del Noroeste alemán, Wietze, Nienhagen, Eddesse y Oberg, conocidos desde antiguo, yacen en las márgenes de chimeneas salinas (Salzstöcken), de forma que el interés se concentró, naturalmente, de manera inmediata, en la investigación de tales estructuras salinas, existentes en abundancia. A ello había que añadir que la chimenea salina constituye un objetivo ideal de investigación, en el que los métodos pueden ser refinados a exactitud cada vez mayor. Pero ya que en otras regiones con campos petrolíferos en chimeneas salinas, y especialmente en la costa del Golfo de Texas-Luisiana, se presentan tipos completamente distintos de los nuestros de entonces, el primer objetivo en Alemania Occidental se cifró en la búsqueda de campos de constitución diferente de los que hasta entonces conocíamos, o sea, los de flanco de chimenea. Otra y consiguiente conclusión de analogía con la costa del Golfo consistió, finalmente, en la búsqueda de petróleo en estructuras no salinas, como anticlinales y fallas, y ya en mi conferencia de 1932 llamé la atención sobre el anticlinal de la zona fronteriza germano-holandesa, apropiado para petróleo.

Iría demasiado lejos si me propusiera exponer uno por uno los casos e historia del hallazgo de los diferentes campos del Noroeste alemán, pero sus detalles se hallarán en las descripciones aisladas que se encuentran en los diferentes capítulos de la obra «Erdöl und Tektonik», a ello dedicados. Sólo me propongo resumir, desde el punto de vista estructural, los resultados, y establecer a partir de ellos algunos puntos de partida útiles para el futuro.

Tenemos actualmente en el Noroeste de Alemania 25 cam-

pos petrolíferos y un gran campo de gas (Bentheim) (ver la lámina 1). De estos campos, 20 están en relación estructural con chimeneas salinas y 6 con anticlinales de tipo nor-

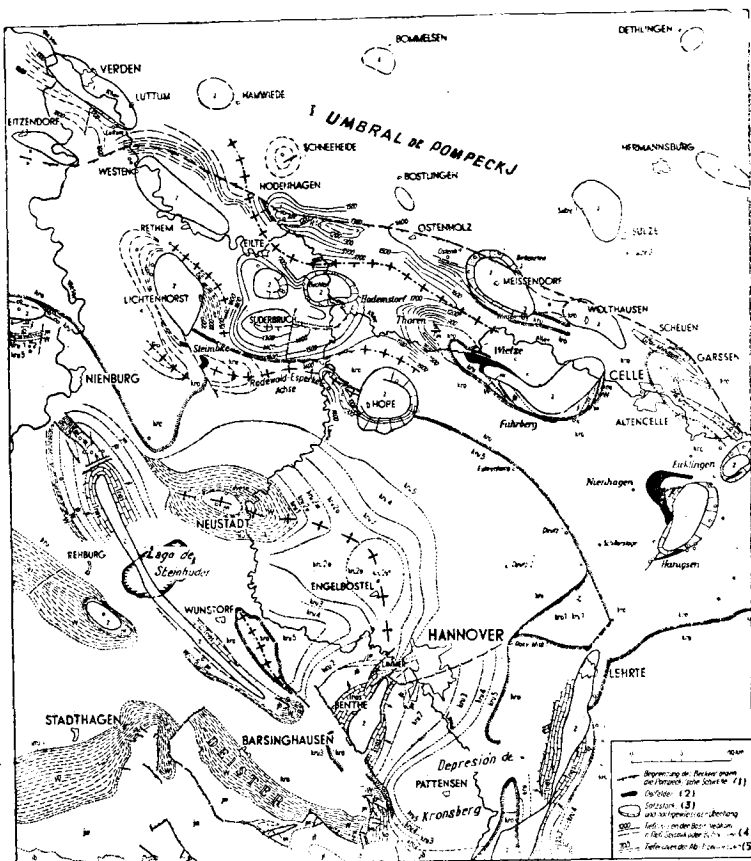


Fig. 1.—Mapa estructural de la Depresión de Hannover medio (según O. Heermann).

Explicación:

- 1: Delimitación de la depresión hacia el «Umland de Pompeckj».
- 2: Campos petrolíferos.
- 3: Chimeneas salinas.

mal, es decir, no salinos. De los campos descubiertos después pertenecen: el de Eilte, al tipo de chimenea salina,

mientras que el de Stemmeberg está ligado al cabalgamiento de un anticlinal.

En los campos de chimeneas salinas tenemos que separar fundamentalmente los de tipo de flanco, 15 de ellos, y los de culminación, 5 restantes. Los de tipo de flanco, o sea, aquellos en que el petróleo se presenta en variados horizontes de las capas más o menos intensamente empujadas que se ofrecen en los flancos de la chimenea, pueden dividirse a su vez en tres subgrupos, que son los campos puramente de flanco, los que se presentan bajo una cobertura o expansión salina, y finalmente, aquellos en que el petróleo se encuentra, no inmediatamente en los flancos, sino en anticlinales transversos. Puesto que la mayor parte de las chimeneas salinas constituyen complicadas estructuras, con una historia geológica muy variable, no es raro que se presenten combinaciones diversas de los distintos tipos, de manera que en un mismo dispositivo salino aparecen unidos varios de ellos.

Si se agrupan los campos del Noroeste alemán hasta ahora conocidos, según estos puntos de vista, se llega a la siguiente representación:

A) CAMPOS EN CHIMENEAS SALINAS

I. TIPO DE FLANCO

a) En flanco de chimenea anticlinal.

1, Wesendorf; 2, Ehra; 3, Calberlah; 4, Eddesse-Ölheim; 5, Broistedt (en parte, de cobertura); 6, Wietze y Fuhrberg; 7, Mölme (campo en el Weald); 8, Etzel (tránsito al de culminación); 9, Heide (doble, con yacimientos de flanco y de culminación).

b) *Bajo cobertura salina.*

11, Hademstorf; 12, Eicklingen - Wienhausen - Hänigsen (en parte).

c) *En anticlinales cruzados.*

13, Nienhagen; 14, Oberg; 15, Rodewald-Mölme (campo rético).

II. TIPO DE CULMINACIÓN

16, Sottorf; 17, Merckfeld; 18, Reitbrook; 19, Thören; 20, Gifhorn (tránsito a tipo flanco) - Heide (campo de culminación) - Mölme (campo en Oolítico coralino) - Etzel (arenas asfálticas).

B) CAMPOS EN ANTICLINALES

21, Fallstein; 22, Emlichheim; 23, Geotgsdorf; 24, Dalum-Lingen; 25, Adorf; 25, Bentheim (campo de gas).

A) CAMPOS EN CHIMENEAS SALINAS

I. TIPO DE FLANCO

a) *Campos petrolíferos en flancos de chimeneas salinas.*

Las más sencillas son las chimeneas salinas del tipo estructural de Wesendorf (fig. 14). Se trata de un domo redondeado, con forma de tapón, que se ha elevado hasta una profundidad de unos 350 metros, y en el que la sal aparece,

completa o parcialmente, recubierta aun por el Neocomiense. La ascensión de la sal ha tenido lugar, por consiguiente, de manera predominante en tiempos pre-neocomienses, pero podría haber experimentado todavía posteriormente, con probabilidad alrededor de los tiempos de tránsito Cretáceo a Terciario, reducidos movimientos ascensionales. Las capas envolventes del Lias y Dogger están levantadas unos 25°, y en el flanco oriental se encontró un petróleo ligero a profundidades de unos 900/1.100 metros, en las areniscas del Dogger beta. Como las condiciones iniciales de yacimiento apenas han sido complicadas por movimientos tectónicos más jóvenes, ofrece Wesendorf un campo ideal, con muy buenas circunstancias de investigación y explotación.

Al tipo puro de flanco pertenece también el pequeño campo petrolífero de Ehra, donde igualmente se encontró aceite mineral en las areniscas del Dogger beta del flanco occidental. En la zona contigua sólo se conoce un amplio manto jurásico, de manera que la historia tectónica de la chimenea salina durante los tiempos cretáceos es todavía poco clara. En oposición a Wesendorf parece que los movimientos más modernos hayan desempeñado aquí un papel más importante. Desde el punto de vista práctico, este campo es insignificante.

El pequeño campo de Calberlah, encontrado en 1945, pertenece al mismo tipo estructural y suministra algo de petróleo a 70/120 metros de profundidad, en areniscas del Dogger beta. Las manifestaciones conocidas están todavía muy lejos de permitir formar juicio acerca de la importancia del campo.

El campo de Eddesse-Ölheim, conocido de antiguo, y que hoy está completamente agotado en lo que se refiere a posibilidades de nuevos sondeos (abgebohrt), suministra aceites procedentes de Wealdense y del Rético. Las capas

están al parecer, violentamente trastornadas, y la chimenea salina muestra tendencia al desplome hacia el Este; no obstante, las perforaciones que producen petróleo yacen fuera del dominio de desplome en la región de flancos.

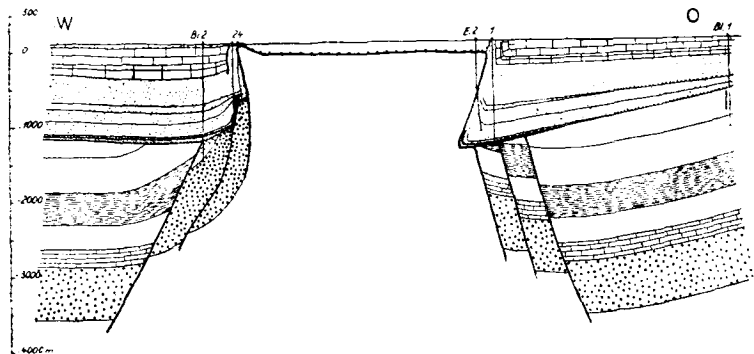


Fig. 2.—Corte a través de la chimenea salina de Broistedt.

Explicación como en la figura 6. En el cretáceo basal se ha separado, además, el Valendisense. Símbolo amplio de calizas: Cenomanense y Turonense, por encima Emscheriense superior y Senonense.

(Según A. Roll).

Se ha desarrollado otro campo en flanco, muy estrecho, en el lado Noroeste de la gran chimenea salina de Broistedt. El primer dispositivo estructural se originó en tiempos pre-neocomienses, pero en oposición al caso Wesendorf, modernos movimientos tectónicos complicaron esencialmente el dispositivo durante e inmediatamente después del Cretáceo superior. El petróleo procede de areniscas del Wealdense, y en un caso, el de la perforación Broistedt 11, también del Buntsandstein. Este caso es de interés teórico por la razón de que hasta ahora se objetó siempre a la idea de una migración a partir de capas pre-salinarias, argumentando que en este caso también el Buntsandstein, como medio poroso, tendría la posibilidad de verse convertido en petrolífero. Puesto que ello ha ocurrido realmente en el

sondeo Broistedt 11, puede considerarse tal objeción como carente de base. El hecho de que una producción petrolífera en el Triás sea una rareza depende claramente de que son rarísimos los casos en que el Buntsandstein o el Muschelkalk puedan llegar a situarse en posición tectónica favorable al almacenamiento de petróleo.

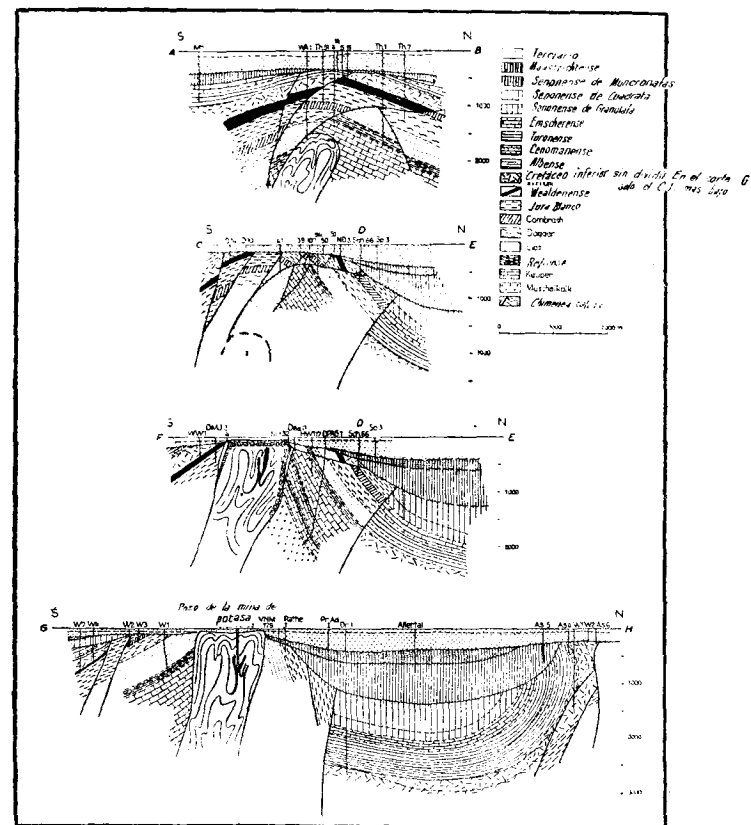


Fig. 3.—Corte a través de las estructuras de Wietze y Thören (según H. Weber).

Pertenece también al tipo de flanco el más antiguo de los campos alemanes, el de Wietze, así como los nuevos

de Fuhrberg y Hambühren situados en el flanco meridional de la misma chimenea salina.

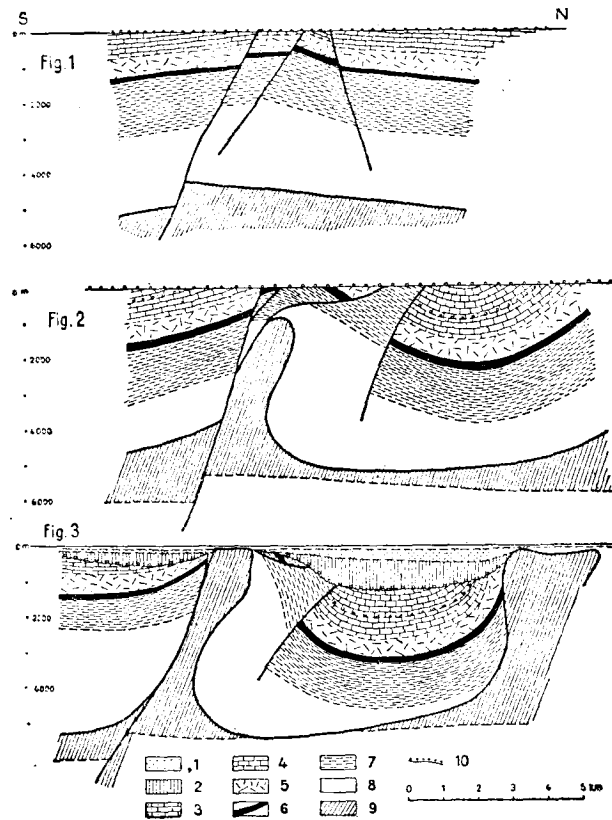


Fig. 4.—Representación esquemática del desarrollo de la estructura tectónica de Wietze y Thören (según H. Weber).

Explicación:

- 1: Terciario.
- 2: Senonense de Mucronatas.
- 3: Senonense de Granulatas-Emscherense sup.
- 4: Emscherense inferior-Cenomanense.
- 5: Cretáceo inferior.
- 6: Wealdense.
- 7: Jurásico.
- 8: Triásico.
- 9: Zechstein.
- 10: Transgresión.

Fig. 1.—Estado anterior a la deposición del Emscherense superior.

La estructura está plegada en anticlinal achatado, y descompuesto en elementos particulares por fallas arrumbadas al anticlinal. En el núcleo el Cretáceo superior profundo está ya muy erosionado y falta en parte por completo. de manera que el Emscherense sup. transgresivo se apoya en parte sobre el Turonense, o sobre el Cenomanense o el Cretáceo inferior, mientras que en los flancos el Cretáceo superior aparece completo.

Fig. 2.—Estado previo a la sedimentación del Senonense de Mucronatas inferior.

El continuado movimiento ascensional, que está acompañado por una penetración perforante de la chimenea salina, lleva a escamas desplomadas al Norte. Los elementos particulares mencionados se vuelcan al Norte. Los trastornos del flanco meridional originalmente dotados de gran inclinación, se disponen al fin tendidos, en el núcleo de la estructura, sobre la cabeza de la intrusión salina, volcándose ligera y parcialmente. Al rasgarse, por el abombamiento, los diferentes elementos del anticlinal, especialmente los del flanco meridional, se descomponen por roturas en diversos subelementos, que terminan, sin raíces, sobre la fractura principal.

El campo de Thören muestra aún este «estadio» del movimiento, con la cabeza salina oculta en profundidad y los trastornos del flanco meridional ligeramente volcados o tendidos sobre ella (ver también figura 3, corte A-B).

Fig. 3.—Estadio final, mostrado actualmente por el campo de Wietze.

Los movimientos ascensionales y de desplome se continúan antes del Maastrichtense y durante el Terciario. Los elementos se desploman aún más agudamente hacia el N., quedando las fracturas giradas 90° con respecto a su disposición original.

El elemento anticlinal más alto se convierte ahora en el más bajo, el flanco meridional pasa a ser el elemento superior, quedando dividido en abundantes y pequeños sub-elementos.

En la de Mólme se nos ofrece la interesante circunstancia de encontrar reunidos en una sola estructura tres campos petrolíferos de tipos distintos. El tipo puro de flanco nos lo ofrece el campo wealdense en la falda Noroeste de la chimenea. El campo rético pertenece a un anticlinal cruzado que ofrece arrumbamiento hercínico, mientras que el campo del Oolítico coralígeno de Feldbergen se aproxima en cierta medida al tipo de culminación, puesto que yace sobre el eje salino dispuesto con buzamiento al Sureste.

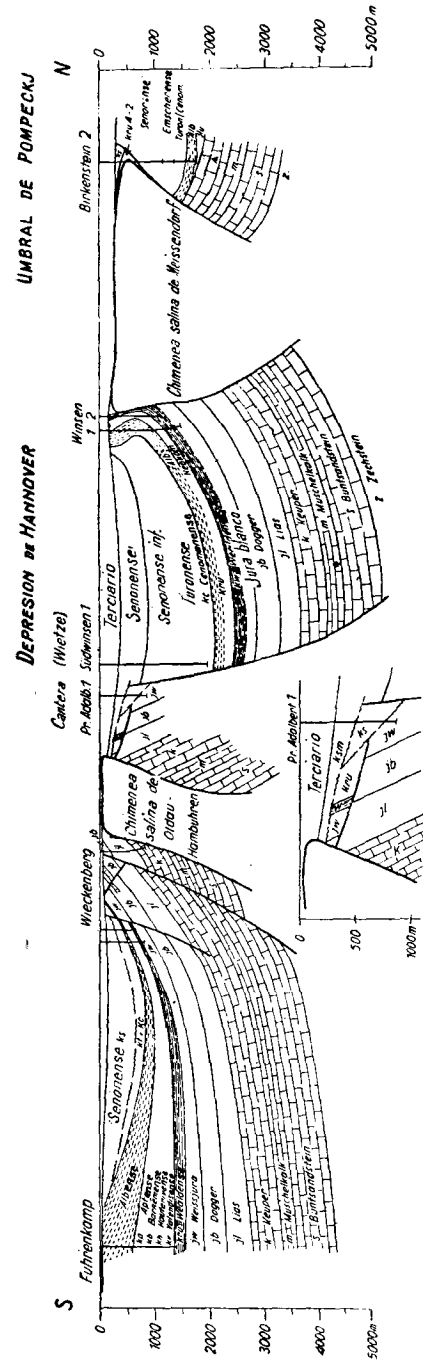


Fig. 5.—Corte de N. a S. a través de la margen septentrional de la depresión de Hannover por las chimeneas salinas de Oldau-Hambühren y Meissendorf.

(Según O. Heermann).

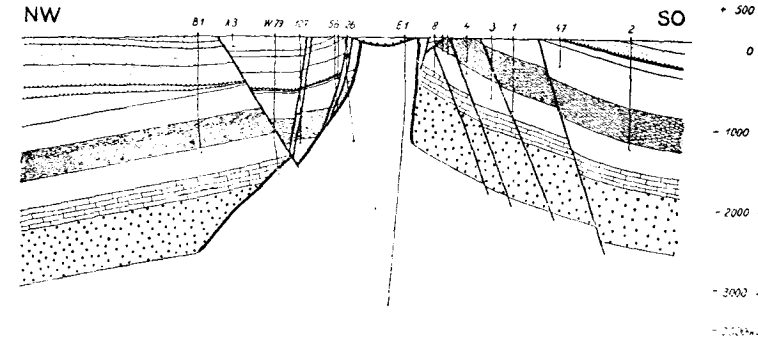


Fig. 6.—Corte a través de la chimenea salina de Mólme.

(Según A. Roll).

punteado grueso: Buntsandstein	blanco: Malm
simbolo de calizas: Muschelkalk	punteado fino, apretado: Wealdense
blanco: Keuper	punteado fino, espaciado: Hauteri-
rayado fino: Lias	niense y Valendiesense, Barremense,
blanco: Dogger	Aptense y Albense.

recubierta por completo por Cretáceo inferior marino transgresivo. Se encontró petróleo a profundidad de 1.400 mrs. en una brecha consistente en material del Dogger, que hay que interpretar quizás como el escombros continental del Cretáceo inferior de Heide. Por ahora tiene que quedar aún en duda si en el caso de Etzel tenemos un campo de flanco o de charnela anticlinal.

Las arenas asfálticas del Eoceno de Etzel pertenecen claramente al tipo de culminación.

También los campos petrolíferos en la gran cúpula de

doble sal de Heide (fig. 7) pertenecen a dos tipos tectónicos diferentes. En la culminación yace la creta petrolífera, de antiguo conocida, y debajo, en cambio, las manifesta-

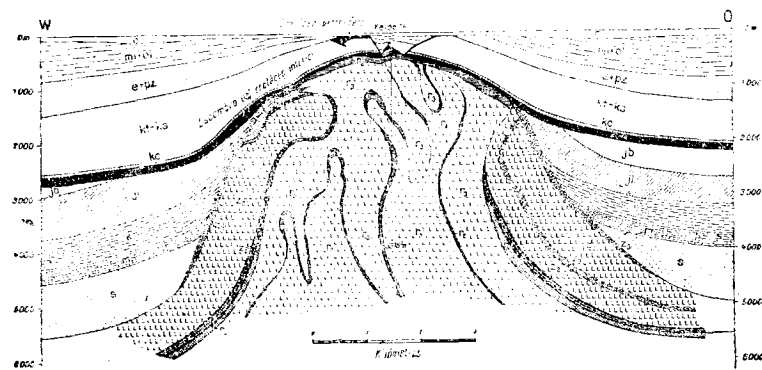


Fig. 7.—Corte esquemático a través de la chimenea salina de Heide.

d	= Diluvial	r ₁	= Sal común (Rotliegend)
mi + ol	= Mioceno + Oligoceno	r ₂	= Arcilla »
e + pz	= Eoceno + Paleoceno	r ₃	= Haselgebirge »
ki - ks	= Turonense - Senonense	r ₄	= Arenisca + arcilla »
kc	= Cenomane		
kru	= Cretáceo inferior		
jb	= Dogger		
ji	= Lias		
k	= Keuper	r ₁	= Caliza (Zechstein)
m	= Muschelkalk	r ₂	= Sal común »
s	= Buntsandstein	r ₃	= Anhidrita »

ciones petrolíferas del «Infierno» («Hölle»), en el Cenomane y el Rotliegendes, a unos 350 mrs. de profundidad. La parte predominante de la producción está suministrada, sin embargo, por campos típicos de flanco, como, por ejemplo, los de aquellas porciones de Rickelshof, Meldorf y Hemmingstedt, procedentes de las formaciones bastas neocomienses del flanco occidental. De todas maneras tenemos que incluir aquí además la producción procedente del Zechstein medio y del Rotliegendes de Lieth.

Es muy peculiar, desde el punto de vista estructural, el campo de Hohenassel encontrado en 1943 al Sur de Hildesheim. El conjunto anticlinal de arrumbamiento Este-Oeste muestra en su flanco meridional una serie completamente normal y sin discordancia desde el Buntsandstein inferior hasta el Zechstein, mientras que en el septentrional se presentan trastornos arrumbantes por medio de los cuales la sal del Zechstein limita directamente con el

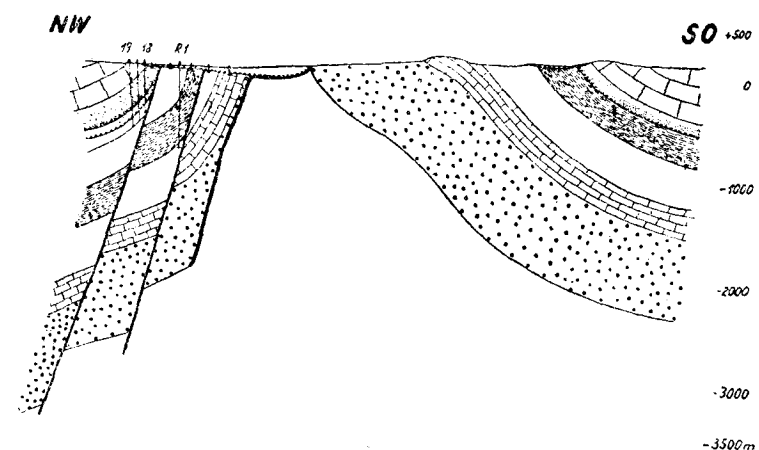


Fig. 8.—Corte a través de la chimenea de Hohenassel.

Explicación como figura 6. Al Noroeste dentro del Cretáceo inferior el Hauterivense inferior y Barremense; por encima el Albense transgresivo; al SO. solamente Albense transgresivo (según A. Roll).

Muschelkalk. Al parecer habría que ver en este fenómeno el comienzo de la formación de una chimenea salina en el núcleo de un anticlinal, y, por consiguiente, el campo petrolífero de Hohenassel, desarrollado en el flanco septentrional, habría de atribuirse más bien al tipo de flanco de chimenea. Resulta evidente que en este caso la chimenea salina es completamente accesoria, de manera que Hohenassel podría colocarse de manera igualmente acertada en-

tre los de tipo puramente anticlinal, conclusión que resulta de gran interés teórico para otras estructuras de constitución análoga. El petróleo se encuentra en el Oolítico coralino a profundidades de 500/700 mrs. En el flanco septentrional productivo encontramos el Hauterivense transgrediendo inmediatamente sobre el Kimmeridgense, indicando, por consiguiente, que el dispositivo de la estructura es neo-címbrico. En oposición a lo que ocurre en los cam-

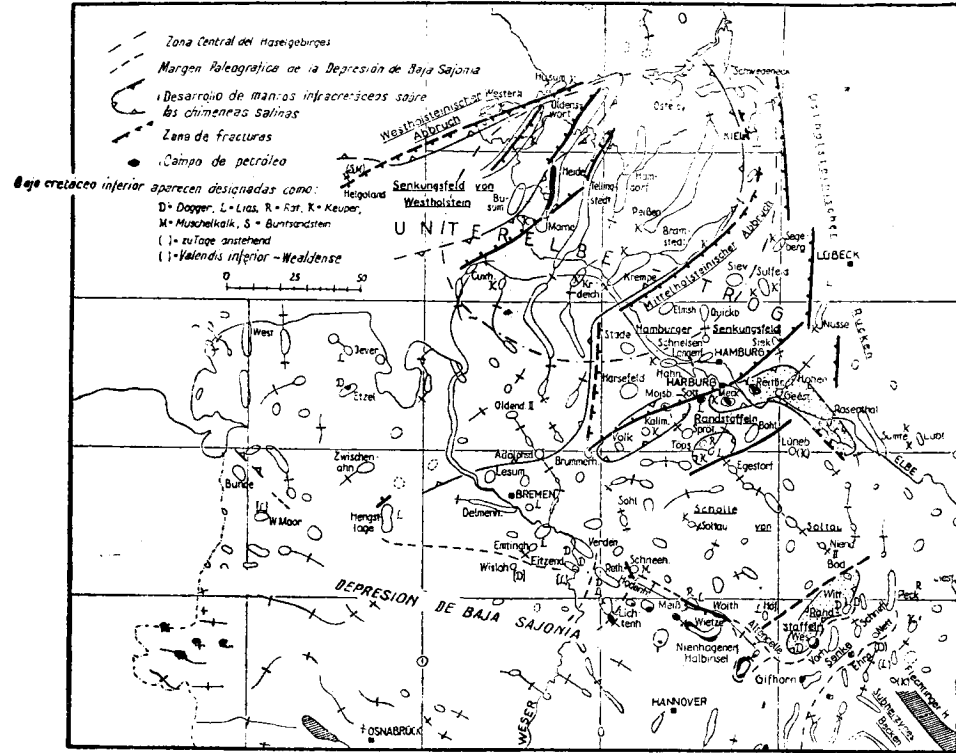


Fig. 9.—Mapa tectónico regional al Schleswig-Holstein y nordeste. Escala en kilómetros (según A. Kraiss).

pos anticlinales de Emsland, los yacimientos petrolíferos se encuentran aquí, no en la charnela o culminación, sino en el flanco.

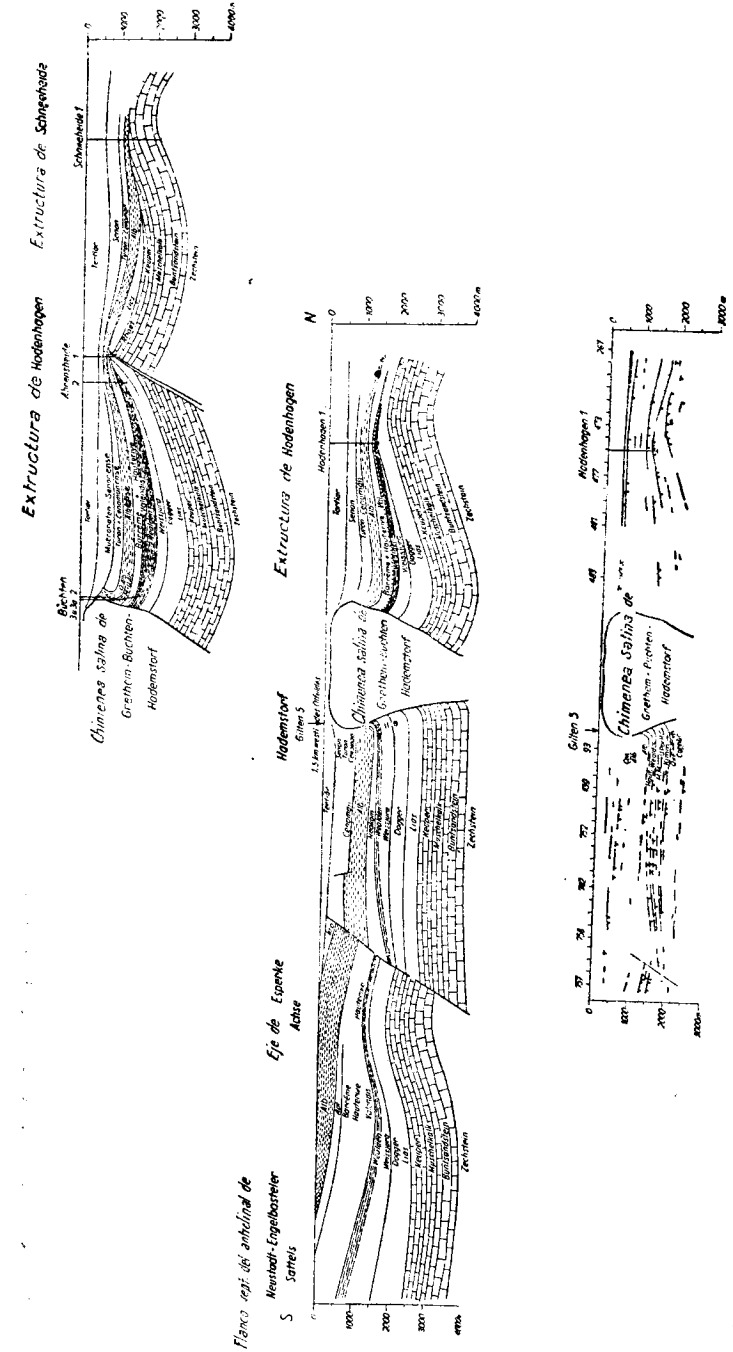


Fig. 10.—Perfil transversal a través de la depresión de Hannover en la zona de la desembocadura del Aller en el Leine (según O. Heermann).

b) Campos petrolíferos bajo manto salino.

La primera chimenea salina alemana en la que se observó un gran manto de rebose salino, fué la de Hope-Adolfsglück. Sin embargo, los esfuerzos que se hicieron para encontrar yacimientos explotables bajo el manto salino resultaron, en su mayor parte, negativos y desanimadores, hasta ahora, por lo que realmente no puede hablarse hoy de un verdadero campo petrolífero.

También en la chimenea salina de Grethem-Büchten, han sido los éxitos poco sobresalientes. En el flanco meridional-oriental de la chimenea salina se ha desarrollado el campo de Hademstorf. Las perforaciones han tenido que atravesar una cobertura o manto salino de más de 1.000 mrs. para encontrar el petróleo a 1.300 mrs. de profundi-

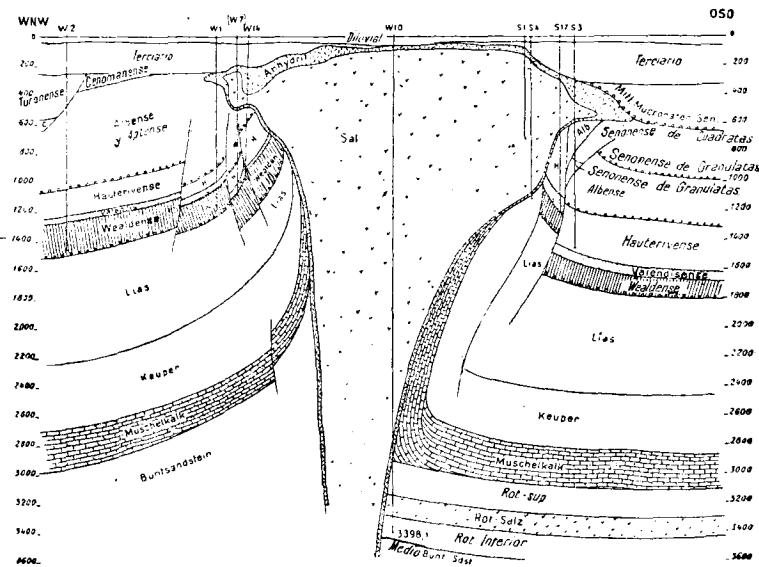


Fig. 11.—Corte de E. a O. a través de la chimenea salina de Wienhausen-Eicklingen.

dad en areniscas wealdenses muy levantadas. Hasta ahora se limita la producción a aquella parte de la margen de la chimenea en que las capas envolventes del wealdense han sido arrastradas con mayor violencia, relativamente.

La más complicada de las chimeneas salinas, por lo que hasta ahora se conoce, es la Eicklingen-Wienhausen, que rebosa en forma de seta en todas direcciones y muestra como consecuencia un manto salino de unos 800/1.500 metros de ancho, extendido todo alrededor en disposición tendida. Un corte de Este a Oeste (fig. 11) ofrece peculiaridades muy interesantes para poder precisar la época de la formación del manto o rebose. Sobre el borde del mismo transgreden las capas medias del Senonense de Mucronata (Mukronaten senon), mientras que por debajo del mismo encontramos todavía las capas senonenses de Quadrata (Quadratenschichten). Por consiguiente, la formación de la seta ha debido tener lugar, más o menos aproximadamente, en la época de las capas inferiores de Mucronata. El sondeo de Wienhausen fué colocado aproximadamente en el centro de la masa salina, tratando de investigar cuáles fuesen las capas pre-salinas. Sin embargo, y a profundidad de 2.779 mrs. penetró de nuevo, saliendo de la sal, en el manto triásico, en el que se paró el sondeo a profundidad de 3.398 mrs. También el corte Norte-Sur, que abarca la extensión longitudinal de la manifestación salina, muestra claramente la masa de la seta salina. Se trata, por consiguiente, de un tipo de fenómeno que puede compararse más bien con los recientes glaciares salinos de Persia meridional. El petróleo de Eicklingen está ligado al flanco suroriental de la chimenea salina, en el que las capas han sido plegadas en sinclinal acostado por el empuje del recubrimiento salino. Este alcanza hasta una profundidad de 600 mrs. y debajo es donde se encuentran las

capas productivas del Wealdense y del Valendisense. En esta margen de la chimenea salina se han practicado 75 perforaciones, de las cuales sólo 25 han resultado productivas, y esto no resulta nada sorprendente dada la compli-

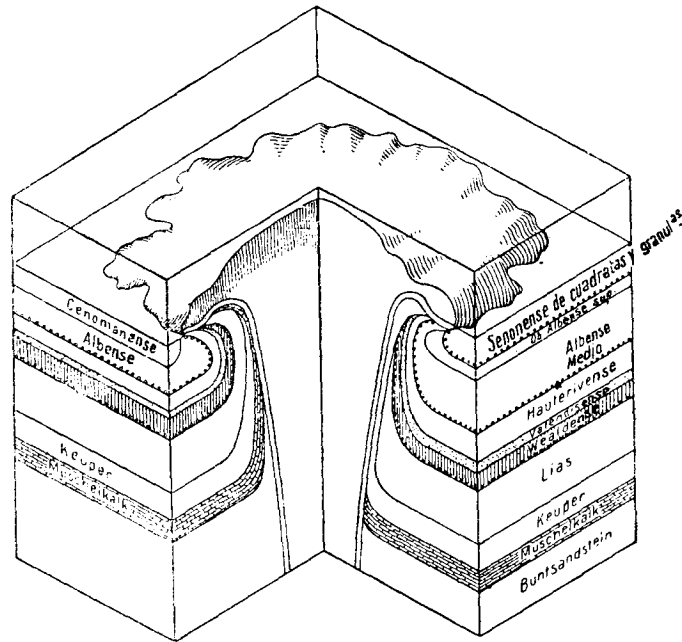


Fig. 12.—Bloque diagrama esquemático de una seta salina del tipo Wienhausen-Eicklingen (según dibujo de E. Stach).

cación tectónica de la estructura. Pero como Eicklingen ha suministrado en conjunto hasta ahora más de 20.000 toneladas de petróleo, todavía se pueden considerar estos esfuerzos como económicamente productivos.

Se encontró una buena producción petrolera bajo un manto salino de características muy parecidas, situado también en el flanco suroriental de la chimenea salina de Nienhagen-Hänigsen del campo petrolífero de Hänigsen (lámina II, apartado C-D). Tenemos en principio la misma dis-

posición estructural que en Eicklingen, puesto que las capas aparecen desplomadas bajo el amplio manto de recubrimiento salino. El contenido petrolífero deriva igualmente de las areniscas del Wealdense y del Valendisense. La época de formación del recubrimiento se puede fijar, al menos en parte del campo, con mayor precisión todavía que en Wienhausen, puesto que bajo el manto salino se encontraron todavía las capas inferiores de Mucronata, mientras que por encima transgrede ya el Senonense del nivel medio del mismo tramo. Esto muestra claramente que el supuesto glaciar salino ha debido estar en movimiento precisamente en la época senonense inferior de Mucronata.

La serie de perforaciones productivas de Hänigsen alcanzan, sin embargo, más allá de la extensión del recubrimiento salino, y no es de extrañar porque las manifestaciones de desplome se prolongan inalteradas más lejos hacia el Suroeste. Yo supongo que esto está en relación con el posible hecho de que originariamente la sal fluyente alcanzó mucho más lejos, viéndose luego eliminada por una transgresión posterior. Dada la facilidad de disolución del material salino esto no puede extrañarnos, tanto más cuanto que también los mantos aún existentes muestran claros e indudables signos de disolución, de manera que la extensión actual no debe ser sino una porción residual de la primitiva.

e). Campos petrolíferos en anticlinales transversos.

El más conocido es el anticlinal cruzado de Nienhagen, en el que se ha almacenado la mayor riqueza petrolífera conocida en Alemania. Como en la chimenea salina correspondiente hay dos minas potásicas, las de Riedel y de Niedersachsen que han suministrado nuevos y buenos

frentes de examen, se ha podido llevar a cabo el intento de ligar los efectos de la tectónica salina con los resultados logrados por la investigación de petróleo. En el corte A-B (lám. II) es visible al Este un gran manto de rebose, mientras que las circunstancias al Oeste están aún poco claras. En el corte C-D, que se ha trazado a través de la parte meridional de la chimenea salina, es visible también en el lado Oeste, un gran manto dado a conocer por la perforación Kühlenberg 1, de manera que la chimenea salina debe estrecharse considerablemente en profundidad. El análisis tectónico de los afloramientos salinos permite reconocer con claridad que posteriormente tuvieron lugar inyecciones de sal más vieja que, al parecer, favorecieron la formación del manto. Este avanzó periódicamente en su ascensión alcanzando la superficie de entonces y llegando incluso a fluir en forma de glaciares salinos.

Aunque al principio se supuso que las discordancias observadas en el anticlinal cruzado de Nienhagen, correspondientes a la época de tránsito Jurásico-Cretáceo, tenían relación original de dependencia con la formación de la chimenea salina, esto parece actualmente improbable. Se ha demostrado que estas discordancias tienen extensión y categorías regionales, y que en realidad no tenemos ningún indicio terminante para suponer que la chimenea salina de Nienhagen se originase ya en el tránsito Jurásico-Cretáceo. Las primeras huellas seguras de tal fenómeno no las tenemos hasta el Senonense de Granulata, y como consecuencia hemos llegado actualmente al convencimiento de que el anticlinal transversal de Nienhagen no tiene relación genética con la chimenea salina. Este punto de vista está reforzado por las circunstancias de Eicklingen-Wienhausen, donde un gran anticlinal se extiende desde Wienhausen hacia Oppershausen-Altencelle; la margen septentrio-

nal del anticlinal está empujada hacia el Norte en forma cabalgante. La chimenea salina de Eicklingen, como ocurre en el caso de Nienhagen, tampoco tiene evidentemente nada que ver con la formación de esta gran estructura, sino que ha penetrado posteriormente en un trastorno transversal.

Hoy pueden aplicarse parecidas consideraciones al campo de Oberg, conocido de antiguo. El anticlinal transversal de Oberg constituye, como igualmente ocurre con el de Mölme, situado al Sur un poco más lejos, un elemento estructural independiente del fenómeno de chimeneas salinas. También parece que estos dos anticlinales sean más antiguos, ya que la formación de chimeneas salinas en la zona de fosa de Mölme-Oberg-Stederdorf-Eddesse se insertó lo más pronto, en la época de tránsito de Cretáceo a Terciario.

En el caso del campo petrolífero de Steimbke-Rodewald se trata, con toda probabilidad, de una estructura de pliegue parecida, repartida en isleos individuales mediante abundantes fracturas. Resulta claro que la mayor parte del campo no tiene nada que ver ni con el flanco de la chimenea salina ni tampoco con su formación, sino que constituye un elemento estructural independiente.

Sin embargo, si reunimos estos campos situados en anticlinales transversales, en el gran conjunto de los de chimeneas salinas, no lo hacemos solamente por razón de su ubicación. Así, por ejemplo, cuando en un caso como el de Mölme encontramos un campo de flanco, un anticlinal transversal y un campo de culminación, en la vecindad inmediata de la chimenea salina, parece que tengan que existir conexiones más profundas, quizá consistentes en que trastornos extensos y de profundo alcance hayan favorecido la emigración del petróleo. Por esta razón considero justifi-

cada la inclusión de estos campos de anticlinal transverso en el gran grupo de los campos de chimeneas salinas.

II. TIPO DE CULMINACIÓN

El hecho de que los mejores campos de la costa del Golfo se encuentren no en los flancos, también allí trastornados y llevados con frecuencia a posiciones muy empinadas, sino en las tendidas zonas de culminación desprovistas de trastornos que se sitúan sobre las chimeneas salinas, hizo que también se buscase al principio en Alemania este tipo de yacimiento. Sin embargo, los resultados no correspondieron a las grandes esperanzas que se habían puesto, pero hoy está comprobado que también en nuestro país existen campos de culminación de este tipo (fig. 13).

El más sencillo entre ellos está constituido por el domo salino de Sottorf, cuya disposición es en forma de tapón y se alza hasta una profundidad de unos 300 metros. Ha penetrado todavía discordantemente a través del Cretáceo inferior y de la mayor parte del superior y está sobrepuesto por un reducido y cuarteado manto de Cretáceo superior, en el que se encontró un aceite denso a profundidad de unos 280 metros. Puesto que además el Terciario existente sobre la culminación aparece con espesores sumamente reducidos, como consecuencia de varios movimientos intraterciarios, es posible que existiese antes un yacimiento mayor de culminación que haya sido destrozado en su mayor parte por estos movimientos posteriores.

Al mismo tipo pertenece el vecino domo salino de Meckelfeld, que sin embargo ofrece sobre la sal un cerrado manto de Cretáceo inferior transgresivo. La mayor parte de su reducida producción procede de la parte más alta del Cretá-

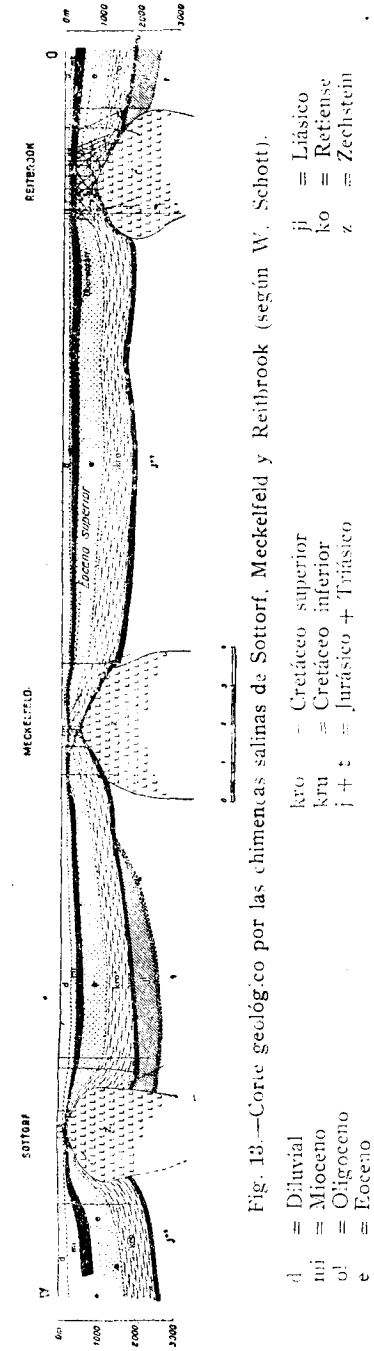


Fig. 13.—Corte geológico por las chimeneas salinas de Sottorf, Meckelfeld y Reithbrook (según W. Schott).

d = Diluvial
mi = Mioceno
ol = Oligoceno
e = Eoceno

kro = Cretáceo superior
kru = Cretáceo inferior
j + t = Jurásico + Triásico

ji = Liásico
ko = Retense
z = Zechstein

ceo superior, aunque también se encontró algo de aceite mineral en horizontes porosos del Cretáceo inferior. Puesto que la sal se alza únicamente hasta unos 500 metros de profundidad, la cobertura es algo mejor que en Sottorf, pero las

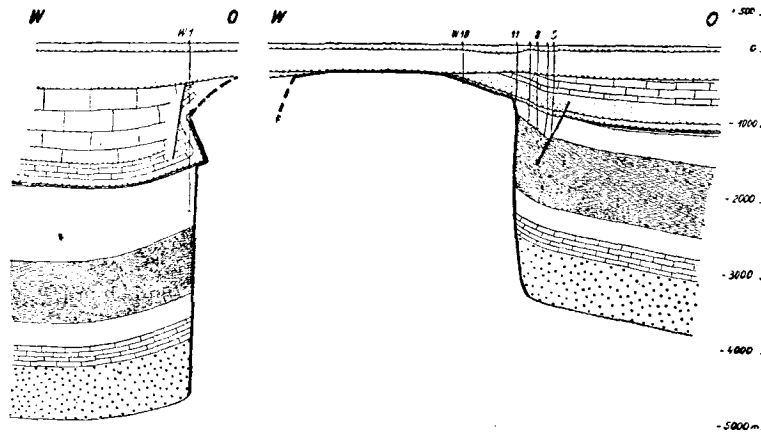


Fig. 14.—A la izquierda. Corte por la chimenea salina de Wittingen (según A. Roll).

punteado apretado: Buntsandstein
 símbolo apretado, calizas: Muschelkalk
 blanco: Keuper
 rayado fino: Lias
 blanco: Dogger
 punteado fino apretado: Neocomense arenoso
 punteado fino suelto: Albense
 símbolo normal, calizas: Emscherense sup y Senonense
 blanco: Terciario (Discordancias omitidas)
 blanco: Diluvial

A la derecha. Corte por la chimenea salina de Wesendorf.
 símbolos como a la izquierda, solamente se diferencian:
 punteado finamente apretado: Wealdense o Malm.
 punteado fino espaciado: Neocomense arenoso.
 Encima: Albense transgresivo.

abundantes fracturas encontradas posteriormente podrían haber causado considerables pérdidas de aceite a lo largo del acontecer geológico.

La continuación de esta serie de estructuras está consti-

tuida por el campo de Reitbrock, en el que la sal se detuvo a unos 1.000 metros de profundidad. Sin embargo, tam-

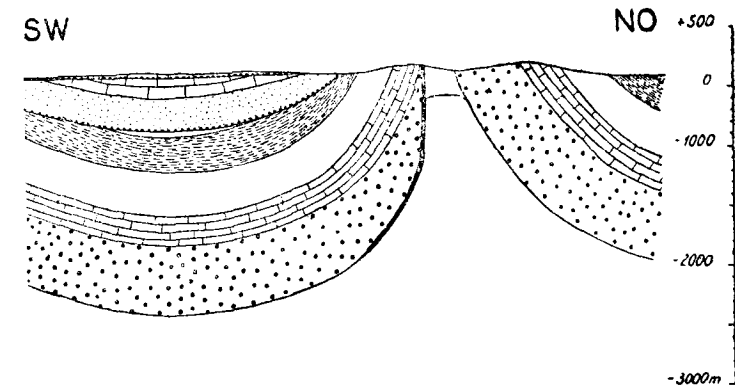


Fig. 15.—Corte a través de la chimenea de Asse.

Explicación como figura 6.

(Según A. Harbort).

bién este campo, a pesar de yacer tan profundo, ha debido experimentar emigración de aceite y gas, como se deduce, sin duda, del hecho de que en el Oligoceno inferior se haya

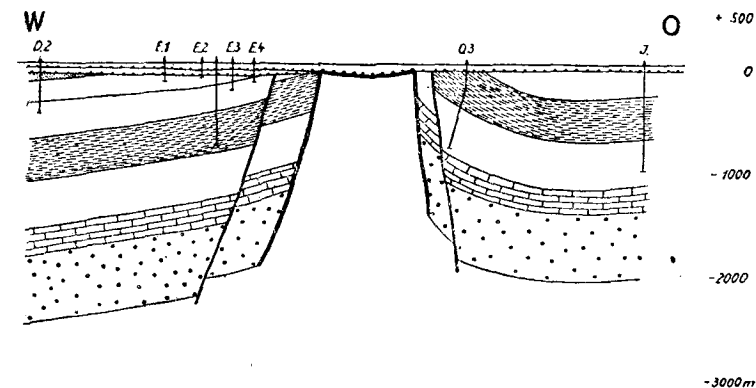


Fig. 16.—Corte por la chimenea salina de Osloss-Weyhausen

Símbolos como fig. 6. Cretáceo inferior no dividido
 Al Oeste de la chimenea salina en blanco bajo la cobertura diluvial aparece aún el Terciario.
 (Según A. Roll).

constituído un yacimiento de gas puro que se obtuvo en la perforación, bien conocida, de Neuengam en 1910.

Por consiguiente, resulta claro que había tenido lugar la separación entre las fases líquidas o gaseosas del contenido de un yacimiento primitivo. El horizonte principal productivo de Reitbrook está en el Senonense alto, y aun encontramos por encima un yacimiento más pequeño en las areniscas del Eoceno inferior. El Cretáceo inferior no ha suministrado, hasta ahora, sino huellas de petróleo.

Otro yacimiento de culminación tenemos en Thören bei Wietze (figs. 3 y 4). La superficie de la chimenea salina de Wietze desciende hacia el NNW, con el resultado de que en Thören, y en una zona de intensos trastornos, encontramos sobre la sal arenas petrolíferas del Wealdense, a profundidades de 450/570 metros, y otra vez, a unos 900 metros en el Cornbrash. La sal del Zechstein se ha cortado a una profundidad aproximada de unos 1.550 metros, inmediatamente bajo el Lias gamma; es evidente que existe entre ambos un contacto por accidente. La disposición estructural de Thören es muy semejante a la del campo, en el Oolítico coralino, de Mölme, donde se ha formado igualmente una trampa local para el aceite sobre el eje salino profundizante.

El pequeño campo de Gifhorn yace a unos 200/300 metros de profundidad, situándose inmediatamente encima de la gran chimenea salina, pero en su región marginal, por lo que constituye una transición al tipo de flanco. El aceite, muy denso, procede de las arenas del Wealdense.

Recordemos aún los mencionados campos de culminación de Heide y Etzel, aunque no desempeñan ningún papel desde el punto de vista de producción.

Como ya dijimos, los campos alemanes de culminación no han llenado las esperanzas que se pusieron en ellos. Ello

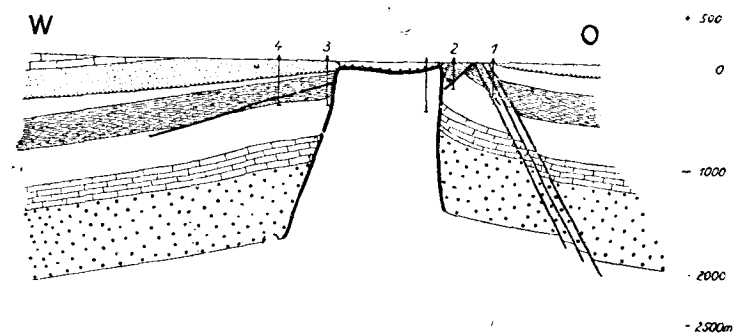


Fig. 17.—Corte a través de la chimenea salina de Rautheim. (según A. Roll).

Símbolos como fig. 6. No. se ha dividido el Cretáceo inferior
Símbolo inferior de calizas: Cenomanense y Turonense.

depende, evidentemente, de la complicada historia de su gestación geológica y de los abundantísimos accidentes y trastornos, antiguos y modernos, que han sufrido. Los re-

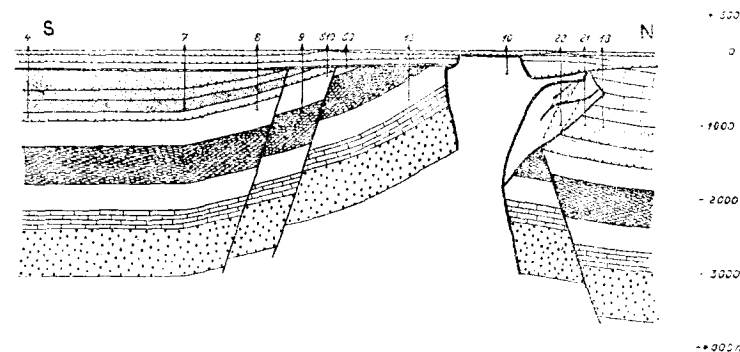


Fig. 18.—Corte a través de la chimenea salina de Blenhorst. (según A. Roll).

punteado grueso: Buntsandstein
símbolo de calizas: Muschelkalk
blanco: Keuper
rayado fino: Liásico
blanco: Dogger
blanco: Malm transgresivo
punteado fino, apretado: Wealdense
punteado fino espaciado: debajo Neocomense
: encima Albense transgresivo
blanco: Terciario en diversas transgresiones y Diluvial.

sultados más favorables han sido, entre todos, los obtenidos en el campo de Reitbrook, que han producido en conjunto más de un millón de toneladas. Pero también en este caso encontramos la circunstancia perturbadora y dificultosa de que falta horizonte de almacenamiento auténticamente poroso, ya que los horizontes productivos de las capas de Reitbrook representan claramente un yacimiento de grietas que sólo como consecuencia de su intensa elaboración tectónica, impuesta por la rígida cobertura cretácea sobre el móvil macizo salino, pudo alcanzar una mediana porosidad. Comparada con otras regiones del Globo en que abundan las chimeneas salinas, se distinguen las de la zona alemana por las circunstancias de extrema complicación que ofrecen, y por todo lo que hasta ahora sabemos, tenemos que contar con que gran parte de los tesoros petrolíferos que una vez contuvieron, han sido destruidos de nuevo, en el transcurso de esta serie variable y renovada de reformaciones geológicas.

De todos modos, aún quedan esperanzas para el futuro, si bien sólo a mayores profundidades, para las cuales las investigaciones resultan especialmente costosas y arriesgadas. El examen de la serie de chimeneas salinas de Sottorf-Meckelfeld-Reitbrook (fig. 13), pone de manifiesto el hecho de que el petróleo es imposible que se haya originado en las capas del Cretáceo inferior y superior que actualmente lo producen. Debe proceder de un elemento más profundo, aunque hasta hoy no nos ha sido posible localizarlo. Si partimos, sin embargo, de la experiencia lograda por el estudio de la conformación de los domos salinos de Nienhagen y Eicklingen, podríamos contar con la posibilidad de que también los dispositivos que quedaron retenidos a mayor profundidad ofrezcan recubrimientos salinos, bajo los cuales

podrán encontrarse yacimientos petrolíferos dotados de buena cobertura. Hasta ahora no hay ninguna observación que se oponga a esta hipótesis, que puede, en cambio, ser apoyada por diversas consideraciones. En todo caso se trataría de sondeos cuyo alcance no sería menor de 3.000 metros, cuando no de 4.000.

B) CAMPOS ANTICLINALES

Estimulados por el hallazgo petrolífero que tuvo lugar en Volkenroda de Turingia en 1930, comenzó a perforar inmediatamente en los anticlinales triásicos de Turingia, y después, en las estructuras análogas del antepaís del Harz. Pero mientras que todos los esfuerzos resultaron estériles en Turingia, si se hace caso omiso de las dos solas y reducidas manifestaciones gaseosas que se encontraron, apareció en el antepaís del Harz, en Fallstein, un pequeño campo de petróleo, pero no por eso menos interesante desde el punto de vista teórico. El primer sondeo encontró ya en la Hauptdolomit, bajo la serie salina del Zechstein superior, una pequeña producción, de manera que se pusieron grandes esperanzas en las consiguientes exploraciones, que, desgraciadamente, no se vieron satisfechas. Se comprobó que la sal del Zechstein superior constituye una capa móvil de compensación, que separa un elemento (Stockwerk) tectónico superior comportador del anticlinal de Fallstein de arrumbamiento hercínico, de otro elemento inferior cuya naturaleza no podemos reconocer hoy con claridad, aun después de realizados seis sondeos profundos.

Lo único que vemos hasta ahora es que el arrumbamiento de la Hauptdolomit pre-salina transcurre, en oposición al arrumbamiento del anticlinal de Fallstein, con dirección rhe-

nánica y que, al parecer, desempeñan cierto papel en ello determinados trastornos. Excepto el primero, todos los demás sondeos resultaron estériles, lo mismo que los costosos y pesados intentos de alcanzar las capas anteriores a la sal

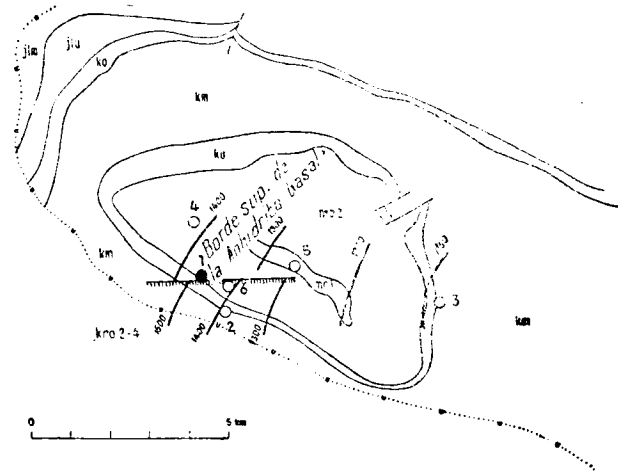


Fig. 19.—Esquema estructural de la zona de Fallstein.

En el plano más alto un claro anticlinal en Muschelkalk y Keuper; en el yacente pre-salino (puesto de manifiesto por los sondeos de Fallstein 1—6) una estructura tectónica distinta, con diferentes arrumbamientos.

con sondeos muy profundos, como fueron los de Mölme (3.300,5 metros), de Wienhausen (3.398,1 metros) y de Heide (3.817,8 metros).

Era muy importante conocer tempranamente las dificultades inherentes a la perforación de petróleos pre-salinos, ya que mis levantamientos geológicos de detalle en la zona fronteriza entre Alemania y Holanda, llevados a cabo en 1925/1931 habían mostrado que ofrecían promesas de petróleo, otros anticlinales de tipo completamente distinto. Allí se trataba no de penetrar hasta el Zechstein, sino que existía la posibilidad de encontrar petróleo en horizontes

mesozoicos, y más especialmente, en los diferentes niveles de areniscas del Cretáceo inferior. En esta zona, completamente omitida hasta entonces en la actividad práctica de

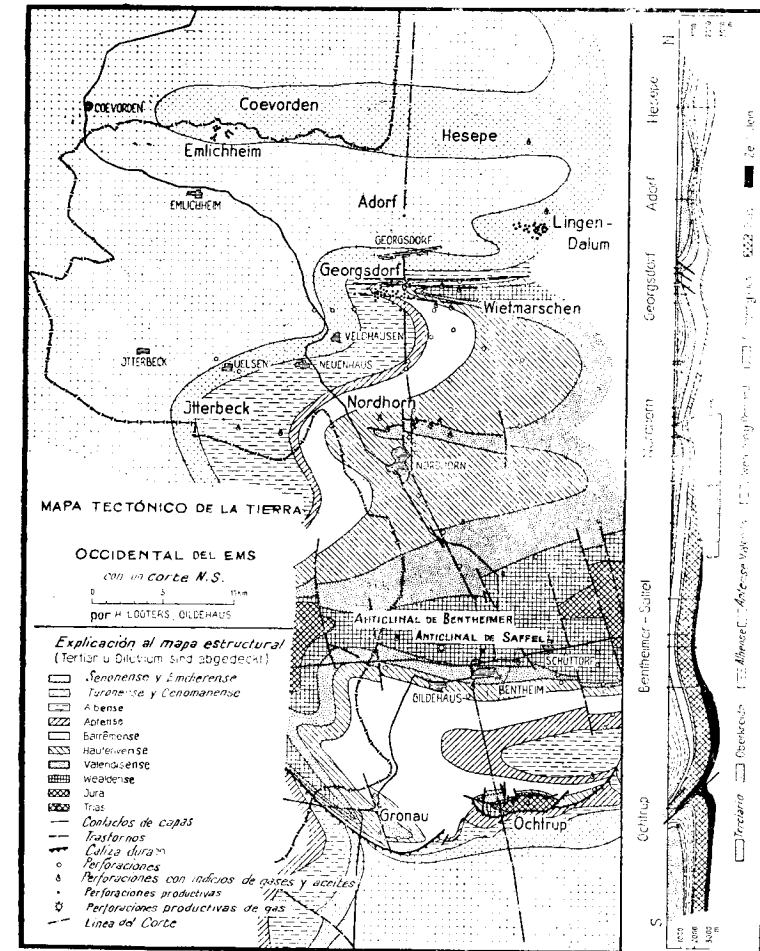


Fig. 20.—Mapa geológico estructural de la región occidental de Emsland.

sondeos, no son, sin embargo, tan raros los indicios petrolíferos, y ya anteriormente se habían encontrado, de ma-

nera ocasional, trazas de petróleo y de gas en sondeos practicados para la investigación de carbón y de potasa. Sin embargo, no dejaban de ofrecer inconvenientes, ya que los anticlinales observables en superficie se alzaban con exceso, con excepción del Bentheim, para que pudieran contener yacimientos petrolíferos de interés. Se pudo aplicar la geofísica, con el mejor de los éxitos, para la localización de las estructuras profundas y mejor cubiertas que eran de esperar al Norte, aunque no dejaron de manifestarse ciertas dificultades en su realización.

El éxito de las investigaciones en la zona fronteriza fué sorprendentemente favorable, y hoy tenemos como realidad el hecho de que se haya demostrado la existencia de tres extensos campos petrolíferos y de un gran campo de gas. Como típico de estas manifestaciones puede presentarse el gran campo petrolífero de Emlich-Coevorden, que aparece dividido por la frontera alemana en una gran porción holandesa, Coevorden, y en otra alemana más pequeña, la de Emlichheim. Se trata en este caso de un anticlinal muy tendido, con buzamiento de muy pocos grados, que se caracteriza por la existencia de escasos trastornos, pero más especialmente por la de una depresión de culminación.

El aceite se encuentra en dos niveles de arenisca del Cretáceo inferior, así como en el Malm superior. Sin embargo, hasta ahora sólo se extrae de la arenisca valendisense más profunda. La comparación de este sencillo corte con los trazados a través de las chimeneas salinas alemanas, muestra claramente la diferencia fundamental, que impone un laboreo completamente distinto para ambos campos. En las chimeneas salinas tenemos circunstancias locales que varían rápidamente e intensamente muchos trastornos, disposiciones empinadas y con frecuencia desplomadas, y como consecuencia, campos en general de muy reducida extensión. Algo

más favorable se nos presentan las cosas ya en los anticlinales transversos de Mólme y Oberg, y especialmente en el de Nienhagen, donde los horizontes petrolíferos se ofrecen más tendidamente extendidos y no tan intensamente trastornados. En Emlichheim-Coevorden y en los otros campos de la región del Ems, esta tendencia es aún más acentuada. Aquí tenemos, en efecto, grandes superficies petrolíferas cerradas que permiten una planificación técnica y económica muy distinta que en las chimeneas salinas, en las que tantos datos importantes han de quedar inciertos, con frecuencia hasta el completo agotamiento de los campos.

El campo de Georgsdorf, arma igualmente en un anticlinal arrumbado más o menos al Este-Oeste, con alguna caída algo más intensa que el Emlichheim. Trastornos al arrumbamiento parecen desempeñar algún papel mayor, pero los límites del campo aun no se han establecido en ninguna dirección.

El anticlinal no aparece bien distinto en el campo de Dalum-Lingen. Hasta ahora no se ha puesto de manifiesto más que un gran elemento tabular, inclinado unilateralmente, pero que no puede acoplarse en ninguna estructura anticlinal.

Por ahora no puede afirmarse que el campo de Adorf sea una estructura autónoma, ya que aun no se ha practicado más que un solo sondeo. Es muy posible que Adorf represente la prolongación del anticlinal de Dalum-Lingen, al que entonces correspondería una extensión considerable.

El campo gaseoso de Bentheim pertenece al mismo grupo. El gas procede a unos 1.600 metros de profundidad de la dolomia tabeada (Plattendolomit) del Zechstein superior. En el núcleo del anticlinal aflora el Wealdense y aun algo de serpulita, y recientemente ha podido demostrar Wollburg la existencia de trastornos. A pesar de las vetillas de asfal-

tita que ofrece el flanco meridional de Bentheim no se ha podido demostrar hasta ahora que exista también petróleo en el Zechstein.

LAS CHIMENEAS SALINAS Y LA TECTÓNICA SAJÓNICA

El agrupamiento de los campos del Noroeste alemán se deduce del mapa de conjunto de la lámina 1. La mayor parte se acumulan alrededor de Hannover, desde el antepaís del Harz hasta la parte baja del Aller. Hay después una gran discontinuidad hasta el grupo de campos al Sur de Hamburgo y la manifestación de Heide en el Holstein, hoy por hoy aún aislada. Igualmente aislado está el campo de Etzel en Frisia Oriental. Luego tenemos en el Emsland los hermosos anticlinales nuevos, cuya investigación está muy lejos de poder considerarse como terminada.

Como ocurre en otras regiones petrolíferas, también las investigaciones de los últimos quince años han producido en Alemania Nordoccidental una multiplicidad de tipos de campos. Si bien antes se hablaba con frecuencia de que los campos petrolíferos alemanes del NO. «estaban ligados a chimeneas salinas», hoy no podemos admitir esta expresión como valedera. El hecho de que se hayan encontrado campos sin conexión con las chimeneas salinas, es de gran importancia para las futuras investigaciones.

La significación tectónica de las chimeneas salinas debe enjuiciarse de manera distinta a como se hacía antes, puesto que, sin más comprobación, se consideraban aquéllas como anticlinales, de modo que se ligaban unas con otras o también con auténticos anticlinales en alineaciones, interpretación en que los «ejes» afectados podían considerarse como elementos tectónicos de categorías más o menos equivalen-

tes. La investigación del Noroeste de Alemania ha conducido a una concepción enteramente distinta. Hoy creemos poder afirmar que la sal, de tan gran movilidad, reacciona con movimientos a cada exigencia tectónica de intensidad, lo mismo que sea de compresión o desgarre, formando entonces estructuras de intrusión que atraviesan discordantemente otras capas, y pueden designarse entonces como chimeneas salinas. También las vías fáciles ofrecidas por los cabalgamientos pueden abrir un camino a la sal hacia arriba, como lo muestran las estructuras de Gronau, Ochtrup y Weerslo. Hoy no se puede aceptar, sin pruebas, que una chimenea salina sea considerada como el núcleo de un anticlinal, ni tampoco deducir de ello la existencia de fracturas de desgarre, ya que ambas cosas son posibles y hay que fijar en cada caso individual y detalladamente la historia tectónica de la chimenea salina.

Estas han perdido, como consecuencia, su papel sobresaliente de directriz dentro de la Geología regional del Noroeste de Alemania. Hoy sabemos que las zonas entre las chimeneas salinas no constituyen sencillos sinclinales subordinados a las zonas anticlinales de las chimeneas salinas. Los espacios comprendidos entre ellas muestran más bien una tectónica que puede comprobarse que es más antigua e influyente y en la que los vecinos domos salinos sólo participan incompletamente o están desligados del todo.

El desparramiento de la sal, fluyente con ligerísima y movable facilidad e incluso muchas veces en forma de glaciares salinos, ha tenido con frecuencia como consecuencia que quedasen recubiertos por ella los elementos tectónicos regionales predominantes, de la misma manera que la página de un manuscrito, claramente legible de otra manera, lo es menos bajo los borrones de tinta. En todo caso, hemos de reconocer que nuestros conocimientos de la depen-

dencia mutua y conexiones de la tectónica regional del Noroeste de Alemania son todavía muy incompletos. Es ello consecuencia de la historia de la investigación de las manifestaciones petrolíferas, para cuyo establecimiento se partió del estudio de las chimeneas salinas. Únicamente el análisis detallado de los procesos tectónicos en los campos petrolíferos dió a conocer la importancia secundaria de la tectónica propia de la sal con respecto a las manifestaciones tectónicas regionales.

Este «destronamiento» de las chimeneas salinas no resulta, sin embargo, puramente negativo, ya que a través de este conocimiento hemos logrado una nueva imagen de aplicación general para la tectónica. Mientras que hasta ahora las zonas de chimeneas salinas mostraban una tectónica extraña con respecto a la restante estructura geológica, se demuestra ahora que la estructura del subsuelo del Noroeste de Alemania se liga más íntimamente a la de la zona alomada de Sajonia-Westfalia baja, de lo que resultan nuevos y fructíferos puntos de vista. Por otra parte, las chimeneas salinas se han mostrado como valiosísimos y exactos indicadores del transcurso temporal de los movimientos tectónicos. Mientras que en el dominio de la tectónica sajónica hemos podido averiguar el acentuamiento de los movimientos tectónicos durante determinadas fases orogénicas, también hemos comprobado además un alzamiento neto y continuado de las chimeneas salinas, que se refleja en las zonas inmediatamente contiguas y solamente en éstas. Las chimeneas salinas suministran, por consiguiente, información sobre acontecimientos acerca de los que nada nos dicen los otros elementos estructurales de más rígida composición. La investigación de todas las incidencias del movimiento de la sal lanza nueva luz sobre el tipo y escala de los movimientos geológicos de los ámbitos que nos interesan.

DESARROLLO DE LA PRODUCCION DE ACEITE MINERAL EN LOS DIFERENTES CAMPOS DEL N. O. DE ALEMANIA 1932-1948

Datos en Toneladas

N.º	Campo	Comienzo	1932	1933	1933	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	Desde el comienzo hasta 1948	%	
1	Wietze 1).....	1874	52 426	53 804	51 874	50 265	46 835	44 769	43 448	41 444	38 276	36 831	36 639	35 954	32 720	19 931	22 356	21 327	23 055	2 349 341	19,32	1
2	Eddesse.....	1876	33 244	11 884	7 592	7 638	8 332	9 656	8 783	7 103	5 214	4 166	6 049	4 263	4 064	2 960	3 014	1 643	2 350	232 980	1,92	2
3	Nienhagen 2)...	1904	109 915	144 979	240 733	328 984	333 266	344 204	358 190	315 838	281 916	276 287	263 336	275 174	231 473	166 911	167 510	134 503	124 403	4 603 282	37,84	3
4	Oberg.....	1919	18 426	16 022	12 653	27 815	23 125	21 410	16 903	14 733	17 048	11 390	16 114	14 931	12 326	8 265	9 497	5 654	5 681	313 944	2,58	4
5	Heide.....	1935				1 564	7 663	4 543	25 470	77 066	231 347	201 713	141 301	115 693	125 817	90 569	74 364	56 114	50 703	1 210 395	9,95	5
6	Camp. pequeños	—				8 816	19 707	18 885	18 055	56 229	62 176	57 268	59 063	57 757	57 824	33 063	41 359	35 780	40 521	566 503	4,66	6
7	Steimbke.....	1936					151	747	3 041	21 503	40 177	51 290	47 790	53 214	53 533	23 572	46 182	41 474	41 550	425 014	3,49	7
8	Reitbrook.....	1937						1 147	65 556	189 811	357 222	212 809	103 885	52 713	35 919	34 471	34 274	34 591	38 443	1 160 841	9,54	8
9	Fuhrberg 3).....	1939								2 242	12 769	29 603	46 040	52 989	60 695	33 866	51 084	42 437	47 744	379 469	3,12	9
10	Thören.....	1941										1 090	12 464	24 619	22 398	16 039	19 212	17 225	17 210	130 257	1,07	10
11	Lingen.....	1942											330	6 063	18 667	16 255	40 709	37 901	47 738	167 663	1,38	11
12	Wesendorf.....	1943												4 846	34 273	51 418	45 706	44 586	50 886	231 715	1,91	12
13	Hohenassel.....	1943												1 148	14 871	31 534	48 642	19 941	19 807	134 943	1,11	13
14	Georgsdorf.....	1944													3 056	9 269	14 897	24 175	53 096	104 488	0,86	14
15	Emlichheim.....	1944														3 959	5 141	24 123	51 996	150 069	1,23	15
16	Adorf.....	1948																	2 163	2 163	0,02	16
N. O. de Alemania			214 011	231 689	312 852	425 082	439 079	445 361	540 246	725 969	1 046 145	892 447	733 000	699 364	711 595	543 264	642 929	570 342	629 200	12 163 076	100	

- 1) Wietze: Perforaciones: 1 691 568 t.; Pozo (desde 1920): 657 773 t.
- 2) Nienhagen (incluido Hänigsen desde 1940).
- 3) Fuhrberg (incluido Hambühren desde 1941).



N.º	Campo	Comienzo	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	Desde el comienzo hasta 1948	%
1	Mölme.....	1935	6 814	14 292	10 767	9 510	10 563	8 794	7 033	10 683	13 159	14 383	7 766	7 158	4 929	4 733	130 584	1,07
2	Gifhorn.....	1935	684	5 343	4 130	2 919	2 853	4 150	3 610	2 991	3 241	3 036	1 702	2 129	1 530	1 305	39 633	0,33
3	Fallstein.....	1935	1 308	62	502												1 872	0,02
4	Hope-Adolphs..	1936		10	140	67	38	3	19	3							280	0,005
5	Eickling-Wienh.	1937			1 327	2 380	35 205	37 712	36 488	29 934	25 164	19 541	13 530	14 309	13 535	13 044	242 169	1,99
6	Broistedt.....	1937			1 379	947	960	708	1 020	4 577	3 700	2 570	1 614	2 547	2 862	4 063	26 947	0,22
7	Sottorf.....	1937			640	422	1 167	1 600	790	324	127	107					5 177	0,04
8	Meckelfeld.....	1938				1 810	1 262	6 086	6 181	7 028	5 112	4 531	2 326	2 665	1 940	2 121	45 062	0,37
9	Ehra.....	1939					181	3 120	1 720	1 074	809	385	44	571	647	612	9 172	0,08
10	Horst-Wipshs..	1940						3	3	4	14						24	0,00
11	Hademstorf....	1941							395	1 379	4 696	10 134	4 108	6 704	5 684	9 417	42 517	0,35
12	Etzfel.....	1942								1 066	1 735	3 137	1 821	4 719	4 172	4 433	21 083	0,17
13	Calberlah.....	1945											152	557	395	447	1 551	0,01
14	Eilte.....	1947													85	255	330	0,005
15	Stemmerberg...	1948														102	102	0,00
Campos pequeños			8 816	19 707	18 885	18 055	56 229	62 176	57 288	59 063	57 757	57 824	33 063	41 359	35 780	40 521	566 503	4,66

Metros perforados desde 1933

1933..	73 855	1941..	229 215
1934..	131 258	1942..	233 077
1935..	152 636	1943..	246 642
1936..	150 688	1944..	278 419
1937..	160 286	1945..	77 121
1938..	154 571	1946..	79 676
1939..	191 834	1947..	105 399
1940..	235 000	1948..	159 704

ORIGEN DEL PETRÓLEO

Cuando al comienzo de la segunda treintena de este siglo se inició la profundización científica de la búsqueda del petróleo, se creyeron al principio obligados varios colegas a entablar amplia discusión acerca de la formación del petróleo del Noroeste de Alemania. Les llevé la contraria entonces y creo que el desarrollo de los hechos me ha dado la razón. Hemos encontrado mucho petróleo entre tanto, pero sólo porque nos hemos ocupado predominantemente de la formación de los yacimientos petrolíferos, sin dejarnos influenciar por esta o la otra hipótesis acerca del origen del mismo. Si al principio de nuestro trabajo nos hubiéramos suscrito a cualquiera de aquellas hipótesis acerca de la roca madre del petróleo, no hubiéramos llegado seguramente a muchas de las importantes conclusiones que luego se mostraron como fructuosas. Es, por consiguiente, importante en tales problemas partir de la concepción más general y sólo después descartar determinadas posibilidades como improbables cuando observaciones exactas así lo aconsejan.

Hoy no tenemos ninguna noción clara acerca de la roca madre del petróleo en el Noroeste de Alemania. Pero todas las observaciones practicadas en los 26 campos hasta ahora puestos de manifiesto nos hablan en favor de la tesis de que el enriquecimiento de gas y petróleo en yacimientos económicamente explotables es un proceso puramente secundario. El petróleo ha emigrado siempre al sitio en que actualmente lo explotamos, y en la mayor parte de los casos es procedente de horizontes completamente distintos. Esta conclusión resulta muy convincente cuando se observa la gran variedad de las rocas-depósito, actualmente en

producción. Hoy puede considerarse como completamente asegurada la consecuencia que ya obtuve en 1932 de que, bajo circunstancias tectónicas favorables, toda roca porosa puede servir como roca de almacenamiento y resultar así petrolífera.

Pero también parece que nos hayamos aproximado a la solución en nuestras opiniones acerca de la cuestión de la roca madre. Ya no hay duda posible de que se ha originado petróleo en el Zechstein y, al parecer, en cada uno de sus tres pisos. Después de haber encontrado también petróleo al Norte del Harz, en Fallstein, posteriormente, en mayores cantidades en Heide de Holstein y, finalmente, grandes cantidades de gas en el Zechstein de Bentheim; parece muy posible que todas las existencias petroleras del Noroeste de Alemania sean atribuibles al petróleo del Zechstein. Pero tampoco puede haber ninguna duda de que la formación de sustancias bituminosas se ha repetido también después del Zechstein varias veces en el NO. de Alemania. Señalemos con respecto a este punto el sorprendente encuentro de unas pizarras de Posidonias, de más de 350 metros de potencia, en el Lias de Etzel, en conexión con las manifestaciones petrolíferas aisladas que allí se presentan; recordemos también la serie de margas-serpulitas de Munder y, finalmente, y sobre todo, el Wealdense con sus manifestaciones regionales de tan amplia representación. La cuestión estriba ahora en establecer cuál es la medida en que estas formaciones bituminosas más modernas han contribuido a la constitución de los yacimientos petrolíferos. La diferencia de opiniones, bien una roca madre en el Zechstein, bien varias rocas madres desde el Zechstein hasta el Wealdense, es verdaderamente de tipo gradual y no de principio. No podemos negar, sin embargo, que el número de las posibilidades prácticas en la hipótesis de varias ro-

cas madres es naturalmente mayor que cuando sólo ha de contarse con una sola.

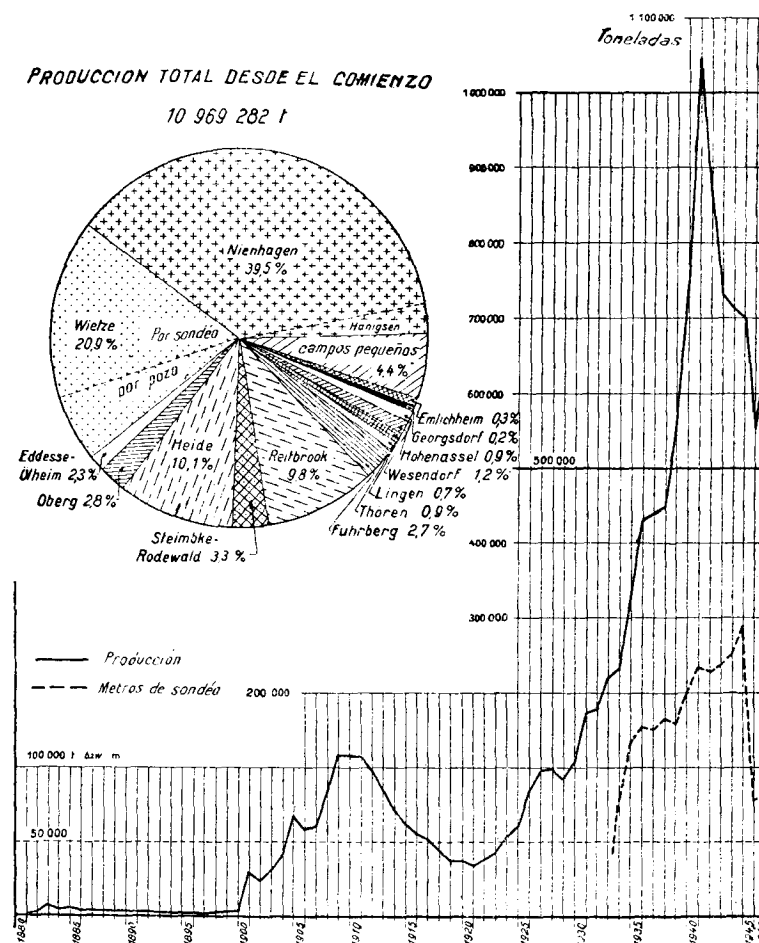


Fig. 21.—Producción de petróleos en el núm. de Alemania de 1880 a 1946.

OJEADA FINAL

Los campos petrolíferos del Noroeste de Alemania han suministrado desde el comienzo de su explotación regular

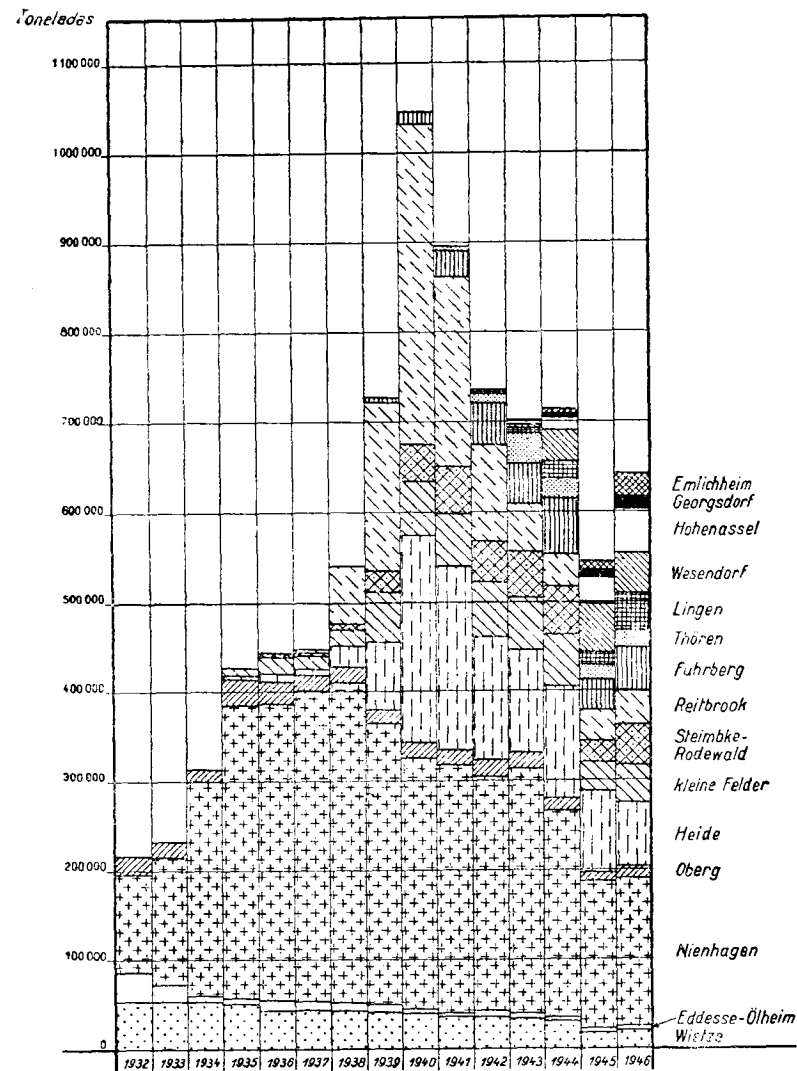


Fig. 22.—Desarrollo de la producción petrolífera en los diferentes campos del n.O. de Alemania. 1932-1946.

en 1880 hasta 1946, un total de 11 millones de toneladas de petróleo (consultar figs. 21 y 22). De esta cantidad, unos 4,5 millones, o sea, alrededor de un 40 por 100, procede solamente de Nienhagen; 2,3 millones, o sea, aproximadamente un 20 por 100, de Wietze (incluido Fuhrberg) y han suministrado un millón cada una, o el 10 por 100, las de Heide y Reitbrook. El 20 por 100 restante se reparte entre el gran número de campos más pequeños o más nuevos. A los modernos campos de Emsland corresponde la tarea de relevar en la producción a los hannoverianos en puertas de extinción.

¿Cómo va a configurarse, en vista de las experiencias científicas y prácticas hasta ahora logradas, el futuro de la producción alemana de petróleo? Hemos visto cuán extremadamente complicada es la estructura de los campos de chimeneas salinas y cómo junto a algunos buenos éxitos tenemos abundantes fracasos y decepciones, que alcanzarían su más clara expresión si se hubieran tenido en cuenta los muchos planes de investigación que han resultado improductivos. En vista de la descrita incertidumbre en la producción de las chimeneas salinas, resulta de la mayor y fundamental importancia el descubrimiento efectuado en los campos anticlinales de Emsland. Desgraciadamente, están amenazados por las así llamadas «rectificaciones de frontera», reclamadas por Holanda, y el porvenir de la producción petrolífera alemana podría, por consiguiente, depender de la decisión que se adopte acerca de dichas reclamaciones. La posibilidad de encontrar campos análogos de anticlinales algo más allá del Ems, en la zona alemana no discutida, es muy limitada, ya que han sido investigadas casi todas las estructuras anticlinales que podrían ser objeto de interés, sin que muestren, ni remotamente, tan prometedores

resultados como los que se lograron con la primera y luego con la segunda perforación al Oeste del Ems.

Pero hecha abstracción de estas posibilidades, el análisis tectónico de la región de chimeneas salinas ha añadido nuevas posibilidades en las zonas entre las chimeneas salinas, que ya no podemos considerar como zonas sinclinales desprovistas de petróleo, pero que en todo caso necesitan todavía una investigación mucho más profunda, especialmente por los métodos sísmicos de reflexión. Puesto que al mismo tiempo habrá que aumentar la profundidad media de los sondeos, especialmente los de investigación, el riesgo crecerá proporcionalmente. Si hasta ahora se consideraba como una relación sana el efectuar anualmente tantos metros de sondeo de investigación como de producción para asegurar con ello el planeamiento económico de las necesarias reservas petrolíferas, en adelante habrá que variar esta relación a favor de los sondeos de investigación, lo que, naturalmente, influirá desfavorablemente en el balance económico.

Al enjuiciar esta cuestión, no podemos dejar de lado el hecho de que, a pesar de todas las exigencias de la guerra, la existencia de reservas comprobadas es hoy mayor que antes. Tampoco podemos olvidar que la producción actual, de unas 600.000 toneladas, rebasa en un 10 por 100 la de 540.000 toneladas de 1938, el último año de la paz y que, desde el punto de vista geológico, sería posible una ampliación de la producción de los campos de Emsland.

Es remuneradora actualmente la política de producción cuidadosa, que también se mantuvo durante la guerra, evitando las labores de rapiña y manteniéndola exclusivamente desde un punto de vista técnico-económico.

Continúan siendo aprovechados los modernos métodos

de producción introducidos durante la guerra que permiten la conservación de la energía natural del yacimiento y, por consiguiente, un aprovechamiento mucho mayor del depósito total que lo que se lograba anteriormente.

Si consideramos en forma retrospectiva el camino recorrido por la industria petrolera alemana desde nuestra última gran reunión, podemos afirmar que el hecho decisivo, o sea, el paso de la investigación y extracción puramente empíricas al programa de perforaciones y producción cimentados en principios científicos, nos ha llevado al éxito completo. La alteración, introducida después, de la base jurídica, el incentivo creado por los préstamos estatales para la actividad investigadora planificada y diversas mejoras de orden técnico, han contribuido indudablemente a este éxito, pero ha sido decisivo, según mi convicción, la posición fundamentalmente distinta, con respecto a los tiempos pasados, que hemos adoptado con respecto a los problemas científicos relacionados con la investigación del petróleo.

Desde 1930 se ha abierto más y más camino la convicción de que el fundamento de la producción alemana de petróleo lo ofrecen las Ciencias de la Geología y de la Geofísica, con poderosa vitalidad y próximas a las realidades de la vida. Por eso recordé, en la frase final de mi conferencia de 1932, que Goethe quería cambiar el tradicional saludo minero de «Glückauf» por el de «Sinnauf», para subrayar con ello que no debemos confiarnos a la *suerte*, sino a una investigación científica llena de *sentido*. Creo que el período transcurrido ha demostrado que no nos podemos permitir el lujo de esperar la suerte, sino que debemos forzarla por un trabajo intensivo y, a menudo, de renuncia personal.

Este fundamento científico se ha podido conservar, afortunadamente, en gran medida y está a nuestro servicio para la reconstrucción. Pueda conservarse también en el futuro, para nuestra Patria, el inalterable espíritu de investigación, para que, a pesar de todas las necesidades del tiempo presente, no tenga que preocuparnos el futuro.

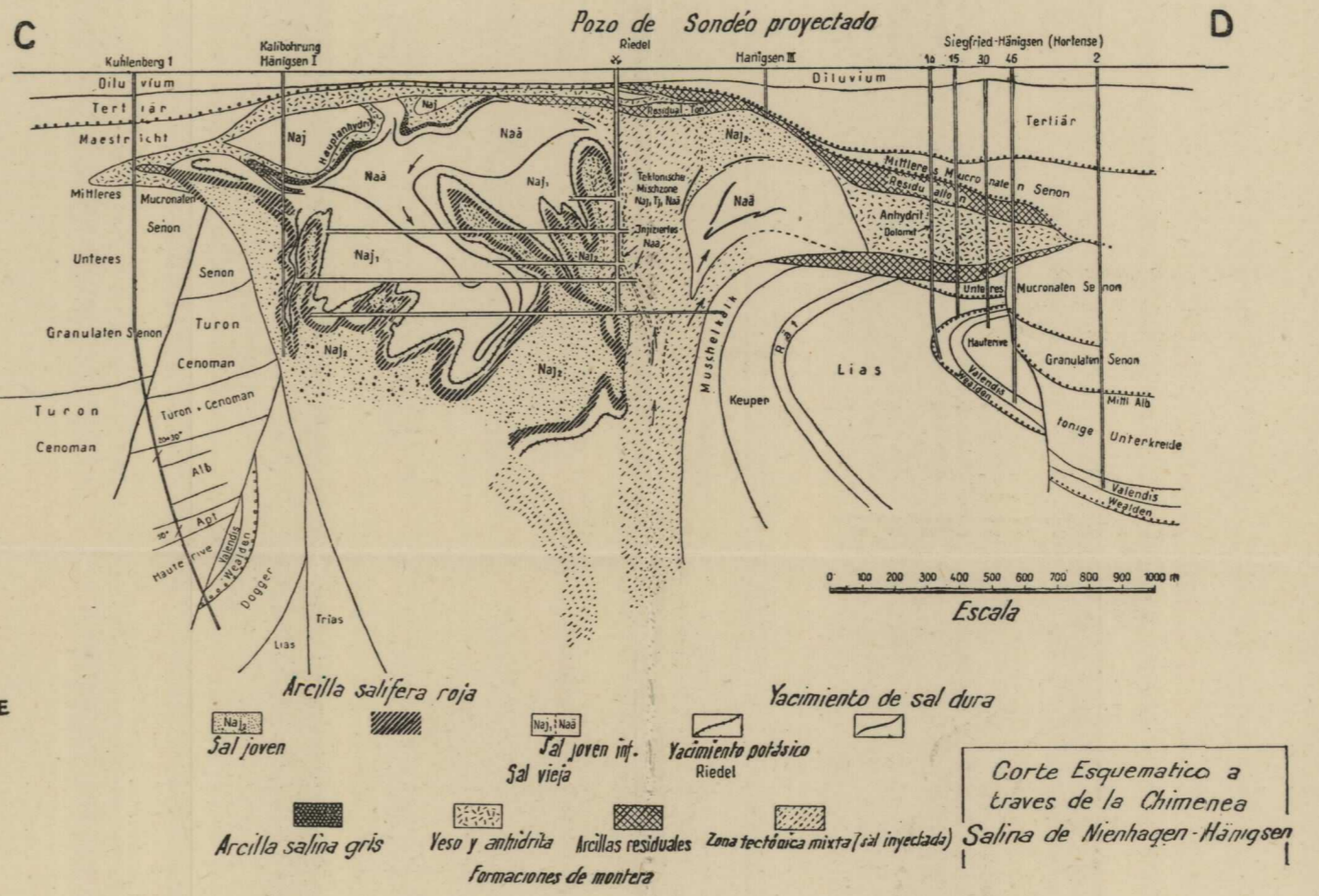
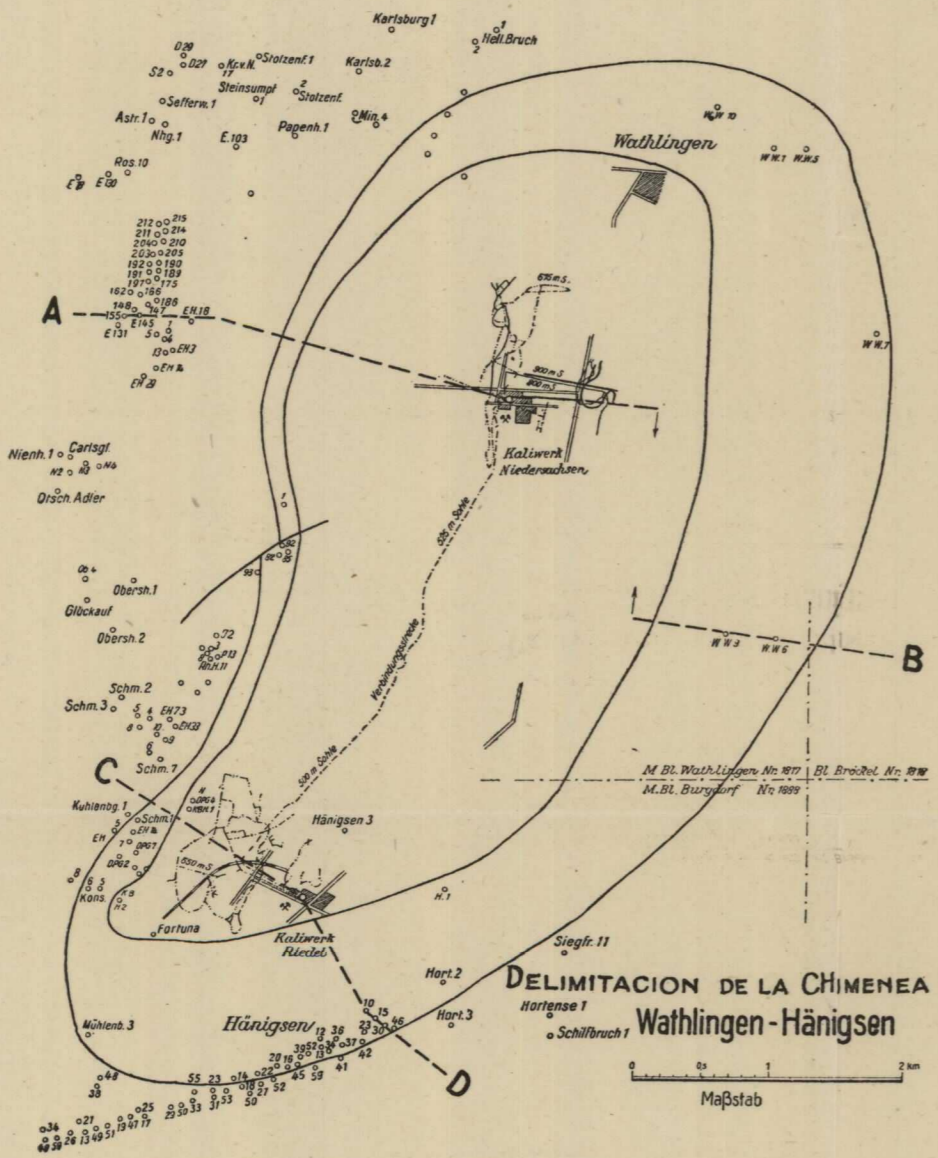
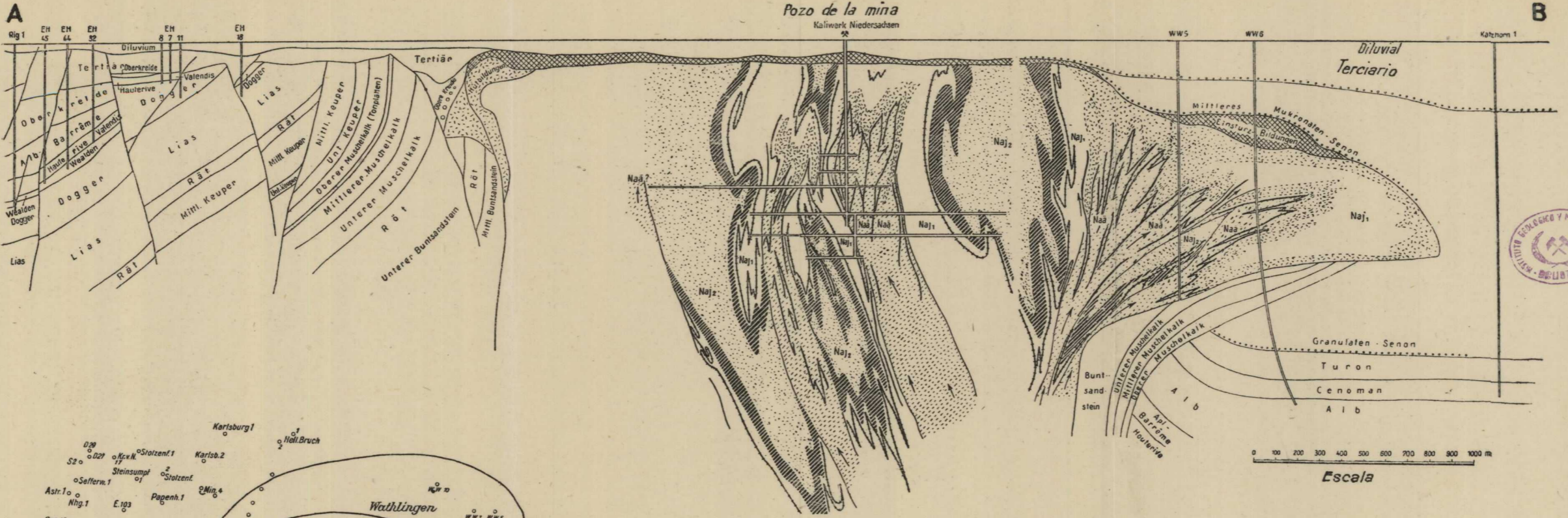


Las estructuras y Campos petrolíferos del Noroeste de Alemania

0 10 20 30 40 50 Kilometros

- Campos en el flanco de chimeneas salinas
 ■ " Bajo Manto salino
 ▲ " En anticlinal transverso a una chimenea salina
 ● " Sobre una chimenea salina
 ▼ " En anticlinal
- Tipo de flanco
 Tipo de culminacion
 Tipo Anticlinal





La era asintica y el magmatismo pre-, sin-,
y post-asintico

POR

HANS STILLE

HANS STILLE (Berlin) (*)

LA ERA ASÍNTICA Y EL MAGMATISMO PRE-, SIN-, Y POST-ASÍNTICO

En este trabajo el gran maestro alemán se propone corroborar y completar la denominación y concepto "asíntico", creados por él en 1944 para designar los últimos plegamientos precámbricos ocurridos tras los tiempos neogénicos e inmediatamente antes del Cambriano, ampliándolos hasta elevarlos a la categoría de una gran era de plegamiento equivalente, por ejemplo, a las hercínica o alpidica.

Para orientar al lector, y antes de extractar las ideas expuestas por el ilustre maestro alemán, expongo este ligerísimo esquema de su argumentación, en la que primero señala aquellas grandes unidades geológicas donde no actuaron los plegamientos asínticos; luego analiza los hechos conducentes a justificar la existencia de dichos plegamientos en otras zonas, justificación que se consigue más bien por el análisis de los fenómenos magmáticos que preceden, acompañan y siguen a las orogénesis, que por la existencia de disposiciones tectónicas relativas, con frecuencia de dif

(*)HANS STILLE: *Die Assynitische Ara und der vor-, mit- und nach-assynitische Magmatismus*, aparecido en el «Zeitsch. der Deut. Geol. Ges.», tomo 98, 1946, publicado en 1948. Berlin, Ed. Ferd. Enl. Stuttgart, págs. 152 a 166, una figura. Traducción directa del alemán ligeramente abreviada por J. M. Ríos.

cil observación en formaciones tan antiguas (1). Justifica después, por la gran importancia tectónica y por la extensión de las áreas en que se presenta, aun en oposición a la de aquellas en que falta, la atribución a la orogénesis asintica del carácter de una gran era geotectónica, por presentar además una historia magmática completa y bien caracterizada. Especifica luego su extensión absoluta y relativa en el tiempo, y establece, finalmente, una comparación entre las reparticiones en fases, y sus categorías, de las diferentes eras tectónicas, presentando un nuevo cuadro de la sucesión de fenómenos tectónicos a lo largo de los tiempos geológicos, cuya reproducción acompañamos.

Las ideas que expone Stille son las que a continuación se ofrecen y que extractamos abreviadas ligeramente y puestas ya en boca de su autor, atendiendo sobre todo a las conclusiones, más que a las argumentaciones, por falta de espacio.

J. M. Ríos.

(1) El lector que quiera orientarse acerca de la terminología y conceptos empleados por STILLE para sustentar la tesis en que se basa este trabajo, los encontrará detallados en las publicaciones «Mudanzas en el magmatismo de nuestro globo» y «Problemas tectónicos del Nuevo y Viejo Mundo» de aquel autor, traducidos por J. M. Ríos, y en «Vocabulario alemán de tectónica» compilado por J. M. Ríos, aparecidos en Estudios Geológicos núm. 4 Publ. Inst. Lucas Mallada de Geología.

En cuanto a la situación correlativa de algunas designaciones estratigráficas de tramos de uso poco corriente entre nosotros, la encontrará el lector en mi «Cuadro sistemático de las formaciones geológicas y de las fases de plegamiento». Publ. de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, 1945, y sobre todo en la «Nueva aportación» aparecida en N. y C. del I. G. M. de España, número 17, 1947.

HANS STILLE (Berlín)

La era asintica y el magmatismo pre-, sin-, y pos-asintico

La denominación y concepto de *asintico* fueron creadas por mí a partir de la discordancia precámbrica presente en el distrito de Assynt, en Escocia del Norte, caso bien conocido en la literatura geológica y mediante la cual reposa un Cambriano inferior con fauna de *Olenellus* con bien marcada discordancia sobre su yacente. En el macizo Armoricano se ha hablado de una «fase cadomiense» o «cadómica» consiguiente al Brioveriense, pero allí no se conoce fauna del Cambriano inferior, y puesto que los geólogos franceses aceptan que el Brioveriense se prolonga aún en el Cambriano, ello implicaría que los plegamientos cadómicos son ya intracambrianos. Resulta entonces preferible sentar una designación que se apoye en base no discutida, y hablaremos, por consiguiente, de este plegamiento asintico y de su importancia y significado en el desarrollo geotectónico de amplios ámbitos terráqueos.

He distinguido en el Nealgónquico («Baltojotniense») los desarrollos de tipo «báltico», o sea los de aquellas regiones sometidas entonces a régimen de ortogeosinclinal, y los de tipo «jónnico», o correspondientes a los *de aquellas que entonces se ofrecían como ya consolidadas*, constituyendo los primitivos continentes («Urkontinente») del gran período *Neogeico*.

Son ejemplos de desarrollo de tipo jónnico:

En el «Ámbito Lauréntico», el Animikiense y Keweenawense del Escudo Canadiense, Unkar y Chuar del Colorado, y el Torridoniense del N. de Escocia. En el Ámbito

Fenosarmático», el Jotniense finlandés y la formación Dala de Suecia. En el «Ámbito Brasileño» (Urkontinente Brasilia), la serie de Minas y sus equivalentes. En el «Ámbito Sudafricano», los sistemas de Witwatersrand y de Ventersdop-Konkip. En el Mar Muerto, ciertos sedimentos y vulcanitas aparentes en el yacente del Cambriano. En el «Ámbito Indico», el sistema de Purana, y en el «Ámbito Suríndico», la serie de Qurugh-tag, y además el Siniense de China y la formación Mullagine australiana.

Estas grandes unidades de tipo jónico yacen todavía tendidas, o bien presentan dislocaciones de tipo germánico o, todo lo más, en casos de excepción, como en Minas Geraes, de tipo medio. Su vulcanismo, correspondiente a los plegamientos algómicos, es con frecuencia de tipo subsecuente, y allí donde afloran potentes masas de rocas básicas, como en el Keweenawiense del Escudo Canadiense, el vulcanismo puede considerarse como final.

Es evidente que los plegamientos asínticos no pudieron ser de monta en tales espacios ya consolidados (2).

Sin embargo, también en muchos dominios nealgómicos con desarrollo de tipo «báltico», es decir, ortogeosinclinal, las discordancias entre las formaciones de aquella edad y las series paleozoicas consiguientes son muy escasas o faltan por completo.

No hay discordancias, por ejemplo, entre el Beltiense de las Rocas Norteamericanas o su correspondiente Tindirense de Alaska y la serie cámbrica, o, cuando las hay, son muy leves. En el sistema appalachiense, la potentísima serie de Ocoee, que podría contener nealgónquense en Alabama y las Carolinas, presenta el Cambriano infe-

(2) O, es una palabra, disonante pero quizá más gráfica, rigidificada.
Nota del traductor.

rior con fauna de *Olenellus*. Si es realmente así, tampoco habría habido allí plegamiento asíntico. El baltojotniense de Groenlandia (N. E.), conocido como formación de Eleonorebay, es concordante con el Cambriano y está ligado a él por tránsitos graduales. En el lado oriental del Océano Escándico, en Spitzberg y en las Marcas Finlandesas, descansa el Cambriano sin discordancia angular sobre un potente eocámbrico. En el Ural meridional una serie sedimentaria de varios miles de metros de espesor, yace sobre un yacente cristalino; aquella serie se considera como esencialmente nealgónquica, pero su parte superior corresponde ya al Cambriano, sin que haya en ambos discordancia apreciable.

Se pueden citar otros ejemplos de áreas ortogeosinclinales en que falta el plegamiento asíntico, por ejemplo, al parecer, en el Himalaya y Birmania. En el África SO. la formación Nama (STILLE, 1944) engloba, además del Cámbrico, el Nealgónquico superior, sin discordancia intermedia. Para la determinación del Nealgónquense se ha tomado en consideración la presencia de tilitas. Si estas bases de partida son correctas, también faltaría el plegamiento asíntico en los geosinclinales namaicos del SO. africano.

En oposición a los ámbitos citados que, con mayor o menor certidumbre, podemos considerar como no afectados por plegamientos asínticos, tenemos otros que presentaron en tiempos carácter igualmente ortogeosinclinal, pero en los que dichos plegamientos actuaron, por el contrario, con gran potencia; ello ocurre muy especialmente en extensas zonas de Europa.

Como ejemplo clásico de tierras afectadas por la orogénesis asíntica en ámbitos entonces de dominio ortogeosin-

clinal, hemos de considerar la *Bohemia Media*, donde el sistema A de la antigua clasificación de Barrande, correspondiente al Algonquiense alto de la depresión de Praga, fué dividido posteriormente (KETTNER, 1917) en los tramos Pre-Espilitico, Espilitico con sus potentes diabasas (espilitas) y Post-Espilitico. Las espilitas caracterizan el ámbito de Bohemia Media, en los tiempos neoalgonquicos, como en etapa de máxima geosinclinalidad y el plegamiento asintico se manifiesta, vigorosamente señalado, por la discordancia entre el Algonquiense y el Cambriano. KETTNER subrayó su alcance al hablar de un potente plegamiento y gigantesco desmantelamiento con deposición de formaciones del Paleozoico inferior sobre un complejo algonquiense degradado.

El hecho de que los plegamientos consiguientes fueran esencialmente sólo de tipo germánico o medio, señala que los asinticos habían prestado ya al ámbito del Barrandiense bohémico una gran parte de su consolidación o rigidificación, o, como lo expresó KETTNER, no se puede olvidar que los plegamientos variscos afectaron solamente carácter póstumo con respecto al Algonquiense bohémico.

En el Algonquiense de Bohemia Central propiamente dicho no se han puesto de manifiesto intrusiones que puedan relacionarse con el plegamiento asintico, pero sí en las zonas marginales del Barrandiense bajo la forma de granitos prevariscos, refiriéndose precisamente a los gneis intrusivos de la aütiplanicie de Tepler que se insertan en los tramos inferiores y bastante metamórficos del Algonquiense bohémico. También se ha señalado (SCHEUMANN, 1934) el magmatismo muy considerable, cerato-cuarzo-augítico-porfídico del Cambriano superior de Bohemia como post-fase del ciclo magmático del Algonquiense alto, que debió comenzar ya en el Cambriano medio, puesto que las capas

de Jinetz presentan fragmentos de rocas porfídicas efusivas.

Este magmatismo subsecuente tuvo un potente desarrollo como puede observarse, entre otras zonas, en el Cambriano superior de Teirovic al N. del Barrandiense postalgonquico, y también al Sur, a lo largo del Moldau.

También en el *yacente saxo-turingico* (SCHEUMANN), y coincidiendo con los hechos expresados para Bohemia, se pueden distinguir dos ciclos magmatotectónicos muy marcadamente señalados en el tiempo, con un grupo de eruptivas más antiguas (3), además de las variscas, que hay que referir a una tectónica igualmente más antigua, cuya orogénesis podemos identificar con la que ocurrió en Bohemia entre el Algonquiense y el Cambriano.

Tomados en consideración todos los hechos conocidos, y especialmente los de modernas investigaciones de diversos autores, podemos afirmar que todo el ámbito del paleozoico saxo-turingico oriental y bávaro nordoriental, en conexión especial con Bohemia Media y Noroeste, experimentó una orogénesis asintica de gran alcance antes de la gran orogénesis varisca, sin que pueda atribuírsele edad caledoniana, ya que en dicho ámbito saxo-turingico el Siluriano y el Devoniano, cuando se presentan juntos, aparecen concordantes o casi concordantes.

Las circunstancias magmáticas del país saxo-turingico parecen corresponder ampliamente a los de Bohemia. El magmatismo *inicial* está representado variadamente por rocas básicas en el Algonquiense superior; el *sinorogénico* por granitos (ej. granitos post-algonquicos, pre-tremado-cienses del anticlinal de Schwarzburg), y gneises rojos (Erzgebirge); el *subsecuente* por rocas porfiroides del Pa-

(3) No podemos seguir las consideraciones magmáticas en todo su detalle, tal como las expresa STILLE y nos referiremos solamente a las líneas más generales y hechos de mayor interés.

leozoico bajo y, posteriormente, por renovación del típico magmatismo inicial, en la zona saxo-turingica.

El ámbito saxo-turingico pudo regenerarse totalmente después de los plegamientos asinticos, y mostrar formas y fenómenos accesorios de tipo alpino con ocasión de los plegamientos variscos. Con mayor o menor dificultad y certidumbre, y basándose sobre todo en las comparaciones magmáticas, cuando faltan datos de otra clase, puede seguirse el fenómeno del plegamiento asintico en zonas que se extienden *por el Noroeste* de los ámbitos saxo-turingicos (límite NO. del Thüringer Wald) y por el Este más allá del Elba hasta la línea del Neisse de Görlitz, es decir, hasta aquellas regiones de los *Sudetes occidentales*, que, en oposición al ámbito turingico se consolidaron fundamentalmente con los plegamientos caledonianos, allí los más importantes. En esas regiones el Algonquiense superior está sobrepuesto por un Cambriano inferior fosilífero concordante, o muy débilmente discordante, y por consiguiente falta allí el plegamiento asintico, *hecho que confirman además las circunstancias magmáticas.*

Así, mientras que al Oeste del Elba, como dijimos antes, el magmatismo cámbrico y, en parte, también el del Ordovicense inferior son del tipo *subsecuente*, y constituyen una prueba de la preocurrencia del plegamiento asintico y sus fenómenos intrusivos de acompañamiento, y así como allí, además, se ofrece posteriormente un nuevo magmatismo inicial que anuncia la regeneración post-asintica, en cambio en las regiones de la Baja Silesia el magmatismo *inicial*, potente e incontestable, se presenta tanto en el Cambriano como en el Algonquiense, con diabasas de potencias de 1.000 m. o más que constituyen el cubriente del Cambriano inferior fosilífero, y aunque ligado en su fase prin-

cipal al Cambriano superior, puede seguirse hasta el Algonquiense, por un lado, y hasta el Gotlandés, por el otro.

Por consiguiente, la falta de plegamiento asintico en los Sudetes Occidentales sólo se puede demostrar en forma *inmediata* para zonas locales, a causa de la limitación de los afloramientos Neoalgonquicos, pero, en cambio, se deduce de forma *mediata* para todo el ámbito por el carácter *inicial* del vulcanismo, de tan amplia representación.

Por consideraciones de tipo parecido y de más o menos amplia o reducida base de sustentación pueden considerarse afectadas por el plegamiento asintico las regiones del *Schiefergebirge Rhenano*, de los *Macizos de las Ardenas y del Brabante*, en este último caso, por ejemplo, si consideramos las rocas porfiroides presentes en el Paleozoico inferior quizás como subsecuentes de una orogénesis asintica que hubiera ido acompañada del plutonismo granítico.

En el Macizo Armoricano el plegamiento asintico se deduce de la discordancia entre el Cambriano y las series Brioverienses plegadas; fenómeno bien conocido ya desde hace más de cien años, y discordancia en general muy marcada, si bien lo sea menos en algunas zonas. Las circunstancias magmáticas concuerdan en sus líneas esenciales con las correspondientes de Bohemia y de la zona saxo-turingica de Alemania media. Las magmatitas iniciales se refieren al Brioveriense, como en Bohemia al Neoalgonquiense, al que además recuerda intensamente. Se puede demostrar la presencia de intrusiones graníticas, de edad asintica, por ejemplo, en el Coentín, en las islas anglo-normandas y en la Vendée; el vulcanismo post-asintico fué de carácter ácido, hasta intermedio, durante el Cambriano, y de nuevo de tipo diabásico en el Ordovicense; al Sur del Macizo armoricano, las últimas manifestaciones de extinción del magmatismo subsecuente persisten todavía en el Ordovicense.

Aunque no existe aún coincidencia completa de opiniones con respecto a la geología precámbrica de las Islas Británicas, sin embargo queda fuera de duda que también allí actuaron intensamente los plegamientos asínticos, que fueron acompañados por la aparición de granitos. En los ámbitos de los Highlands escoceses y en Irlanda se consideran, en general, como neoalgonquias las series extraordinariamente potentes del Moinesiense y Dalradiense. Durante el Moinesiense, en otras partes de Escocia, desempeñan cierto papel algunas eruptivas básicas que deben interpretarse como iniciales, e igualmente se presentan en el Dalradiense de Escocia e Irlanda muchas rocas básicas en forma de sills, brechas y lavas volcánicas. Por el contrario encontramos, en Inglaterra media y Gales, lavas y tobas, que pasan de *ácidas a intermedias*, dentro de potentes series cuya edad precámbrica y plegamiento igualmente precámbrico, están puestos ya de manifiesto casi siempre por su recubrimiento discordante por el Paleozoico antiguo, iniciado muy a menudo por depósitos sedimentarios generados ya en el Cambriano más antiguo. A aquel conjunto pertenecen el Uriconiense de Shropshire, cuyas rocas principales consisten en tobas andesíticas y riolíticas; el Longmyndiense, y, como miembro más joven y de nuevo muy parecido al Uriconiense, el Pontesfordiense, igualmente rico en lavas y tobas riolíticas y andesíticas. Una diferenciación «occidental» del Longmyndiense es muy parecida al Torridoniense de Escocia y suele considerarse como coetánea de éste. En Gales del Sur (Pembrokeshire) la serie correspondiente al Uriconiense, análoga tanto petrográficamente como por las circunstancias de espesor (unos 1.500 metros), se designa como Pebidiense. Estamos ante el problema de a cual de las orogénesis precedentes ha de corresponder el típico magmatismo subsecuente de Gales e Ingla-

terra media. Y entonces se plantea la cuestión de si el Uriconiense, Longmyndiense y Pontesfordiense representan la totalidad del Neoalgonquico o sólo *una porción superior* del mismo. En el primero de los casos habrían de considerarse las vulcanitas como subsecuentes del plegamiento algonquico, con la particularidad de que el magmatismo subsecuente hubiera sobrevivido al plegamiento precedente un período infrecuentemente largo, mientras que en el caso de que las series portadoras de vulcanitas sólo representasen una parte alta del Neoalgonquiense, habría que considerar exclusivamente la existencia de un plegamiento intranealgonquiense. Pero como las vulcanitas ácidas del Torridoniense escocés o de la formación de Dala en Suecia pueden ser relacionados con el plegamiento algonquico, podría éste ser también el caso para las magmatitas uriconienses y análogas.

Ya en 1840, (BIGOT), fueron comparadas las series neoalgonquias de Gales e Inglaterra media con las del Macizo Armoricano. Pero aún subsiste la diferencia de que, en las primeras, domina el magmatismo subsecuente, y en las últimas, el inicial; situación que se repite en Escocia, y es en realidad el caso o tipo normal que se nos ofrece en el neoalgonquico de tipo báltico presente, aparte de Escocia y del Macizo Armoricano, en Bohemia, en los Sudetes y en la región Saxo-turíngica.

Intrusiones graníticas, que tenemos que considerar como asínticas, las tenemos, por ejemplo, en los Midlands (Shropshire), en Gales del Norte (Carnarvonshire) y en Gales del Sur (Pembrokeshire); aquí, en parte, en medio de las masas efusivas ácidas del neoalgonquiense. Diabasas, etc., se presentan en el Cambriano de los Highlands actuales, e igualmente atestiguan en el Ordovicense de las Southern Uplands escocesas, las lavas submarinas recortadas por ser-

pentinas y gabbros, y las tobas que se superponen acompañadas de Radiolarites, la regeneración ocurrida tras el plegamiento asintico.

Más al Sur, por el contrario, en el Ordovicense del Distrito de los Lagos de Cumberland y en Shropshire y Gales domina un poderoso magmatismo de carácter más ácido hasta intermedio, es decir, marcadamente subsecuente.

En los Midlands, tal en la zona de Birmingham en Nuneaton (WATTS, 1899 y 1917), se presentan, en medio de series de edad cámbrica, eruptivas básicas (diabasas, camptonitas, etc.) en forma de *sills* y diques, y rocas de carácter parecido se encuentran, según el mismo autor, en el Cambriano de otras regiones de Inglaterra media y en Irlanda. Sin embargo, en ninguna de aquellas zonas aparecen, además, comprendidas en rocas post-cámbricas. Parece, pues, que, como era verosímil, se puede aceptar su edad cambriana en oposición a la idea de que la intrusión ocurriera ya en tiempos post-cámbricos. Entonces habría tenido lugar en Inglaterra media, tras el plegamiento asintico, un magmatismo inicial, si bien de carácter modesto, lo que pone de manifiesto la regeneración asintica que ha tenido lugar mientras tanto. A este magmatismo inicial sucedió, durante el Ordovicense, un intenso magmatismo de carácter típicamente subsecuente, sin que en el intervalo ocurriera plegamiento digno de mención. O, ¿son quizá aquellas diabasas cámbricas sólo las diferenciaciones de primera consolidación del magmatismo subsecuente que luego se manifestó principalmente en las formas típicas, ácidas e intermedias? Sería un caso análogo al que ofrecen muchas regiones en que el plutonismo litogénico granítico se inicia con materiales pétreos básicos, tales como los gabbros.

Si el plegamiento asintico se manifestó también al Sur de la línea del Macizo Armoricano-Schiefergebirge Rena-

nas, es materia que aún no se puede dilucidar con seguridad hoy en día, pero que puede presuponerse. Así, por ejemplo, las arkosas, tobas y eruptivas ácidas y medio-básicas que constituyen la base del Cambriano de la Montagne Noire podrían servir de indicación a la preocurrencia de una orogénesis asintica, por analogía de circunstancias con el Macizo Armoricano, Saxoturingia y Bohemia. Señalemos, por otra parte, que en España Meridional (Sierra Morena) el Neoalgonquiense, que encierra potentes magmatitas de tipo inicial, se adapta al cuadro estructural varisco, sin que muestre discordancia digna de mención con respecto al Cambriano, igualmente rico en vulcanitas diabásicas (LOTZE, 1942).

En relación con el vulcanismo post-asintico nos hemos encontrado, en las anteriores consideraciones, con los siguientes tipos de regiones:

1. Aquellas en que, *relacionado con la falta del plegamiento asintico, no se presentan magmatitas subsecuentes* al comienzo de la Era Caledoniana y sí, en cambio, las magmatitas iniciales del Neoalgonquiense que encuentran su continuación en otras análogas del Cambriano (Sudetes Occidentales).

2. Aquellas regiones afectadas por plegamientos asinticos, en las cuales, en la medida en que es apreciable, se presentan de nuevo las *magmatitas iniciales inmediatamente después del plegamiento*, poniendo de manifiesto la completa regeneración aparecida ya entonces (por ejemplo, en Escocia).

3. Aquellas regiones afectadas por el plegamiento asintico en las que el magmatismo post-asintico es de *tipo subsecuente durante el Cambriano, pero, ya de nuevo, de tipo inicial durante el Ordovicense* (Bohemia, Saxothuringia,

Macizo Armoricano y, al parecer, también las Schiefergebirge Rhenanas y la Montagne Noire.

4. Aquellas regiones con plegamiento asintico, en las que ha reinado un *magmatismo subsecuente incluso todavía o, quizás de nuevo, durante el Ordovicense* (Gales, Inglaterra media, Cumberland).

Hemos visto, de manera destacada, que muy amplias regiones de Europa muestran el plegamiento asintico, mientras que en otras, también de importancia por su extensión, como, por ejemplo, alrededor de Fennosarmacia, y a juzgar por el estado actual de conocimientos, ha sido apenas o nada notados. Está ligado aquél, en la medida que actualmente podemos apreciar, esencialmente a aquellos ámbitos *antepuestos a los márgenes Sudorientales de Laurentia (hebrídicas) llegando hasta el sistema Alpino, y estas regiones, que se sospecha han sido plegadas en las fases asinticas, alcanzan una anchura de más de 1.500 kilómetros, desde Bohemia media hasta Escocia del Norte, medidos normalmente al arrumbamiento asintico general; es decir, más de diez veces la anchura media de los Alpes. Se trata, por consiguiente, de un poderosísimo sistema de plegamiento que se coloca en lugar de igual rango junto a los sistemas más jóvenes de plegamiento europeo, tanto por el tipo y por la intensidad de los plegamientos como de las manifestaciones magmáticas.*

En vista de este estado de cosas, así como en vista de que después del plegamiento asintico, como después del caledoniano y del varisco tuvo lugar una gran regeneración, iniciadora de nuevas circunstancias, parece apropiado admitir una *Era Asintica* bien distinta, como la parte más vieja del Neogeico, teniendo en cuenta que, por comparación con los procesos de las eras más jóvenes, hay que incluir en ella no sólo los acontecimientos orogén-

cos que culminaron en el plegamiento asintico, sino también los tiempos de desarrollo geosinclinal predecesores y preparadores del plegamiento. *Entonces la Era Asintica habría de abarcar los tiempos transcurridos desde el plegamiento algomiense y la revolución (Umbruch) algonquica hasta el final del Algonquiense; es decir, casi exactamente el Nealgonquiense completo (Baltojoniense).* E comienzo de la Era Caledoniana, que he dejado indeterminado hasta ahora, habría que trasponerlo hasta el comienzo del Cambriano. Así resulta (ver fig. 1) la siguiente división del gran período neogeico en:

Era Asintica (unos 250 millones de años).

Era Caledónica (unos 190 millones de años).

Era Variscica (Herciniana) (unos 150 millones de años).

Era Alpidica (Neoídica) (unos 220 millones de años).

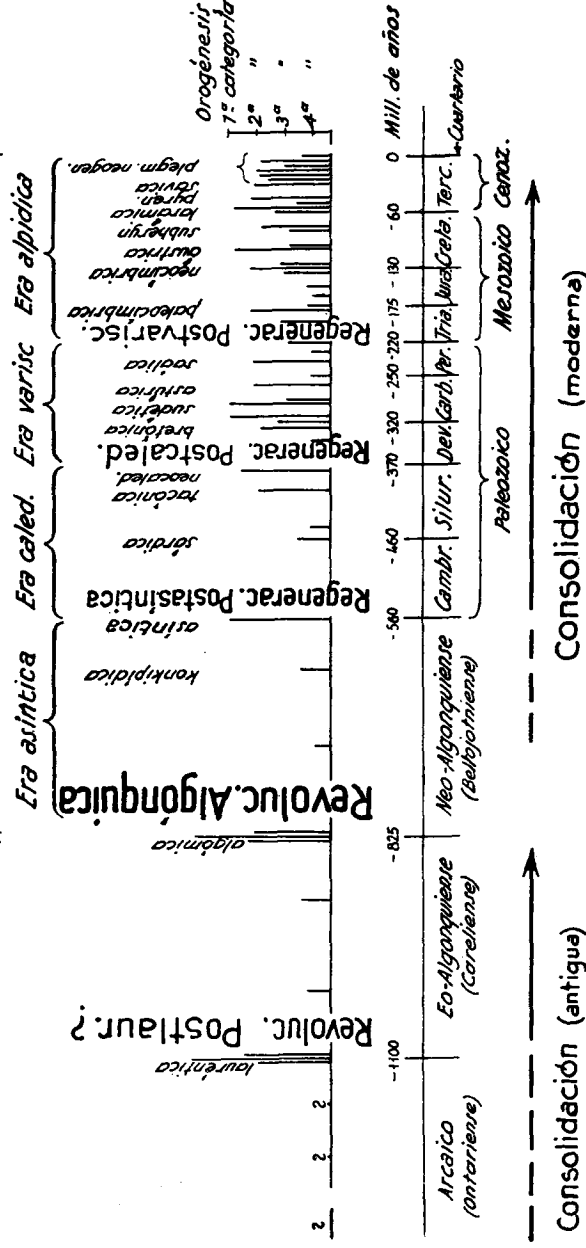
El que el plegamiento asintico hasta ahora sólo se haya podido demostrar con certidumbre en Europa como un grandioso fenómeno geotectónico y que, sin embargo, en Norteamérica, por ejemplo, apenas haya podido tener alguna significación, no puede presuponer base alguna para oponerse a la diferenciación de una *Era Asintica* especial en el desarrollo cronológico *del Globo como conjunto*, pues también en los tiempos más modernos se han visto libradas, muy a menudo, de plegamiento amplísimas zonas tectónicas, v. por ejemplo, los plegamientos caledonianos sólo han tenido efectos de escala realmente considerable en Alaska y Australia, dentro del inmenso mundo circumpacífico. En Asia, y de manera esencial, sólo han actuado en la periferia sudoccidental de Angara.

Si la serie «gris rojiza» de W. A. Obrutschews (1926) perteneciese realmente al Nealgonquiense, entonces tendríamos en Asia, en los dominios del acharnelamiento baikalico, un intenso plegamiento asintico. Dicha serie, que cubre con señalada discordancia un «Paleoalgonquiense» intensamente plegado y metamorfizado, y que está, a su vez, considerablemente plegada, cruzada por intrusiones graníticas y metamorfizada en parte, aparece sobrepuesta por un tendido manto porfídico, al que sigue por encima el Cambriano inferior discordante.

División de la Historia de la Tierra

con base geotectónica

Antiguos tiempos Geotect. (Protogeico) Gran época (is?) vieja
 Nuevos tiempos Geotect. (Neogeico) Gran época joven de la Historia de la Tierra



Según H. Stille, 1946

Fig. 1.

Dos puntos tenemos aún que subrayar :

Primero. Después de las Eras Caledoniana y Varisca los territorios afectados hasta el grado de consolidación sólo han sido regenerados parcialmente, quedando en gran parte anexionados en dicho estado de consolidación a los viejos núcleos continentales, como ha ocurrido en Europa, como Paleo y Meso Europa. *Por el contrario, la Era Asíntica, na ha contribuido con ninguna anexión o añadidura de nuevas partes continentales a los núcleos viejos;* es decir, que no hay ámbitos allí a los que pudiéramos referirnos, en la división geotectónica de Europa, a algo así como «Eo-Europa». Y, sin embargo, el hecho de que los ámbitos de plegamiento asíntico fueron llevados por ese fenómeno al estado que se caracteriza como «continental» resulta claramente de sus tipos estructurales. Pero han sido, por decirlo así, completamente removilizados después del plegamiento. Sólo en los ámbitos moldanúbicos se ha detenido la regeneración casi por completo, de modo que en el Barrandiense bohémico, si hacemos caso omiso de las escasas inserciones de magmatitas iniciales, sólo encontramos en los tiempos siguientes estados estructurales que no pasan de medio a germanotipos. Pero la zona moldanúbica quedaron amplios espacios que se vieron libres de plegamiento, *no una anexión o ampliación* a un dominio continental europeo más antiguo, sino solamente una región local, de consolidación precoz, en medio de un ámbito que permanece con carácter geosinclinal, o que se renueva como geosinclinal. Algo así como lo que ocurre también en las unidades alpidicas europeas rodeadas de núcleos de más vieja rigidificación.

Segundo. Los más antiguos acontecimientos de la Era Asíntica no han sido, al menos en la medida en que

hasta ahora nos es permitido apreciar, de gran monta; más bien parece que *casi toda la intensidad total del proceso de plegamiento* de la Era, se haya concentrado en *un solo acto orogénico*, que la cierra. Si este estado de opinión actual se siguiera confirmando, entonces tendríamos que considerarlo como *el caso inicial del proceso de repartición o división de los fenómenos orogénicos en fases individuales*, proceso que se incrementa y acentúa de era en era.

Si aceptamos este orden de ideas, tendríamos que revisar la división de los tiempos geológicos, según los procesos orogénicos, dada por mí en 1944. Considerando solamente los plegamientos *intensos* (plegamientos de primero y segundo orden de la figura 1) diremos entonces que:

A la *Era Asíntica* corresponde sólo *un* plegamiento de primer orden.

A la *Era Caledónica* corresponden *dos*.

A la *Era Variscica* corresponden *de cuatro a cinco*.

A la *Era Alpidica* (Neoídica) corresponden *unos diez*.

Compárese en la figura 1, con respecto al repartimiento en el tiempo de las fases orogénicas, la primera y la última Era del Neogeico como extremos, y de la última, especialmente, la mitad final. Pero entremedio, en tránsito gradual, existen las circunstancias de los tiempos caledónicos y variscos.

La Era Asíntica muestra su único plegamiento de orden superior, único hasta ahora conocido y demostrado de una manera segura, justo a su final, es decir, que el período anorogénico de introducción y preparación llenó, por decirlo así, en este caso la era completa. Se podría ver en ella, repitiendo una expresión empleada por mí en 1944, una especie de tiempo de «re-creación», que sucede de manera natural a los enormes dispendios dinámicos que tuvieron lugar durante la revolución algómica al final de

los tiempos Protogeicos, de manera análoga a como el Palealgonquiense, de duración parecida a la del Neoalgonquiense, puede considerarse como una especie de período de «re-creación» después de los plegamientos laurenticos, que pueden quizás considerarse como los más intensos de la historia de la Tierra.

También siguió al plegamiento asíntico un tiempo de «recuperación» que, en vista de la escasa significación de la fase sárdica en el cuadro conjunto de la tectónica terrestre, podemos contarlo como llegando hasta el plegamiento tacónico. Y tras el cierre de la Era Caledónica por el gran plegamiento neocalédónico, el período devoniano, casi anorogénico, significa de nuevo un período de «re-creación», considerado, sobre todo, en oposición al del tiempo Carbopermiano, al que pertenecen o corresponden los principales plegamientos variscos. Por el contrario, no reconocemos al principio de la Era Neoídica ningún período largo de «re-creación», sino que bien pronto tuvieron lugar los plegamientos paleo-címbricos que en algunos ámbitos terráqueos, por ejemplo, en Asia oriental, alcanzaron considerable significación. El hecho de que, tras los grandes plegamientos, y como introducción de las nuevas eras siguientes, se desarrollaron épocas de tranquilidad orogénica, en las que se generaron y almacenaron nuevas energías hasta que de nuevo pudieron iniciarse nuevas orogénesis, es tanto más claramente visible cuanto más retrocedemos en la historia de la Tierra. De modo que cuanto más atrás vamos en la historia geológica de la Tierra, más largos son, al parecer, los tiempos de «recuperación».

Para finalizar, querría revisar el cuadro que dí en 1944 (con promedio de las eras) de la capacidad decreciente de las fases de plegamiento, incluyendo la Era Asíntica, para

lo cual me limitaré a las fases de orden «superior». Expresé entonces que los logros de plegamiento del conjunto de las fases alpidicas, a pesar de su mayor número, no se pueden comparar con los del plegamiento varisco, aunque sólo sea por la limitación espacial de aquellos plegamientos, ya que los variscos no solamente alcanzaron aquellas regiones mesocontinentales que fueron puestas fuera del alcance de los plegamientos alpidicos, sino que afectaron amplísimas zonas de los ámbitos de posterior plegamiento alpidico. Y téngase en cuenta que este resultado se alcanzó con la mitad del número que sumaron luego las fases alpidicas; es decir, que una fase varisca alcanzó, como promedio, bastante más del doble efecto que una alpidica. En cambio, los plegamientos caledónicos quedan muy atrás en sus logros con respecto a los variscos, al menos por la más reducida extensión de su zona de influencia. Pero se trata en este caso de solamente dos fases de orden superior en comparación con las cuatro a cinco de la era varisca, de manera que el rendimiento medio por cada fase individual podría haber sido todavía mayor que para las fases variscas.

Y aún si resultase la extensión del dominio de la orogénesis asintica más reducida que la de la caledónica, podría, sin embargo, haber sido todo ello efecto de una sola fase, de grado superior, con relación a la dualidad de la Era Caledónica. Así, pues, si no se puede ciertamente comparar los efectos orogénicos medios de una fase alpidica de orden superior con los de una fase varisca, ni menos con una caledónica, la diferencia es demasiado grande ya cuando se trata de comparar con la única fase de grado superior que parece ofrecernos la Era Asintica.

Como ya ocurrió antes, de nuevo tratan ahora de obtener, del estudio del transcurso temporal de las fases de

plegamiento, la comprobación de una cierta periodicidad en su proceso (4). Pero, según la ordenación de los plegamientos, tal como aparece en la figura 1, a lo largo del tiempo tal suposición no encuentra ninguna clase de apoyo. Más bien resalta, y de manera muy especial, con la inclusión de la Era Asintica, otro motivo temático: *la repartición o división incrementante de las orogénesis en fases individuales, está de acuerdo con la incrementante solidificación neogénica de la Tierra y la reducción, siempre en progresión, de las posibilidades de plegamiento a espacios o ámbitos cada vez más estrechos.*

RESUMEN

Hay que atribuir gran importancia en la constitución estructural de Europa al plegamiento asintico ocurrido al final del Neozonal. Ha sido de considerable significado, por ejemplo, en las regiones moldanubianas, saxoturíngicas, en el Macizo Armórico y en las Islas Británicas. Parece haber dominado sobre un espacio que abarca desde las Islas Británicas hasta Bohemia, y que, medido normalmente a los arrumbamientos, alcanza unos 1.500 kilómetros, espacio en que, como en todo caso ocurre en todos los grandes sistemas de plegamiento de nuestro Globo, también pueden haber quedado incluidas zonas de más vieja consolidación.

Ejemplo de la falta del plegamiento asintico nos ofrece el área de los Sudetes occidentales que, por su situación y por la alineación general al Noroeste de su sistema de plegamiento, pertenece al preámbito fennosarmático. Tam-

(4) Véase «El ritmo del proceso geológico», por R. SCHWINNER GRAZ, publ. en «Euclides» vol. VIII págs. 431 a 435, 1949. Trad. española de J. M. Ríos. Nota del traductor.

co se conoce aún en la Europa más meridional, así es que por ahora hay que considerarlo dentro de Europa como un fenómeno localizado esencialmente en la margen externa suroriental (*hebrídica*) de Laurentia y subordinado a ella en su orientación.

En el desarrollo ortogeosinclinal (*baltotipo*) del Neogonquiense ha predominado, en general, un magmatismo básico inicial. Existen excepciones en Gales y en Inglaterra media, puesto que allí el vulcanismo abarca del tipo ácido hasta intermedio, es decir, subsecuente.

La orogénesis asintica ha sido acompañada en grado intenso por un plutonismo sinorogénico, y ambos fenómenos en conjunto han dado como resultado elevada metamorfización.

A la actuación del plegamiento asintico en las zonas Moldanúbica y Saxoturíngica y a su falta en la sudética occidental (lúgica) corresponde el magmatismo de los tiempos cambrianos. Muestra en las primeras zonas el tipo subsecuente; en las segundas, el inicial. No obstante parece, en zonas aisladas, que con el plegamiento asintico se haya originado también, ya en el Cambriano, de nuevo un vulcanismo inicial, subrayando la terminación del proceso de regeneración post-asintica.

Aparté de las zonas moldanúbicas y saxoturíngicas hay también otros ámbitos del plegamiento asintico, tal como el Macizo Armoricano, en los que el vulcanismo geosinclinal de los tiempos cámbricos ha sido todavía de tipo subsecuente, y, en casos aislado (Gales, Inglaterra media, Cumberland), este desarrollo ha perdurado todavía, incluso en el Ordovicense.

Al plegamiento asintico ha sucedido un período de calma casi libre de procesos orogénicos; durante él se ha

completado la preparación ortogeosinclinal del plegamiento caledoniano.

Con esto queda dicho que se puede considerar iniciada la Era Caledónica con el final del plegamiento asintico, es decir, con el comienzo del Cambriano, y los tiempos precursores desde la revolución algonquica en adelante; o sea, que la era de larga preparación ortogeosinclinal y el plegamiento asintico, se pueden reunir en la *Era Asintica*. Así, la división geotectónica del Neogeico es como sigue:

Era Asintica (unos 250 millones de años).

Era Caledónica (unos 150 millones de años).

Era Varisca (unos 150 millones de años).

Era Alpídica (unos 220 millones de años).

En oposición a lo que ocurre en las eras consiguientes, el plegamiento asintico no ha contribuido a la ampliación, por anexión perdurable, de los viejos núcleos continentales de Europa, sino que más bien ha sido regenerado post-asinticamente en la totalidad de su ámbito de influencia, en la medida en que llegara a consolidarse. Esto ocurrió en la zona moldanúbica sólo en muy reducida escala, y precisamente esta *mio-regeneración de la zona moldanúbica*, que tiene su expresión en el carácter medio a germano tipo de los plegamientos consiguientes y que condicionó la posición geotectónica como *la zona nuclear de la Europa varisca*, representa la diferencia cardinal de la zona moldanúbica con respecto a la saxoturíngica, completamente regenerada ésta y capaz de ofrecer, por consiguiente, en los tiempos posteriores un desarrollo genuinamente alpino en su tipo.

En el hecho de que, al parecer, a juzgar por los elementos de juicio de que disponemos en la actualidad, el plegamiento conjunto de la Era Asintica se concentrase en *una única fase* de grado superior, la que ocurrió al final

de la era, hay que ver *el comienzo de una serie de desarrollo* en que pasando por las circunstancias de la Era Caledónica (con dos fases de grado elevado) y de la Varisca (con cuatro a cinco), llegamos al extremo opuesto, es decir, al gran número de las orogénesis de la Era Alpidica y más especialmente de su mitad final. Igualmente significa el período de «re-creación», que llena casi la totalidad de la Era Asintica solamente el comienzo de un desarrollo, en cuyo final, es decir, en la introducción de la Era Alpidica, ya no se presenta de manera clara un período de «re-creación» propiamente dicho, mientras que el de la Era Caledónica todavía tuvo considerable duración (Cambriano y Ordovicense) e igualmente lo tuvo el de la Era Varisca (Devoniano).

BIBLIOGRAFIA

- BAYLEY, E. B. & HOLTEDAHL, O.: Northwestern Europe Caledonides. Reg. Geol. d. Erde, 2, II, 1938.
- BARROIS, CH.: Les grandes lignes de la Bretagne. Livre jubilaire Centenaire. Soc. géol. France 1930, S. 85—100.
- BIGOT, A.: L'Archéen et le Cambrien dans le Nord du Massif Breton. Thèse Paris 1900.—Le massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure. Bull. Soc. géol. Fr., 4e sér., IV, 1907, S. 909—953.
- DEUBEL, F.: Orogenetische und magmatische Vorgänge im Paläozoikum Thüringens. Beitr. Geol. Thür. 1, 1925, S. 16—48.
- EIGENFELD, R.: Prävariskische Glieder der sächsisch-fichtelgebirgischen kristallinen Schiefer II. Abh. Sächs. Ak. Wiss., Math.-phys. Kl., XLII, 1933 (mit Vorwort von K.-H. SCHEUMANN).
- v. GAERTNER, H. R.: Schichtenfolge und Tektonik im mittleren Teile des Schwarzbürger Sattels. Jb. Pr. G. L. 54, 1933, S. 1—36.—Die Schichtgliederung der Phyllitgebiete in Thüringen und Nordbayern. Jb. Reichsstelle Bodenforsch. 62, 1941, S. 54—80.
- GARAN, M.: Führer durch den südlichen- Ural. 17. Int. Geol. Kongr. 1937, S. 32—39.
- JOCHMUS-STÖCKE, K.: Die Culmkonglomerate am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges. Jb. Pr. G. L. 49, Teil II, 1928, S. 1002—1036.
- KETTNER, R.: Versuch einer stratigraphischen Einteilung des böhmischen Algonkiums. Geol. Rundsch, 8, 1917, S. 169—188.
- KOSSMAT, F.: Erscheinungen und Probleme des Überschiebungsbauens im variskischen Gebirge Sachsens und der Sudetenländer. Zbl. Min. usw. 1925 B, S. 348—359.

- LOTZE, F.: Referat über Arbeiten 1937—1940 betreffend die Iberische Halbinsel. Geol. Jahresber. IV B, 1942, S. 245—257.
- VON ZUR MÜHLEN, L.: Der Ural im Lichte der neuesten russischen Literatur. Geol. Rundsch. 37, 1940, S. 594—633.
- PICARD, E.: Daš Algonkium von Rotstein bei Liebenwerda im Vergleich mit demjenigen im Saratal bei Prag und über Kambrium bei Dobrilugk. Z. Dt. G. G. 1928, Monatsber. S. 20—32. Neue Bohrungen auf Steinkohle bei Doberlugk, Nieder-Lausitz. Ber. Reichsamt Bodenforsch. Wien 1943, S. 66—74.
- SCHEUMANN, K.-H.: Prävariskische Glieder der sächsisch-fichtelgebirgischen kristalline Schiefer I. Abh. Sächs. Ak. Wiss., Math.-phys. Kl. XXXIX, Nr. I, 1924. Über die petrographische und chemische Substanzbestimmung der Gesteinsgruppe der Roten Gneise des sächsischen Erzgebirges und der angrenzenden Räume. Min. u. petrogr. Mitt. 50, 1938, S. 391—440.
- SCHMIDT, HERM.: Die ursprünglichen Zusammenhänge zwischen Harz und Rheinischem Schiefergebirge. Naturwiss. 45, 1931, S. 911—916.
- SCHÜLLER, A.: Prävariszische Glieder der sächsisch-fichtelgebirgischen kristallinen Schiefer III. Abh. Sächs. Ak. Wiss., Math.-phys. Kl. XLII, 1934 (mit Vorwort von K.-H. SCHEUMANN). Zur regionalen Petrographie des prävariszischen Faltengebirges. Min. u. petrogr. Mitt. 53, 1942, S. 222—252.
- SCHWARZBACH, M.: Vulkanismus und Senkung in der kaledonischen Geosynklinale Mittel-europas. Geol. Rundsch. 34, 1943, S. 13—34.
- STILLE, H.: Geotektonische Gliederung der Erdgeschichte. Abh. Pr. Ak. Wiss. Math.-nat. Kl., 1944, Nr. 3.
- WATTS, W. W.: Notes on the petrology of the Birmingham district. Proc. Geol. Ass. 50, 1899., S. 389—400.—Precambrian (S. 27—34), Cambrian (S. 45—56) und Ordovician (S. 57—74) von Great Britain im Handb. Reg. Geol. III, 1, Heidelberg 1917.
- WURM, A.: Geologie von Bayern I. Berlin 1925. Zum Bewegungsbild im variszischen Gebirge Bayerns. Zbl. Min. usw. 1927 B, S. 358—362.

Minería de pizarras bituminosas

POR

A. DE ALVARADO

A. DE ALVARADO

Ingeniero de Minas

MINERIA DE PIZARRAS BITUMINOSAS

Del «World Mining»

Según se indica en número de la referida revista californiana, recibido con retraso por causa de las actuales circunstancias, el plan de laboreo que está en marcha en Rifle, Colorado, U. S. A., puede dar lugar a una importante industria.

Uno de los varios proyectos emprendidos por la Oficina de Minas de Estados Unidos de N. A., que tienen como objetivo extraer hidrocarburos de materiales de baja ley, es la minería, destilación y planta de refino establecidos en Rifle, estado de Colorado. El experimento que allí se realiza puede ser de gran beneficio para aquella gran nación, y su éxito haría accesible un nuevo origen de productos petrolíferos.

En este proyecto el Gobierno explora el asunto, poniendo en marcha una mina experimental, con equipo ultramoderno y plantas piloto, para investigaciones de la destilación y refino de los hidrocarburos de las pizarras. La industria privada tendrá libertad de aplicar cualquiera de los descubrimientos a empresas comerciales en tanto que

conduzcan al mayor suministro de combustibles líquidos para suplementar las reservas nacionales de petróleo natural.

Habiase resistido la industria privada a iniciar investigaciones sobre utilizar las pizarras petrolíferas, en aumento de las reservas, principalmente porque en tiempos normales el petróleo natural podrá ser producido a más bajo coste. En consecuencia el Congreso, enterado de la acelerada extracción de las reservas de petróleo crudo, aprobó la Ley pública número 290, en abril de 1944, cuyo título era «Autorizar la construcción y operaciones de plantas de demostración para producir combustibles líquidos sintéticos, de carbón, pizarras petrolíferas, productos agrícolas y forestales y otras sustancias, con objeto de ayudar la prosecución de la guerra, conservar e incrementar los recursos de petróleo de la nación y para otros propósitos».

Los ingenieros del Bureau of Mines están perfeccionando técnicas mineras y procesos de extracción para beneficio de todo el pueblo, y sus lecciones podrán ser aprovechadas por la creciente industria de minería y tratamiento de las pizarras petrolíferas.

El Congreso norteamericano votó en 1944 un presupuesto de 30 millones de dólares para un programa de cinco años encaminado a producción de combustibles sintéticos, y de ellos se destinaron seis millones a experimentos sobre pizarras en Rifle (Colorado), mientras se asignaron otros 30 millones en 1948 a la estación experimental de Wyoming, Laramie.

Para unir la planta a la mina fué preciso construir carreteras y vastos trabajos previos de viviendas, bombeo de agua, alcantarillado, etc., así como instalaciones de trituración, hornos, laboratorios, etc., fueron establecidos. También se construyó una rampa con cinco cambios, en

zig-zag, para obtener una pendiente media de 10 por 100, aunque llegue al 14 por 100 en algunos trozos. Asimismo se excavó un área, de un acre aproximadamente, para obtener un patio o plaza de maniobras mineras en la base del acantilado, lo que se realizó principalmente con grandes «bulldozers» (excavadoras), empleándose solamente la dinamita en bancos de roca muy dura. El agua se obtuvo por medio de sondeo en la meseta superior, y la línea de transmisión de fuerza exigió un tendido de cinco kilómetros de longitud aproximada.

Según muestra una fotografía una pala o excavadora eléctrica, con herramienta de tres yardas cúbicas, carga en el frente de arranque camiones de 15 toneladas, mientras para la próxima pega se perforaron los barrenos por múltiples perforadoras montadas sobre un mismo «truck» o pequeño camión muy resistente.

Situación geológica.—La serie de estratos bituminosos forma un paquete dentro del tramo eoceno de Green River (río Verde), que ocupa gran extensión del O. de Colorado y estados adyacentes, teniendo esta serie muchos cientos de pies de espesor, de los cuales 500 pies, o sea algo más de 150 metros, de espesor contienen bastantes hidrocarburos para ser industrialmente explotables.

Estas llamadas pizarras petrolíferas, que en realidad son «margas» sin aceites libres, tienen ley de petróleos muy variable de capa a capa, pero muy constante dentro de cada una. Una capa muy rica llamada «Caoba» sirve de guía en el distrito, y cerca de Rifle se ha observado que la serie bituminosa tiene una inclinación de 5 por 100 al O., sin fallas ni cambios locales de dirección o buzamiento, faltando así los planos de junta y fracturas verticales.

Reservas y Ley en aceites.—Se estima que los alrede-

dores de Rifle encierran más de la mitad de las reservas de los U. S. A. en pizarras petrolíferas, de las cuales se podrían extraer unos 270.000 millones de barriles o sea unas once veces el volumen de las reservas de petróleo crudo libre.

Las pizarras petrolíferas se manifiestan en gigantescos escarpes al Norte del gran río y de sus afluentes; la formación de Green River se extiende en unas 2.600 «secciones» o pertenencias de tierras, de las cuales sólo 275 en el distrito Rifle-De Beque son de propiedad privada, y ya en 1930 unas 1.400 acciones en Colorado, 4.000 en Utah y 700 en Wyoming fueron clasificadas como valiosas, y respetando derechos anteriores, reservadas al Gobierno federal, principalmente como reserva petrolífera naval.

Como ley en hidrocarburos, puede contarse con unos 15 galones de aceite, es decir, unos 57 litros por tonelada, si bien la capa guía «Caoba», con espesor de 4 a 7 pies de unos 288 litros por tonelada, y el tramo minado para alimentar la instalación piloto de la Oficina de Minas federal tiene unos 21 metros de espesor de roca, que da unos 110 litros por tonelada y deben contener de 50 a 75 millones de barriles, por pertenencia de terreno.

Técnica minera.—Las capas que se trabajan se hallan a unos 2.460 metros sobre el nivel del mar, a unos 750 metros sobre el lecho del río Colorado y a 180 metros bajo la cumbre de la meseta, a unas 10 millas al O de Rifle. Dos distintos planes de laboreo están en marcha; uno de ellos para suministrar materiales seleccionados a la planta experimental y otro para determinar costes de explotación minera en gran escala.

Al ensayar el método de huecos y pilares se han obtenido resultados muy favorables de sostenimiento del te-

cho, durante años, en grandes cámaras de hasta 30 × 2 metros, por lo cual se ha adoptado este sistema para la gran mina.

La mina selectiva fué desarrollada para proporcionar cargas de pizarra escogida a la planta de distribución mezclándose los diferentes lechos a fin de conseguir un determinado tipo de pizarra. Se excavó una galería de desagüe, elevación y arrastre de 3,60 × 4,20 metros, a unos 9,15 metros bajo los bancos que se iban a explotar, y otra galería para ventilación de 2,10 × 2,50 metros, paralela a la de arrastre, fué trazada dentro de los bancos ricos.

La pizarra es arrancada en cámaras de 12 metros de lado, extendiéndose desde las «chimeneas» a través de las capas explotables.

Se emplean perforadoras de tres pulgadas y media, y la pizarra quebrantada se arranca hacia las chimeneas por excavadoras y tornos de 35 a 50 h. p.; en el fondo de los coladeros se carga el material sobre camiones Diesel para su transporte a la fábrica.

Por otra parte, la gran mina está equipada con maquinaria de toda amplitud y ha sido instalada para estudiar todas las fases del laboreo y aplicar los datos obtenidos a instalaciones comerciales.

Los 21 metros del paquete de pizarra petrolífera son excavados en tres bancos, de los cuales va más avanzado el tipo superior. Como indicamos, se aplica método de «huecos y pilares» con cámaras de 18 metros, en cuadrado, y otros 18 metros en un «taller» o frente decalado en una dirección. Dos socavones de 5,40 × 7,80 metros se han avanzado desde la vertiente del acantilado al área minada, y el tajo de arranque superior se ha avanzado bastante para permitir excavar una cámara, mientras en el ni-

vel medio sólo excavaba la galería de entrada. Los dos niveles inferiores serán arrancados por medio de pocillos verticales descendentes.

Los frentes de arranque en el nivel superior son barrenados con un «jumbo», operado por dos hombres, que monta cuatro perforadoras de cuatro pulgadas accionadas por aire. Una serie de 84 taladros se perforan sobre un frente de 5,10 × 18 metros en cada relevo.

Los barrenos se cargan desde una plataforma montada en un camión, Diesel Wagnermobile, dotado de elevador en horquilla. La piedra, quebrantada por los disparos de la recarga en camiones o «trucks» especiales, de 15 toneladas y con palas eléctricas de tres yardas cúbicas, haciéndose el arrastre en unos 800 metros de longitud a la pila depósito. Se empleó en las galerías de entrada una cargadora o pala mecánica de cuatro yardas cúbicas, montada sobre tractor oruga, que también se utiliza para desescombro en la mina al par que otro «bulldozer» o gran excavadora. El techo y costados se alisan con un equipo raspador montado en un tractor grúa.

Se trata de modificar el «jumbo» para perforar taladros de 15 pulgadas con una sola pieza de acero, y se espera que con tal mejora se podrán excavar de 1.200 a 1.500 toneladas, por relevo, en el tajo de arranque superior.

Corresponde la mayor parte del precio de coste a boca mina a la perforación y fracturamiento de la roca, por tratarse de pizarra muy ruda y resistente. Realizanse investigaciones para determinar el espacio entre barrenos y la profundidad de éstos que resulten muy eficaces, así como el mejor tipo de explosivo y sistema de evitar voladuras secundarias. El coste total de «minar» y extraer la roca bituminosa resulta reducido.

Machacado y tratamiento.—La primera unidad en la planta es una quebrantadora de mandíbulas Traylor, de 36 × 42 pulgadas, que produce pizarra de tamaños hasta seis pulgadas con estricta clasificación. Un segundo machacado se hace por medio de trituradora Goorvads, de 10 × 30 pulgadas, después del cual se envía la pizarra a silos de almacenamiento, por medio de cinta transportadora.

Dos retortas u hornos intermitentes, con capacidad de 40 toneladas cada uno, han marchado como ensayo durante dieciocho meses, estando provistos de aparatos perfeccionados para medir temperatura, presión y corriente de hidrocarburos producidos. Más tarde se han empleado retortas de marcha continua, y en Baton Rouge se ha ensayado una del tipo Standard Oil Dev. Cy. por combinación entre esta gran sociedad y la Oficina federal de Minas. También se ensayaron cooperativamente otros tipos de equipos para destilación suministrados por otras grandes empresas industriales.

El petróleo crudo obtenido de las retortas tiene que ser refinado antes de utilizarse para cualquier uso distinto del combustible de calderas. Con tal objeto se ha montado una pequeña planta para estudiar marcha del refinado y sistemas de «cracking» térmico.

Investigación y desarrollo.—Los cinco años fijados para desarrollar tan vasto programa resultaron tiempo demasiado corto para encontrar solución a los múltiples problemas de minería y tratamiento de las pizarras petrolíferas. El Congreso concedió ampliación de plazo.

Una planta en gran escala para producir aceite de pizarras parece deber disponer de 15 a 20.000 toneladas de roca por día, procedentes de próximas grandes explota-

ciones mineras. Ciertas áreas, favorablemente situadas, se prestaron al arranque a cielo abierto; pero la mayor parte del tonelaje deberá arrancarse de las grandes explotaciones subterráneas por los métodos que dejamos indicados, debiendo preverse una concentración de grandes instalaciones mineras y de plantas de destilación en la zona Rifle-De Beque.

Ciertamente es muy probable que los Estados Unidos hayan de recurrir a las pizarras petrolíferas, como fuente de combustibles hidrocarburoados, si los descubrimientos de petróleos naturales continúan disminuyendo mientras su consumo aumenta sin cesar, y entonces resaltará el alto valor de los datos y mejoras que la Oficina de Minas ha reunido y obtenido con oportuna anticipación.

Madrid, julio 1950.

Nota sobre la segunda conferencia de pizarras
bituminosas celebrada en Glasgow en julio de 1950

POR

A. ALMELA y J. M. RIOS

A. ALMELA y J. M. RIOS

NOTA SOBRE LA SEGUNDA CONFERENCIA
DE PIZARRAS BITUMINOSAS
CELEBRADA EN GLASGOW EN JULIO DE 1950

Designados por la Superioridad, asistimos a esta Conferencia, organizada por el Instituto del Petróleo y, que se celebró en Glasgow, por estar esta ciudad próxima a las minas y refinerías escocesas de pizarras bituminosas y para conmemorar al mismo tiempo el centenario de las investigaciones realizadas por James Young, iniciador de la explotación y destilación de estas pizarras.

Las reuniones se han celebrado en el Royal Technical College, en donde Young cursó sus estudios.

La recepción de congresistas se efectuó el día 3 por la tarde, leyéndose en este acto un interesante trabajo del doctor Cumming, dedicado al centenario de las investigaciones de Young y a reseñar los progresos de esta industria durante este período.

Los días 4 y 6 de julio se celebraron por la mañana y por la tarde las reuniones de la Conferencia, en las que se expusieron y discutieron todos los trabajos presentados, distribuidos en dos secciones, una de geología y minería y otra de destilación y refino.

Entre los trabajos presentados, los más interesantes a

nuestro juicio, en la sección de geología y minería, a la que hemos prestado atención preferente, son los siguientes:

«Investigations for production of oil shale on a commercial scale», por E. D. Gardner y E. M. Sippelle.

En este trabajo se expone un experimento realizado por el Bureau of Mines de U. S. Department of the Interior, para la producción de pizarras bituminosas en gran escala, en una mina de Colorado. En este experimento se ha logrado obtener una producción de 1.628 toneladas diarias de pizarras bituminosas, con un rendimiento por hombre (incluyendo dirección técnica) de 116 toneladas diarias. El costo de la explotación es de 29,2 céntimos por tonelada.

Otro trabajo de gran interés es el titulado «The Ljungström in-situ method for shale-oil recovery», por G. Salomonsson. En él se describe la aplicación del método inventado por F. Ljungström en 1940, que consiste en calentar las margas bituminosas de una porción de la mina hasta una temperatura de 400° C. por medio de 2.000 elementos eléctricos dispuestos en una superficie exagonal que cubre el campo. Las pizarras calentadas (después de haber sido bombeada el agua que contienen) desprenden gases y vapores a presión, que son conducidos a los diversos aparatos de destilación.

Terminado el calentamiento de una zona, se procede a calentar la inmediata, y de esta forma se produce una onda calorífica que avanza por todo el campo en explotación, a una velocidad de 140 m. por año.

El día 5 se efectuó una excursión colectiva a las explotaciones de la Compañía Scottish Oils Limtd. cerca de Edimburgo.

Por la mañana se visitó la mina y la instalación de destilación de pizarras de Westwood, en donde se obtienen los crudos que luego se mandan a la refinería. Juntamente con éstos se obtienen aguas amoniacaes, de las que se extrae el amoníaco bajo forma de sulfato amónico, tratando las aguas con ácido sulfúrico.

Finalmente se obtienen también gases fijos que se envían a las retortas, en donde se utilizan como combustible, solos o añadiéndoles gas de gasógeno.

Por la tarde visitamos las instalaciones de Pumpherston, en donde se refinan los crudos extraídos de las pizarras, obteniéndose como productos finales gasolina, Diesel oil, nafta, parafina y cok.

Como dato curioso hay que señalar la instalación de una fábrica de ladrillos, en la que se utiliza como primera materia las pizarras ya sometidas a destilación, de las enormes escombreras existentes.

Este material se deja meteorizar varios años en la escombrera y luego se muele, se le añade algo de cal, se briquetea y se endurece manteniendo los ladrillos ocho o nueve horas en un autoclave calentado con vapor recalentado. Los ladrillos tienen una resistencia a la rotura de 3.500 lb. por pulgada cuadrada.

El día 7 el Comité organizó una excursión turística a la región de los lagos y Edimburgo, dándose por terminado el congreso al regreso de esta excursión.

Rectificaciones a la Hoja de Sedano

POR

A. DE ALVARADO

A. DE ALVARADO

RECTIFICACIONES A LA HOJA DE SEDANO

Al realizar Ingenieros de este Centro trabajos de campo en la zona cretácea del N. de la provincia de Burgos, a fin de informar acerca de la procedencia de elevar a definitiva la reserva para investigaciones petrolíferas a favor del Estado, así como al estudiar los terrenos que integran la hoja geológica de Poza de la Sal, se ha comprobado la necesidad de introducir en la hoja del Mapa Geológico a 1 : 50.000, correspondiente a Sedano núm. 135, rectificaciones y complementos de notorio interés.

En unión de mis compañeros A. Almela y J. de Lizaur he tenido ocasión de determinar que a una considerable banda de terreno, atribuida en 1945 al Wealdense en parte y en parte al Cretáceo superior, englobando alrededores de Padrones de Bureba, Escobados y Pesadas, hay ya hoy datos suficientes para atribuirle edad neogena.

Se extiende esta banda desde el E. y N. de Padrones de Bureba a los alrededores de Escobados de Arriba y de Abajo, pasando su borde septentrional a unos 700 metros de las casas de la primera de estas aldeas y a 500 metros, aproximadamente, de las casas de la segunda, mientras su borde meridional, orientado igualmente al NO., pasa a unos 1.300 metros de ambas; toca su línea marginal norte a las casas septentrionales de Pesadas de Burgos, con casi dos ki-

lómetros de anchura, y tomando nuevamente rumbo NO. a SE., sale del perímetro de la hoja en Valdeloscerezos, al S. y SE. de Padrones de Bureba, donde se continúa hacia el E. en la amplia formación neogena que se extiende en La Bureba burgalesa. Integran aquí el terreno masas de «conglomerados», de cantos gruesos calizos con cemento arcilloso, a veces muy erosionados, dando lugar a cerretes y pequeños barrancos, con estratificación no muy marcada, pero aparentemente horizontal.

En algunos de los cantos calizos se han hallado diversos radiolarios, «Alveolinas» y «Lacazinas» singularmente, indicando así para los cantos edad senonense superior, y como lógica deducción, que este conglomerado grueso, de edad post-pirenaica y borde de laguna, sea incluido en la formación miocena del N. de Castilla.

Al pasar a la ampliación de datos tectónicos, determinados durante recientes recorridos en las capas cretáceas que ocupan la casi totalidad de la hoja de Sedano, creemos de interés consignar como esenciales los que siguen, mostrando la adaptación regional de los pliegues pirenaicos a los hercinianos preexistentes.

La llamada «hoya» de Dobro, que se extiende al NO. de dicha aldea, es en realidad una «cúpula rota», alargada según dirección herciniana, que hacia el paraje llamado El Rincón, extremo NO., muestra cierre imperfecto, pero a los otros tres rumbos presenta, bien definidas y no violentas, las inclinaciones divergentes de las capas que forman la cúpula. En el fondo de la «hoya» de erosión destaca típica formación wealdense y en las brucas laderas de fractura aflora, bien definido, un nivel de *margas* arcillosas, atribuido al Coniacense, que separa dos horizontes *calizos*, muy constantes y típicos, los cuales alcanzan en la región grandes corridas, y de ellos el inferior se incluye en el Turo-

nense, mientras atribuímos al Santoniense el escarpe o acantilado superior.

Con rumbo casi idéntico al eje de la cúpula corre, más al Sur, otro eje anticlinal, prolongación del de Zamanzas, y que pasando por el vértice Mesa y algo al N. de Porquera de Butrón y Pesadas de Burgos, alcanza, curvándose ligeramente con convexidad al SO., la depresión de Rucandio-Madrid de las Caderechas. El flanco N. de este anticlinal presenta bancos poco inclinados, mientras los meridionales muestran pendiente más acentuada e irregular.

Otro anticlinal, sensiblemente paralelo al anterior, arranca cerca del borde meridional de la hoyo o «cúpula rota» de Huidobro, de tan señalada tradición petrolífera, pasa al N. de Villalta, del vértice Altotero, y junto al ángulo SE. de la hoja reseñada, alcanza la depresión de Poza de la Sal, con borde jurásico y Trias diapírico. Los flancos del anticlinal de Villalta siguen la misma ley de pendiente suave al N., y más acentuada e irregular la de los bancos meridionales más próximos al borde S. de la formación cretácea regional.

Por último, señalaremos el considerable desarrollo del sinclinal, que desde el N. de Tablada de Rudrón pasa por las casas de Sedano y termina no lejos de Quintanaloma, con flancos de pendiente suave, a veces casi imperceptibles, en la zona axial.

Madrid, septiembre de 1950.

Reseñas y Notas bibliográficas

ROMER (A. S.): *Vertebrate Paleontology*.—Un volumen en tela, de 17.5 × 24 cm., con LX + 687 págs., 377 figs. intercaladas y 4 cuadros.—The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, 1946.

Este libro que presentamos es uno de los tratados más recientes y más completos sobre Paleontología de los Vertebrados que ha salido a luz en los últimos años. Su autor, Profesor de Zoología y Paleontología en la Universidad de Harvard (Estados Unidos), es en la actualidad una de las primeras autoridades en la materia.

En un primer capítulo trata interesantes cuestiones relativas a la fosilización de los Vertebrados, taxonomía, clasificación y caracteres generales (especialmente esqueléticos), así como de los Cordados, Tunicados y otros grupos afines, terminando con un esquema filético del conjunto de los Vertebrados en los tiempos geológicos.

La parte sistemática aparece expuesta en 25 capítulos, siendo norma general la claridad de exposición, la profusión de figuras y la presentación de numerosos esquemas filogenéticos originales (una docena), que aclaran notablemente las relaciones genéticas entre los diversos grupos de Vertebrados y su sistemática.

El problema de los orígenes humanos está tratado lealmente desde el punto de vista científico, y aunque de su lectura se trasluce que el autor admite que el hombre deriva de los Antropomorfos terciarios, rehuye, sin embargo, hábilmente llegar a conclusiones definitivas sobre tema tan espinoso y en realidad aun poco aclarado.

Los tres últimos capítulos del libro están dedicados a la historia de los Vertebrados en el transcurso de los tiempos geológicos, estudiando por separado los paleozoicos, mesozoicos y neozoicos. A nuestro juicio, ésta es una de las partes más interesantes del tratado, pues permite a quien lo lee con detenimiento, hacerse una clara idea de la evolución y vicisitudes por que han pasado los Vertebrados en el transcurso del tiempo, desde su aparición hasta nuestros días.

Completan el libro un cuadro completísimo de clasificación en que se incluyen casi todos los géneros de vertebrados fósiles, una bibliografía muy nutrida y puesta al día y un amplio índice alfabético.—BERNUDO MELÉNDEZ.

DAL PIAZ (G.): *Lezioni di Paleontologia*.—Un volumen en rústica de 18 × 24,5 cm., con IV + 371 págs., 514 figs. y numerosos cuadros intercalados.—C. E. D. A. M., Padua, 1948.

Se trata de unos apuntes de Paleontología, tomados de las explicaciones de clase del Prof. Giorgio Dal Piaz (actualmente jubilado), de la Universidad de Padua, por la Doctora P. Callegari, y puestos al día en esta segunda edición por el Prof. Piero Leonardi. El libro aparece calografiado con esmero y profusamente ilustrado con numerosas figuras, tomadas en su mayor parte de las obras clásicas de la Paleontología, pero esquematizadas con acierto. La reproducción e impresión se ha hecho con buenos fotograbados de páginas completas, lo que da a este libro un carácter muy especial, pero atractivo por su claridad.

Hay una parte general en la que se dedica un primer capítulo a la Historia de la Paleontología, otro al estudio de los fósiles y proceso de fosilización, otro a los métodos paleontológicos y al concepto de «facies», incluyendo un notable cuadro de clasificación de las mismas, y un apéndice dedicado a la sistemática paleontológica.

La parte sistemática de la obra comprende en este primer tomo que se ha publicado tan sólo los Invertebrados, y está dividida en los siguientes capítulos: *Protozoos*, *Parazoos* (Esponjas), *Celentereos*, *Anélidos* (incluyendo algunas «pistas» de dudosa asignación), *Tentaculados* (Briozoos y Braquiópodos), *Moluscos*, *Equinodermos* y *Artrópodos*.

Algunas particularidades sistemáticas son, por ejemplo, considerar a los *Arqueociátidos* como grupo «incertae sedis» entre los Espongiarios y los Celentéreos; incluir a los *Briozoos* y *Braquiópodos* en un tipo único, «Tentaculados» (los *Chaetétidos* los incluye entre los Briozoos); y que los géneros de Carpoideos y Tecoideos los incluye directamente entre los *Cistídeos*, sin formar con ellos ninguna división sistemática, mientras que los *Blastoideos* se consideran como «clase» independiente.

En conjunto, se trata de una obra amena, sucinta, fácil de leer y de comprender para nosotros por estar escrita en italiano, y que no debe faltar en la biblioteca de los principiantes en Paleontología.—BERMUDO MELÉNDEZ.

KUBN (O.): *Lehrbuch der Paläozoologie*.—Un volumen de 16,5 × 24,5 cm., con V + 326 págs., 224 figs. y láms. en el texto, y 50 cuadros.—E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1949.

El libro que ahora presentamos a nuestros lectores es un breve «tratado», muy completo, de Paleontología animal, expuesto en el plan sintético y esquemático a que ya nos tienen acostumbrados los autores alemanes, pero que por eso mismo es muy didáctico, ya que sin descender a detalles nos proporciona una visión de conjunto muy clara del reino animal en el transcurso de los tiempos geológicos.

En general, la exposición sistemática se detiene en los órdenes o en los subórdenes, sin llegar a las familias; pero, en cambio, se suelen describir sucintamente numerosos géneros característicos y representativos; la ilustración es siempre copiosísima, y el número de figuras (224), no da idea de este extremo, pues en general están agrupadas en grupos de 6 ó 10, de forma que el número real de grabados no será inferior a 1.700 ó 1.800.

Desde el punto de vista sistemático, presenta esta obra algunas novedades, con relación a sus similares anteriores: Incluye los *Arqueociátidos* entre las Esponjas silíceas *Tetractinélidas*. Los *Conuláridos*, que en la mayoría de los tratados, se consideran como Pterópodos, son incluidos entre los Celentereos como una clase independiente, considerando formas libres y formas sedentarias, que vivían fijadas como los Corales. Los *Chaetétidos* en sentido estricto, se consideran como *Tabulados* y se incluyen entre los Celentereos, mientras que los *Monticulipóridos* se conservan entre los Briozoos. En los *Pelmatozoos* no Crinoides, considera cuatro clases independientes: *Blastoidea*, *Carpoidea*, *Cystoidea* y *Thecoidea*.

Casi la mitad del libro está dedicada a los Vertebrados, entre los cuales se da especial importancia a los Mamíferos.

En resumen: es una obra didáctica excelente para los que, conociendo bien el alemán, quieran ponerse al día en los estudios paleontológicos, y para los que quieran iniciarse en esta hermosa rama de las Ciencias Naturales.—BERMUDO MELÉNDEZ.

ARNOLD (CH. A.): *An introduction to Paleobotany*.—Un volumen de 15 × 23,5 cm., en tela, con XII + 433 págs., 187 figuras y varios cuadros.—McGraw-Hill Book Company Inc., New York & London, 1947.

El autor de este libro, Profesor de Botánica y Paleobotánica en la Universidad de Michigan (Estados Unidos), nos presenta un tratado muy completo de Paleobotánica, completamente puesto al día, y especialmente referido a la flora fósil norteamericana, pero sin omitir nada de lo concerniente a los descubrimientos paleobotánicos de los demás continentes, que tanto interés tienen para la reconstrucción de la historia del mundo vegetal.

La mayor parte del libro se dedica a la parte sistemática, distribuida con acierto en once capítulos, que tratan: El primero, de las *Bacterias fósiles*, *Talofitas* y *Briofitas*; el segundo, de las plantas vasculares más antiguas conocidas (*Psilofitales* y otros tipos devónicos); el tercero, se dedica a las *Licopodiáles* fósiles; el cuarto, a las *Esfenofilales* y *Equisetales* (plantas articuladas); el quinto, al estudio de los follajes fósiles del Paleozoico, que por sus caracteres semejan frondes de helechos; el sexto, a los *Helechos* fósiles; el séptimo, a las *Pteridospermeas*; el

octavo, a las *Cicadales* y *Ginkgoales*; el noveno, a las *Cordaitales*; el décimo, a las *Coniferales*, y el undécimo, a las *Angiospermas* fósiles.

Además de estos capítulos, hay una «Introducción», y otros dedicados a estudiar el proceso de fosilización de los vegetales; la sucesión de floras en el Globo terráqueo en el transcurso de los tiempos geológicos, que ilustra con un interesante cuadro esquemático original de distribución vertical de los principales grupos sistemáticos (sin enlaces filéticos), y otro de correlación de floras antracólicas entre Europa y Norteamérica; otro capítulo dedicado al estudio paleoecológico, en que relaciona las plantas fósiles con el medio ambiente, y un último capítulo en que hace acertadas observaciones sobre la sistemática paleobotánica.

Lo sucinto de la exposición, los claros esquemas y dibujos muy demostrativos, y la profusión de buenas fotografías de ejemplares fósiles, hacen de este libro un elemento indispensable para todo el que quiera iniciarse en Paleobotánica.—BERMUDO MELÉNDEZ.

TERMIER (H. & GEN.): *Etude sur «Calceola sandalina» Linné.*—«Revue Scientifique». Año LXXXVI, fasc. 4, núm. 3.291, págs. 208-218.—París, 1948.

Los esposos Termier nos presentan en esta notable monografía un estudio detallado de conjunto sobre la morfología y la anatomía de las *Calceolas*, animales conocidos tan sólo fósiles del Paleozoico y que por muchos conceptos son aún un enigma para el paleontólogo.

Discuten en primer lugar la posición sistemática de los *Calceolidae*, que fueron considerados como Braquiópodos por Woodward, pero que en general se incluyen entre los Tetracoralarios, atendiendo a la disposición de los tabiques. Estudian con detalle su anatomía y la textura del cáliz, y concluyen que deben considerarse como aislados de los Actinarios primitivos en el Cámbrico, y que formaron durante el Paleozoico un filum independiente al de los verdaderos Tetracoralarios (*Cyathophylloides*), completamente extinguido en el Pérmico.

Estudian luego las adaptaciones que pueden observarse en el esqueleto de *Calceola* y las impresiones de órganos apreciables, y llegan a notables conclusiones relativas a su fisiología y a su biología. La posición normal del cáliz sería con la superficie dorsal (plana) hacia abajo, de forma que la valva superior se abriría no hacia arriba, sino hacia un costado, lateralmente. Llegan también a la conclusión de que se trataría con toda probabilidad de animales adaptados a la vida en las zonas que en la bajamar quedan en seco, cerrando entonces herméticamente la concha, como ocurre en los animales marinos actuales, que viven en análogas circunstancias.

Proponen por último, una sugestiva reconstrucción del animal vivo, y hacen determinadas consideraciones sobre el valor estratigráfico de las

especies de Calceólidos, concluyendo que si bien en determinadas regiones europeas las especies y mutaciones de *Calceola* tienen un gran valor estratigráfico, como lo han demostrado Rud. y Emma Richter, no parece ocurrir lo mismo en África del Norte. De todas formas, la especie *Calceola sandalina* aparece situada entre el Eifelense y el Givetiense.—BERMUDO MELÉNDEZ.

CHOFFAT (P.) (coordinado por C. TEIXEIRA): *Description de la Faune Juassique du Portugal: «Brachiopodes».* «Mem. Serv. Géol. du Portugal». Lisboa, 1947.

Las 19 láminas de Braquiópodos jurásicos y liásicos, que forman la base de esta importante publicación, estaban ya impresas a la muerte de Paul Choffat, pero el texto quedó muy incompleto, y sólo en forma de notas, que ahora han sido ordenadas y completadas por el ilustre paleontólogo de la Universidad de Lisboa, Prof. Carlos Teixeira, a quien debemos la realización de esta obra póstuma del insigne paleontólogo que tanto trabajó en el estudio paleontológico de Portugal.

En este trabajo aparece la descripción minuciosa de la mayoría de las especies de Braquiópodos citadas por Choffat en sus trabajos sobre el Lías y el Jurásico portugueses desde 1880 a 1908, incluyendo un considerable número de especies nuevas; unas cuidadosamente descritas, como por ejemplo, seis especies del género *Terebratula*, tres del *Zeilleria* y una *Megerlea*, introduciendo otras veces algunas modificaciones a la nomenclatura ya conocida; pero otras especies, dadas también como nuevas, solamente se citan, sin descripciones ni alusión a determinados ejemplares, lo que hace casi imposible su identificación.

El género *Rhynchonella* dió a su vez ocasión a Choffat de crear un considerable número de especies nuevas; en sus estudios estratigráficos cita unas 10 especies nuevas que no llegaron a describirse, aunque pueden ser identificadas a la vista de los ejemplares existentes en las colecciones del Serv. Géol. de Portugal; además, en sus notas manuscritas, se encuentran numerosas especies dadas como nuevas, pero también sin descripciones.

El presente trabajo se ocupa especialmente de los Terebratuláceos, cuya variedad resulta un carácter muy notable del Jurásico portugués; de las 19 láminas, 18 están dedicadas a estos Braquiópodos, y solamente una está destinada a los Rinconeláceos, de los que aparecen cinco especies sin descripciones. En cambio, de los Terebratuláceos se describen y figuran un centenar de especies distribuidas en 10 géneros.

Este trabajo tiene además para nosotros un gran valor, pues dada la semejanza de las formaciones mesozoicas portuguesas y españolas, es muy útil para la determinación de la mayoría de los Terebratuláceos de nuestro Jurásico.—BERMUDO MELÉNDEZ.

GLAESSNER (M. F.): *Principles of Micropalaentology*. Un volumen en tela, de 16 x 25 cm., con XVI + 296 págs., 64 figs., 14 láminas, 7 cuadros intercalados fuera de texto. «Melbourne University Press», 1948 (2.ª edición).

Aparece esta segunda edición de la obra clásica de Glaessner sobre Micropaleontología, notablemente aumentada con relación a la anterior, recogiendo en su bibliografía las más recientes publicaciones sobre la materia.

Hay una primera parte destinada al estudio de los microfósiles en general: algas, bacterias, radiolarios, flagelados, fragmentos de esqueletos de equinodermos, esponjas, etc., ilustrada con buenas microfotografías y dibujos, en la que además se exponen con todo detalle los métodos de preparación y estudio de los microfósiles, en capítulo aparte.

La segunda parte está destinada al estudio de los Foraminíferos, estudiándose en capítulos independientes su anatomía y morfología, su clasificación, y su paleobiología y paleoecología. Esta parte está ilustrada con buenas microfotografías, en que se representan la mayoría de los tipos fundamentales de las diferentes familias, y algunos esquemas filogenéticos de familias, que aclaran notablemente las relaciones de dependencia de géneros y su distribución estratigráfica, así como cuadros en que se indica gráficamente la distribución vertical cuantitativa de los principales géneros de diversas familias. Se intercalan además, para algunas familias (Astrorrizidos, Verneuilinidos, Fusulinidos, Lagénidos, Buliminidos), cuadros originales fuera de texto, en que se establece una clasificación genérica basada en un cierto número de caracteres de fácil apreciación, que permiten llegar rápidamente a su identificación.

La tercera parte del libro está dedicada a la micropaleontología estratigráfica, estableciéndose a grandes rasgos, en un primer capítulo, la sucesión de faunas de microforaminíferos desde el Cámbrico hasta nuestros días; en otro capítulo, los importantes problemas de la correlación estratigráfica, dándose normas para estos trabajos, que se ilustran con ejemplos prácticos y diagramas. El tercer capítulo de esta parte está dedicado a la aplicación de los estudios micropaleontológicos a los yacimientos petrolíferos, estudiándose someramente los resultados obtenidos en Europa, Rusia, África del Norte, India y Australia.

En un breve apéndice, se extracta la clasificación de los Microforaminíferos, y la limitación estratigráfica de los géneros más importantes, terminando el libro con una extensa bibliografía en que aparecen más de 750 citas, hábilmente clasificadas, y un completo índice alfabético.—BERMUDO MELÉNDEZ.

TEIXEIRA (C.): *Contribuição para o conhecimento geológico do Karroo da Africa Portuguesa*. «Anais da Junta de Investigações Coloniais do Ministério das Colonias», tomo II: Estudos de Geologia e Paleontologia. Lisboa, 1947.

El conocido Profesor de Paleontología de la Universidad de Lisboa, nos presenta en esta publicación un conjunto de tres trabajos paleontológicos sobre el Karroo del Africa occidental portuguesa, dedicados; el primero al estudio de la flora, y los otros dos sobre ciertas *Estheria*.

I. *Sobre a flora fóssil do Karroo de Tete (Moçambique)*.—Describe numerosos ejemplares pertenecientes a 13 especies distintas, con predominancia de los *Glossopteris* y algunos *Sphenophyllum*, más una especie de *Gangamopteris*; de todo ello, obtiene conclusiones relativas a la edad de la formación, que sitúa en el mismo nivel estratigráfico que las de Rodesia (Upper Wankie Sandstones), dentro del conjunto denominado Karroo. La presencia de ciertos tipos propios del permocarbonífero nórdico (*Sphenophyllum*, *Sphenopteris*, etc.), demuestra que el Continente de Gondwana mantuvo estrechas relaciones geográficas y florísticas con los continentes septentrionales de la época, y que la flora gondwánica no presenta los caracteres de independencia absoluta, que se le atribuía hace algunos años. Documentan este interesante trabajo 16 láminas con casi un centenar de buenas fotografías de los ejemplares descritos.

II. *Acerca dos Filópodos fósseis do Karroo da escarpa do Quela (Angola)*.—Se estudian en esta segunda nota numerosos ejemplares de una especie de *Estheria* y otra de *Estheriella*, concluyéndose sobre el sincronismo de las formaciones estudiadas en Quela-Kitari, y las de Mangli, correspondiendo ambas al Triásico inferior. Concluye el autor, además, de las observaciones realizadas en trabajos anteriores y de las deducciones que pueden obtenerse de éste, que al clima tropical que favoreció la lujuriante vegetación permiana inferior, sucedió durante el Pérmico superior, en la parte central y meridional de Africa, un clima muy cálido y seco, que provocó la rarefacción de las especies vegetales. Posteriormente, a pesar del clima cálido, la vegetación toma de nuevo incremento, manteniéndose la flora de *Glossopteris*, pero con muchos elementos nuevos, y ya al final del Pérmico el clima se torna extremadamente seco, formándose entonces una serie de charcas y ciénagas aisladas, en las que se depositaron los sedimentos con Peces, Filópodos, etc., que el autor del trabajo que comentamos viene estudiando. Se puede observar, además, un notable paralelismo climático entre las regiones de Africa aludidas, la India y aun Australia.

La cuenca geológica del Congo debe corresponder, sin duda, a una de esas extensas depresiones de sedimentación continental, y los yacimientos estudiados hasta ahora sólo son los restos fragmentarios de los depósitos permotriásicos que ocuparon la cuenca, y que ha res-

petado la erosión posterior. 50 fotografías distribuidas en 6 láminas documentan este interesante trabajo.

III. *Nota sobre «Estheria anchietae» Teix., do Karroo do Lutõe.*— Se describe en esta breve nota una nueva especie de *Estheria* procedente del Karroo (base del Triásico) de Angola. La nueva especie, que el Prof. Teixeira dedica a José de Ancieta, iniciador de los estudios geológicos en Angola, mide 6-7 mm. de largo por 4-4,5 de ancho, y presenta numerosas estrias concéntricas (12 estrias por mm.). Junto a la nueva especie, se han encontrado restos de peces, especialmente de una especie descrita por el mismo Prof. Teixeira en otra ocasión: *Ango-laichthys lerichei* Teix. El trabajo está documentado con varias fotografías de la nueva especie y del pez aludido, distribuidas en 3 láminas.— BERMUDO MELÉNDEZ.

CHUBERT (G.) y MARÇAIS (J.): *La Géologie Marocaine*. «Editions de l'Encyclopédie Coloniale et Maritime». París.

Es un trabajo en el que tratan de una manera sucinta los grandes rasgos de la historia de la formación del país marroquí.

Con ayuda de un bonito plano en varios colores explican la formación de esta parte NO. de África, que dividen en tres ámbitos que denominan Ambito del Anti-Atlas o del Sur Marroquí, Ambito del Atlas y Ambito Rifeño. Aunque los nombres de los ámbitos se refieren a situación geográfica, se limitan en cada uno de ellos las distintas influencias que han actuado en su formación.

Hacen el estudio de las cordilleras precambrianas que consideran divididas en tres épocas y señalan la intervención que han tenido en la formación de los tres Ámbitos ya mencionados, sobre todo en el Ambito del Anti-Atlas.

A continuación estudia el ciclo orogénico herciniano en sus dos fases de litogénesis: con la formación de la gran cordillera herciniana, detallando la paleogeografía y las grandes líneas estructurales; y de gliptogénesis con la destrucción de la cordillera y la apertura de volcanes de lavas básicas esencialmente basálticas, quedando formado el Ambito del Atlas.

En otro capítulo presentan el ciclo alpino que desarrollan en sus distintas fases, separándolo de una manera esquemática en cinco fases. Las dos primeras pirenaicas, una en el Eoceno medio (Luteciense) y la otra al fin del Oligoceno (Aquitaniense). Un amplio intervalo las separa de las otras tres propiamente alpinas, las dos primeras al final del Mioceno y la última a todo lo largo del Plioceno superior. Relaciona las orlas eruptivas del Mediterráneo con estas fases y trata en el cuadro ternario de las cuatro transgresiones clásicas.

Finalmente hace un resumen estructural y explica cómo se ha ido

formando esta parte de África por crecimiento hacia el Norte de estas Areas que han quedado emergidas en las distintas épocas.—JUAN LIZAUR ROLDÁN.

SAN MIGUEL ARRIBAS (ALFREDO): *Estudio de la región volcánica del bajo Ebro*. Instituto «Lucas Mallada» del C. S. I. C. Premio Juan de la Cierva 1947. Madrid. 1950, 218 págs., 40 figs., 60 láms. y un mapa geológico.

Es una memoria dedicada al estudio de todas las manifestaciones volcánicas de la zona del Bajo Ebro entre Mora y Tortosa, que se extiende en una banda a derecha e izquierda del valle, con la que queda establecida y bien investigada una nueva región volcánica que añadir a las ya conocidas en España.

Lo poco que hasta ahora se conocía de esta zona se limitaba a algunas citas en memorias geológicas de afloramientos de rocas eruptivas, clasificadas como ofitas, diabasas y meláfidos y algún trabajo descriptivo de ciertas rocas recogidas por algunos geólogos, pero sin fijar su verdadera naturaleza, ni edad y menos relacionarlas y darlas la importancia que realmente tienen. Estos datos sirvieron, no obstante, como base de la investigación que ha conducido a la definición de esta nueva región volcánica.

El autor ha reconocido y estudiado minuciosamente la Geología de la región, las condiciones de yacimiento de sus rocas eruptivas y sus relaciones con la tectónica del país. Ha asegurado la existencia de verdaderas erupciones volcánicas y descubierto varios aparatos volcánicos degradados y determinado el carácter francamente estrombólico de estas erupciones, rectificando no sólo la clasificación de las rocas hecha anteriormente, sino también su edad y clase de afloramientos.

La obra está dividida en dos partes. En la primera hace el autor una completa historia bibliográfica; el estudio geográfico y geológico de la región; después estudia particularmente cada afloramiento, con sus materiales eruptivos, condiciones de yacimiento y edad, terminando con un resumen de las erupciones volcánicas de España, para poder establecer las relaciones que pueda haber entre la nueva región y las ya estudiadas.

La segunda parte la dedica al estudio petroquímico, mineralógico y micropetrográfico de las rocas recogidas. Empieza por el estudio petroquímico, empleando para ello cinco análisis químicos completos hechos por el autor y otros dos anteriores debidos al analista español I. Parga Pondal, y aplicando a su interpretación los cálculos de la norma, parámetros y diagramas más usados en la actualidad. de todo lo cual deduce que el quimismo de los basaltos de esta región volcánica es francamente atlántico, serie alcalino-sódica, tipo magmático comprendido entre el gabroide y teralítico-gabroide, integrado en el magma

básico fundamental olivinico-basáltico de Kennedy. Establece la analogía con las rocas de las regiones de Gerona y de Ciudad Real que demuestran su perfecta comunidad magmática y similar evolución petrográfica; estudia después las características y las constantes ópticas de los minerales que forman estas rocas, y termina con una detallada descripción macro y microscópica de las rocas recogidas, para lo cual ha empleado setenta y dos microfotografías para ilustrar esta parte del trabajo.

Termina la obra con una lista de las obras más importantes relacionadas con el estudio de esta región volcánica y de las que se ha servido el autor para la investigación geológica y petrológica.—I. LÓPEZ DE AZCONA.

Mapa Geológico de España a 1 : 50.000. Hoja núm. 6. San Salvador de Serantes. Memoria explicativa, 51 páginas, numerosas láminas, cuadros estadísticos y un corte, publicada en Madrid, el año 1949.

Pertenece esta Hoja a la región NO. de España, provincia de Burgos. Su trabajo de campo y gabinete ha sido realizado por los Ingenieros de este Centro D. Antonio Comba, D. Juan M. López Azcona, D. Alejandro Hernández Sampelayo y D. Juan de Lizaur Roldán. Está integrada por IX capítulos y una fe de erratas, incluyendo en el primero de ellos amplia e interesante Bibliografía, cronológicamente ordenada.

En los capítulos II, III y IV, aunque sucintos, merecen detallarse, al tratar de Geografía Física, la referencia a lo expresado en la Memoria explicativa de la Hoja de Coruña, de la cual debe considerarse ésta como simple prolongación septentrional, por cuanto los 6/7 de su superficie corresponden al mar. Al tratar de Climatología detalla suficientemente la clasificación en tres zonas mesotermiales, muy húmeda, húmeda y subhúmeda y al consignar datos geofísicos incluye un cuadro de epicentros sísmicos que, siguiendo a Rey Pastor, sirven para tratar de determinar líneas sismotectónicas de las que unas coinciden claramente con las rías del Miño, Vigo, Pontevedra y Arosa, al par que otra muy interesante sigue la línea Coruña-Lugo.

En el capítulo Estratigrafía incluye datos para establecer la edad arcaica del escudo granítico, siguiendo, como en casi todo, criterio del Excmo. Sr. P. H. Sampelayo, ilustre geólogo asesor del trabajo reseñado. Se consignan también características de rocas cristalinas y metamórficas, indicando razones para atribuir edad siluriana a manchas de estratos antes atribuidas al estrato-cristalino.

Como base de las deducciones referentes a Tectónica, repite lo ya publicado en Memoria de La Coruña y desarrolla análisis morfológicos de la cordillera galaico-leonesa y sus principales cursos de agua; señala la coincidencia entre las depresiones de las rías bajas y las líneas geosísmicas principales e indica como borde tectónico de hundimiento el chaflán coruñés, alineado del SO. al NE., desde Cabo Finisterre

al Ortegal. Reseña otra línea, normal a la anterior, que partiendo del fondo de las rías en Betanzos y Coruña se arrumba hacia el SO. de la ciudad de Lugo, y subraya los ensanchamientos divagantes de los cursos de agua con enlaces por angostos tajos o cañones.

Los capítulos VII, VIII y IX incluyen estudio micrográfico de las rocas y arenas, un detallado catálogo de las aguas subterráneas y, por último, algunos datos referentes a Minería de los yacimientos auríferos de Cobas y mispíquel de Montefaro, con cuadro de producciones auales.—A. DE ALVARADO.

Mapa Geológico de España a escala 1 : 50.000. Hoja núm. 641. Castellón de la Plana. Mapa, Memoria explicativa de 42 páginas, cortes y fotografías. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 1949.

Esta Hoja corresponde a la 6.ª Región de las siete en que tiene dividida nuestro Instituto el área nacional. La mitad aproximadamente de aquella está ocupada por tierra firme y la otra mitad por el Mediterráneo, y comprende una longitud de costa de unos 22 kilómetros.

En el capítulo primero, dedicado a bibliografía, los autores, Sres. Templado y Meseguer, Ingenieros de este Instituto, citan 137 obras en relación con el territorio estudiado y en el siguiente glosan cada una de ellas al tratar de la historia geológica de dicho territorio. En el de Geografía física, además de describir los rasgos generales a este respecto, exponen datos de caudales del único curso continuo de agua, el río Mijares, así como también los pluviométricos y termométricos de la estación meteorológica de la capital, los primeros de los cuales arrojan un promedio, en una década, de 451 milímetros de lluvia anual.

La constitución geológica de la Hoja es esencialmente moderna. Casi toda su superficie corresponde al Pleistoceno que alcanza gran profundidad y sólo asoman formaciones más antiguas en el borde occidental y en el ángulo NO., del Muschelkalk las primeras, e infracretácea, con orla oligocena las segundas, final por esta parte del macizo del Maestrazgo.

La nota más destacada de esta Hoja es su extraordinaria riqueza en aguas subterráneas contenidas en el diluvial y procedentes de las meteoricas precipitadas en el expresado macizo. Se explotan estas aguas para regadío y abastecimiento de poblaciones por medio de pozos en general profundos, de los que existen en la Plana más de 300, pudiéndose calcular un gasto continuo de más de cuatro metros cúbicos por segundo. Existe también en el territorio estudiado un yacimiento de aguas minero-medicinales con termalidad de 45 grados centígrados, en Villavieja, contenido en las calizas triásicas que allí afloran, el cual se aprovecha por medio de pozos de pequeña profundidad.

La Hoja carece de interés minero, si bien en las proximidades se encuentran y en ocasiones se han explotado, yacimientos de turba.—D. T. M.

Hoja de Pamplona núm. 141.

Los autores de la Hoja de Pamplona y de la Memoria explicativa correspondiente son D. Joaquín Mendizábal Gortazar, Ingeniero de Minas y Jefe de la Región 2.^a Norte del Instituto Geológico y Minero de España, y el R. P. Máximo Ruiz de Gaona (Sch. P.).

La Memoria explicativa consta de los capítulos siguientes: I. Bibliografía, II. Historia, III. Geografía física, IV, Estratigrafía y Tectónica, V. Paleontología, VI. Explotaciones mineras y VII. Aguas minero-medicinales.

En el I capítulo, o sea, en el de Bibliografía, aparecen citadas 51 obras consultadas, debidas a la pluma de 41 autores distintos.

En el de Historia efectúan un análisis detallado de las opiniones de los distintos geólogos que les precedieron en el estudio de la región; hacen notar, especialmente, que a partir de la fecha que señala el final de nuestra guerra de liberación, se inician, después de un compás de espera, nuevas actividades en esta región, que se analizan cuidadosamente por los autores.

El III capítulo titulado de Geografía física se ocupa de la Orografía e Hidrografía. Consideran sus autores a esta hoja incluida dentro de la Zona denominada «intermedia», que se halla situada entre la «Zona de Montaña» al Norte y la conocida con el apelativo de «La Ribera» al Sur, y que se caracteriza orográficamente por la presencia de serrijones independientes, de altura media, como son los de Alaiz, Perdón, Tajomar y Sarvil.

La hidrografía es sencilla, perteneciendo el caudal de agua más importante que discurre por la superficie que esta Hoja abarca, al río Arga, que recorre dicha superficie con carácter divagante, en líneas generales, con dirección de N. a S.

Los niveles estratigráficos que se especifican en el apartado de «Estratigrafía y Tectónica» son: el Cretáceo superior, el Eoceno, el Oligoceno y el Cuaternario.

Las capas cretáceas constituyen el núcleo del accidente tectónico de la Sierra de Alaiz y pertenecen al Senonense superior. El sistema Eoceno con dos de sus tramos el luteciense calizo y el de margas azuladas Bartonnienses y el Oligoceno con el tramo Sanoisiense, constituyen casi la totalidad del terreno abarcado por los límites de la hoja.

Del cuaternario se señalan tan sólo las cuencas aluviales, ya que los depósitos diluviales son de tan poca potencia que no se determinan a señalarlos.

Consideran a la Sierra de Alaiz como continuación, hacia poniente del accidente tectónico de la Sierra de Leire.

Uno de los capítulos que más novedades presenta es el de Paleontología, ya que se citan numerosas especies que hasta el día no figuraban enumeradas en la región, sobre todo en las margas bartonienses. Se cita también numerosa microfauna en las margas sanoisienses de Muruarte de Erreta.

En el de «Explotaciones mineras» se ocupan del descubrimiento de la cuenca potásica Navarra realizada por los Ingenieros D. Joaquín Mendizábal y D. Manuel de Cincunegui al iniciar el año 1929 los trabajos de campo correspondientes a esta hoja y para describir lo relacionado con dicha cuenca, transcriben frases de un trabajo de D. Alfonso del Valle de Lersundi.

Extraídos del mismo trabajo se describen los tres sondeos efectuados para el reconocimiento del criadero en Salinas de Pamplona, Subiza y Guendulain, así como de la cubicación hipotética del yacimiento que calculan en 74.350.000 toneladas de K₂O.

El último capítulo está dedicado a las aguas minero-medicinales y en él se ocupan de los manantiales de Belascoain y de Burlada.

Para la descripción del primero se valen de un interesante informe que se debe a nuestro llorado compañero D. Manuel de Cincunegui y Chacón (q. e. p. d.).

Acompañan a la Memoria y al Plano geológico a escala 1 : 50.000, dos cortes geológicos dirigidos de N. a S. según dos meridianos situados al E. y O. del de Pamplona.—J. M.

ELOSEGUI (J.): *Exploración de la «Laguna deseada» en la curva de Troscakta (Ataum)*. Munibe, núm. 2. San Sebastián, 1950.

Se describe con detenimiento esta interesante cueva del país guipuzcoano, ya en parte explorada anteriormente por el autor y otros espeleólogos, hasta el estanque que en su interior existe. Este pequeño estanque fué explorado, dándose la temperatura de sus aguas (9°) y el régimen de aporte y desagüe, presentándose planos de tan interesante cueva.—H.-P.

THADEU (D.): *A cordilheira Central entre as Serras da Guardunha e de Sao-Pedro-do-Açor*. «Bol. Soc. Geol. de Portugal», vol. VIII, fasc. I-II. Porto, 1949.

Se estudia geológica y morfológicamente este segmento portugués de la Cordillera Central, donde puede decirse que exclusivamente la formación Algonkiense y el Ordoviciense constituyen el país. Tales formaciones están cortadas por diques de rocas básicas, que se suponen corresponden a dos diferentes erupciones.

Se analiza la orogénesis caledónica y hercínica y sobre todo la Alpina, habiendo esta última alterado la penillanura, mediante fallas muy importantes orientadas al ENE. que han determinado la fosa seguida por el Zézere.

Sobre el bloque hundido se han reconocido depósitos de areniscas arcósicas, que pudieran corresponder a la formación de Buçaco de edad probablemente Eocena.—H.-P.

ZBYSZEWSKI (G.) y TEIXEIRA (C.): *Le niveau quaternaire marin de 5-8 mètres au Portugal*. «Bol. Soc. Geol. Portugal», vol. VIII, fasc. I-II. Porto, 1940.

En este trabajo se diferencia, dentro del conjunto de niveles de playas levantados cuaternarios, uno situado a 5-8 m. En Portugal los niveles Tyrrhénicos s. s. y el antiguo Monastiriense, son morfológicamente distintos. Lo mismo sucede para este de 5-8 m. que ahora se estudia y que bien individualizado existe en diversos puntos de la costa.

Es en la Cueva de Furvinha en Peniche, donde puede establecerse separación neta entre el nivel de 5-8 m. y el de 15-20 m., nivel aquel que se reconoce por sus restos a lo largo de la costa de la Arrábida, siendo en Cezimbra y en el Cabo Espiche, donde se presenta con toda claridad. Sobre tal nivel existe un yacimiento cuaternario de importancia en tal costa y en el paraje del Fuerte de Batalha. Este nivel contiene un cordón de cantos rodados cementados por calizas, existiendo restos de conchas marinas que fijan su edad.

También se reconoce tal nivel en el N. entre Caminha y Oporto, encerrando abundantes moluscos fósiles y en otros lugares del litoral.

Por la industria que suele contener se supone corresponde al Riss, fijándose así con un nivel relativamente frecuente, la época de esta playa levantada.—H.-P.

BERTHOIS (L.): *Contribution à l'étude de l'érosion marine et la formation des galets*. «Bol. Soc. Geol. de Portugal», vol. VIII, fasc. I-II. Porto, 1940.

En este trabajo se hace un detenido estudio de la formación mecánica de los cantos rodados de diferentes rocas.

Admite el autor que el coeficiente de aplanamiento y la asimetría, pueden permitir, hasta cierto punto, conocer el modo de formarse de los cantos rodados, teniendo además en cuenta la predisposición a determinadas formas del material analizado.

Se llega a la conclusión de que el desbaste es rápido, no así el acabado final.

La pendiente o mejor perfil de los cordones de cantos rodados, es muy inconstante, habiéndose observado que el de los depósitos monastisienses es relativamente estable, efectuándose la erosión menor a la altura un poco inferior al nivel medio de la marea del lugar considerado; por encima, la erosión marina es extremadamente rápida e intensa, pues en algunos meses, bloques angulosos de pizarras se transformó en guijarros y lo mismo sucedió en seis meses con otros bloques de seritoesquistos. Esta zona de acción máxima está en relación muy directa con la amplitud de la marea; por bajo, todas las acciones erosivas se aminoran rápidamente.

Respecto al estudio morfológico de los guijarros, se ha comprobado que los que menos sufren son los que quedan cubiertos por la masa general de la gravera. En un cordón de gravas, la zona de mayor actividad queda situada, en el espacio medio comprendido entre los límites de las mareas medias. Así pues, en la evolución de los cantos y en la modificación de la costa, interviene la altitud relativa y la amplitud de las mareas, lo que sirve también para la interpretación de tales fenómenos, en playas y costas de otras épocas geológicas.—H.-P.

FEIO (M.): *Notas geomorfológicas*. «Bol. Soc. Geol. de Portugal», vol. VIII, fasc. I-II. Porto, 1940.

«Capturas na bacia do Cávado».—Continúa el autor estudiando fenómenos geomorfológicos, ocupándose en este trabajo de los de captura en la depresión del río Cávado. En esta zona, varias líneas sísmicas seguidas por valles de fractura, atraviesan los campos de Braga, líneas que se orientan en general hacia el ENE. y que son las que cruzan las direcciones de la red fluvial fundamental del NW. peninsular.

En esta zona, el Cávado da origen a un nivel de base local, siendo el que atrae hacia él la vallificación. Debido a esto y a la tectónica especial de fracturas, se han originado un conjunto de capturas fluviales que son las que estudia y describe el autor.

«N.O. litoral ao Norte do Cabo de S. Vicente».—En esta zona existe, de Sagres hasta el Sadó, una extensa planicie que se eleva como máximo a 150 m. y desciende dulcemente hacia el mar, con declives de 0,5 a 1,5 por 100. La zona estudiada en esta nota, la planicie litoral, es poco extensa, siendo la más importante la de Pena Furada (135 m). Hacia el N. el arrasamiento es mucho más extenso y regular. Esta llanura queda cubierta por depósitos detríticos de unos 10 m. de potencia, en donde existen restos de playas levantadas; por ello tal plataforma se admite sea de origen marino anterior al cuaternario y posterior al mioceno elveciense. Tales depósitos están relacionados con formaciones de rañas de edad aquí al parecer Villafranquiense.

El declive de la plataforma, en parte, se admite sea debido a defor-

naciones tectónicas, apareciendo esta dislocada y recorrida por pequeñas fosas, como la de la Ribera del Sinceira, que se describe, datándose su edad, por las formaciones allí depositadas, del plioceno.

Se analiza la evolución fluvial y vallificación de este país, así como las playas levantadas, la génesis de la costa, fijándose diversos niveles, y datándose determinadas formaciones de tipo eólico, que se analizan con cuidado.

«V. A. Serra de Portel».—Esta sierra es un gran pñar orientado de E. a W. de unos 50 km. de superficie. Se alza sobre la penillanura meridional portuguesa, separando la planicie de Evora (240 m.), de la de Beja (200 m.). A través de ella y por un estrecho corredor, ambas planicies se relacionan. La constitución geológica de esta Sierra es compleja y no está aún bien estudiada.

El estudio morfológico de esta unidad geográfica, bastante complejo, es el tema de esta nota, destacando fundamentalmente la isoaltitud de su extensa zona alta o altiplanicie, recortada periféricamente en muchas zonas, por potentes escarpes debidos a líneas o accidentes de fractura.—H.-P.

LLOPIS LLADÓ (N.) y G. DE LLARENA (J.): *Estudio geológico de la caverna de Troskacta-Ko-Kobca (Ataum, Guipúzcoa)*. Univ. de Oviedo, Fac. de Cienc. Traba. y Mem. del Inst. de Geol., año I, número 1, febrero, Oviedo, 1950.

Queda situada esta cueva en las cercanías de Ataum, en el macizo calizo de las Peñas de Aizcoate en la cabecera del barranco de Intzarza, y casi en el contacto de las calizas urgonianas y unas margas grises que se apoyan sobre el Flysch cretáceo. El macizo urgoniano calizo, rígido, está afectado por un complejo de litoclasas que ha desempeñado muy importante papel en la génesis de esta cueva; en cuyo interior se descubrió un importante yacimiento con restos de *Ursus spelaeus* (1).

La cueva está formada por dos conjuntos de cavidades separadas por un sumidero axial, al cual convergen las dos ramas de la cueva, orientados al NE. y SW.; el eje que corre de NW. a SE. se aprecia una acción erosiva energética con lapiar y pilancones hacia el techo, una acción de fracturación energética, con formación de un caos de bloques y pequeños conos de deyección y una acción morfológica reconstructiva.

La caverna está abierta en el eje de un plano de pseudo anticlinal, habiéndose desarrollado en relación con un nivel de erosión epigeo

(1) LABORDE (M.) y ELOSEGUI (J.): *El «Ursus spelaeus» en el Aralar. Exploración de Troskacta-ko-kobca*. «Bol. R. S. Vascongada. Amigos del País». Año II, cuaderno 3. San Sebastián, 1946.

distinguiéndose dos fases de erosión en ramolimo, separadas por otra fluvial de libre circulación. No parece estar en relación con las resurgencias, frecuentes en esta zona, siendo la carstificación actual poco energética.

Se acompaña un plano detallado de la cueva.—H.-P.

GÓMEZ DE LLARENA (J.): *Observaciones sobre los sedimentos recogidos entre Cabo Juby y Bojador*. «Bol. Inst. Esp. Oceano.», número 20, Madrid, marzo 1950.

Fijados los puntos y las profundidades de las muestras recogidas en la campaña del Malaspina en aguas del Sáhara español, entre Cabos Bojador y Juby, en los meses de mayo y junio de 1947, cuyo registro de operaciones figura en el Bol. núm. 23, el autor hace una descripción de la composición y tamaño del material.

Se han examinado, pues, 115 muestras en los Laboratorios de la Sociedad de Oceanografía de Guipúzcoa, pudiendo decirse que se trata de sedimentos arganógenos, apareciendo formados por una mezcla de elementos béticos, representada por resto de organismos de animales inferiores y algas calizas y de elementos pelágicos, representados por determinados foraminíferos y por materiales mineralógicos procedentes del Sáhara.—H.-P.

HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): *Rasgos hidrogeológicos de la comarca del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. «Bol. Esp. Hidrol. Médica y Climatológica», vol. 1, núm. 1, Madrid, enero 1950.

Se estudia el campo minero medicinal de la zona central de los Campos de Calatrava, relacionando los diversos manantiales carbónicos o hervideros, con el volcanismo y las fallas fundamentales de esta comarca.

El estudio esquemático de los rasgos geológicos y tectónicos hace ver, como la última fase del volcanismo está representada por la existencia de un conjunto de manantiales fundamentalmente carbonatados y ferruginoso que hace interesantes estas zonas.—H.-P.

HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): *Breve descripción geológica del recorrido por el norte de España en el II Congreso Hispanoportugués de Hidrología Médica*. «Bol. Esp. Hidrol. Médica y Climat.», número extraordinario, vol. I, núm. 3, Madrid, junio 1950.

Se describe geológicamente el recorrido efectuado por el Norte de España, desde Madrid y regreso, siguiendo el itinerario Madrid, por Somosierra a Burgos, Miranda de Ebro, Vitoria, San Sebastián, Santander por Bilbao, Burgos, Valladolid, Omedo, Villacastín, Madrid.

Se dan pormenores de las formaciones, litología y de la tectónica y de las relaciones de ésta con la hidrología de determinadas zonas.—H.-P.

TEIXEIRA (C.): *Plages anciennes et terrasses fluviales du littoral du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique*. «Bol. do Mus. e Lab. Min. e Geol. Fac. Ciências». Univ. Lisboa, núm. 17, 5.ª Serie. Lisboa, 1949.

Se estudia con detenimiento un amplio segmento litoral del NW. peninsular, caracterizado por abundantes vestigios de playas antiguas escalonadas a diversa altitud sobre el mar. En relación con estos niveles existen terrazas fluviales a lo largo de los ríos que en este litoral desembocan.

La región de Oporto, en la desembocadura del Duero es una de las zonas más típicas en este aspecto. Existe aquí un nivel de 5-8 m., que está formado por niveles de cascajos, etc., en vías de desaparecer por la acción erosiva del mar. Otro nivel de playa no bien conservado, queda a 12-20 m. y por encima muy desarrollado, se reconoce el nivel de la de 30-40 m., que da origen a un replano casi continuo a lo largo del litoral. Aún se aprecian dos niveles más altos situados a 60-65 m. y a 80-90 m. Este último da origen a amplia llanada cubierta por arenas y cascajos finos. A mayor altitud aún, se reconocen restos de playas antiguas cuya altitud oscila entre 100 y 110 m. y los 120-130 m., en esta última con depósitos importantes de materiales de acarreo.

Al S. de Oporto, aún destaca otro nivel más elevado playero a 150-160 m., con aluviones típicos, que viene a apoyarse contra un escarpe de fuerte inclinación. Sobre este nivel está construida la ciudad de Oporto.

Todos estos niveles están tallados bien en el granito o en gneis y en pizarras antiguas.

En relación con estos niveles, a lo largo del Duero aparecen las terrazas de 5-8 m., 12-20, 30-40, 60-65, 80-90, 120-130, 150-160 m.

Hacia el N. de Oporto se reconocen igualmente diversos niveles de playas antiguas, siendo el más alto el de los 125-130 m. y el más desarrollado el de los 30-40 m.

Se hace una breve descripción de cómo sería el litoral en tiempos cuaternarios en la zona de Barcelos, caracterizada por el desarrollo de estuarios, país que ha evolucionado y en el que se ha encajado posteriormente epigénicamente el Cávado, en relación con importantes fracturas, fenómenos que parece ser de época visigótica. Una banda de cuarcitas (Cresta de San Félix), ha influido en tal evolución, destacadamente.

Se estudia a continuación las terrazas del Cávado y su encajamiento y la relación que su cuenca baja tiene con los niveles de playas litorales y la evolución de tal zona, relativamente acentuada, de su tramo final.

Describense sucintamente los rasgos morfológicos del Alvaraos y del Limia.

Se analiza el segmento litoral entre el Limia y el Miño, destacando la estrechez de la rasa litoral, tallada en granitos y limitada al E. por un acantilado muy continuo.

Se fijan los niveles de playas (50, 12-20 y 5-8 m.), señalándose una fase regresiva antes de la formación de este último nivel, dada la característica de los sedimentos existentes a su altura.

Fíjanse las terrazas más frecuentes del Miño (5-8, 12-20, 30-40 y 45-50 m.) y las que existen más hacia el interior (60-65 y 80-90 m.), describiéndose el litoral de este segmento costero.

Finalmente se analiza el problema en la zona de rías, donde también se señalan niveles de terrazas, destacando cerca Vigo la de 25 m., 12-13 y 5-6 m. Hacia La Coruña y Arosa, destaca la de 26-28, 15-20, y cerca del litoral la de 5-6 m.

Según los datos apuntados y las observaciones de diversos geólogos, así como analizando los restos fósiles y de industria lítica humana, da el autor una cronología general que abarca los últimos tiempos del Plioceno y el Cuaternario, indicando que el límite entre ambos periodos estaría situado aproximadamente hacia los 150-160, siendo todos los niveles inferiores cuaternarios, si bien hasta ahora el límite del cuaternario queda establecido hacia los 80-90 m. Un esquema de las variaciones de nivel, desde el Plioceno superior, fija todas estas ideas.

Se indica además la gran antigüedad del valle del Duero, comparada con la de otros ríos de estas zonas. Se diferencia la morfología al N. y S. del Cabo Silleiro, donde comienza el fenómeno de rías hacia Galicia, cuya formación es al menos anterior al Tirreniense, segmentos litorales separados por importantes fracturas que han hecho se muevan los compartimientos corticales de modo muy diferente.

Se hace destacar la existencia de una época de gran aluvionamiento en las desembocaduras de los ríos del NW. peninsular. No parece tenga base la hipótesis de Boucart de flexura continental, pues este país se caracteriza más bien por una tectónica de pilares y fosas que han jugado con cierta independencia.—H.-P.

Ríos (J. M.): *Descripción geológica del valle de Iguña en el río Besaya (Santander)*. Estudios Geol. Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada», núm. 10. Madrid, 1949.

El valle de Iguña es la zona recorrida por el Besaya, donde están situados los pueblos de Malledo, Helguera, Santa Cruz y Silió, y da origen a un ensanche comprendido entre las hoces inmediatas a Bárcena de Pie de Concha y de Las Fraguas.

Se analiza la estratigrafía de la comarca, integrada por una potente masa de areniscas rojas del Buntsandstein sumamente típico y con potencias, según el autor, de 700-800 m., y aun mayores. Tal potencia hace

pensar en un complejo Permo-trias. Tal terminación da origen a los cantiles y quebradas de las hoces de Bárcena de Pie de Concha. En el fondo del valle aparecen el Keuper, cubierto en grandes zonas por aluviones fluviales con potencia de 10-15 m. Aflora el Keuper en las márgenes con potencias escasas y compuesto por margas rojas abigarradas y bancos estrechos de calizas margosas y otros de arcillas arenosas, con jacintos de Compostela y margas blancas amarillentas, todo con estratificación a veces confusa y estando sumamente trastornado al contrario de lo que sucede con el Buntsandstein. La potencia es estimada hacia el valle, entre 150-200 m. No parece exista el tramo intermedio del Muschelkak. Hacia arriba aparecen las calizas retienses. Se inician con bancadas oscuras compuestas y de fina estratificación. La potencia variable, puede ser como media de 15 m. Siguen calizas brechoides, cavernosas (carñiolas) grises-amarillentas, con potencia comprendida entre 80-100 m.

El Jurásico es potente (600 m.) y muy homogéneo. Da origen a un conjunto calizo y calizo margoso muy bien estratificado, típico y de coloración grisácea en conjunto.

Se superpone al Wealdense, dando origen a una serie monótona, pero con variación de detalle, margosa, arcillosa y areniscosa con gravillas y lechos de conglomerados, con restos de lignito. La potencia no ha sido determinada, pero es grande. Existen apuntamientos ofíticos y masas de aluviones cuaternarios.

La tectónica es típicamente de hundimiento, sajónica, con grandes fallas con salto de centenares de metros y que corren, en general, de E. a W. y otros de N. a S., que individualizan dovelas que han jugado con independencia.—H.-P.

REY PASTOR (A.): *Nota acerca del sismo submarino de Alicante del 9 de junio de 1947*. Inst. Geog. y Cat. Observatorio Sismológico de Alicante. Madrid, 1949.

Sitúa el autor la zona afectada por el sismo, dando las fundamentales características sismo-geográficas de la misma, así como los rasgos geológicos de la zona afectada, estando caracterizada por el dominio de las formaciones terciaria y secundaria, en especial del Cretáceo, afectadas por una tectónica intensa y compleja, típicamente alpina.

Se determinó el epicentro, que por tratarse de foco submarino, el trazado de los isovistos fué incompleto, llegándose a que debe hallarse a distancia entre 10 y 14 kms., quedando la profundidad del foco situado entre 13 y 6 kms.

Se da también las líneas isosistas, siendo el radio medio del área macrosísmica muy reducido, habiendo sufrido el movimiento vibratorio fuerte amortiguamiento en sentido NE. en dirección al pueblo de San Juan, lo que, teniendo en cuenta lo observado con los sismos de Villajoyosa

del 28 de agosto de 1948 y 13 de septiembre del mismo año, hacen que pueda admitirse una pequeña fractura o falla en este lugar.—H.-P.

VIANA (A.) y ZBYSZEWSKI (G.): *Contribuição para o estudo do Quaternário do Algarbe*. Direc. Genr. Min. e Serv. Geol., t. XXIX dos Serv. Geol. de Port. Lisboa, 1949.

En el litoral del Algarbe, las playas levantadas están muy bien desarrolladas, especialmente hacia Faro y al W. de Villa Real de San Antonio, conteniendo algunos niveles guijarros tallados por el hombre, no siendo típicos los encontrados en el yacimiento de Villa Real, pero sin duda representan industrias comprendidas entre el Acheliense al Post-paleolítico. En el yacimiento de Aldeia Nova, ha aparecido un canto del Acheliense inferior y dos del superior, así como lajas musterienses muy abundantes y típicas en el yacimiento del Caleça, y aun neolíticas.

Estudiando los útiles de otros yacimientos, se aprecia que la influencia mireense se extiende a todo el Algarbe. Aparecen también industrial con influencias Sanguedocienses.

La fauna aparecida en un lecho de arcilla en Algarbe, pertenece a pequeños moluscos de agua dulce, y huesos de *Hippopotamus major*, dos cervidos, unos de los cuales pudiera corresponder a *Cervus elaphus*.

El material más empleado en las piedras talladas, fué la cuarcita, seguida del cuarzo, las pizarras, el pedernal, las grawakas moscovienses, la lidita y el jaspe. También se han encontrado piezas en calizas, siendo éstas post-paleolíticas.—H.-P.

LLOPIS LLADÓ (N.): *Sobre algunos fenómenos de sedimentación fluvio-lacustre en las cavernas*. «Speleon». Univ. Oviedo. Fac. de Cienc., t. I, núm. 1, junio. Oviedo, 1950.

Estudia el autor los depósitos terrígenos de arrastre originados en el interior de diversas cuevas, que no son en realidad muy comunes.

Se analizan los tres tipos de pequeños estanques hipógeos, los constituidos por un umbral rocoso, los que el umbral está formado por el derrubio o acumulación de detritus diversos, y finalmente los que el umbral está constituido por una gran masa estalagmítica.

En algunas grutas de España se han encontrado verdaderos sedimentos lacustres, constituidos muy frecuentemente por arcillas rojas, con estratificación clara que puede alternar con depósitos de calcita prismática en masas más o menos hojosas, que nos demuestran la alternancia de la fase lacustre y de la subaérea (arcillas y calizas alternando).

Los depósitos arcillosos cada «veta» caliza indican variaciones rítmicas en el régimen de las corrientes que alimentan al lago, pudiendo deducirse del conjunto, una verdadera cronología.

El estudio de estos sedimentos es interesante para deducir de ellos hechos correlativos a la morfología subterránea, como testigo del régimen de aguas y como medio de deducir la cronología.

Se piensa por el autor en un conjunto de investigaciones que pudieran dar origen a una Paleo-hidrología subterránea, fundamentada en el estudio de los materiales sedimentarios de determinadas zonas de las cavernas.—H.-P.

MONTURIAL (J.): *Estudio geoespeleológico de dos simas en el macizo de Garraf (Barcelona)*. «Speleon». Univ. Oviedo, Fac. Cienc., t. I, número 1, junio, Oviedo, 1950.

Estudia el Sr. Monturial dos importantes simas del macizo cárstico de Garraf en las cercanías y al SW. de Barcelona, que hasta ahora no habían sido sistemáticamente estudiadas desde el punto de vista científico.

Tales simas son las conocidas con el nombre de Aven del Bruc y Aven del Escarrá. Se hace una breve reseña histórica y se describen en detalle ambas simas, dándose pormenores de sus dimensiones y configuración. En la primera, la profundidad alcanza a los 125 m., siendo la forma de esta caverna relativamente sencilla. En el Aven del Escarrá, la profundidad alcanza a 140 m., siendo la configuración algo más compleja. Se analiza las condiciones del origen y evolución de ambas cavernas, existiendo una primera fase de erosión de las aguas a través de las litoclasas que es bastante intensa; después, y en relación con la sima Aven del Bruc, se destacan fenómenos en relación con el desplazamiento del cauce, del fondo del Bruc hacia el SE. Interesantes son también las fases quimioclastogénicas y la quimioclastica, con los consiguientes fenómenos de decalcificación y hundimiento que no tienen gran importancia en la evolución de estas simas.—H.-P.

DOMENECH LAFUENTE (A.): *De la zona al Sur del Dra. Su orografía e hidrografía*. «Africa», núm. 103, julio, Madrid, 1950.

Resume y describe Domenech, con ágil y ameno estilo y con su competencia, las características orohidrográficas de esta interesante zona de nuestro Sáhara.

Se analizan las sebjas, las extensas hamadas, testigos de erosión que muestran los restos de formaciones mucho más extensas. Se analiza la orografía, sensiblemente paralela del Dra primero y que incurvándose después, se orientan sensiblemente de N. a S., y se estudia el carácter de la red fluvial típica y genuina de estas zonas.

El gran conocimiento que este distinguido Jefe militar tiene del desierto, nos hace conocer gran número de vocablos de inestimable valor en la toponimia, que bien depurada, valorizan este trabajo.—H.-P.

MÁXIMO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA: *La investigación Petrográfica*.— Conferencias explicadas en la Cátedra Valdecilla de la Universidad de Madrid, 123 págs. Madrid, 1950.

Se trata de un folleto en el que se resumen las once conferencias que el Catedrático de Petrografía de la Universidad central desarrolló en la Cátedra de la fundación Valdecilla el curso 1948-1949.

En la primera, a manera de introducción, se fija la posición actual de la Petrografía en las ciencias Geológicas y sus relaciones con las otras ciencias, físicas y químicas principalmente. Se indica el concepto de roca, analizando éste según sean geólogos, petrógrafos, químicos o físico-químicos quienes la estudian, y dedica una buena parte de la conferencia al estudio de la Historia de la Petrología, deteniéndose muy especialmente en los adelantos de la petrogénesis por la aplicación de investigaciones químicas y físico-químicas. Hace un breve resumen de la historia y la situación actual de la Petrografía en España y termina con un importante estudio del estado actual de la Petrografía.

La segunda fué dedicada al estudio de los principales métodos de estudio e investigación de las rocas, principalmente mecánicos. En la tercera explicó los métodos petroquímicos de investigación más usados en la actualidad y sus resultados, relación con la Geoquímica, la metalogénia, y termina con un breve estudio de los elementos mínimos en las rocas y la importancia de su determinación en las mismas.

En la cuarta conferencia estudia los caracteres generales de las rocas eruptivas. Naturaleza de los magmas; temperaturas de formación y permanencia de los minerales petrográficos principales, orden de separación de éstos. Fenómenos y teorías de la diferenciación de los magmas, analizando los distintos procesos a que se deben; fases de cristalización y evolución de los magmas. Probable naturaleza basáltica del magma madre.

La quinta la dedicó a hacer un estudio de las clasificaciones de las rocas eruptivas, sentando sus bases y analizando sus fundamentos; estudia las mineralógicas cualitativas y cuantitativas, deteniéndose entre éstas principalmente en el sistema de Johanse.

La sexta conferencia constituye un estudio general de las rocas intrusivas, dedicando la mayor parte de ella al granito, que es objeto de un detenido estudio petrográfico, geológico y petrogénico, analizando los modernos conceptos sobre la génesis magmática y ultrametamórfica del granito y de su colocación en la costra terrestre.

En la séptima se hace un estudio análogo de las rocas filonianas y se dedica una buena parte de ella a estudiar lo que modernamente se llama el cortejo filoniano de los batolitos o plutones. Las octava y novena fueron dedicadas al estudio general de las rocas efusivas y a las erupciones españolas, desde las paleozoicas a las cuaternarias, demostrando en ellas la riqueza y variedad de erupciones volcánicas de nuestro suelo en todas las edades geológicas. Finalmente, las décima y

undécima conferencias sirvieron para dar a conocer los fenómenos de metamorfismo y las rocas metamórficas, estudiando detenidamente los tipos de metamorfismo, y muy especialmente los de ultrametamorfismo, con los fenómenos de migmatización, anatexis y granitización y principales causas a que son debidos.

Se reúnen en este folleto en tan reducida extensión tal cantidad de datos y conocimientos petrográficos, que puede decirse que es un tratado de petrología general de gran utilidad para los geólogos y muy especialmente para los aficionados a la Petrografía.—J. M. LÓPEZ DE AZCONA.



INDICE

	<u>Páginas</u>
La Vermiculita, por MIGUEL MOYA.....	3
Nuevos países productores de petróleo, por JOSÉ CANTOS FIGUEROA y RUFINO GEA.....	15
Posible radiactividad en algunos minerales, por MIGUEL MOYA.....	43
¿Qué es Geofísica?, por JOSÉ CANTOS FIGUEROA.....	51
Petróleo en Alemania, por ALFRED BENTY.....	91
La era asintica y el magmatismo pre-, sin-, y post-asintico, por HANS STILLE.....	147
Minería de pizarras bituminosas, por A. DE ALVARADO.....	175
Nota sobre la segunda conferencia de pizarras bituminosas celebrada en Glasgow en julio de 1950, por A. ALMELA y J. M. RÍOS.....	185
Rectificaciones a la Hoja de Sedano, por A. DE ALVARADO.....	191
Reseñas y notas bibliográficas.....	197