

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA .



---

AÑO VI = NÚMERO 6

MADRID  
Gráficas Reunidas, S. A.  
Hermosilla, 108 mod.

1955

AGUSTÍN MARÍN Y BERTRÁN DE LIS  
Ingeniero de Minas

## INVESTIGACIONES PETROLÍFERAS EN MARRUECOS

### I. — Introducción

Las investigaciones petrolíferas han seguido realizándose con continuidad durante todo el año 1934, y de los resultados de las mismas se da cuenta a continuación.

Nos congratulamos en manifestar en las primeras líneas de este trabajo el entusiasmo que han puesto nuestras autoridades en el asunto. De ellas hemos recibido siempre órdenes y consejos para la ejecución de estudios, trabajos y para realizar toda clase de negociaciones, o por lo menos nada hemos llevado a cabo sin su autorización completa y expresa.

Terminada la guerra en 1927, y como eran desde poco tiempo antes muy cordiales las relaciones entre los Gobiernos de las Zonas de los Protectorados francés y español, pudimos reconocer el territorio francés en donde se habían iniciado trabajos de investigación en busca de petróleo, estando siempre en contacto con la Superioridad y recibiendo su ayuda valiosa.

Con este apoyo pudimos ya en 28 de diciembre de 1927 remitir a la Dirección General de Marruecos, acompañado de oficio firmado por el Director del Instituto Geológico, un

informe de los Ingenieros Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch, de la Comisión de Estudios geológicos, referente a la región atlántica de la zona. En él se decía que existían anticlinales en los cuales puede abrigarse la esperanza de que se encuentre petróleo en cantidad explotable y se recomendaba la intervención o auxilio del Estado.

Seguimos en los años 1928 y 1929 en contacto con la Superioridad en las muchas visitas realizadas, y se propuso siempre la conveniencia de iniciar una política petrolífera en nuestra Zona de Protectorado.

El resumen de nuestro consejo se puede condensar en las siguientes conclusiones que elevamos a la Superioridad:

1.º Que creemos de interés excepcional para el desarrollo económico de la Zona de Protectorado y para España la investigación de yacimientos petrolíferos, ya que los informes técnicos indican la posibilidad de su existencia en la zona occidental atlántica.

2.º Que sería preferible que la investigación la realizara el Estado por sí mismo; pero de no poder ser esto por falta de disponibilidades en los presupuestos, se podía entregar el reconocimiento del terreno a la iniciativa particular, otorgando permisos de investigación, ateniéndose a las siguientes bases:

a) Obligación de emprender los trabajos dentro de un plazo determinado, con fijación de situación e importancia de los mismos.

b) Determinación de la participación del Estado en los productos obtenidos.

c) Exención de impuestos.

En el año 1930, en conferencia dada en la Sociedad Geográfica Española por el Ingeniero Jefe de la Comisión y con asistencia del Ilmo. Sr. Director de Marruecos y Colonias, se habló del problema petrolífero de Marruecos. Se dió cuenta de los trabajos realizados por los franceses, se indicó la posi-

bilidad de hallar petróleo en nuestra zona y se recomendaba la prospección geofísica inmediata.

Estos estudios e informes precedían a las peticiones de los permisos particulares hoy existentes.

A los requerimientos y llamadas de atención de la Comisión de Estudios geológicos a la Superioridad sobre la riqueza que pudiera existir en la Zona, tenía que responder ésta tomando las debidas medidas políticas y administrativas, y sobre todo definiendo la política petrolífera que quería establecer en Marruecos. No cabe duda que se pueden seguir dos caminos, como antes se ha indicado: o intervenir directamente el Estado, o fomentar la iniciativa particular. La elección entre los términos del dilema, por su carácter político y económico, era problema de Gobierno que a él sólo correspondía decidir.

El Gobierno, en 1933, acordó que interviniera directamente el Majzen, después de haber solicitado permisos varios particulares. Esta decisión está bien clara, pues no otra cosa quería decir el Majzen al ordenar la reserva que se hizo de una zona en la región atlántica.

Y caminando por la ruta abierta, se encomendó a los Ingenieros de la Comisión de Estudios Geológicos que hicieran los trabajos preliminares de investigación, conforme a presupuesto e informes que se remitieron a la Superioridad, y estos trabajos fueron llevados a cabo en los años 1933 y 1934.

Conocida la existencia de concesiones particulares, juzgó la Superioridad conveniente llegar a un convenio con ellas, y encomendó primeramente al Ingeniero Jefe de la Comisión de Estudios geológicos y al Jefe del Servicio de Minas que realizaran un tanteo; y posteriormente, por el Excmo. Sr. Alto Comisario se nombró una Comisión, formada por el Ilustrísimo Sr. Secretario general como Presidente, y los Vocales Ilmo. Sr. Delegado de Fomento, Jefe del Servicio de Minas e Ingeniero Jefe de la Comisión de Estudios geológicos, para

que hicieran unos convenios con la Sociedad Financo y con la Sociedad Española de Minas del Rif, y se llegó a una solución altamente conveniente para los intereses del Majzen y de España. Mucho más favorable que el que tiene firmado Financo con el Gobierno de la Zona francesa.

En el año 1934, con relación al plan propuesto se hicieron los trabajos de levantamiento de planos, de reconocimientos geológicos (no sólo en la región atlántica, sino también en la interesante región de Gueznaia, donde en la Zona francesa se han hecho algunos trabajos de sondeos); de perforación de pocillos y calicatas con recogida de muestras, y de clasificación de fósiles, principalmente de foraminíferos, en el Laboratorio que se ha montado al efecto en el Instituto Geológico, en donde existen elementos de trabajo de improvisación difícil y costosa fuera del mismo.

De nuestra labor en todos estos aspectos damos cuenta a continuación con los informes de los Sres. Valle, Dupuy de Lôme, Miláns del Bosch, Pastora y Lizaur; pero antes haremos un resumen de ella y deduciremos del mismo los planes que creemos convenientes desarrollar en el porvenir.

## II. — Estudio geológico general del Pre-Rif

En la región marroquí, al Norte del Atlas, establecieron los geólogos franceses y fué seguida por todos nosotros la siguiente división geográfica: Rif, Pre-Rif y Zona Tabular o Atlántica. Ni la primera, que ocupa casi toda nuestra costa, ni la tercera, que ocupa sólo una parte al SE. de nuestra Zona, en las kabilas de Quebdana, Beni-Bu-Yahi y Metalza, tienen interés desde el punto de vista de investigación petrolífera.

El interés se concentra en la región llamada prerrifeña, formada por terrenos secundarios y paleógenos. Solamente sobre

éstos, después de los movimientos oligocenos, hicieron irrupción los mares miocenos y pliocenos. Los depósitos formados en estos mares se movieron a su vez en ciertos sitios con independencia de los infrayacentes, dando lugar a una tectónica particular moderna.

En la formación prerrifeña predominan los elementos sumamente plásticos, la marga y la pizarra con las rocas que mandan sobre el relieve del terreno. Se puede ver en estos materiales el grado extraordinario que puede alcanzar la acción de compresión entre materiales rígidos, como lo son las calizas que forman los dos pilares: Cordillera del Rif y formación tabular continuación del Atlas Teliense y Medio Atlas.

*Zona interna.*—En la formación prerrifeña hay que distinguir dos zonas: una inmediata a la Cordillera del Rif y otra que forma el arco externo.

En la primera sólo se observan materiales plásticos. Se los puede considerar formados por los siguientes elementos estructurales, no bien definidos aún ni en la Zona francesa ni en la española: pizarras negras lustrosas bien caracterizadas, en Targuist; pizarras metamórficas con parecido con las de la región pennica de los Alpes, de color gris verdoso, con intercalaciones de calizas veteadas y a veces con banquitos de areniscas con cemento calizo (en sitios pasoa las filitas); margas verdosas senonenses con ostras del grupo *vesicularis*; margas verdosas cenomanenses y senonenses con abundantes foraminíferos; margas paleógenas pizarreñas, gris rojizo y pardo amarillentas con conglomeradillos con nummulites y otros fósiles y a veces con calizas arenosas. En general, todo él constituye un conjunto del mismo aspecto y facies, que forma una masa plástica bastante homogénea, aparte de las pequeñas intercalaciones areniscosas de que hemos hablado y que por su pequeñez no pueden tenerse en cuenta en la orogenia de la región. Sólo se presentan como material rígido las areniscas

del Aljibe, que aparecen como transgresivas por encima del Cretáceo y del Eoceno y que han sufrido a causa de la movida tectónica de la región accidentada de todas clases, pero entre los que predominan las roturas y los corrimientos como corresponde a sus condiciones físicas.

Todos estos materiales situados en el borde externo de la Cordillera del Rif tienen una posición, que debe ser muy honda, a consecuencia de un hundimiento de toda la región prerifeña, iniciada posiblemente en tiempos antiguos, pero consumada en el oligoceno, pues los mismos materiales del eoceno y oligoceno se encuentran en el alto de la cordillera y en la zona prerifeña que ahora consideramos.

Sobrevenidos grandes movimientos después del hundimiento, a causa de los esfuerzos tangenciales subsiguientes, toda esta parte se plegó, se metamorfizó, se convirtió en un terreno flúido, machacado, muerto.

En esta zona la homogeneidad, en lo que al aspecto se refiere, es grande y no se ven rocas hipogénicas. Las sierras sólo presentan algunas escarpas y, en general, su coronación la constituye el elemento rígido: la arenisca del Aljibe.

Querér profundizar en esta zona prerifeña con la sonda para buscar el petróleo, no nos parece conveniente. El petróleo, torturado, obligado a moverse, ora buscaría salida fácil y se habrá perdido, ora, imposibilitado para salir, por no poder atravesar la gran masa impermeable superior, se habría corrido lateralmente a buscar rocas donde pudiera depositarse, almacenarse. No creemos, por tanto, que en esta zona, inmediata a la Cordillera del Rif, sea donde debemos realizar la investigación en busca de hidrocarburos.

*Zona externa.* — En la zona externa, los materiales rígidos que forman la Cordillera del Rif y la región epicontinental atlántica, asoman a veces formando sierras o picachos que rasgan el manto pizarreño del Pre-Rif. Ya los depósitos secunda-

rios y paleógenos no son tan hondos como en la zona que acabamos de considerar y que representan allí el relleno de un surco profundo. Dentro de la misma zona externa, estas sierras o testigos son más abundantes en la región oriental y representan que existe en el complejo subrifeño una sumersión o soterramiento hacia Poniente.

Pero lo que más caracteriza a esta zona externa del Pre-Rif es la presencia del triás germánico, que se puede considerar ausente en la Cordillera del Rif (1).

Acompañan a este terreno las ofitas y presentan entre las margas, yesos y sal. Corresponden a pliegues diapíricos que, en ocasiones, como ocurre al pie del Pirineo, las erupciones o extrusiones han traído a la superficie de la tierra rocas que deben yacer muy hondas, como los gneis y micacitas.

Estos pliegues diapíricos, en los que siempre pone la marca o edad, los materiales triásicos de que antes hemos hablado rompen, rasgan los materiales más modernos, y como son roturas de estos terrenos sobrevenidas rápidamente y en poco espacio, se ve la posibilidad de haber servido de conducto para que el petróleo emigre de la capa madre que lo engendró. De aquí nuestro empeño en estudiar estas manifestaciones diapíricas, que parecen obedecer a ciertas alineaciones y que parecen marcar anticlinales en el terreno. El haber aparecido en ellos las manifestaciones hidrocarbonadas en las regiones española y francesa y la semejanza con los Cárpatos, en donde se presentan los campos petrolíferos de Rumania, nos lleva a proponer las investigaciones en esta zona.

No podemos dejar de hacer presente, también, que muchas manifestaciones petrolíferas se presentan en margas cretáceas y sobre todo en rocas del domeriense (Lías), como las impor-

(1) En trabajo que tenemos en preparación, en colaboración con el señor Fallot, discutiremos acerca de la presencia de materiales del triás alpino o subalpino.

tantísimas de Yebel-Tselfat, de la zona francesa, de que dimos cuenta en trabajos anteriores. Aquí no parece que el petróleo se presente en relación con pliegues diapíricos; pero sí con accidentes bruscos, con grandes fallas que dan al terreno el mismo aspecto de atormentado que en aquéllos. Aquí no aprovechó el petróleo para emigrar las grietas por donde subieron los materiales plásticos, arrastrando con su empuje asolador restos de rocas de estratos inferiores; aquí el petróleo circula por fisuras de las rocas rígidas del Lías recubiertas por terrenos impermeables, agrietamientos que deben su origen a fuerzas orogénicas de gran intensidad.

Es decir, que el petróleo en donde hasta ahora se ha presentado, aunque todavía no en cantidad para que satisfaga por completo nuestras ilusiones, ha sido en esta zona externa de la región prerrifeña en donde los materiales secundarios antiguos hacen su aparición, ya en forma de pliegues diapíricos, ya en forma de accidentes tectónicos violentos, es decir, que es un trozo marroquí en donde se muestra con gran actividad la dinámica terrestre.

No sólo las ofitas hacen su aparición, sino que rocas hipogénicas más modernas, como andesitas, basaltos y otras, también han hecho erupción en sitios próximos a los asomos de aquéllas y muestran así la fragilidad de este trozo de la corteza terrestre. Las rocas de Rakada de Larache, algunas de Dzar-Yedid y muchas de la región de Ainzora, confirman lo que acabamos de indicar.

### III. — Descripción de la zona en reconocimiento

La llamada zona externa cruza las kabilas de Beni-Said-Tafersit-Beni-Tuzin y Gueznaya, con dirección E.-NE. a O.-SO. en el territorio oriental de nuestro Protectorado, entra en la

zona francesa; ya en ella se han hecho las exploraciones principales en busca de petróleo, como son las de la región de Yebel-Tselfat y Zoco-el-Arbaa, y continúa, por último, en la parte occidental atlántica del Marruecos español, por Alcazarquivir, Larache y Arcila, en donde hemos hecho los primeros trabajos geológicos, con propósito ya bien definido de investigación petrolífera.

*Parte oriental.* — El plan para investigar la parte oriental de la zona prerrifeña externa ha sido estudiado por el Ingeniero Sr. Valle con todo interés, y a continuación se transcribe el informe que ha emitido sobre el particular.

El pliegue diapírico de Ainzora tiene mucha semejanza con el de Dzar-Yedid, en la región de Larache. Surgen las margas con yesos y sal entre margas de color verdoso, del senonense con *Rosalinas*. Sobre ellas se apoyan margas blancas que por su fauna de foraminíferos, y sobre todo por el característico *Eponides cocoansis* parecen corresponder al oligoceno. Aparece también en el centro del pliegue una roca hipogénica que por su estructura hay que referir al grupo de las diabasas ofíticas, pero presenta la particularidad de contener mucha biotita muy alterada en productos cloritosos.

Grietas con salida en forma diapírica también se observan a todo lo largo del borde del macizo jurásico. Junto a los materiales eruptivos y triásicos se presentan bloques de cretáceo con turrilitas, hoplitas y lamelibranquios, y también aparecen margas verdosas con *Rosalinas*. En esta zona se observan gran abundancia de rocas volcánicas terciarias, como lo acredita la gran colada de basalto que, partiendo del mismo límite con la zona francesa, se extiende hasta cerca de la mina de sal de Ainzora. También se observa al Sur del Zoco-el-Sebt de Ain-Henna una andesita muy feldespática con inclusiones vítreas.

Las investigaciones propuestas por el Sr. Valle en los plie-

gues anticlinales diapíricos en esta región y en los territorios Harcha y Punta Negri, de muy distinta importancia, creo debe ser el primer paso a dar en busca de la preciada sustancia en la región oriental.

*Parte francesa.* — Los franceses, en la prolongación de esta zona hacia Levante, han concentrado sus trabajos en la región de Yebel-Tselfat, aunque continúan haciendo algunos trabajos en la comarca de Zoco-el-Arbaa.

Se continúa el célebre sondeo productivo 7. S. 36 en profundidad, después de haber cementado la zona petrolífera. El sondeo lo piensan profundizar a 1.000 metros para cortar todo el domeriense, que lo suponen los geólogos con 600 metros de espesor.

El sondeo 7. S. 16 está situado a 100 metros del anterior y ha tocado el petróleo también en el domeriense entre 260 y 290 metros de profundidad. La producción es de unos 15.000 litros por día.

Se ha situado otro sondeo T. S. 26, a 350 metros del sondeo T. S. 28, y sobre el mismo perfil que el anterior. Ha tocado el toarciense a 730 metros de profundidad; se espera llegar al domeriense.

Por último, se va a perforar el sondeo T. S. 29, a 800 metros al Norte del T. S. 26, con maquinaria Rotary a propósito para llegar a profundidades superiores a los dos kilómetros.

También se efectúan sondeos en aquellas montañas que guardan analogías geológicas con las de Yebel-Tselfat, como son en Bou-Thima, a tres kilómetros al Sur de aquella montaña; Bou-Draa, a dos kilómetros al Este de Petitjean, en donde se ha hallado petróleo; Outita, a tres kilómetros a Sur de Petitjean, y en Bou-Kenfor, cerca del collado de Legabba. En el primero se ha cortado el toarciense. Para servicio de estos sondeos y los de Yebel-Tselfat, se ha hecho una instalación eléctrica muy completa.

En la región de Zoco-el-Arbaa, que como es sabido está próxima a nuestra zona, se va a hacer un sondeo por el procedimiento Rotary para llegar a 3.000 metros de profundidad. El sitio del sondeo es Sidi Musa-ben Zeed.

Para que se conozca hasta donde llega el esfuerzo francés, consignemos que están levantando planos de detalle durante cinco años, que han hecho durante doce meses trabajos de campo con la balanza de torsión y veinte meses de medidas eléctricas, que llevan perforados más de 30.000 metros de sondeos y que llevan extraídas unas 2.000 toneladas de aceites.

*Parte occidental.* — En la prolongación de este territorio diapírico francés, en la zona española, es donde hemos hecho los trabajos geológicos y mineros más importantes durante el año 1934. Hemos llegado a perforar más de 200 pocillos, con una importante recogida de muestras que han sido estudiadas en nuestro Laboratorio de Paleontología por el Sr. Lizaur, ayudado en los últimos días del año por el Ingeniero Sr. Gálvez-Cañero y G.-Luna.

Se han vuelto a estudiar con detalle las estructuras reconocidas en 1933, como las de Dzar-Yedid y pista de Aulef.

Se han investigado en la forma acostumbrada, después de haberse levantado los planos topográficos por el Servicio de Minas de la zona en 1 : 5.000 unos, y otros a 1 : 10.000, las estructuras de Jemis-el-Shafi, T'Zenin de Beni-Skar, Ain Henna, Amegadi y Bu-Mehedi. En la Memoria que se acompaña se dan datos referentes a los trabajos realizados, y en la Memoria del Sr. Lizaur los referentes al estudio de las muestras. Unos y otros trabajos arrojan luz sobre el camino que debemos seguir en la investigación petrolífera de la zona atlántica.

Se puede deducir de los trabajos realizados que la cantidad de pliegues diapíricos es mayor que la que en un principio se creyó.

El anticlinal de Los Cenizos ha sido bien reconocido en los trabajos que hemos hecho en el Jemis-el-Shafi, al Este de la carretera de Tánger a Rabat. Aparecen el triás con su acompañamiento de ofitas y con bloques cretáceos. Al Oeste de este pliegue se presenta el accidente de Rakada al Norte de Larache, en donde existe un pliegue con aparición de labradoritas con semejanza con las descritas por nosotros en Melilla de edad pliocena. El accidente no parece diapírico, pero marca bien una línea débil de la corteza terrestre.

Es posible que el accidente fuera promovido en dos tiempos. En uno pudo formarse un pliegue diapírico abortado, es decir, que los materiales triásicos no llegaron a salir a la superficie, y en el otro los materiales eruptivos modernos reabrieron la herida y aprovecharon ésta para surgir.

El pliegue de Dzar-Yedid ha sido vuelto a estudiar, y hemos fijado el sitio en donde se debe hacer el primero de los sondeos en busca de esta estructura, teniendo en cuenta, no sólo las condiciones geológicas del terreno, sino otras circunstancias, como son: abastecimiento de agua, facilidad de transporte, etc.

A Levante del anticlinal de Dzar-Yedid, se presentó en Ain-Henna un accidente interesante: se trata de un afloramiento del cenomanense de escasísima extensión, pero que tiene la particularidad de ser el único entre toda la masa cretácea de aquella parte del territorio. Por los microfósiles y por los foraminíferos, todo el cretáceo de esta región corresponde al senonense, y extraño es que haya aparecido este pequeño asomo de un horizonte inferior a éste. Hemos tomado varias muestras, pero la presencia de fósil tan característico como la *Rosalina cenomanensis*, parece confirmar el hecho.

El interés de la aparición del cenomanense está en que para efectuar un sondeo en busca del Lías, que en Yebel-Tselfat ha demostrado ser la roca almacén del petróleo, es muy

importante comenzar en dicho tramo cenomanense, mucho mejor que en el senonense, pues nos evitaríamos atravesar a éste, y es preciso tener en cuenta que, a no dudar, éste ha de tener potencia grande.

Al Norte de este accidente, y no sabemos si en relación con él, los Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch han hallado en Cudia-Chafrau, cerca de la pista de Dar-Xaui, unas rocas triásicas que parecen deben su presencia a empujes diapíricos.

En informe que se une, dan los citados Ingenieros cuenta de las circunstancias que acompañan a este asomo, que corresponde sin duda a un accidente más al Este del de Dzar-Yedid.

Por último, los estudios hechos en Amegadi (Mexerah) y en Beni-Skar, en las proximidades del Zenin, ponen de manifiesto la existencia de pliegues diapíricos de gran envergadura, alguno de ellos con aparición de cantidades importantes de sal. Los trabajos realizados parece deben corresponder al mismo pliegue anticlinal que se prolonga en la zona francesa por la región muy diapírica del Norte de Uaxan, y que sigue al SO. de Yebel-Outka. La prolongación hacia el N.-NE. de estos asomos diapíricos aun no ha sido reconocida, pero de antemano se puede afirmar que están muy a Levante del pliegue de Dzar-Yedid y del accidente de Cudia-Chafrau, es decir, que están fuera de las concesiones de particulares.

Es posible que este accidente de Amegadi represente el pliegue más interno de la zona externa; territorio que recoge toda nuestra atención en el problema petrolífero que se nos ha planteado.

El cretáceo ha sido objeto de nuevos reconocimientos en nuestras campañas, y han sido hallados nuevos yacimientos de fósiles, principalmente de ostras del tipo *Vesicularis*, *Syphax* y *Niscasi*, como el Sur de la antigua posición de Megaret, en la pista de Dar-Xaui y en otros sitios.

Se ha podido también comprobar las profundas dislocaciones de este terreno, y la diversidad de direcciones en los ejes de sus accidentes. Parece, sin embargo, deducirse que las direcciones predominantes al Sur de la carretera — pista de Larache a Tetuán —, son las que presentan en general los demás terrenos geológicos, o sea la de N. 20° O., y que al Norte de dicha carretera predominan las normales a aquélla. Este aserto necesita de muchas más verificaciones que las que hasta ahora hemos podido hacer, pero lo indicamos para que sirvan de orientación a nuevos trabajos.

Se deduce del examen, que si se parte de la cadena del Rif hacia el exterior, o sea hacia el Atlántico, parece que existe en la presentación de los terrenos una tendencia a ser cada vez más modernos, pero hay que hacer observar que el cretáceo margoso, que forma la mayor parte del terreno, al Este de la cordillera, en la llamada Península Hispano-Marroquí, al sufrir dislocaciones y pliegues, ha apresado en sus serios sinclinales a los materiales paleógenos que se han movido conjuntamente con él. Solamente parece que las conmociones no pudieron con la rigidez de la arenisca del Aljibe y se contentaron con romperla y despegarla, y así parece que flota transgresiva sobre la masa plástica que forman los terrenos Cretáceo y Eoceno.

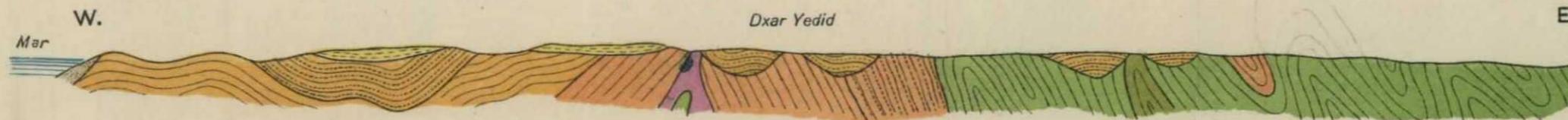
Hemos trazado un corte de la región inmediata a la costa y con dirección normal a ésta, cortando el anticlinal de Dxar-Yedid y pasando por el asomo cenomanense con el propósito de plasmar de algún modo la agitación tectónica de esta zona que pueda servir de esclarecimiento a lo que en este informe se manifiesta.

\* \* \*

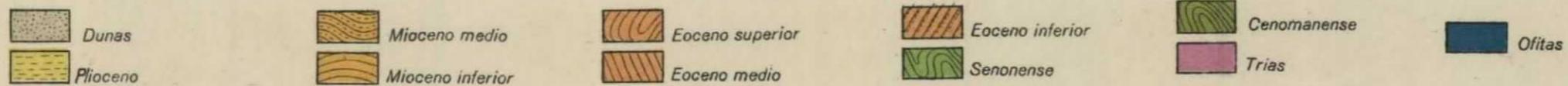
En lo que a la estructura de Sidi-Aomar-er-Riachi se refiere, es interesante destacar el desacuerdo existente entre el



### CORTE GEOLÓGICO POR DXAR YEDID



Escala 1:100.000



trabajo realizado por Pastora y los resultados obtenidos con el estudio paleontológico de Lizaur. En efecto, las margas sin caracteres litológicos que sirvan para determinar su edad fueron tomadas como del sistema cretáceo por analogía con otros terrenos estudiados (Bu-Mehadi, Mexerah, Ain-Henna, Beni-Skar, etc.). Sin embargo, Lizaur encuentra, al examinar las muestras de los pocillos 322 y 333, especies características del Aquitaniense. También halla en los pocillos 310 y 311 foraminíferos de Irtortoniense.

Esto nos demuestra, una vez más bien, que es preciso proceder con sumo cuidado en el estudio de estas margas que con aspectos casi idénticos pueden pertenecer al Cretáceo o al Mioceno. Y siendo este punto uno de los más esenciales para nuestro objeto de efectuar los trabajos geológicos de investigación petrolífera, en próximas campañas insistiremos con estudios de detalle en tan indispensable diferenciación.

#### **IV. — Plan de investigación de sondeos**

Como ya indicamos en Memorias anteriores, el plan de investigación en busca de sustancias petrolíferas debe tener como fines principales los dos siguientes: Reconocimiento de los niveles permeables de los terrenos terciarios y reconocimiento de las estructuras de más profundidad de los terrenos más antiguos entre los secundarios, principalmente del Lías.

Para uno y otro objeto es preciso ir descifrando la estructura geológica de la región con los siguientes trabajos que se pueden desarrollar en etapas sucesivas:

- 1.º Con el reconocimiento geológico detallado a base de buen mapa topográfico.
- 2.º Con el estudio de los microorganismos, únicos docu-

mentos paleontológicos que sirven para la clasificación de los terrenos, previa la recogida cuidadosa de muestras.

3.º Con la perforación de sondeos e investigaciones geofísicas para el reconocimiento de estructuras geológicas y determinación de los elementos orogénicos y con ello poder juzgar con conocimiento de causa acerca de las probabilidades de hallar hidrocarburos; y

4.º Perforación de sondeos para la investigación directa del petróleo si los anteriores estudios lo han aconsejado.

Hemos efectuado los trabajos correspondientes a los dos primeros apartados en una importante parte de la zona atlántica, pero nos falta aún reconocer bien toda la parte de la misma situada más al Este, que se puede decir que es la más interna de la zona externa y que está atravesada por importantes pliegues diapíricos y accidentes interesantes. También está por reconocer la parte oriental de nuestra Zona.

Los trabajos de esta índole que proponemos se realicen en la campaña presente se harían en terrenos no comprendidos dentro de las concesiones de particulares. Se efectuará el reconocimiento de la prolongación del accidente de Amegadi al Norte; el examen detenido del Cretáceo en la parte occidental de la Zona y el reconocimiento del pliegue de Ainzora y de otros existentes en la región de Gueznaia en la parte oriental. En todo se perforarán pocillos, se recogerán muestras y se harán los estudios paleontológicos en el Laboratorio que hemos montado en el Instituto.

Investigados algunos anticlinales, es interesante empezar a efectuar sondeos e investigaciones geofísicas para estudio de estructuras geológicas. En Dxar-Yedid se pueden realizar estos trabajos de reconocimiento en las formaciones terciarias, y en caso que por causas de índole política no se pudieran realizar allí, se podrían efectuar en Rakada, junto al Lixus.

El reconocimiento profundo se puede comenzar perfo-

rando desde la superficie el Cretáceo, ya sea en el asomo cenomanense, ya en uno de los pliegues anticlinales del cenonense como el existente en las proximidades del Megaret. Se pueden al mismo tiempo realizar trabajos geofísicos que ayuden a conocer la estructura profunda del subsuelo.

Mas antes de decidirnos sobre el particular conviene que la Superioridad resuelva sobre el camino que se quiere seguir en la cuestión petrolífera. Si la reserva del Majzen quiere decir que va a acometer con decisión las investigaciones petrolíferas buscando en Sociedades españolas bien capacitadas para ello los elementos necesarios, debe proporcionar los medios para realizar los sondeos cuyo proyecto se elevó a la Superioridad, con lo que se habría dado un gran paso en la política petrolífera nacional directa.

Relacionado con este problema se presenta el de la aprobación o no de los convenios con las Sociedades Financo y Compañía Española de Minas del Rif. Si éstos se aprueban, los sondeos se harían en determinados sitios, cumpliendo a la vez con las prescripciones del contrato. Si los convenios no se aprueban, se aprovecharía para la ubicación de los sondeos las enseñanzas que se han desprendido de los nuevos estudios realizados, y de los que damos cuenta en el presente informe.



NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 6  
*Investigaciones en la Zona Atlántica*



Apuntamiento ofítico en Beni-Skar.



Yesos triásicos de Beni-Skar.

JOSÉ LUIS PASTORA

Ingeniero de Minas

---

## INVESTIGACIONES EN LA ZONA ATLÁNTICA

---

A continuación resumiremos lo más interesante relacionado con las labores realizadas en la última parte de la campaña del año 1933 y durante el 1934.

Desde el 15 de noviembre de 1933, hasta el final de ese año, se hizo el estudio de la estructura geológica de Sidi-bu-Terek (proximidades de Jemis-de-Sahel). En el primer semestre del año 1934 las estructuras estudiadas han sido: Amegadi (Mexerah), Beni-Skar y Ain-Henna, cogiendo, en varios recorridos, gran extensión relacionada con esta última.

Más tarde se llevaron a cabo los trabajos en las estructuras de los parajes denominados Sidi-Riahi y Bu-Mehedi, los que completados con el examen de muestras recogidas en diversos lugares, practicando pocillos de tres a cuatro metros de profundidad, constituyen todo lo realizado hasta finalizar el año 1934.

Todos los trabajos se han efectuado sobre la base de los planos topográficos de escala 1 : 10.000 y 1 : 5.000, levantados por el personal del Servicio de Minas de la Zona.

No parciéndonos de un marcado interés citar el detalle de los trabajos de Sidi-bu-Terek, Amegadi y Beni-Skar, la pri-

mera de cuyas estructuras se encuentra en los pliegues terciarios y las otras dos en el cretáceo, comenzaremos por describir lo que a *Ain-Henna* y sus alrededores se refiere.

*Ain-Henna*. — Labores números 284 a 300. — Como consecuencia de los estudios realizados hasta la fecha, desde que se comenzaron estos trabajos de investigación, se ha llegado a la necesidad de efectuar sondeos geológicos que, atendiendo a su profundidad, deben ser de tres tipos: poco profundos, para atravesar los aluviales y el plioceno; de profundidad media, para el estudio de los pliegues terciarios, y, por fin, los más profundos, en el cretáceo.

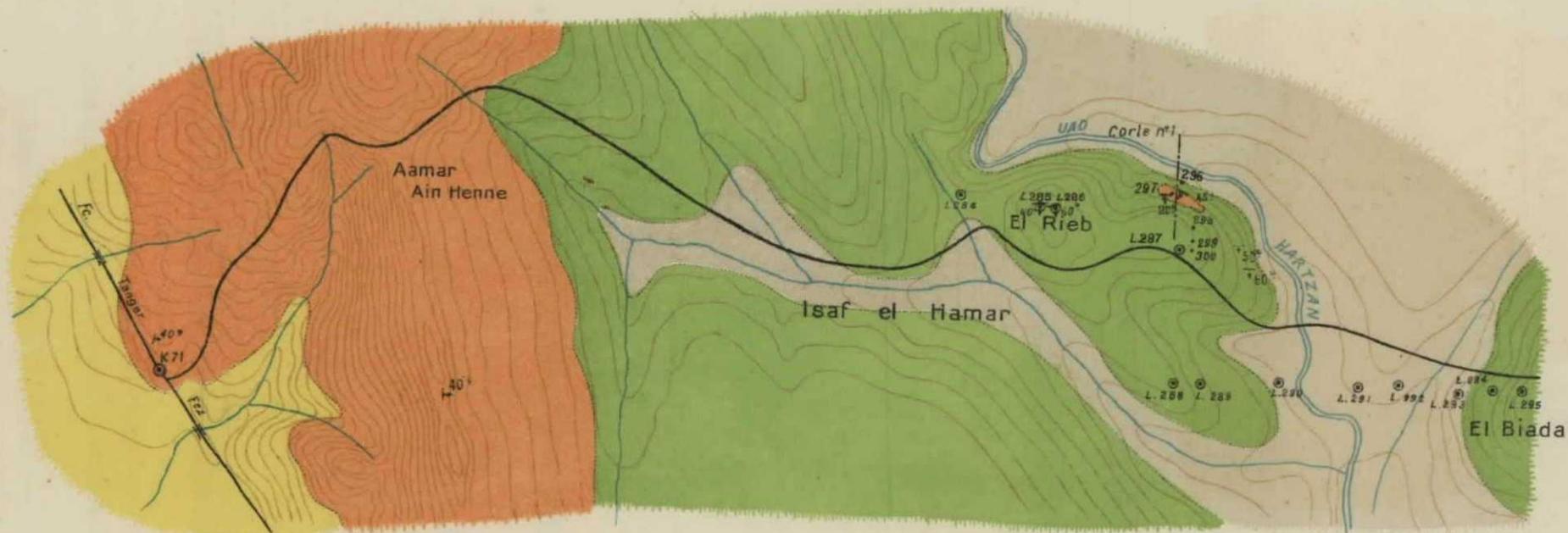
Para determinar la ubicación en el primero de estos últimos, en el anticlinal reconocido en la pista de Aulef, a la altura de Tarkuntz (*Revista Minera*, números 3.416, 3.417, 3.420 y 3.421), el Ingeniero Jefe Sr. Marín nos encargó los trabajos efectuados en Ain Henna, tres kilómetros al Este de la vía del ferrocarril Tánger-Fez, entre las estaciones del T'zenin y El T'lata de Reixana.

Se ha representado en el plano de escala 1:5.000, con equidistancia de cinco metros, la zona situada al Este de la concesión de la Compañía Española de Minas del Rif, por la cual pasa el paralelo de Dxar-Yedid. De este modo los dos lugares señalados como puntos adecuados para situar el sondeo se encuentran en este paralelo y en la probable continuación del anticlinal reconocido en el corte según la pista de Aulef.

No nos ha sido posible identificar este anticlinal, ni comprobar con certeza la existencia del cretáceo en la mayor parte de estos parajes, por existir pocos bancos característicos que, a falta de otros datos, pudieran servirnos para comparar con otros cortes ya definidos como pertenecientes a este terreno. Generalmente sólo se encuentran margas, poco caracterizadas, con alguna arenisca.



# PLANO DE UN PROBABLE EMPLAZAMIENTO DE UN SONDEO EN EL CRETÁCEO



Escala 1:15.000

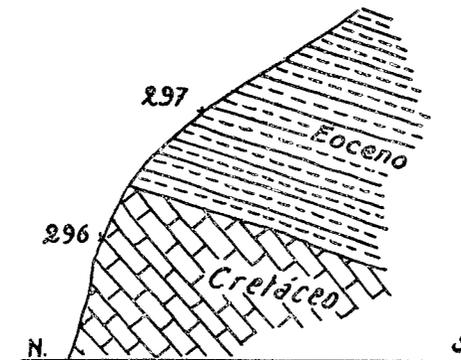
Aluvial      Mioceno medio      Eoceno medio?      Cretáceo?

L. Labor  
+ Dirección y buzamiento de las capas

En un corte O.-E. nos encontramos primero el bartoniense con margas negras muy descompuestas y meteorizadas; después el eoceno (?), con bancos de arenisca [bartoniense (?)] alternando con margas y por fin el cretáceo. (Octavo 8<sub>2</sub> del 50.000.) El eoceno tiene dirección N.-S. y buzamiento al Este; en cambio el cretáceo aparece, a menudo, con dirección E.-O. y buzamiento al Sur. Lo muy plegadas que suelen estar las margas, cambiando constantemente de dirección y buzamiento, dificulta bastante el estudio estratigráfico de esta zona.

Hemos hecho 12 pocillos de 2,50 metros de profundidad (números 284 a 300).

El pocillo número 285 presentó en su interior trozos de arenisca muy dura y en él las margas tienen un color pardo-



Croquis núm. 1.

rojizo, conteniendo vetas de calcita y franjas blancas de carbonato de cal que siguen la dirección E.-O. (N. V.) de las capas con buzamiento de unos 60 grados al Sur.

Al Norte de los pocillos números 286 y 287 hemos visto un corte en el río donde las margas tienen una dirección E.-O. con 45 grados de buzamiento al Sur. Este corte es muy instructivo, porque en él aparecen en la base, y junto al río, bancos

de margas y calizas con aspecto típicamente cretáceo, mientras que sobre este terreno aparecen unos bancos alternantes de margas y areniscas, seguramente correspondientes al lute-ciense (corte del croquis).

Las calicatas números 296 y 297 se han hecho para tomar muestras de estos niveles y analizar en ellas los fósiles microscópicos.

Al Sur del pocillo número 287, y también en el río, se ven en un corte las margas y areniscas del cretáceo (?) sumamente plegadas.

Los pocillos números 290, 291, 292 y 293 fueron desechados por encontrarse situados en terreno aluvial y no haberse conseguido con ellos alcanzar el nivel de las margas.

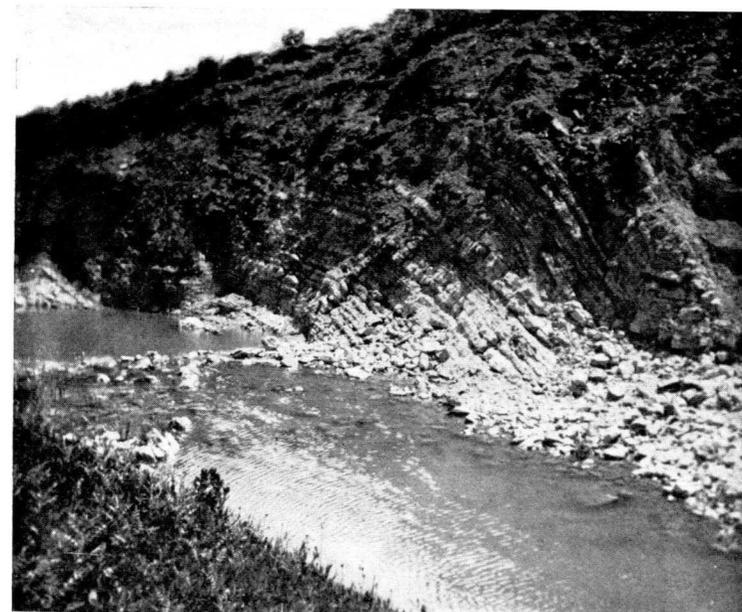
En los pocillos números 298, 299 y 300 se tomaron muestras a tres niveles (uno, dos y tres metros de profundidad).

En el octavo 3<sub>7</sub> (Megaret), Dupuy de Lôme ha indicado en el cretáceo un anticlinal cuyo eje, que parece tener dirección NE.-SO., corta a la pista de Beni-Arós, unos tres kilómetros al Este de Megaret, y como este lugar se encuentra próximo a los indicios del río Jarrub, quizás fuese un punto indicado para sondear, en vista de que no se puede reconocer el anticlinal cretáceo prolongado en la zona de Ain-Henna que nos ocupa. De situar el sondeo en dicha zona, cualquiera de los dos puntos señalados en el plano nos parece apropiado para el emplazamiento. La proximidad del río sería una ventaja para tener agua, y en cuanto al transporte de material, hemos dibujado la traza de una pista de fácil construcción que enlazaría el kilómetro 71 del ferrocarril Tánger-Fez con el sondeo y cuyo coste sería muy reducido en el caso de hacerse sin afirmado.

*Continuación de los estudios para el emplazamiento del sondeo.* — Dada la importancia que tendría para la profundidad del sondeo el encontrar en el cretáceo el nivel correspon-



Arenisca del «Aljibe» de Ain-Henna



Margas y areniscas del luteciense.  
Corte en el río, al Este del pocillo núm. 287.

diente al cenomanense, hemos hecho un recorrido por el territorio limitado al Norte, por la pista de Beni-Arós, y al Sur, por la de Aulef, desplazándonos por el Este hasta el meridiano de Tarcuntz y por el Oeste hasta la carretera que enlaza el T'Zenin con el T'Lata de Reixana.

Describiremos brevemente esta excursión, en la que recogimos las muestras números 301 a 305, que enviamos a Lizaur para el análisis de sus microfósiles.

*Octavo 3<sub>7</sub> del mapa en escala 1:50.000.* — Entrando por el yacimiento de fósiles cretáceos que existe en las proximidades de Cudia-Marax, y yendo en dirección SO. hasta Bu-Mehedi, el terreno está formado por margas de formas redondeadas, caliza margosa, algo de arenisca y trozos de sílex. No hay fósiles, y la falta de cortes en el suelo no permite ver la dirección y buzamiento de las capas.

La topografía del terreno y sus materiales se asemejan a la zona de Ain-Henna. Cerca del poblado de Bu-Mehedi existe un curioso afloramiento de margas pizarreñas formando un pequeño domo en el que las capas presentan direcciones N. 20° O. y N. 45° E., con buzamientos de 60 grados al Este y 80 grados al SE., respectivamente.

En la sierrecita al Norte de este mismo poblado pueden verse unas calizas muy duras de fractura oscura. Al Oeste de Menzora, en un corte del barranco, se encuentran las margas sumamente plegadas. Allí recogimos la muestra número 301.

*Octavo 3<sub>6</sub> y 8<sub>2</sub> del mapa en escala 1:50.000.* — Unos 400 metros al Norte de Si-Yuset, hay un afloramiento de margas del cretáceo, como las encontradas en Bu-Mehedi, con dirección N. 45° O. y 50 grados de buzamiento al SO. Aquí tomamos la muestra número 302.

También al Norte de Si-Yuset, en el corte del río, aparecen las margas muy plegadas, con vetas de calcita, concordantes con las capas anteriores.

En estos alrededores ya no encontramos las formas redondeadas; pero estas margas pizarreñas, bastante calizas y con calcita, presentan un aspecto típicamente cretáceo. Es posible, sin embargo, que correspondan a nivel distinto que el de Ain-Henna, lo cual sólo podrá aclarar el análisis de sus foraminíferos.

En el recorrido de gran extensión que hacemos alrededor del poblado de Harex sólo encontramos este mismo cretáceo con calizas margosas que llega hasta la sierra de arenisca situada al SE. Todo el suelo está cubierto por los sembrados, dificultando su estudio, y existen algunos derrubios y pequeños arrastres de esta arenisca de la sierra.

Caminando hacia Cudia-Majzen, y a pocos metros de allí, se hallan tres afloramientos de margas pizarreñas como las de Bu-Mehedi. El primero de dirección N. 45° O. y 60 grados de buzamiento al SO.; el segundo, N. 10° E. y de capas verticales, y el tercero, N. 20° O. buzando 50 grados al Oeste.

En Cudia-Majzen, rompiendo la monotonía del cretáceo, existe un arrastre de enormes bloques de areniscas del «Aljibe» ocupando unos 200 metros cuadrados de superficie.

Al pie de Sidi-Ostman está el contacto de las areniscas con el cretáceo. Pero sólo bordeamos aquéllas, porque a nuestro objeto no interesan más que los niveles del cretáceo.

En las proximidades de Sidi-Ostman los bancos de areniscas tienen dirección N. 80° E. con 60 grados de buzamiento al Sur.

En el camino de Du-Aisa, unos dos kilómetros al NE. de este poblado, otra vez hallamos las margas cretáceas de formas arriñonadas, con dirección N. 45° E. y 50 grados de buzamiento al SE. Al lado de este lugar, otras capas tienen dirección N. 20° E. con 50 grados de buzamiento al Este. Más al Oeste los bancos presentan esta misma dirección con igual buzamiento.



Arrastre de areniscas de Cudia-Majzen.



Margas cretáceas de Bu-Mehedi.

Todo este cretáceo recuerda mucho al que existe en Me-xerah. En el mismo camino de Du-Aisa afloran unos bancos de calizas muy duras con fracturas oscuras, constituyendo una sierrcita N.-S. que buza al Este con capas muy levantadas.

En el cerrito de cota 220 existen enormes bloques de arenisca del «Aljibe» aun más importantes que los de Cudia-Majzen.

Continuando hasta Ain-el-Garra (Ain-Henna) no se encuentran más que margas mal diferenciadas de las atribuidas al cretáceo.

Hacia el Norte de Ain-el-Garra se extienden estas margas por la zona oriental, limitadas el Oeste por la sierra N.-S. de arenisca en grandes bancos de dirección N. 10° E. y 50 grados de buzamiento al Este.

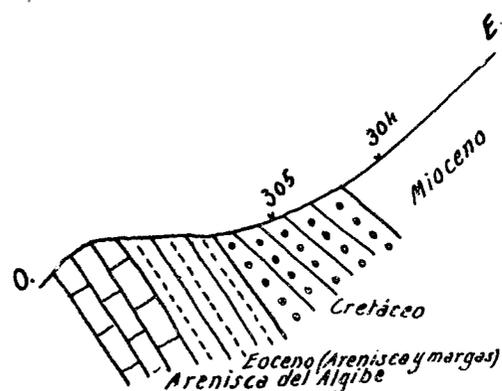
Al llegar al borde del octavo 3<sub>6</sub> y a 1,5 kilómetros al Este de la sierra existe un corte del terreno donde tomamos muestras de las margas (calicata número 303).

La sierra de arenisca está jalonada en su dirección N.-S. por una serie de poblados que deben su emplazamiento al agua suministrada por aquellas rocas. Esta faja de arenisca llega hasta el eoceno medio del T'Zenin.

Al SE. de Tuahar, y en las proximidades de este poblado, hay en el barranco un corte sumamente instructivo (corte del croquis). En él aparecen tres niveles colocados como sigue: el primero formado por margas pizarreñas, muy oscuras, sin caliza ni sílex; el segundo lo constituyen unas margas blanquecinas con intercalaciones de caliza muy dura de fractura muy oscura, y el tercero corresponde a los bancos de arenisca. Los tres niveles se presentan con pequeña discordancia, dirección N. 10° O. y capas muy levantadas buzando como se indica en el croquis. En el primero y segundo nivel hemos cogido las muestras números 304 y 305 respectivamente, y Lizaur ha clasificado la primera de mioceno y la segunda de cretáceo.

Del resultado de toda esta excursión se deduce que en los niveles de cretáceo sin macrofósiles aparecen de un modo claro la existencia de bancos de dirección E.-O. que cruzan, el rumbo general N.-S. de las estructuras de la región. Lo mismo ocurre con la arenisca del «Aljibe», en cuya formación también se aprecian estas dos direcciones.

En lo que a nuestro problema del petróleo se refiere, es sumamente interesante el estudio, por medio de sondeos, de los niveles cretáceos, porque, como hemos visto, hay en ellos,



Croquis núm. 2.

no sólo margas, sino también rocas apropiadas al almacenamiento de hidrocarburos líquidos por su mayor permeabilidad.

Nos proponemos ampliar el estudio de esta zona con sucesivos trabajos, para completar, con los de la Comisión Geológica, los octavos 3<sub>6</sub> y 3<sub>7</sub> del Mapa Geológico en escala 1 : 50.000 ya comenzados con ocasión de este recorrido.

*Bu-Mehedi.* — Labores número 373 a 410. En las proximidades de Bu-Mehedi (extremo occidental del octavo 3<sub>7</sub>) existe un domo topográfico donde afloran las margas del cretáceo, en un curioso pliegue, apareciendo la roca con fuerte metamorfismo.



NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 6  
*Investigaciones en la Zona Atlántica*



Sidi Aomar Riahi. — Capas de arenisca del eoceno en el origen del barranco.



Sidi Aomar Riahi. — Capas del cretáceo en el barranco, a unos 70 metros del origen de éste.

No puede apreciarse la dirección tectónica de las margas. En el pliegue, al Oeste, están arrumbadas N. 70° E. y hacia el Este se van aproximando al Norte hasta alcanzar la dirección N. 20° O.

Los buzamientos varían de SE. a SO. con las capas bastante levantadas (60 grados).

Parece que se trata de un pliegue longitudinal desgajado por violentos empujes que han producido en las capas las falsas direcciones con que se presentan.

No está claro el diapirismo de este pliegue. Las margas parecen haber sido metamorfizadas por algún proceso filoniano, presentando caracteres de termometamorfismo.

No hay rocas eruptivas y hemos encontrado un conglomerado, de aspecto triásico, con sílex y algo de hierro. Las margas, de fractura blanca, se van oscureciendo cuanto más marcado es el metamorfismo, hasta tomar algunas veces un color negro.

Para estudiar este punto singular, hemos hecho tres filas de pocillos, de dos a tres metros de profundidad, de dirección E.-O., pasando por el domo la fila central.

Cerca del poblado de Bu-Mehedi vimos unos grandes derrubios de arenisca, muy dura, probablemente del eoceno, sobre las margas cretáceas.

También hemos visto en aquellas proximidades otro afloramiento de margas metamorfizadas, marcando un accidente paralelo al del domo que hace pensar en un sistema de grietas filonianas.

*Sidi-Riahi.* — Al Norte de Tuahar (muestras números 304 y 305) y a un kilómetro aproximadamente de este poblado, se encuentra la cabila de Sidi-Aomar-Riahi. Los dos poblados jalonan la sierra de arenisca que, siguiendo una dirección N. 10° O., pasa por Ain-Henna.

Pareciéndonos interesante el estudio de las margas a uno

y otro lado de esta sierra, hemos practicado dos filas de pocillos de dirección E.-O., comenzando en el bartoniense (?) y prolongando cada fila hacia el Este hasta la corrida de margas blancas del suessoniense que casi sigue el meridiano de Tarkuntz.

Terminaremos con un resumen de lo que a futuros sondeos se refiere.

*Sondeo en el cretáceo.* — Amegadi (Mexerah), Ain-Henna, Sidi-Riahi y Bu-Mehedi son los lugares más importantes donde se han llevado a cabo labores para estudiar el cretáceo.

En Mexerah existe un occidente diapírico con ofitas, sal y yeso. En Ain-Henna, Sidi-Riahi y Bu-Mehedi se ha pretendido continuar al Norte el anticlinal reconocido en la pista de Aulef.

Se había pensado sondear en Ain-Henna, único sitio en que aparece el cenomanense, con lo cual podría disminuirse la profundidad del sondeo, y ya detallamos las condiciones de transporte, agua, etc., señalando dos lugares de ubicación sobre el plano levantado con este objeto.

En Mexerah, o en Sidi-Riahi, aun sería más fácil la colocación del sondeo: en cualquier punto habría agua abundante, por la proximidad del río y facilidad de transporte por pista militar o carretera.

En Bu-Mehedi sería preciso construir una pista de tierra, de dos a tres kilómetros de longitud, y el agua tendríamos que llevarla por ella en esa distancia, ya que la pista empalmaría con la carretera en el lugar del manantial.

Únicamente las razones de orden geológico serán las que han de decidir sobre la ubicación de este sondeo.

*Sondeos en el terciario.* — De los diversos puntos del terciario en que hemos efectuado labores, es, sin duda alguna, Dzar-Yedid el más interesante, tanto por los rasgos petrolíferos del pliegue diapírico, como por el hecho de haber allí

encontrado indicios de hidrocarburos líquidos. Es, pues, aquí donde ha de situarse el primero de estos sondeos geológicos, en el caso de que llegue a firmarse el convenio definitivo entre el Majzen y la Compañía Española de Minas del Rif, concesionaria del perímetro que encierra esta interesante estructura.

En la última visita que hicimos a Dzar-Yedid con el Ingeniero Jefe Sr. Marín, quedó decidida la ubicación del primer sondeo entre las labores números 51 y 52, o en la intersección del meridiano de este punto con el paralelo que pasa por el indicio petrolífero. Estos dos puntos están situados en el mioceno, en el flanco Este del domo salino.

Veamos las condiciones que reúnen estos puntos para el agua y el transporte.

Podría llevarse el agua desde el río, unos dos kilómetros al Este del domo, o bien captar seis o siete metros cúbicos en cada uno de los dos o tres pequeños manantiales que existen junto a los lugares señalados para la situación del sondeo.

La primera solución resultaría cara, por la tubería necesaria para la conducción; sin embargo, es posible hubiese que optar por ella en el caso de que el agua suministrada por los pequeños manantiales fuese escasa para las necesidades del sondeo. Sin embargo, empleando para las máquinas el agua dulce de los manantiales y para el sondeo el agua salobre, bastante abundante en aquellos pozos, no habría necesidad de acudir a las aguas del río.

En cuanto al transporte de la maquinaria, sería indispensable construir una pista que enlazase el lugar de ubicación del sondeo con la carretera Telata-Tenin, situada al Este, o con la de Aulef al Sur. Aunque de más difícil trazado, nos parece preferible la primera solución, porque sería de menos longitud (tres kilómetros) que la segunda (seis kilómetros).



ALFONSO DEL VALLE LERSUNDI  
Ingeniero de Minas

## PLAN DE INVESTIGACIONES EN LA ZONA ORIENTAL

Encargado por el Jefe de la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos de informar acerca de las posibilidades de existencia de yacimientos petrolíferos en la Zona Oriental de nuestro Protectorado, y en caso afirmativo de señalar los lugares más apropiados para ejecutar los trabajos que sirvan de orientación para situar los sondeos de investigación, expongo a continuación el resultado de las observaciones geológicas verificadas.

### **Ligero bosquejo geológico de la Zona Oriental**

Llamamos Zona Oriental, en nuestro Protectorado, a la situada entre el río Nekor y el Muluya; de esta zona, la comprendida entre el Nekor y el Kert suele designarse con el nombre de Rif Oriental.

Presenta esta región algunas características topográficas y geológicas que la distinguen claramente de la del Rif Central y Occidental, como son la existencia de extensas llanuras que, cubiertas de materiales cuaternarios en su mayor parte, sepa-

ran las cadenas montañosas y la de abundantes erupciones volcánicas terciarias y cuaternarias que señalan grandes fracturas y una etapa de descompresión en estos períodos, circunstancias ambas que no se encuentran a Poniente del Nekor.

Comprende las kabilas costeras de Tensaman, Beni-Said, Guelaya y Kebdana, y las interiores de Beni-Ulixek, Tafersit, Beni-Tuzin, Gueznaya, Mtalsa, Beni-Bu-Yahi y Ulad-Setut.

Estas tres últimas, pobres en recursos hídricos por la escasez de precipitaciones pluviales y la naturaleza y estructura de sus terrenos, calizos en su mayor parte y subtabulares, están habitadas por tribus nómadas; todas las demás pertenecen a tribus sedentarias.

Las cadenas montañosas, que en general siguen la dirección de los pliegues, tienen los rumbos siguientes:

N.-S. la de Tensaman, que desde el Cabo Quilates forma la margen derecha de la cuenca del Nekor y culmina en el Bu-Mesaud (1.230 metros) y en el Karn (1.131 metros).

ENE.-OSO. la de Beni-Said, que parece tener su origen en el Cabo de Tres Forcas, en el anticlinal de Taryat, que sumergido después en el mar reaparece al Norte del Monte Mauro y cruza las kabilas de Beni-Said, Beni-Ulixek, Tafersit y Beni-Tuzin, pasando su eje por la cumbre del Mehayast (1.040 metros) y por Tisi-Aza.

También ENE.-OSO. la de Beni-bu-Ifrur con su prolongación de los Tistutin hasta Batel.

E.-O. las de Quebdana, Ziata, Uil-Tisguaguin, Hamsa-Naach, Busfedauen y los macizos del Muluya, y

SE.-NO. la de Benhidur.

Esta diversidad de rumbos parece ser el resultado de tres movimientos consecutivos cuyos efectos se han ido consolidando de SE. a NO. en tres estilos tectónicos que designaremos con los nombres de Atlásico, Pre-Rifeño y Rifeño.

Según predomina uno u otro estilo, podemos dividir la

zona en tres regiones: la primera, situada al SE., de estilo Atlásico, comprende casi la totalidad de las kabilas nómadas de Mtalsa, Beni-bu-Yahi y Ulad-Setut; la segunda, prolongación del Rif Meridional, estudiado por Lacoste, y del Pre-Rif, que lo ha sido por Daguin, en la zona francesa, situada al N.-NO. y O. de la primera, abarca las kabilas de Quebdana, Guelaya, Beni-Said, Beni-Ulixek, Tafersit, Beni-Tuzin y Gueznaya, y la tercera, situada al NO. de la anterior, representada por la Cordillera de Tensaman, que, como se verá por sus condiciones y su dirección N.-S., parece tener relación más directa con el núcleo de Alhucemas y pertenecer ya al sistema Rifeño.

*Primera región.* — Está compuesta de terrenos jurásico-cretáceos sin metamorfismo, en los que predominan las calizas en grandes bancos, poco plegadas, subtabulares y abundantes en fallas y fracturas que llevan dos direcciones principales, E.-O. (fallas del Kerker) y N.-S. (fallas del Mesgut).

Esta zona subtabular, de la que forma parte también el macizo de Beni-Snassen al otro lado del Muluya y su prolongación en el departamento de Orán, parece ser un satélite de la gran banda jurásica tabular del Atlas Teliense que pasa al Sur de Uxda y se halla separado de ésta por el canal mioceno (arcillas vindobonienses), del llamado por Gentil, Estrecho Sur Rifeño, jalonado por numerosas erupciones terciarias (traquiandesitas) y cuaternarias (basaltos), que señalan líneas de fractura quizás debidas al cambio de dirección del rumbo en paralelo que trae en Argelia el Atlas Teliense al de NE.-SO. que lleva en Marruecos al tomar el nombre de Mediano Atlas.

En la región que estudiamos, este elemento parece haber actuado como un escudo que culmina en el monte Kerker (1.000 metros), por donde pasa una faja que ha quedado a manera de pilar (Hort) entre el hundimiento del Mediterráneo y el correspondiente al Estrecho Sur Rifeño. A partir de ésta,

los hundimientos, que se verifican según fallas E.-O., son en escalones, descendiendo hacia el Mediterráneo al Norte y hacia el canal Sur Rifeño al Sur.

Los depósitos miocenos situados sobre esta región aparecen subhorizontales y sin notarse pliegues en ellos, y lo mismo ocurre con los eocenos que rellenan las cubetas del Muilah y la de Mexera-Sfá en la cuenca del Muluya, por lo que esta región subtabular parece haber estado sometida durante el terciario a movimientos epirogénicos que han motivado las erupciones de traquiandesitas posteriores al vindoboniense y las cuaternarias de basaltos.

*Segunda región.* — Situada al Norte de este elemento, se halla constituida principalmente por una serie pizarrea plegada según la dirección ENE.-OSO. y sus estratos presentan un metamorfismo sumamente intenso. Esta dirección se modifica en las proximidades de la región subtabular anterior, en las que tiende a la dirección E.-O. por influencia del borde Norte de aquélla.

La cordillera principal que cruza las cabilas de Beni-Said, Beni-Ulixek, Tafersit, Beni-Tuzin y Guesnaya, de dirección fija en toda la zona que estudiamos, está constituida por un anticlinal principal que en su rama Sur presenta un bombeamiento anticlinal secundario cuya rama Sur se sumerge bajo los depósitos terciarios y cuaternarios de la cuenca del Kert.

El pliegue anticlinal de esta cordillera es suave, su cubierta presenta grandes bancos de calizas marmóreas intercaladas en pizarras satinadas y brillantes que cubren a una serie pizarro-gredosa que se presenta con mayores buzamientos y que descansa a su vez sobre un eje también de pizarras y calizas sumamente metamórficas.

Es difícil explicarse el origen de este metamorfismo, que dada la regularidad y suavidad del pliegue anticlinal, no parece pueda provenir del dinamometamorfismo producido por

las presiones en sentido tangencial que han formado el pliegue. Es interesante hacer notar, que tanto las estrías que aparecen en los lisos de las calizas de la cubierta, como la de las pizarras y margas que toman la estructura filádica, son horizontales y parecen indicar movimientos de traslación con grandes rozamientos de una capa sobre otra en el sentido de la dirección, es decir, normal al de la formación del pliegue. Estos movimientos, fácilmente explicables si el trazado de la dirección de la cordillera fuera curvo y posterior a su pliegue, no se comprenden bien siendo éste rectilíneo.

Es también dudoso que este metamorfismo sea debido al termometamorfismo producido por las erupciones volcánicas terciarias que, tanto en Tres Forcas como en el Monte Mauro, están en contacto con el pliegue, ni a la acción química de las fumarolas y fenómenos póstumos de aquéllas, pues se presenta a todo lo largo de la cordillera en lugares ya alejados de dichas erupciones, aunque en líneas generales parece disminuir su intensidad de Levante a Poniente.

Este intenso metamorfismo, que en trabajos anteriores nos ha inducido a designar con el nombre de «estrato-cristalino» a estos terrenos, y la carencia de fósiles, que es su consecuencia, impide fijar la edad, aunque por la naturaleza de las rocas y el orden en que se presentan, nos inclinamos a suponerlas mesozoicas y jurásicas en su mayor parte.

Esta cordillera, cuya dirección permanece constante a todo lo largo de nuestra Zona Oriental, y en su cruce con la de Tensaman domina en dirección, parece señalar que la influencia del escudo SO. llega hasta ella, y que del otro lado domina ya la del escudo de Alhucemas.

El macizo de Beni-bu-Ifrur, en el que se presenta la serie desde el Lías hasta el Neocomiense, tiene una estructura complicada, motivada por la proximidad de las erupciones volcánicas, y termina por Occidente en una falla en dirección

N.-S.; pero la rama Sur del anticlinal lleva la dirección general ENE.-OSO., y después de desaparecer bajo los depósitos miocenos y cuaternarios de la llanura del Garet, reaparece siguiendo la misma dirección en el agudo anticlinal de los Tistutin, desapareciendo en Batel al chocar con el borde de la región Atlásica, hasta que pasado el Busfedauen, término del mismo, vuelven a aparecer los pliegues en la dirección general, pero aumentados por una mayor compresión, posiblemente debida a un avance del macizo subtabular del SE.

Los depósitos miocenos (burdigalienses y vindobonienses) que rellenan las depresiones que separan a las cordilleras de esta segunda región, y que cubiertas en gran parte por depósitos cuaternarios forman las grandes llanuras de la cuenca del Kert y su prolongación en Guelaya, la del Garet, Zoko-el-Arbaa de Arkeman y la vega del Jemis de Tensaman, aparecen en posición de depósitos normales en sinclinal apoyados en los bordes de las cuencas. El burdigaliense presenta dos facies, según se apoya en las calizas de la región tabular, en donde aparece en forma de molasas o calizas detríticas, o en los flancos de la serie pizarreña plegada, en los que consiste en un conglomerado rojizo muy característico. Pueden observarse estas dos facies en los bordes de la cuenca miocena de Ain-Zora, en el borde SE., la primera, y en las montañas rojas a Poniente del Zoko-el-Sebt de Ain-Amar, borde NO., las segundas. En esta cuenca la regularidad de los depósitos miocenos aparece rota por numerosos asomos triásicos, motivados por la tectónica salífera.

Los depósitos del Saheliense sólo aparecen a Levante del meridiano que pasa por la desembocadura del Kert.

Sobre las arcillas del vindoboniense en la costa, entre Afrau y Sidi-Driss, existe una arenisca grosera o pudinga marina que se explota por los indígenas para construir muelas de molino, y que señala una antigua playa situada a 60 metros

sobre el nivel actual del mar, recubierta por el cuaternario rojizo, cota que corresponde a la más alta de las tres inferiores líneas de ribera fijadas en Argelia por el general De Lamothe; es probable que la serie de terrazas cuaternarias, que allí aparecen sobre ella, coincidan con los niveles superiores indicados por el citado general.

En esta segunda región aparece el Trías compuesto de arcillas irisadas, sal, yeso y ofitas, es decir, con facies germánica; sus afloramientos, en general orientados según líneas tectónicas, van aumentando de Norte a Sur, y abundan sobre todo en la región comprendida entre el Nekor y la meseta del Tendri, prolongación del Rif Meridional y del Pre-Rif de la zona francesa, en donde forman pliegues diapiros que atraviesan los depósitos posteriores. La zona del Pre-Rif penetra en nuestro Protectorado entre Tisi-Ukli y Ain-Zora, y parece terminar por el Norte al Sur del Busfedauen.

Como se verá después, es ésta una de las zonas que consideramos puede tener interés para la investigación de los petróleos.

Es interesante hacer notar que en esta región existe en el monte Azrú-Uchan un afloramiento paleozoico consistente en bancos de pudingas en dirección E.-O., con buzamiento al Norte, intercalados en pizarras, afloramientos que por su facies litológica puede pertenecer al Permiano, viene bordeado por el Sur y Este, en contacto anormal, por el Trías, y su posición es de difícil interpretación tectónica.

*Tercera región.* — Hemos incluido en ésta a la cordillera de Tensaman, que en dirección N.-S. nace en el Cabo Quilates, y parece chocar al Norte del Zoko-el-Arbaa de Taurirt con la cadena de Beni-Said, descrita en la región anterior. Por su composición se diferencia poco de ésta, y sobre ella, y en la proximidad del Cabo Quilates, existe la más occidental de las erupciones traquiandesíticas costeras que hemos

señalado como características de aquella. Nos ha inducido, sin embargo, a separarla su dirección N.-S. que pudiera explicarse por un movimiento hacia el SE. del núcleo de Alhucemas.

La vertiente oriental de esta cadena que forma la margen izquierda del Amekran, está constituida por el senonense sin metaformismo, y sobre él aparece bien desarrollado el burdigaliense (facies pudinga roja), sobre el que a su vez se apoyan los depósitos arcillosos del vindoboniense, que cubiertos a trechos por el cuaternario, rellenan la depresión del Zoko-el-Jemis de Tensaman.

Culmina esta sierra en el Bu-Messaud (1.230 metros) y en el Karn (1.131 metros), formado este último por pizarras y potentes bancos de cuarcitas, apareciendo en sus proximidades un afloramiento de gabros. La vertiente occidental es pizarrosa y metamórfica.

### **Consideraciones generales sobre yacimientos petrolíferos**

El problema geológico del petróleo es sumamente aleatorio y su estudio, aunque va lentamente avanzando, puede decirse que se halla en sus comienzos, o sea en el período de las hipótesis teóricas.

En su conjunto abarca problemas de carácter químico, como es el de su origen o formación, y problemas de carácter físico, como son los de su acumulación, depósito y conservación.

La teoría química demuestra que pueden existir hidrocarburos de origen animal, vegetal y mineral; pero en la naturaleza, siendo el petróleo bruto una mezcla de hidrocarburos complejos en continua transformación por influencia de las presiones, de las temperaturas o de las rocas en contacto, no

es posible con los conocimientos químicos actuales determinar su primitiva composición, ni, por lo tanto, el verdadero origen de estos petróleos.

Cabe dentro de la posibilidad que en el gran laboratorio de la naturaleza se encuentren petróleos procedentes de cada una de estas fuentes, pero la mayoría de los geólogos se inclinan hoy a suponerles un origen orgánico, animal o vegetal, aunque a nuestro juicio el origen sólo puede suponerse *a posteriori* una vez conocidas las características geológicas y tectónicas de cada cuenca petrolífera, las que desde luego pueden orientar más respecto a su origen que el estudio químico de la composición de los petróleos.

En el caso que nos ocupa de los petróleos marroquíes, por las razones que luego expondremos, nos inclinamos a la hipótesis del origen orgánico, principalmente animal, como la más aceptable para su formación en pequeños y diseminados yacimientos primarios contenidos en las margas irisadas del Triás y su acumulación y depósito posterior, merced a la tectónica de los terrenos salinos en yacimientos secundarios, que cuando reúnen especiales condiciones son los únicos susceptibles de ser industrialmente utilizables.

Son cuatro, por lo tanto, los elementos principales que vamos a examinar para poder informar acerca de las probabilidades de existencia en la Zona Oriental de yacimientos petrolíferos:

- 1.º Rocas madres en donde ha podido formarse el petróleo.
- 2.º Rocas depósitos o receptoras en donde ha podido almacenarse.
- 3.º Rocas de cobertura que lo han conservado impidiendo por su impermeabilidad y estructura su evaporación y oxidación; y
- 4.º Accidente tectónico que ha podido motivar la acumu-

lación del petróleo producido en la roca madre y facilitar su emigración y depósito posterior en la roca receptora.

Estudiaremos sucesivamente estos cuatro elementos en la Zona Oriental.

#### ROCAS MADRES

La existencia de rocas madres está demostrada por las manifestaciones hidrocarbурadas exteriores que se presentan a lo largo de la banda externa del arco bético rifeño.

Las opiniones de los geólogos que han estudiado estas regiones acerca de cuál es en ellas la roca madre originaria del petróleo son muy variadas:

1.º Gavala sostiene que la roca madre única del petróleo de Cádiz son las arcillas salíferas del Triás.

2.º Yovanovitch opina que en Marruecos la sal es la roca madre del petróleo.

3.º Daguin cree que, o bien el petróleo proviene de un substratum triásico, o bien se encuentra en las arenas intercaladas en las arcillas vindobonienses. El haberse cortado en los sondeos de Ain Hamra y Sidi-bu-Mlid arenas de foraminíferos le indujeron a esta segunda hipótesis.

4.º Joleaud dice que «la atribución del papel de roca madre a las margas del Helvético-Tortonense estaría justificada por la abundancia en estas formaciones de conchas de foraminíferos; de estos microorganismos provendrían originariamente los hidrocarburos».

5.º Termier piensa que el Helvético no contenía en el origen ni petróleo ni hidrocarburos gaseosos. Es el Triás el que los ha llevado, pero no cree que éste sea la roca madre del petróleo, que supone tiene un yacimiento más profundo que la sal.

6.º Lacoste sostiene que los caracteres subneríticos de la

sedimentación de las arrugas del Rif Meridional y del Pre-Rif, los repetidos descensos de los surcos, a los cuales han sucedido muchas veces depósitos laguno-marinos, indican la posibilidad de formación del petróleo en diferentes edades durante el secundario y el terciario.

Nuestra opinión coincide en absoluto con la de nuestro distinguido compañero Sr. Gavala, que en su documentado informe sobre las regiones petrolíferas de Andalucía, expone una serie de razonamientos sumamente atendibles en apoyo de su tesis, que no repetimos aquí por estar ya publicadas y no alargar este informe.

A mi llegada a Marruecos en 1907 presencié una serie de fenómenos naturales en Mar Chica que pueden explicar perfectamente la formación de los hidrocarburos en las arcillas salíferas del Triás. Esta laguna, antes de que se practicara la apertura artificial de la Bocana en 1910, se hallaba separada del mar por el cordón litoral de la Restinga. La activa evaporación que existe en aquellas latitudes y los pocos aportes de aguas continentales dada la escasez de lluvias, habían motivado el descenso del nivel de la laguna por debajo del del mar y la concentración de sales llegaba a tal extremo que los peces morían por exceso de salsedumbre, y sus cadáveres, arrojados por el viento y las corrientes a la orilla, se depositaban sobre ésta formando montones aislados en las ensenadas de la costa, que entraban en descomposición. Si entonces lluvias torrenciales hubieran arrastrado lodos que enterraran estos organismos bajo un manto arcilloso, se hubieran reunido todas las condiciones necesarias para la formación de los hidrocarburos y a continuación la de los criaderos salinos. Pero los depósitos de hidrocarburos producidos en esta forma deben encontrarse esparcidos y diseminados en las arcillas ocupando los lugares de los primitivos montones de peces muertos, y por ello en la mayor parte de los casos no pueden tener la suficiente capaci-

dad para poder dar lugar a una explotación industrial. Es necesario que posteriormente a su formación ocurra algún fenómeno geológico que produzca la concentración de estos pequeños depósitos en uno que ya por su capacidad pueda dar lugar a aquella explotación, y esto es lo que puede verificarse, como luego veremos, motivado por las presiones tangenciales y la acción tectónica de los terrenos salíferos que es consecuencia de ella.

Ahora bien: como la cantidad de hidrocarburos según esta hipótesis, tiene que estar en relación con la abundancia de la fauna marina y ésta no es constante en un mar, sino que abunda sólo en determinados lugares, puede darse el caso que la misma roca madre sea rica en unas zonas y pobre o estéril en otras.

#### ROCA DEPÓSITO

Las condiciones que necesita una roca para poder almacenar hidrocarburos son las mismas que para poder contener mantos acuíferos, es decir, permeabilidad.

Esta suele clasificarse en los trabajos hidrológicos en dos clases: permeabilidad en pequeño o porosidad, cuando la roca es detrítica y presenta pequeños intersticios o poros que puede rellenar el líquido, y permeabilidad en grande, cuando la roca es compacta y el líquido puede ocupar las oquedades, grietas y fracturas que la misma contiene.

El primer tipo es el más conveniente, lo mismo para los trabajos de investigaciones hidrológicas que para las petrolíferas, pues conociendo el espesor y estructura de la capa porosa es posible calcular de antemano su capacidad probable y las profundidades a que puede cortarse por medio de sondeos. En cambio, en el segundo tipo, como no es posible precisar desde la superficie ni el tamaño de los huecos ni la

situación que ocupan, no puede preverse de antemano ni la capacidad de depósito ni el lugar en que debe ubicarse el sondeo para alcanzar el yacimiento.

Al primer tipo corresponden las arenas, gravas, areniscas, etc., y al segundo las calizas, margas, rocas eruptivas, etcétera.

Examinando desde este punto de vista las formaciones mesozoicas y terciarias que componen la Zona Oriental, observamos la escasez de rocas del primer tipo y la abundancia de las del segundo.

Las investigaciones ejecutadas en la zona francesa han demostrado hasta ahora que los yacimientos contenidos en los depósitos detríticos o del primer tipo que se encuentran en lentejones intercalados en las margas arcillosas, cretáceas y terciarias son de poca capacidad y que allí los sondeos que han cortado depósitos más importantes, que son los del monte Tselfat, han encontrado el petróleo en rocas del segundo tipo en las calizas del Lías que allí se presentan muy resquebrajadas.

#### ROCAS DE COBERTURA

Las condiciones que deben reunir estas rocas son la de ser impermeables y cubrir en forma de domo o cúpula a las rocas depósito para impedir la salida de los hidrocarburos contenidos en éstas al exterior.

En la región que estudiamos pueden servir de roca cubierta, por su impermeabilidad, las margas existentes en el Jurásico, Cretáceo y Eoceno, pero sobre todo las arcillas del vindoboniense que reúnen, en cuanto a impermeabilidad y alta posición en la serie de los terrenos que componen la zona, excelentes condiciones para servir de cubierta conservadora y protectora a las rocas depósito.

#### ACCIDENTE TECTÓNICO DE CONCENTRACIÓN Y DEPÓSITO

Las presiones internas debidas a la contracción terrestre, al actuar sobre las masas plásticas, margas irisadas, yesos y sal del Triás, que hemos supuesto roca madre del petróleo, pueden motivar la separación de ésta y agrupación en su periferia de los depósitos de hidrocarburos esparcidos en ella, en forma análoga a la de una esponja que se comprime y desprende el líquido que contiene, y estos hidrocarburos, siguiendo el camino abierto por el empuje de la masa plástica sobre las rocas del techo, al elevarse pueden ponerse en contacto con rocas permeables e impregnarlas, y si su estructura es adecuada por existir rocas de cobertura en condiciones apropiadas, se formará un yacimiento petrolífero accesible por medio de sondeos.

Es por tanto el estudio de estos accidentes, hoy designado con el nombre de tectónica salífera, el más interesante para orientar la investigación petrolífera en esta región.

El proceso de ascensión de la masa salífera triásica, según su estado más o menos avanzado, se manifiesta al exterior, o bien por un afloramiento triásico, cuando ha llegado ya a la superficie rompiendo las capas superficiales, o bien por un domo con núcleo interior triásico cuando no ha roto aquéllas, o por un anticlinal con eje de la misma sustancia.

En el primer caso puede la masa triásica al levantar las capas del contorno hacer aflorar la roca depósito permeable y entonces los hidrocarburos han podido desaparecer los más volátiles por evaporación, y los menos, según su composición, transformarse en betunes o asfaltos por oxidación; pero puede también, según la velocidad relativa de formación del pliegue con la de la ascensión de la sal al atravesar las capas superiores, formarse el pliegue diapiro, adelgazándolas en bisel y

sellar con las impermeables de cobertura las permeables de depósito, impidiendo con ello la salida de los hidrocarburos. En este caso, para alcanzarlos habrá que situar los sondeos en los flancos laterales.

En el segundo caso, que es el ideal en teoría, cuando la capa impermeable recubre el domo, los hidrocarburos deben ocupar por orden de densidades la zona más elevada de la capa permeable de la bóveda interior y los sondeos deben situarse en la cúspide del domo, y en el tercer caso tienen que ubicarse sobre el eje del anticlinal.

El estudio de estos accidentes, lo mismo en la zona Pre-Rifeña que en la Pre-Pirenaica de España, ha puesto de manifiesto que se encuentran siguiendo las grandes líneas tectónicas de la región, ejes anticlinales, ejes sinclinales y fallas del substratum herciniano.

Fundándose en esto, los trabajos de investigación deben llevarse sobre estas líneas que, como decimos, se presentan jalonadas en el exterior por los asomos triásicos que, en general, afloran en formas ovaladas con un eje mayor orientado según aquellas direcciones.

Por tanto, los primeros trabajos a realizar para la investigación deben consistir en el estudio estratigráfico detallado de los accidentes anteriores trazando los cortes transversales de ellos, comenzando por los lugares en donde se han observado manifestaciones exteriores, y una vez obtenidos éstos podrá, según su resultado, aconsejarse o no la ejecución de sondeos. Algunos de estos trabajos requerirán desde luego la ejecución de pequeñas obras de reconocimiento, como son pocillos, pequeños sondeos, etc.

### Manifestaciones petrolíferas

Existen numerosas manifestaciones exteriores, pizarras, calizas y dolomías bituminosas, exudaciones de petróleo, manantiales sulfurosos, etc., que se presentan en una ancha banda externa al arco Bético-Rifeño, que pasa por las provincias de Sevilla y Cádiz en España, continúa por la región de Larache en nuestro Protectorado de Marruecos y sigue en el francés por El Garb, Rif Meridional y Pre-Rif, volviendo a penetrar en la parte oriental de nuestra zona.

Todas estas manifestaciones exteriores sobre la zona externa de la curva que forma el trozo Bético-Rifeño del sistema alpino y su posición análoga a la de los yacimientos de Rumania, situados también sobre la zona externa de los Cárpatos del mismo sistema, llamaron la atención desde el primer momento y dieron lugar en la zona francesa a investigaciones petrolíferas, en las cuales se han empleado ya más de 90 millones de francos.

Es general en toda esta banda la existencia del Trías con facies germánica, que se encuentra o bien al descubierto o formando el substratum y tapado por formaciones posteriores o atravesando estas formaciones por intrusiones debidas a la tectónica salífera.

Fué estudiada la zona Sevilla-Cádiz por nuestro compañero Sr. Gavala, la de Larache y El Garb lo es por los Ingenieros de la Comisión Geológica de Marruecos encargados de la zona occidental, y la del Rif Meridional y Pre-Rif lo ha sido por M. Lacoste, M. Daguin y otros distinguidos geólogos franceses.

Como se ha dicho, la prolongación del Rif Meridional y Pre-Rif penetra en nuestra zona oriental y es interesante para

su estudio dar una idea de las manifestaciones exteriores y los resultados obtenidos por las investigaciones de los franceses en su zona a lo largo de esta región.

Conviene señalar que de toda la banda indicada la región más abundante en manifestaciones exteriores es la comprendida en la zona francesa.

Las impregnaciones y exudaciones de petróleo son conocidas en el Pre-Rif francés desde el Fekra al Oeste hasta Tizrutin al Este, es decir, sobre unos 200 kilómetros de longitud. Se pueden clasificar éstas en cuatro grupos, que son: las del Garb, las de Cheraga y la de Tizrutin, situadas sobre una línea aproximadamente paralela a la cadena del Rif, y las de Tselfat (hasta ahora las más importantes por los resultados obtenidos), que se encuentran al Sur de la línea anterior y en el borde externo de la curva.

Las impregnaciones, exudaciones del Garb, Cheraga y Tizrutin aparecen en el cretáceo o terciario, pero en relación siempre con el Trías, y las del Tselfat en el Lías (Domeriense y Toarciense), acompañadas de aguas sulfurosas.

La situación de todas estas manifestaciones y los resultados hasta ahora obtenidos no parecen contradecir la hipótesis que hemos supuesto acerca de la formación de los yacimientos petrolíferos, con el objeto de orientar los trabajos de investigación en nuestra Zona Oriental, porque dadas las especialísimas condiciones que se requieren para la formación de los hidrocarburos, cuesta trabajo admitir que esas condiciones hayan podido concurrir en formaciones tan variadas como el Domeriense Toarciense, Cretáceo y Terciario.

Se observa que todos estos terrenos son posteriores al Keuper, al que hemos supuesto roca madre, que éste existe en el substratum de toda esta región, que son frecuentes en esta formación los manantiales, y se observa también que el petróleo se ha encontrado más abundante en los terrenos más

próximos a la roca madre y al mismo tiempo situados más al borde del arco externo Bético-Rifeño, lo cual parece también de acuerdo con la teoría expuesta, porque con arreglo a ella, al separarse los hidrocarburos de la roca madre a causa de las presiones a que ésta haya sido sometida, deben tender a acumularse en el sitio de menor presión, que es el borde externo de la curva.

### Región oriental

Las únicas y escasas manifestaciones exteriores que hasta el presente se han observado en nuestra Zona Oriental consisten en irisaciones atribuidas a hidrocarburos en las aguas del Nekor, en las proximidades del Zoko-el-Arbaa de Taurirt, cerca de asomos triásicos; en el hallazgo de unas dolomías negras triásicas con pequeñas cavidades desprendiendo al fracturarlas un fuerte olor a petróleo en la vertiente occidental del Harcha en Beni-bu-lfrur, observadas cuando se abrió el camino militar a la posición de dicho nombre, y en unas manchas bituminosas en las proximidades de Punta Negri sobre las arenas litorales y basaltos que forman el cabo y que parecen depositadas por el mar y es posible procedan de alguna manifestación hidrocarburada sumergida, cuyos residuos arrastran sobre la costa las corrientes marinas.

\* \* \*

Resumiendo lo expuesto, y para poder formarse idea acerca de las probabilidades de existencia de yacimientos petrolíferos en la región oriental de acuerdo con la teoría expuesta, los resultados obtenidos hasta ahora son los siguientes:

1.º *Rocas madres.* — Las manifestaciones exteriores en esta región son de poca importancia, lo que puede interpre-

tarse en sentido pesimista como pobreza o poca riqueza de hidrocarburos en la roca madre o en sentido optimista como resultado de mejores condiciones en las estructuras y rocas de cobertura.

2.º *Rocas depósito.* — Las rocas permeables del primer tipo escasean y abundan las del segundo, que por los trabajos ejecutados en la zona francesa parecen ser allí las de mayor rendimiento, pero que por la incertidumbre para la ubicación de los sondeos resultan más costosos los trabajos de investigación.

3.º *Rocas de cobertura.* — Existen varias formaciones favorables para este tipo de rocas, pero sobre todo las arcillas del vindoboniense, que abundan, reúnen excelentes condiciones para ello.

4.º *Accidentes tectónicos salíferos.* — Son muy abundantes en la prolongación del Rif Meridional y Pre-Rif dentro de nuestra zona (Alto Nekor y región de Ain-Zora).

### Propuesta de plan de trabajos

Las manifestaciones exteriores son, a pesar de su poca importancia, las que deben guiar las exploraciones en un principio, y, por tanto, de acuerdo con lo anteriormente expuesto, proponemos se efectúen en la forma siguiente:

1.º *Zona del Alto Nekor y Ain-Zora.* — Basándose en las cartas topográficas del Depósito de la Guerra, escala 1 : 25.000, hacer el estudio geológico de esta zona con los cortes estratigráficos transversales de las diversas líneas tectónicas principales que jalonan los asomos triásicos.

Estos asomos se encuentran unos siguiendo la dirección NE.-SO., que es la de los pliegues y deben obedecer a los ejes anticlinales y sinclinales, y otros en dirección E.-O. y N.-S., que pueden tener su origen en las fallas del substratum.

2.º *Zona del monte Harcha (Beni-bu-Ifrur)*. — Estudio análogo en esta zona, detallando su estructura y ejecutando algunos trabajos que pongan al descubierto las capas que al abrir el camino militar hace años dieron manifestaciones hidrocarbурadas, hoy día ya desaparecidas, para comprobar si vuelven a encontrarse en profundidad dichas manifestaciones.

3.º *Zona de Punta Negri*. — Convendría efectuar algún reconocimiento en el mar con objeto de poder comprobar si las manchas bituminosas existentes en dicho lugar son efectivamente depositadas por él, y en caso afirmativo tratar de situar a ser posible el lugar en donde aparecen, por si pudiera relacionarse su emergencia con alguna de las líneas tectónicas de la costa.

Con objeto de impedir que de verificarse trabajos de investigación de petróleos en esta zona, pudieran aprovecharse de ellos empresas o particulares que no los han llevado a cabo, juzgamos conveniente se soliciten con antelación los permisos de investigación correspondientes a los terrenos afectados por aquéllos, de acuerdo con el reglamento Minero del Protectorado, que fué un acuerdo internacional, pues es dudoso que con arreglo al mismo sean válidas las declaraciones de zonas reservadas para petróleos hechas por el Servicio de Minas, aunque el que en la zona francesa se haya adoptado después de nosotros el mismo procedimiento refuerce dicha validez.

Madrid, enero de 1935.



ENRIQUE DUPUY DE LÔME Y JAVIER MILÁNS DEL BOSCH

Ingenieros de Minas

## LA ESTRUCTURA DE MZORA (EL UTAUIEN)

### **Introducción**

Hemos proseguido este año la investigación de nuevas estructuras geológicas favorables para la acumulación del petróleo en toda la zona costera de la Zona Atlántica de nuestro Protectorado.

Esta labor es sumamente larga y pesada debido a los escasísimos caracteres diferenciales de las principales formaciones, casi todas arcillosas, que integran el suelo de esta región.

Es necesario recorrer el territorio casi palmo a palmo para hallar en esos enormes valles rellenos de tierras arcillosas, donde se entremezclan las diluviales con las formadas a expensas de los estratos, removidos por los instrumentos de labranza, del Cretáceo, del Eoceno y del Mioceno, el menor cortecito que permita ver los estratos.

Únicamente en las hoyas excavadas en las manchas de los arroyuelos que surcan los valles o en alguna ladera montañosa algo más pendiente se presentan los estratos que permiten al menos fijar la estratigrafía de la región, ya que la determinación específica de la edad de los bancos pétreos únicamente puede efectuarse posteriormente en el laboratorio paleontoló-

gico por la determinación de los conjuntos de faunas de foraminíferos microscópicos.

Hemos recorrido en esta campaña casi toda la región comprendida entre la alineación de cercos suessonienses de la formación llamada de Tarkuntz, por ser en este monte donde culminan sus estratos, y la costa atlántica entre Arcila y Larache, buscando nuevas estructuras geológicas que convenga investigar por si encerrasen acumulaciones de hidrocarburos líquidos y gaseosos.

En este estudio hemos hecho caso omiso de las llanuras del Sahel, donde están cubiertas las formaciones anteriores por el plioceno sabuloso, no porque no existan estructuras, unas veces la prolongación de las conocidas y otras anticlinales completamente ignorados, sino porque esto exigiría la perforación de centenares de sondeos a mano que cruzasen el manto arenoso.

Estos taladros habrían de ser muy someros, muchas veces de sólo seis u ocho metros y casi nunca de más de 20 metros, pero es desde luego inútil e inconveniente efectuar este trabajo, en conjunto largo y costoso, si existen estructuras descubiertas que no están ocultas por el Plioceno.

El día que se hayan investigado los domos y anticlinales descubiertos, sobre todo si el éxito ha acompañado a los sondeos, habrá llegado la hora de acometer el examen de las estructuras infrapliocenas.

En cambio, nos hemos ocupado muy especialmente del examen de la comarca situada al Este de las planicies pliocenas, pues además de todas las circunstancias favorables de las estructuras de la costa, reúnen la importantísima de conocerse manifestaciones petrolíferas al Este y Oeste de la alineación meridiana a que corresponden.

Efectivamente, el anticlinal de Dxar-Yedid, con su cúpula salina hidrocarbonada, está más a Poniente de la zona exami-

nada con más detenimiento, y las pequeñas fuentes petrolíferas del río Jarrub en la hoja de Megaret y de las proximidades de Dar-Xaui están algo más a Saliente.

Sería completamente ocioso el relatar minuciosamente, valle por valle y colina por colina, con todos sus caracteres petrográficos y stratigráficos, la zona recorrida con resultado negativo.

Vamos a fijarnos en esta breve nota únicamente en una estructura favorable para la acumulación del petróleo, descubierta recientemente en nuestras correrías y que reúne condiciones muy particulares, y nos referimos con esto al anticlinal de Mzora, situado a unos cinco kilómetros al NE. del Tzenin de Yamani.

### **Anticlinal de Mzora**

*Descripción geológica.*—En esta comarca afloran en corto trecho casi todos los términos de escala geológica representada en la región.

El núcleo del anticlinal está formado por el terreno que menos superficie presenta en la hoja, o sea el Triásico.

Hay que advertir que no conocemos ni un solo afloramiento triásico próximo; los más cercanos están en Dxar-Yedid y en el Jemis del Sahel, ambos con apuntamientos de ofita, roca eruptiva que no aparece en la estructura que describimos.

El Triás de Mzora queda limitado a una alineación rocosa de varios centenares de metros de largo por muy poca anchura, en general menos de 10 metros, si bien es posible que las hiladas más blandas estén cubiertas por las tierras de labor.

La fajita triásica es principalmente calcárea, con bancos de calizas magnesianas gris claras, en general muy metamorfizadas.

También se encuentran masas de calizas arenosas con grandes cristales exagonales de mica plateada.

Una roca blanquecina contiene espléndidos cristales de difiro, algunos de más de diez centímetros de largo por uno de diámetro.

En el Triás se encuentran grandes masas y vetas de barita blanca cristalizada, lo cual demuestra que no sólo ha habido una acción de metamorfismo por la presencia de rocas hipogénicas de los bancos triásicos, sino una fractura con una importante acción filoniana hidrotermal.

Esta fajita triásica no surca la cumbre de la colina, sino que corre a media ladera alineada N. 20° E. y con sus bancos aproximados a la vertical, pero inclinados al Oeste.

Por el Poniente queda limitado el Triásico por las margas del Cretáceo superior, piso senonense que en este punto son azoicos, pero contienen las bolas de caliza silícea amarilla y núcleos de pedernal negro, característicos de este tramo en la región.

Hay que advertir que la determinación específica de estas hiladas cretáceas se ha efectuado unos kilómetros más al Sur, donde se han excavado una serie de pocillos según una alineación transversal y se han examinado las muestras al microscopio, encontrando especies foraminíferas típicas del Cretáceo.

Al Este de Cudia Chafran, integrada por margas suessonenses, reaparecen en el valle del Harrano Xarkan las margas senonenses, que por este rumbo tienen una extensión y desarrollo verdaderamente enormes.

La alineación Cudia Chafran-Cudia Arremel es suessonense, aflorando las arcillas blanquecinas en un pequeño puerto que separa ambas colinas.

Esta faja suessonense, arrumbada del N.-NE. al S.-SO., está en discordancia angular con las demás fajas de la forma-

ción, que en gran regularidad conservan la dirección casi rigurosamente meridiana.

Esta dirección anormal es debida seguramente a que el suessonense ha sido desplazado a lo largo de la línea de fractura triásica.

El suessonense en el puertecito citado anteriormente inclina 80 grados al O.-SO., siendo difícil el explicar su relación estratigráfica con el Cretáceo del Xarkan. Esto únicamente puede determinarse por medio de un estudio de detalle y perforando varios pocillos que atraviesen las tierras de labor. Nada de extraño tendría que en esta faceta de montaña las margas, que al parecer se apoyan en las suessonenses, sean tortonienses y no senonenses.

En fin, es este problema muy interesante, pero que actualmente no podemos dilucidar.

Estos son los terrenos que forman la estructura del Mzora, pero aun afloran otros en la proximidad que conviene citar.

Tal sucede con el luteciense con arcillas, margas y areniscas con pistas e impresiones vegetales que se extiende por toda la falda oriental de la meseta de Tzenin, siendo muy difícil efectuar su deslinde con el Cretáceo de la ladera occidental del Cudia Chafran, dado el parecido de las rocas que integran ambos sistemas geológicos, la falta de cortes naturales o artificiales de los estratos y el estar cubiertas ambas formaciones en el valle por tierras de labor.

El bartoniense aparece muy bien caracterizado en Tahar, al SE. del Tzenin, donde hay una interesantísima estructura examinada ya con detalle, en la cual en pocos metros afloran varios términos de la serie geológica.

Esta alineación bartoniense pierde altura hacia el Nrote y al Poniente de la Cudia.

El Harce se sumerge en el llano, pero es muy posible que

llegue hasta el paralelo de la estructura de Mzora, si bien recubierta por el Plioceno.

Este último terreno se extiende por el Dakar-Xidri, parte integrante de la meseta de Tzenin, pero no tiene interés al objeto de nuestro estudio.

*Interpretación stratigráfica.*—Es imposible efectuar una interpretación razonada en esta estructura sin efectuar su estudio detallado por medio de pocillos que pongan al descubierto los estratos recubiertos por tierras de labor y formaciones de ladera.

En el corte adjunto indicamos la solución que nos parece más racional en vista de los datos que poseemos, sin que nos atrevamos a determinar la naturaleza de los terrenos que afloran en el flanco oriental del anticlinal por encima del suessoniense.

Nosotros estimamos que la estructura de Mzora es un anticlinal con falla y salto, lo cual es causa de que sean disimétricos los terrenos geológicos que afloran a ambos lados del mismo.

Es decir, se trata de un anticlinal del tipo de los rumanos de Ochiuri, descrito por uno de nosotros (1).

Únicamente la presencia de rocas eruptivas a lo largo de la falla recuerda el caso de algunos yacimientos mejicanos.

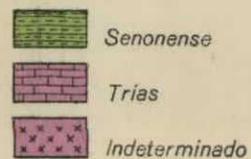
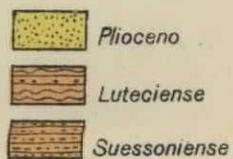
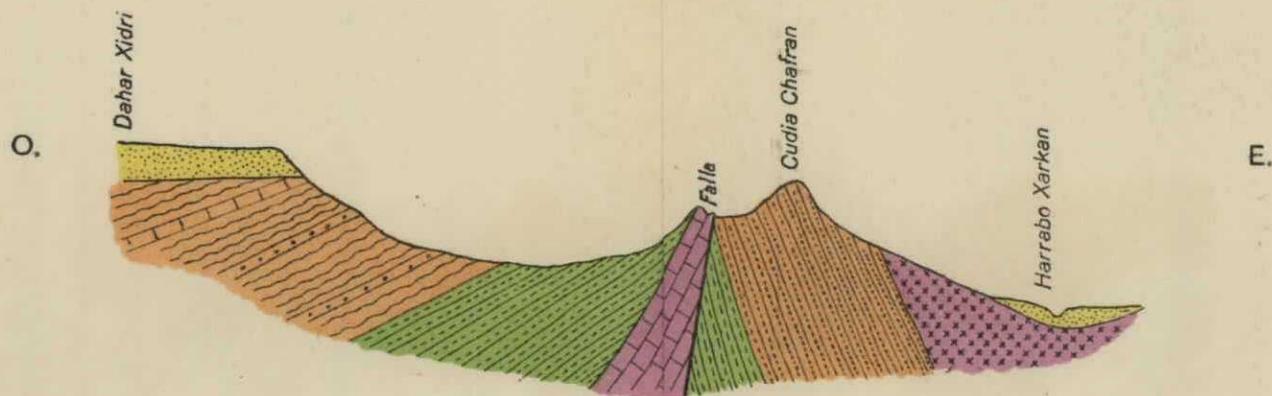
Esto es todo cuanto actualmente, dado el avance de nuestras investigaciones, puede hoy en día manifestarse acerca de la curiosa estructura geológica de Mzora.

Madrid, diciembre de 1934.

(1) E. DUPUY DE LÔME: «Industria petrolífera rumana.» *Bol. del Instituto Geol. y Min. de España.*—Tomo LIII.



### CORTE POR LA ESTRUCTURA DE MZORA



JUAN DE LIZAUR Y AUGUSTO GÁLVEZ-CAÑERO

Ingenieros de Minas

## ESTUDIOS PALEONTOLÓGICOS DE LOS TERRENOS DE LA ZONA ATLÁNTICA

### **Estudios paleontológicos Estructura de Bu-Mehedi**

Las labores de esta estructura han sido clasificadas, por los foraminíferos que contienen, como Cretáceo superior (Senonense).

Teniendo en cuenta sus caracteres paleontológicos se pueden dividir los pocillos en tres clases:

1.º Los que no contienen foraminíferos, que son los números 392, 394, 395, 400, 401 y 411.

2.º Labores que contienen foraminíferos, pero que no se encontraron especies características, números 377 y 391.

3.º Labores en las que se encontraron especies como *Rzehakina*, *Reussia*, *Rosalina linnei* y *R. stuarti*, que determinan el Senonense. Se han encontrado también, hasta ahora, acompañando a las *Rosalinas*, la *Gaudryina lævigata* y con más frecuencia la *Gaudryina lævigata* var. *pyramidata*.

Como sería interminable el hacer la descripción de todas las especies encontradas en cada pocillo, haremos solamente la de algunos, ya que todas las faunas son parecidas y las diferencias son solamente de tamaño, número de cámaras, etcétera.

FAMILIA AMMODISCIDAE. *Ammodiscus*. — Concha planispiral compuesta de un proloculum y un segundo tubo arrollado de una manera regular en un plano; abertura en el final del tubo. Diámetro, 0,5 milímetros (fig. 1).

*Glomospira*. — Tiene un proloculum y un segundo tubo



Fig. 1.

Fig. 2.

arrollado en varios planos; abertura en el final del tubo. Tamaño, 0,25 milímetros (fig. 2).

FAMILIA LITUOLIDAE. *Haplophragmoides coronata*. — Especie planispiral con varias vueltas, involuta, finamente arenácea; abertura en la última cámara. Está muy deformada debido a las presiones que ha sufrido. Tamaño, 0,5 milímetros (fig. 3).

*Cribrostomoides*. — Planispiral, compuesta de muchas cá-



Fig. 3.

maras aumentando de tamaño gradualmente. La abertura está compuesta por una serie de orificios redondos.

*Cyclammia*. — Concha muy comprimida, muro de un material muy fino, liso por el exterior, interiormente con estructura laberíntica; abertura curvada en la base de la cara de abertura.

FAMILIA TEXTULARIIDAE. *Textularia*. — Especie comprimida biserial con la línea de sutura en zigzag, primeras cáma-

ras enrolladas; abertura típicamente arqueada en el margen interno; no se aprecia bien porque está algo rota.

FAMILIA VERNEULINIDAE. *Gaudryina lævigata* var. *pyramidata*. — En las primeras cámaras es triserial, después biserial, en sección transversal cuadrangular; abertura en el borde interno. Tamaño, 0,5 milímetros (fig. 4). Esta la hemos encontrado siempre acompañando a las *Rosalinas*, que son características del Senonense.

FAMILIA SILICINIDAE. *Rzehakina*. — Planispiral, comprimida; abertura estrecha, muro silíceo, exteriormente sólo se



Fig. 4.



Fig. 5.

distinguen dos cámaras. Tamaño, 0,25 milímetros (fig. 5). Esta especie es característica del Cretáceo superior.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*. — Especie planispiral, simétrica bilateralmente, involuta; cámaras, de 8 a 14, forma triangular vista de lado; abertura en la periferia alargada y radiada; de este género se han encontrado muchas especies

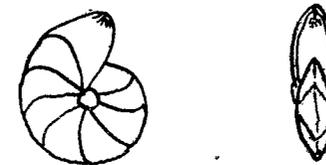


Fig. 6.

que se diferencian en las suturas, borde carenal, número de cámaras, etc. Diámetro, 0,5-1 milímetros (fig. 6).

*Dentalina*. — Especie alargada, arqueada, con 4 a 7 cámaras en una línea, suturas oblicuas; abertura radiada excéntrica (fig. 7).

*Nodosaria*. — Especie alargada, muchas cámaras en una



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.

línea. Suturas deprimidas; abertura central radiada (figs. 8 y 9).

*Lagena sulcata*. — Unilocular, abertura radiada, muro con costillas longitudinales (fig. 10).

*L. hispida*. — Se diferencia de la anterior en la ornamentación del muro, que en ésta es de espinas (fig. 11).

FAMILIA HETEROHELICIDAE. *Planoglobulina*. — Cámaras globulares, primeras planispirales, después se extienden llegan-

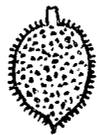


Fig. 11.



Fig. 12.

do a formar líneas de cuatro y más cámaras, todas en un plano. Tamaño, 0,20 milímetros (fig. 12).

*Bolivinooides*. — Concha comprimida romboide, ornamentación característica, biserial; abertura en el borde interno de la última cámara. Tamaño, 0,20 milímetros (fig. 13). Este géne-

ro es frecuente en el Cretáceo superior de Europa y América (Venezuela, Trinidad, etc.).

FAMILIA BULIMINIDAE. *Reussia*. — Especie claramente tri-



Fig. 13.



Fig. 14.

serial, triangular en sección transversal; abertura oblicua en la cara triangular (fig. 14).

FAMILIA ROTALIIDAE. *Gyrodina*. — Especie trocoide, lado ventral convexo, ombligo pequeño profundo, abertura en lado ventral; tiene una pequeña depresión en forma de canal junto al borde carenal por el lado dorsal.

*Eponides*. — Concha trocoide biconvexa, el área umbilical cerrada con un botón; abertura entre la periferia y el área umbilical en el lado ventral.

FAMILIA GLOBOROTALIIDAE. *Rosalina linnei*. — Concha trocoide, cámaras globulares, redondeadas; una abertura en

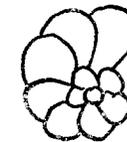
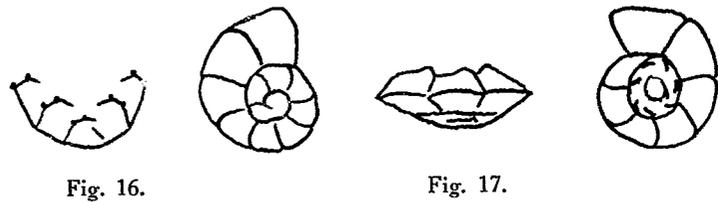


Fig. 15.

cada cámara por el lado ventral, borde periférico con una doble carena. Diámetro, 0,25 milímetros (fig. 15).

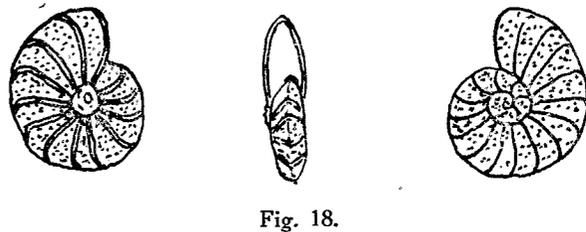
*R. Linnei* var. *caliciformi*. — Se diferencia de la anterior en su mayor concavidad del lado ventral, en el que se ve la doble carena del borde. Exteriormente tienen el mismo aspecto. Representamos un corte en la figura 16.

*R. stuarti*. — Parecida a la *R. linnei*, de la que se diferen-



cia en el aspecto poligonal de las cámaras y en su borde carenal sencillo (fig. 17).

FAMILIA ANOMALINIDAE. *Anomalina*. — Concha trocoide, lado dorsal plano, ventral convexo, muro calizo perforado,



saturadas arqueadas; abertura periférica extendiéndose por el lado dorsal (fig. 18).

Los pocillos comprendidos en este grupo son 373 a 376, 375 y 379, 382 a 390, 393, 396 a 399, 402 a 410, en todas, ambos inclusive.

### Estructura de Sidi-Aomar-er-Riahi.

En esta estructura hay también labores, en las que no se han encontrado foraminíferos. Son los pocillos números 340, 341, 342, 357, 358, 359, 364, 365, 366, 370, 371 y 372.

El pocillo 345 es completamente distinto a todos los que se han estudiado hasta ahora, pues la muestra, después de preparada en este Laboratorio, se compone únicamente de cristales de yeso de gran tamaño y forma variada.

Pasamos a describir los pocillos que contenían foraminíferos.

*Pocillo número 310*. — La fauna encontrada tiene caracteres miocenos.

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*. — Está formada de varias cámaras en línea recta o algo curvada; los individuos que se presentan en la preparación tienen dos cámaras globulares aplastadas por la presión, no están completos, tienen materiales finos aglutinados; están mal conservados. Tamaño de cada cámara, 1 milímetro.

FAMILIA AMMODISCIDAE. *Ammodiscus*. — Concha planispiral compuesta de un proloculum y un largo tubo enrollado que compone la segunda cámara. Abertura en el final de la segunda cámara. Muro aglutinante; por transparencia se ven los granos de arena, etc. Tamaño, 1,5 milímetros.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cribrostomoides*. — Los ejemplares de este género suelen presentarse muy deformados, y es difícil verles la posición, forma y tamaño de la abertura. Tamaño, de 0,5 a 1,5 milímetros.

*Ammobaculites*. — Las primeras cámaras enrolladas, y las últimas en línea recta. Está mal conservado.

FAMILIA TEXTULARIIDAE. *Vulvulina*. — Le falta la parte

final, y sólo conserva la primera parte planispiral y algunas de las cámaras biseriales. Hay otro ejemplar que no tiene cámaras planispirales, empieza en las biseriales (dos cámaras) y no conserva las uniserials. Los dos son arenáceos con materiales muy blancos. Tamaño, 1 y 1,50 milímetros respectivamente. Hay una *Vulvulina* joven que en su desarrollo no ha llegado a las cámaras uniserials.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*. — Está muy mal conservada.

FAMILIA POLYMORPHINIDAE. *Guttulina*. — Cámaras alargadas piriformes, colocadas efectuando un giro de 144 grados



Fig. 19.

como en las *Quinqueloculinas*. Figura 19 vista de lado y corte transversal. Abertura terminal y radiada, suturas deprimidas. Tamaño, 1 milímetro.

FAMILIA NONIONIDAE. *Nonion*. — Concha planispiral involuta simétrica lateralmente; 10 cámaras, aumentando de tamaño rápidamente; abertura en arco colocada en la base de la cara de abertura; suturas deprimidas. No se ha encontrado más que un ejemplar de tamaño muy pequeño, 0,2 milímetros.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Gyroidina*. — Concha trocoide, ombligo profundo, cámaras redondeadas, siete en la última vuelta, sutura deprimida, aberturas en el lado ventral, muro calizo brillante. Tamaño, 0,1 milímetro.

*Eponides*. — Concha trocoide, biconvexa, abertura en el

lado ventral hacia la periferia, seis cámaras en la última vuelta. Suturas radiales en el lado ventral; hay varios ejemplares que tienen poca diferencia.

FAMILIA CHILOSTOMELLIDAE. *Chilostomella?* — No está bien conservada, y por eso no se puede hacer con certeza la clasificación; pero por su forma ovoidal y por lo poco de muro que queda, nos parece que se trata de este género. Tamaño, 0,50 milímetros.

FAMILIA GLOBIGERINIDAE. *Globigerina*. — Las primeras cámaras son trocoides, pero la siguiente, debido a la rapidez con que aumentan de tamaño, dan al ejemplar una forma subsférica. Cámaras globulares (8 a 12). El muro está lleno de espinas o de poros que cubren todas las cámaras; abertura en el ombligo, otras tienen varias. Tamaño, 0,25 milímetros.

FAMILIA ANOMALINIDAE. *Cibicides*. — Concha plano-convexa trocoide, aplastada por el lado dorsal, abertura periférica, extendiéndose por el lado dorsal; las suturas no se ven bien, pues está mal conservada.

Entre todas las especies descritas, no hay ninguna que podamos considerar como característica. El conjunto de la fauna nos parece corresponde al Mioceno, sin poder apreciar exactamente el piso.

*Pocillo número 311.*

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*. — Concha formada por tres cámaras individualizadas; muro arenáceo compuesto de granos gruesos.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Haplophragmoides coronata*. — Especie planispiral, compuesta de muchas cámaras; está deformada. Tamaño, 2 milímetros.

*Cribrostomoides*. — Parecido a los descritos en el pocillo anterior.

*Cyclammina*. — Concha involuta, muro arenáceo de mate-

rial muy fino; 13 cámaras. Las suturas están poco marcadas. Diámetro, 1 milímetro (fig. 20).

FAMILIA LAGENIDAE. *Dentalina*. — Concha arqueada, cámaras uniseriales, alargadas, suturas poco marcadas, abertura

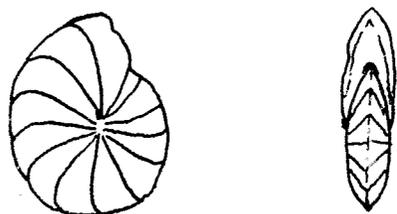


Fig. 20.

excéntrica, muro con unas estrías longitudinales muy finas; cinco cámaras. Longitud, 2 milímetros.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Eponides*. — Este individuo es más abultado que los descritos en el pocillo anterior.

FAMILIA CHILOSTOMELLIDAE. *Chilostomella?* — Está algo mejor conservada que la del pocillo 310. Un ejemplar está roto, se ven las cámaras anteriores y cómo se efectúa el recubrimiento de las cámaras.

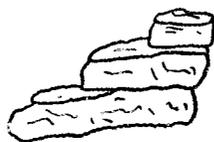


Fig. 21.

No se puede determinar la edad de estas margas, tal vez sean miocenas:

*Pocillo 312.*

FAMILIA HYPERAMMINIDAE. *Hyperammmina*. — Concha compuesta de un proloculum y un largo tubo; muro compuesto de granos de arena, abertura en el final de tubo. Longitud, 1 milímetro.

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*. — Cámaras aplastadas en número de tres; aumentan rápidamente de tamaño (fig. 21).

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cribrostomoides*. — *Cyclammina*.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Eponides*. — Lado dorsal plano, ventral muy convexo. No están claras las suturas y la separación de las cámaras. Diámetro, 1 milímetro.

No se puede precisar la edad de los foraminíferos.

*Pocillo 314.*

FAMILIA AMMODISCIDAE. *Ammodiscus*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Ammobaculites*. *Cyclammina*. — Estas especies son comunes a todos los terrenos y, por lo tanto, no se puede determinar la edad de esta labor.

*Pocillo 315.*

Sólo se ha encontrado una especie de *Cyclammina* (Familia *Lituolidae*).

*Pocillo 316.*

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Haplophragmoides*, *Cribrostomoides*, *Cyclammina*.

FAMILIA GLOBIGERINIDAE. *Globigerina*. — Todas las especies están muy deformadas y mal conservadas.

*Pocillo 317.*

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cribrostomoides*, *Cyclammina*.

*Pocillo 318.*

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cribrostomoides*, *Cyclammina*.

FAMILIA TEXTULARIIDAE. *Vulvulina*. — Este individuo no ha llegado a su completo desarrollo y sólo tiene las cámaras primeras, suturas poco deprimidas. Tamaño, 0,5 milímetros.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Eponides*. — No se ha podido determinar la edad.

*Pocillo 319.*

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*.

FAMILIA AMMODISCIDAE. *Ammodiscus*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cyclammina*.

*Pocillo 321.*

FAMILIA TEXTULARIIDAE. *Vulvulina* joven.

FAMILIA MILIOLIDAE. *Quinqueloculina*. — Concha enrollada en cinco planos formando ángulos sucesivos de 144 grados, cinco cámaras completan una vuelta; abertura redonda en la última cámara, con un diente. Tamaño, 0,5 milímetros.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*. — Planispiral con simetría bilateral, cámaras numerosas, muro finamente perforado. Abertura radiada en el borde periférico de la última cámara.

*Cristellaria Hah. 6.* — Ombligo translúcido, líneas de suturas curvadas ensanchando hacia la periferia, filete carenal ancho, abertura alargada. Nueve cámaras. Está algo deteriorada. Esta especie está descrita en el Helveciense de Ain-Hamara.

*Dentalina adolphina ?*. — Concha uniserial; se conservan solamente cuatro cámaras que tienen unas ornamentaciones espinosas en la parte media. Abertura terminal con un cuello. Longitud, 1,5 milímetros.

*Nodosaria*. — Especie alargada, las cámaras en línea recta en número de seis, suturas poco marcadas, abertura terminal redonda, radiada.

FAMILIA NONIONIDAE. *Nonion*. — Parecida a la descrita en el pocillo 310.

FAMILIA BULIMINIDAE. *Uvigerina hispida*. — Concha trise-riada alargada, cámaras globulosas, muro espinoso, abertura redonda en el final de un cuello, siete cámaras. Longitud, 0,5 milímetros.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Eponides*. — Lado dorsal plano con poros grandes, lado ventral convexo, suturas mal conservadas.

FAMILIA CASIDULINIDAE. *Pulvinulinella*. — Especie trocoide, todas las cámaras visibles en el lado dorsal, en el ventral se ve sólo la última vuelta. Suturas oblicuas en el dorsal, ra-

diadas en el ventral. Abertura paralela al plano de enrollamiento.

FAMILIA GLOBIRERINIDAE. *Globigerina*.

FAMILIA ANOMALINIDAE. *Cibicides*. — Concha trocoide, todas las vueltas se ven en el lado dorsal, en el ventral se ve sólo la última vuelta; abertura periférica extendiéndose hacia el lado dorsal.

La fauna tiene caracteres de Miocena.

*Pocillo 322.*

En esta labor se han encontrado gran cantidad de especies, entre las que destaca el *Eponides cocoaensis*, que es característica del Aquitaniense.

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*. — Ya descrita en labores anteriores.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Haplophragmoides coronata*. *Cri- brostomoides*, *Cyclammina*.

*Ammobaculites*. — Primeras cámaras enrolladas, últimas

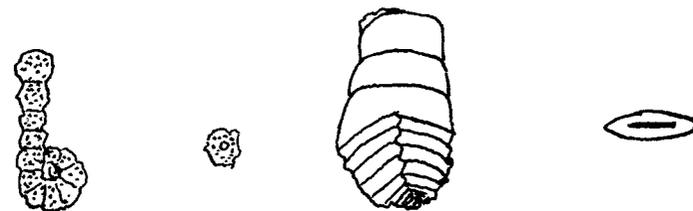


Fig. 22.

Fig. 23.

colocadas típicamente según una línea recta, muro arenáceo, abertura terminal y circular. Tamaño, 15 milímetros (fig. 22).

FAMILIA TEXTULARIIDAE. *Textularia*. *Vulvulina colei*. — Concha comprimida, primeras cámaras biserials, últimas uniserials, muro arenáceo, abertura alargada y terminal. Tamaño, 1 milímetro (fig. 23).

FAMILIA VERNEULINIDAE. *Gaudryina*.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*. *Marginulina*. *M. dubia*,  
*Dentalina*, *Lagena costata*.

FAMILIA NONIONIDAE. *Nonion*.

FAMILIA HETEROHELICIDAE. *Nodogenerina*. — Especie alargada uniserial, las cámaras van aumentando de tamaño, suturas deprimidas; abertura terminal, central y redonda. En la abertura se las distingue de los *Lagenidae* en que la tienen radiada y éstos no.

FAMILIA BULIMINIDAE. *Siphonodosaria*. — Concha alargada, cámaras en una serie rectilínea, globulares; aberturas gran-



Fig. 24.

des, redonda con un cuello y un labio. No está bien conservada y por eso está incompleta la parte final.

FAMILIA ELLIPSOIDINIDAE. *Pleurostomella*. — Especie biserial, la abertura es un arco en el lado interno de la última cámara (fig. 24).

*Ellipsonodosaria*.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Gyroidina*, *Eponides*, *Rotalia*, *Eponides cocoaensis*. — Concha algo cónica, lado ventral un poco convexo, lado dorsal con la convexidad más aguda, alrededor de once cámaras. Suturas en el lado ventral radiadas, algo curvadas, poco deprimidas; en el lado dorsal la sutura espiral está bien clara; las suturas entre cámaras son oblicuas, poco diferenciadas; el lado ventral suele estar groseramente perforado.

Abertura ventral hacia la periferia. Tamaño, 0,25 milímetros (fig. 25). Cushman describe en el vol. IV, part. 3.<sup>a</sup>, plancha 10 de sus *Contribution from the Cushman Laboratory for For-*



Fig. 25.

*miniferal Research*, un ejemplar del Eoceno de Cocoa (Alabama), que tiene gran semejanza con el encontrado por nosotros.

FAMILIA GLOBIGERINIDAE. *Globigerina*.

FAMILIA ANOMALIDINAE. *Anomalina*. *A. grosserrugosa*, *Cibicides*. — Por el *Eponides cocoaensis* se ha clasificado esta labor de Aquitaniense.

*Pocillo 323*.

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*.

FAMILIA AMMODISCIDAE. *Ammodiscus*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cribrostomoides*. *Cyclammina*.

FAMILIA LAGENIDAE. *Dentalina*.

FAMILIA GLOBIGERINIDAE. *Globigerina*. — Especie tro-



Fig. 26.

coide, cámaras globulares, aumentando mucho de tamaño, muro calizo con gruesos y numerosos poros; abertura grande en el ombligo (fig. 26).

Ninguna de las especies encontradas sirven para clasificar con certeza.

*Pocillo 329.*

Parecido al 323; de las especies encontradas, no hay ninguna de un piso determinado.

FAMILIA REOPHACIDAE. *Hormosina*.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Ammobaculites*, *Cribrostomoides*, *Cyclammina*. — Sobre una *Cyclammina* se encuentra la especie parásita *Ammolagena*, que se compone de un proloculum ovoidal y una segunda cámara tubular alargada; abertura en el final de la segunda cámara. Pertenece a la familia *Ammoscididae*.

FAMILIA VERNEUILINIDAE. *Gaudryina*.

*Pocillo 333.* — Aquitaniense.

Este tiene las mismas especies que la labor 322, aunque menos rica en ejemplares. Son iguales y por eso nos abstendremos de describirlos. La clasificación se hizo también por un *Eponides cocoaensis*.

*Pocillo 343.*

Contiene esta labor muy pocas especies, que no han servido para hacer su determinación.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*, *Nodosaria*.

FAMILIA ROTALIIDAE. *Cyroidina*, *Eponides*.

*Pocillo 344.*

Sólo se han encontrado especies de una familia.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cyclammina*, *Cribrostomoides*, *Haplophragmoides coronata*.

*Pocillo 345.*

Esta preparación contenía un solo ejemplar de *Cyclammina* (Familia *Lituolidae*).

*Pocillo 351.*

FAMILIA LITUOLIDAE. *Cyclammina*.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*.

FAMILIA HETEROHELICIDAE. *Spiroplectoides* (roto).

FAMILIA BULIMINIDAE. *Uvigerina hispida*.

FAMILIA GLOBIGERINIDAE. *Globigerina*.

Esta labor contiene la especie *Spiroplectoides* que se considera como más baja del Eoceno, así es que pudiera ser Cretáceo (?).

*Pocillo 362.*

La forma es parecida a la del anterior, sólo que no contiene a las *Spiroplectoides*. No se puede determinar la edad.

*Pocillo 369.*

En éste la fauna tiene aspecto cretáceo, aunque no contiene ningún foraminífero característico.

FAMILIA LITUOLIDAE. *Ammobaculites*, *Cribrostomoides*.

FAMILIA LAGENIDAE. *Cristellaria*, *Dentalina*, *Nodosaria*, *Lagena*.

FAMILIA BULIMINIDAE. *Uvigerina*.

FAMILIA NONIONIDAE. *Nonion*.

FAMILIA GLOBIGERINIDAE. *Globigerina*.

\* \* \*

Para los nombres de las especies y la clasificación de los géneros en sus familias respectivas, hemos seguido las normas de la obra de Joseph Cushman: *Foraminifera their classification and economic use*, segunda edición, agosto 1933.

A. MARÍN Y S. PIÑA

## APLICACIÓN DEL ESPECTRO AL ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN DE LAS MENAS POTÁSICAS

### **I. -- Coloración de las sales potásicas**

La cuenca potásica española descubierta en Suria en el año 1913 ha sido estudiada e investigada desde entonces con gran interés con fines científicos e industriales. Desde bien antiguo llamó la atención del hombre los famosos yacimientos de sal común de Cardona, que produjeron la admiración de grandes naturalistas como Plinio, Bowles, Dufrenoy, Cordier, Serres, Trail, Joly y tantos otros que dieron noticias muy interesantes sobre los mismos. Todos estos visitantes no reconocieron los minerales de potasa que se presentan en la superficie, pues no se puede dar caracteres de descubrimiento a la insinuación hecha por Dufrenoy, respecto a que encontró polihalita, pues sabido es que este mineral no existe en Cardona.

Sin embargo, a todos ellos les llamó la atención las coloraciones rojizas de la sal, algunas de éstas debidas a las sales potásicas. Cordier, por ejemplo, habla, entre otras varias, de las clases de sal común: de las blanco o rojiza y rojo de carne, que probablemente corresponderían a sales potásicas. En la

descripción que en 1861 hace Riba del museo de sal gema de Cardona, cita algunos ejemplares de sal común, que sin duda deben ser también de  $K_2O$ , como aquellas que llaman jaspes, y otros que define como de color de carne de buey recién cortada.

Joly en 1839 (1), estudió la coloración rojiza de la sal de los lagos del departamento de Herault, y manifestó que en la coloración de la sal nada tiene que ver la presencia de *Artemia salina* como se había dicho, y que aquélla es debida a pequeños animales inferiores. Andousin observó que la *Artemia salina* colorea de rojo las sales, según experiencias hechas en Montpellier, y que ofrece dicho crustáceo sólo ese color en el canal intestinal.

En trabajo posterior, en 1840, Serres (2), estudió unas muestras procedentes de Cardona, y observó que los infusorios son más raros, más pequeños y menos distintos que en las muestras que precedentemente había estudiado de otros países europeos. Analizó unas muestras verdosas, y supone con Joly, que los infusorios a los cuales atribuyen la coloración rojiza son blancos en su nacimiento, verdes en la edad media, y no toman hasta la edad adulta el color rojizo. Esta propiedad servía para explicarle la coloración verdosa de la muestra analizada y la rojiza de otras.

Trabajos posteriores han puesto de manifiesto que la coloración roja es debida a compuestos de hierro. Así, Razumovakaya (3), al estudiar las inclusiones de las sales potásicas al microscopio encuentra que están formadas por laminitas exagonales pardo-rojizas, agujas oscuras y grumos criptocrystalinos pardo-rojizos, que somete a varias reacciones y llega a la conclusión de que están constituidas por hematites.

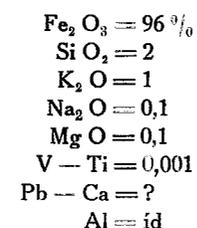
(1) *C. R. Acad. de Sc. de Paris.* — Vol. 9, pág. 570.

(2) *Nouvelles observations sur les infusoires de sels gemmes.*

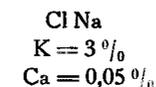
(3) *Ann. Inst. d'An. Phy.-Chim.* (Leningrade), 4 (2), 506, 1930.

El complejo de inclusiones de minerales de hierro en la carnalita, parece el mismo en todos los ejemplares recogidos a muy diferentes profundidades. Powers (1), también atribuye a compuestos de hierro el color rojo de las sales de Suria y Cardona.

Trabajos hechos en nuestro laboratorio, han puesto de manifiesto la verdad del aserto anterior. Con objeto de cerciorarnos sobre la naturaleza de estas inclusiones en las carnalitas navarras, disolvemos en agua 5 gramos de este mineral, escogiendo los trozos más rojizos posible, quedando como residuos unos copos de idéntico aspecto de hidrato de hierro recién precipitado, pero algo más rojizo, el cual bien lavado se desecó; los pocos miligramos así recogidos, se analizaron en la zona ultravioleta, y dieron un espectro que, interpretado cuantitativamente, arroja la siguiente composición:



Mas en la silvinita y carnalita se presentan unas inclusiones azuladas de tinte violáceo que hemos estudiado en nuestro laboratorio. Espectralmente contienen:



El color azul es debido al sodio coloidal (formado acaso por reducción provocada por sustancias orgánicas).

(1) «Origen del color roig de les sels potassiques de Cardona i Surie.» — *Ciencia* — Any III, núm. 22, Barcelona, 1929.

## II.—Determinación de cantidades elevadas de K, Na y Mg por el método espectrográfico

Se han realizado trabajos de investigación y explotación hasta el presente en la cuenca potásica subpirenaica que se extiende desde Cataluña a Navarra y que ocupa la base de la formación oligocena, superpuesta en su mayor parte al eoceno marino, menos en el borde Norte catalán, donde debe hacerlo en parte sobre terrenos secundarios.

Dos cuencas potásicas hay principales: la catalana, con tres importantes minas en explotación, y la navarra, en donde sólo se han hecho trabajos de investigación que han dado por resultado el descubrimiento de un importante yacimiento potásico.

La formación salina se puede considerar secundaria, pues debió arrebatar los cloruros potásicos y magnésicos (más solubles que las otras sales que se suelen presentar en los yacimientos que deben su origen a desecación de aguas marinas) a antiguos depósitos triásicos.

La composición mineralógica del yacimiento es sencilla: en la base, sal común de gran potencia; encima, capas de silvinita con sal común, y en la parte alta, carnalita con la misma ganga.

A más de esas tres sustancias se encuentra arcilla, margas, yeso, anhidrita, y como sales muy raras la bischofita, hallada en Suria, y la polihalita, hallada en un sondeo en Vilanova la Aguda y en Suria. La posición estratigráfica de esta polihalita con relación a las otras sales es la misma que en Alemania.

\* \* \*

En nuestro laboratorio de Espectrografía hemos hecho estudios para determinar de un modo cuantitativo las sales

potásicas españolas y el resultado lo exponemos a continuación.

No solamente es posible dosificar espectralmente las pequeñas cantidades que como impurezas encierra un mineral, sino que, utilizando concentraciones debidas de un metal, es factible la determinación de porcentajes del mismo relativamente elevados. En el caso del sodio y potasio, Lucas (1) indicó la posibilidad de determinarlos espectralmente con errores del orden de 10 por 100. Nosotros, empleando los métodos en uso en nuestros laboratorios (2) y aplicándolos el Na y K, hemos logrado provisionalmente resultados aceptables (que esperamos mejorar).

El análisis de una muestra se hace añadiendo a la misma el 3,32 por 100 de litio y volatilizando en el arco a 110 voltios y seis amperios la cantidad de 0,05 gramos.

Previamente se han establecido series cuantitativas de referencia para ver si el incremento de la intensidad con la concentración seguía una ley. Estas escalas han dado buenos resultados, los que vamos a detallar a continuación (fig. 4):

La escala de sodio y potasio, tomando el litio como término de comparación, se preparó teniendo en cuenta la composición de la silvinita Cl K, la de la sal gema Cl Na y el peso reducido del Li en el Cl Li. Cada uno de los términos contiene invariablemente el 3,32 por 100 de litio; por esta razón no hemos podido sobrepasar la concentración de 41,92 por 100 de K y la de 31,5 por 100 de Na en los dos extremos de la serie.

(1) H. LUCAS.—*Zeit. f. anor. chem.*, 195-321, 1931.

(2) *Bol. del Inst. Geol. y Min. de España*. 1931 y 1932.

	Gramos	K	Na	Gramos	Silvinita	Cloruro lítico
1.º	100	41,92	0	0	K = 52,4 en 100	Li = 16,6 en 100
2.º	90	37,8	3,15	10	41,92 en 80	+ 3,32 en 20
3.º	80	33,6	6,3	20		
4.º	70	29,4	9,45	30		
5.º	60	25,2	12,6	40		
6.º	50	21,0	15,75	50		
7.º	40	16,8	18,9	60		
8.º	30	12,6	22,05	70	Sal gema	Cloruro lítico
9.º	20	8,4	25,2	80		
10.º	10	4,2	28,35	90	Na = 39,4 en 100	Li = 16,6 en 100
11.º	0	0	31,5	100	31,5 en 80	+ 3,32 en 20

La escala de espectrogramas para establecer la curva relativa al sodio se hizo con los términos 2.º, 3.º, 6.º y 8.º La escala para el potasio se formó con los términos 4.º, 6.º, 8.º y 10.º

Los fotogramas obtenidos con el aparato Koch resultaron muy débiles para poderlos reproducir satisfactoriamente.

La interpretación del fotograma correspondiente a la escala cuantitativa del Na es la siguiente:

Concentración %	Na = 2853		Li = 3232		log. Na-log. Li.	log. negativo
	Li m m	log.	Li m m	log.		
22,05	14	14613	11,5	06070	08543	91457
15,75	19	27875	15	17609	10266	89734
9,45	24	38021	17	23045	14976	85024
6,3	32,5	51188	22	34242	16946	83054
3,15	33,2	52114	17	23045	29069	70931

Estos últimos datos llevados en ordenadas y las concentraciones de Na metálico en abscisas nos dan la curva representada en la figura 1. Vemos que los corrimientos de los puntos representan un error absoluto de un 12 por 100 en los casos más pronunciados, lo cual es bastante aceptable tratándose de los primeros ensayos cuantitativos que del sodio hacemos en nuestro Instituto.

Los fotogramas correspondientes a la serie de potasio se han interpretado del siguiente modo: se ha tomado el promedio de la opacidad de tres rayos del potasio de cuyo log. se resta el del promedio de dos rayos del litio; y lo hacemos así porque las rayas del K eran muy débiles a baja concentración

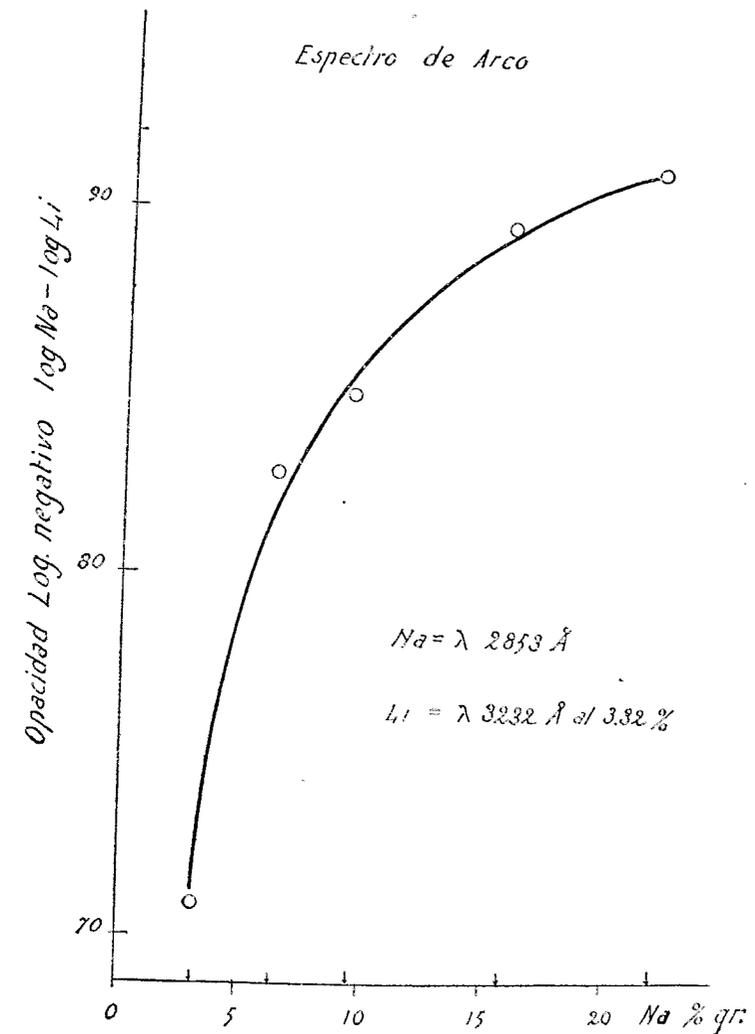


Fig. 1.

Promedio .....			Li promedio...			
$\left\{ \begin{array}{l} 3446 \\ 3212 \\ 3102 \end{array} \right.$			$\left\{ \begin{array}{l} 3232 \\ 2741 \end{array} \right.$			
$\frac{0}{100}$	$I_1$ m/m	log.	$I_1$ m/m	log.	log. K · log. Li	log. negativo
4,2	62,8	79796	15,2	18184	61612	38388
8,4	66,8	82478	19,2	28330	54148	45852
12,6	48,7	68753	16,7	22272	46481	53519
21	41,7	62014	21,2	32634	28380	70620
29,4	39,7	59879	23,5	37107	22772	77228

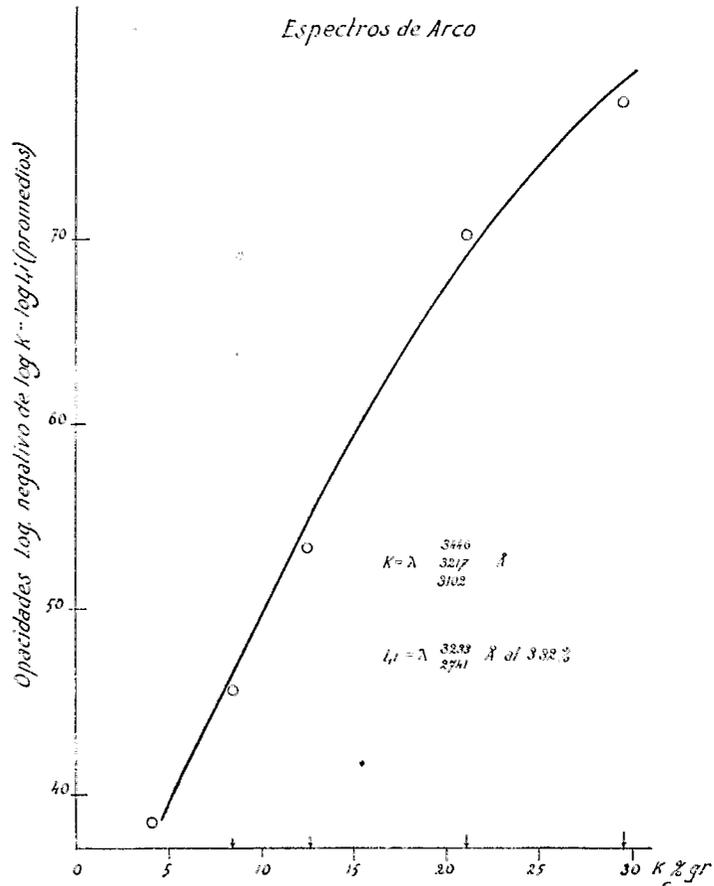


Fig. 2.

La gráfica correspondiente, representada en la figura 2, permite cerciorarse que los desplazamientos de las concentraciones respecto a la curva, representan un error inferior al 10 por 100 absoluto.

El magnesio también ha sido estudiado cuantitativamente tomando el calcio al 2 por 100 como elemento de referencia. En el cuadro siguiente indicamos las concentraciones de los

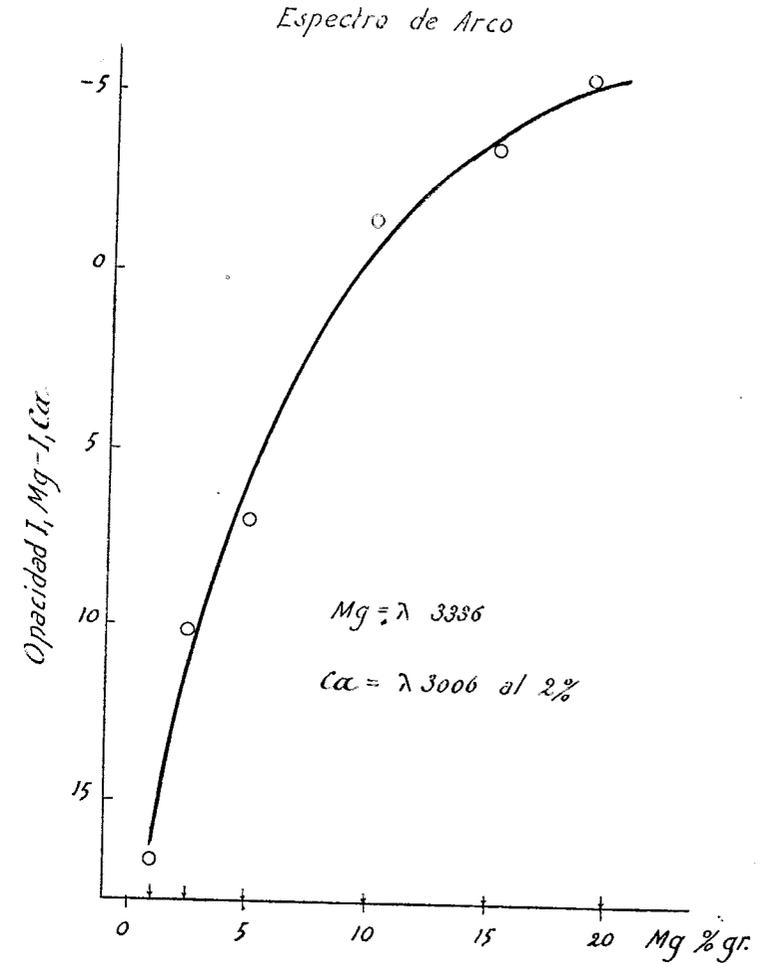


Fig. 3.

seis términos de la serie; la relación de opacidades se ha obtenido restando directamente el valor de  $I_1$  del Ca del  $I_1$  de la raya de Mg.

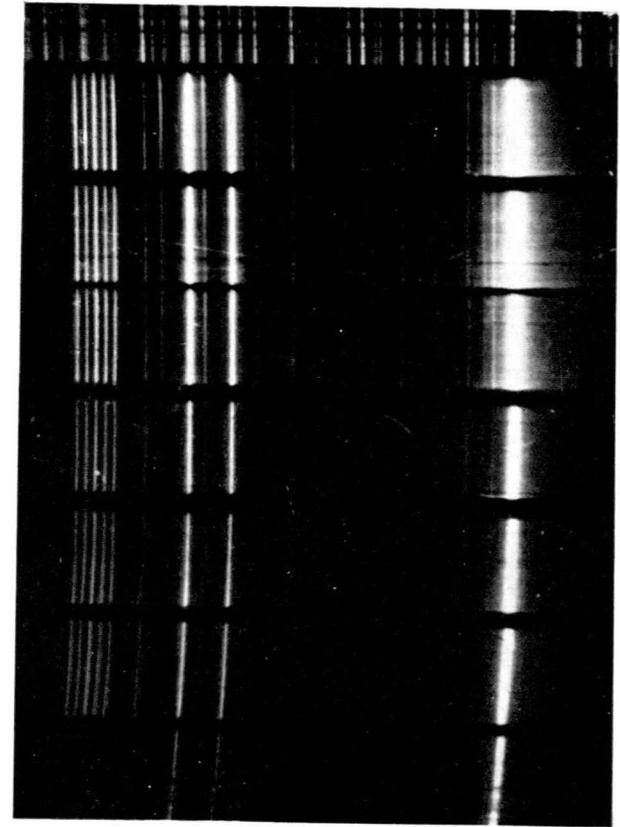
Mg %	$\frac{\text{Mg}}{= 3336}$ $I_1$ m/m	$\frac{\text{Ca}}{= 3006}$ $I_1$ m/m	Mg - Ca
20	4	9,5	— 5,5
15	5	8,5	— 3,5
10	6	7,5	— 1,5
5	19,5	12,5	7
2,5	20	10,5	10
1	23	6,5	16,5

La curva correspondiente muestra cómo los errores son del mismo orden que en caso de Na y K (fig. 3).

Como el magnesio en el segundo componente de la *car-nalita*, en rigor puede determinarse el valor del potasio conociendo el del Mg; para ello se multiplicará el porcentaje hallado de este metal por el factor 1,62 para tener el tanto por ciento de potasio en la carnalita, bastando un solo espectrograma y un fotograma para la valoración completa de esta sal. Ahora bien: los resultados obtenidos así por este método indirecto serán ligeramente inferiores a los reales por una sencilla razón: las carnalitas contienen una pequeña cantidad de calcio y al añadir nosotros el 2 por 100 a la muestra que se trata de analizar para que sus rayas nos sirvan de término de referencia, o sea, de rayas equivalentes, éstas serán ligeramente más intensas de lo que debieran y por ende harán bajar la relación de opacidad con las del Mg llevada en ordenadas y, por lo tanto, la concentración del Mg.

Para lograr resultados más exactos aún se fotografía en la misma placa el espectro del mineral problema, junto con dos términos de la escala cuantitativa, de modo que sean uno superior y el otro inferior al porcentaje del elemento que se trata de valorar, quedando así interpolado entre ellos.

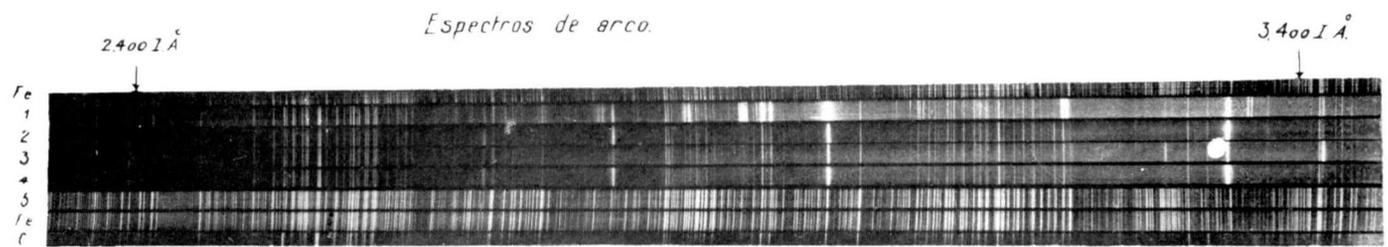
*Espectros de arco.*



20 %  
15 „  
10 „  
5 „  
2.5 „  
1 „  
0.1 „

*Escala del magnesio*

*Fig 4.*



1 Carnalite Navarra: 2 Sal gema Avigñó: 3 Silvinita Suria: 4 Sal gema Marruecos. 5 Pigmento rojizo

Fig. 5



### III. — Análisis de una sal gema de Marruecos

Por último unimos a este trabajo un estudio que uno de nosotros ha hecho (Piña) sobre una sal de Marruecos con objeto de dar conocimiento del método de trabajo que se sigue en el Laboratorio del Instituto Geológico y Minero de España.

Las tres muestras de sal gema marroquíes están totalmente desprovistas de K según demostró el espectro tomado directamente. Como presentaban Mg que pudiera proceder de una pequeña cantidad de carnalita, se procedió a la purificación de las tres muestras: 1.<sup>a</sup>, incolora y transparente; 2.<sup>a</sup>, gris más o menos mate, y 3.<sup>a</sup>, rojiza, disolviéndolas en agua hirviendo, filtrando y dejando que cristalizaran. El espectro obtenido con 0,05 gramos de la mezcla de las tres recristalizaciones solamente acusa el Na (espectro 4, fig. 5); el espectro 1 fué tomado directamente con una mezcla de las muestras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>, sólo contiene Na, 1 por 100 de Ca e indicios de Mg. Otro espectro de la muestra 3.<sup>a</sup>, directamente mezclada en proporción conveniente con Li y Ca para poder determinar el K si lo tenía y en su defecto el Na, por comparación con escalas obtenidas previamente; demuestra ser una sal gema que tiene el 20 por 100 de arcilla, la raya del Li 2.550 tiene la misma intensidad que la de Na 2.580, lo cual corresponde a 32 por 100 de Na, o sea, 80 por 100 de Cl-Na. Esta arcilla tiene más de 1/100.000 de vanadio.

Lo mismo se ha hecho con las otras sales alcalinas españolas y extranjeras para poder determinar cuantitativamente las pequeñas cantidades de los metales que las acompañan (fig. 5).

He aquí los resultados obtenidos en estos análisis preliminares.

*Sal gema = Cl Na*

Aviñó (Barcelona)...	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Mn y Ca} = ? \end{array} \right.$
Torá (Lérida).....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,3 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Sr} = 0,1 \\ \text{Pb} = 0,001 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Marruecos .....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cl Na} = 80 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Arcilla} = 20 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{(ésta tiene } 10^{-7} \text{ de vanadio).} \end{array} \right.$
Alsacia. .... (Parda entre silvinitas).	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 1,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Fe} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Sr} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Strassfurt blanca.....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{K} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Mg} = 4,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Transparente. ....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{K} = 0,2 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Mg} = 2,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$

*Silvinitas = Cl K*

Cardona.....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,3 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 1,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Li} = 0,01 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Suria.....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Navarra (rosa).....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 1,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
(gris).....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 24,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{K} = 12,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
(roja).....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 1,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Fe} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$

*Silvinitas = Cl K*

Alsacia (rosada) ..	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,05 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Strassfurt (blanca).	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,05 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 3,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
(rosa)...	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ca} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Na} = 10,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Mg} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Fe} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$

*Carnalitas = Cl<sub>2</sub> Mg K-6 H<sub>2</sub>O*

Suria.....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na} = 2,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Ca} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Ba} = ? \end{array} \right.$
Navarra.....	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na} = 16,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Ca} = 1,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Fe} = 0,1 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Si} = 0,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
Strassfurt (gris)...	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na} = 6,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Ca} = 1,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$
(rojiza)...	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na} = 5,0 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \\ \text{Ca} = 1,5 \text{ } \frac{\circ}{\circ} \end{array} \right.$

EMILIO DE JORGE

## EL EOCENO EN VIZCAYA

### **Unas explicaciones antes de entrar en materia**

Al tomar posesión de mi destino en el Distrito Minero de Vizcaya, mi propósito fué ocuparme del estudio geológico del mismo, y en especial del de la parte oriental, la cual, por ser pobre en industria minera, ha estado relegada a segundo término en esta clase de trabajos.

Desde luego, puesto enfrente de un mapa de Vizcaya no podía resignarme a creer que saliendo de Bilbao en dirección NE. se llegara hasta el mar, después de un recorrido de más de 25 kilómetros, sin haber salido del Cretáceo superior. Me parecía que habría de cortarse en ese trayecto algún sinclinal coronado por los depósitos terciarios.

Del mismo modo, si en los 45 kilómetros que hay desde el Gorbea hasta el Cabo Ogoño no hubiera variación en el buzamiento de los estratos, el espesor real del Cretáceo sería de 28 kilómetros, dada su inclinación. Y no pudiendo ser esto así, habrá pliegues; y en éstos, en los sinclinales, dadas las cotas que se atraviesan, algunas de más de 1.000 metros, parece que debe haber terrenos más modernos.

Apoyado en estos razonamientos, encaminé mis expedicio-

nes hacia la parte oriental de la provincia con la convicción de cortar alguna capa de Eoceno, siguiendo en dirección normal a los estratos. Efectivamente: en la primera expedición larga que hice el 26 de enero de 1925 encontré un trozo de roca perteneciente al Danés, para mí inconfundible, por estar familiarizado con él, pues se presenta con el mismo aspecto que en las canteras de San Sebastián y otros puntos de Guipúzcoa que conozco perfectamente.

Aclarada la existencia en Vizcaya del Danés y del Eoceno por mi pequeño trabajo presentado al Congreso Geológico celebrado en España en 1926, solicité y obtuve la competente autorización para continuar este estudio, fijando los límites de la mancha eocena que atraviesa la provincia de Vizcaya de NO. a SE., cerrándose al entrar en Guipúzcoa, en los montes de Elgueta.

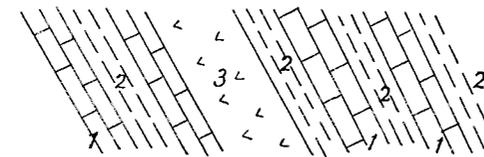
La escasez de fósiles en todo este país dificulta la labor, pero no por esto deja de verse con claridad meridiana toda la sucesión de capas, desde el Wealdense hasta el Eoceno medio. Además, los trastornos en el terreno son tan poco frecuentes, que puede seguirse la estratificación de las capas sin temor a equivocarse, con sólo poner en ello alguna atención. Por otra parte, hay líneas de referencia muy precisas, como son algunas capas que pueden seguirse en recorridos de muchos kilómetros sin variar su aspecto ni su composición. Singularmente el Danés tiene una importancia capital, pues aparte de lo interesante que puede ser su estudio, sirve de línea de separación entre los últimos tiempos de la era secundaria y los albores del Eoceno.

Hay otra línea de referencia muy precisa que ayuda a la diferenciación de las capas de la serie cretácea; es la línea de levantamientos de rocas hipogénicas, que constantemente, y semejando una roca estratificada, acompaña al Cenomanense; tanto, que, con licencia, podría decirse que son el fósil del

Cenomanense; hay, sin embargo, también en esta región, estas rocas en otros terrenos.

La constitución geológica de Vizcaya es muy monótona: un manchón verde, en sus dos tonos claro y oscuro, correspondientes al Cretáceo superior y al inferior, representaba hasta hace poco a esta provincia en el mapa del Instituto Geológico.

Partiendo de Portugalete hacia Santurce, se ven entre las edificaciones de aquella villa unas calizas y margas cenomanenses que corren en dirección NO.-SE., casi verticales, con buzamiento al NE.; y a veces, en sentido contrario, merced a plegamientos de las capas, que pueden obedecer a presiones del levantamiento traquéutico de Axpe. A la salida del túnel



de La Peñota hay una sucesión de capas, que Adán de Yarza da como cenomanenses, que se presentan en la forma siguiente:

1. Caliza dura, compacta.
2. Marga gris.
3. Brecha caliza, con fósiles.

Los fósiles de la capa 3, difícilmente clasificables, pueden ser restos de *Pleurotomaria* y de *Varicigera*; se encuentran otros más completos, entre ellos *Rynchonella* de gran tamaño, *Ostrea carinata* y *Pseudomelania*. La presencia de los dos primeros me induce a referir estos estratos al Wraconiense, aunque su facies y su coloración sean bien distintas de la de

los Wraconienses que conozco en otras localidades de Santander y de Navarra.

Entre Portugaleta y Bilbao se suceden las capas cretáceas, cortando oblicuamente la ría en ángulo muy agudo, y apareciendo la capa fosilífera descrita al otro lado de la ría, entre Desierto y Luchana.

Es decir, que en toda esta zona de Bilbao al Abra, forman la orilla izquierda de la ría las calizas, margas y pizarras cenomanenses. Los tramos inferiores, Albense y Aptense, sólo se encuentran más arriba de Bilbao, después de haber pasado Achuri.

Pasando a la margen derecha de la ría, se ven las mismas capas cenomanenses, que ocupan gran extensión. Su dirección aproximada es NO.-SE.; y para su estudio se han recorrido normalmente a esta dirección, trazando varios perfiles que están bien jalonados por las líneas de los ferrocarriles de Las Arenas a Plencia, de Luchana a Munguía y de Amorebieta a Pedernales, con otras líneas paralelas de buena referencia, como son las carreteras y ríos, sin olvidar otros buenos sitios de observación, como las numerosas canteras que se aprovechan en esa parte para extraer piedra de construcción, grava para carreteras y material refractario.

Así, el primer trayecto recorrido es el de Las Arenas a Plencia. Este recorrido se ha hecho por la línea del ferrocarril, por carretera, a campo traviesa y por los acantilados de la costa. En estos acantilados es donde se ve con más claridad la sucesión de capas y donde pueden cogerse numerosos fósiles de variadas especies.

Al salir de Las Arenas se encuentra, en primer lugar, un sistema de dunas producidas por los arrastres arenosos de los vientos dominantes del NO. Estas dunas cubren el Turonense y parte del Senonense, que aparece muy bien determinado entre Las Arenas y Algorta, en los desmontes y acantilados.

Algorta está edificado sobre unas areniscas muy compactas que avanzan hacia el mar, resistiendo el ataque de las olas que allí es muy fuerte; estas mismas areniscas se encuentran tierra adentro, en los cortes del ferrocarril de Las Arenas a Plencia, entre las estaciones de Neguri y Algorta; se ven también en la carretera nueva y más hacia el Sur en varias canteras. Apoyadas en estas areniscas se ven en la pequeña playa de Algorta otras areniscas más duras, que tienen intercaladas capas muy silíceas. Estas dos series de areniscas constituyen la base del Eoceno. Entre estas areniscas y las margas grises del Senonense aparecen a intervalos otras margas, a veces rojizas, grises otras veces, que se confunden a primera vista con las senonenses, pero que pertenecen al Danés; contienen bastantes ejemplares de *Echinocorys* y *Ostrea larva* que no hay en las otras. Internándose hacia el SO., se ven estas margas más desarrolladas, en sus dos coloraciones, y sobre todo, donde el Danés alcanza gran desarrollo es en la parte oriental del sinclinal.

Siguen después unas margas que forman series alternadas con otras más calizas, muy duras. Cerca del Semáforo, algunas de estas capas calizas tienen en sus caras de contacto una parte muy silícea, constituida por *Nummulites* ligados por cemento silíceo. Por lo general, estos *Nummulites* son muy pequeños y entre ellos se destacan otros mayores, del tamaño, color y forma de lentejas. Hay también algunas capas de *Nummulites* de gran tamaño, hasta de 0,07 metros de diámetro. Pertenecen a las especies *Nummulites distans* (Deshayes) y *Assilina exponens*. Se encuentran también algunos restos de *Pecten*, radiolas de *Equinidos*, *Conoclipeus conoidens*, algún equinodermo, que puede ser el *Schizaster rimosus* y *Ostrea*. Se señalan claramente dos de estas capas calizas, ricas en fósiles, y luego otras parecidas, pero sin fósiles.

Hay tres niveles de *Nummulites*:

1.º De tamaño de unos 0,004 metros, de forma ovoide, de color rojizo; se presentan formando lechos delgados, a manera de un hormigón silíceo, sobre las caras de contacto de los primeros maciños del Eoceno, antes de llegar a las margas.

2.º De tamaño variable, entre el de una lenteja y 0,07 metros, aplanados unos, alabeados otros, de color rosado; aparecen en una capa de unos dos metros de espesor, que con una pendiente de unos 20 grados baja hacia el mar por el acantilado de La Galea. En esta misma capa hay también *Schizaster*, *Ostrea*, *Crania* y algunos restos de otros fósiles. Entre estos dos tramos están las margas grises con *Inoceramus*.

3.º De tamaño variable también, pero no se encuentran los grandes de 0,07 metros, sino solamente dos variedades perfectamente distintas: una de tamaño y forma de lentejas y otra de unos 0,015 metros, delgados y alabeados. No se encuentra ningún otro fósil, como no sea algún trozo de molusco. En las capas margosas de este horizonte se encuentran concreciones de creta blanca, que se ven en las dos ramas y a todo lo largo del eje del sinclinal.

En el extremo más avanzado hacia el mar, de Punta Galea, hay unas rocas muy duras que resisten a la erosión marina y avanzan largo trecho hacia el mar, con su buzamiento al NE., de unos 70 grados. En las margas de La Galea se ven también numerosas impresiones de algas, trozos de anélidos y otros fósiles difíciles de determinar. Estas rocas duras, por su aspecto y composición física y química, son un intermedio entre las calizas y las areniscas. Cuando están expuestas a los agentes atmosféricos, aquellos caracteres van variando, llegando a tomar el aspecto completo de areniscas, mediante la decalcificación sufrida. Son los maciños, y el conjunto de estas rocas y las margas citadas en este mismo párrafo, en repetidas alternancias, constituye el Fysch Eoceno.

Siguiendo desde el faro de La Galea hacia el Este, aparece

de nuevo la sucesión de capas que queda descrita, formando así un sinclinal muy cerrado, cuyo fondo se ha rellenado con materiales de las mismas capas, formando exteriormente una superficie continua. Las capas de maciños con *Nummulites* reaparecen también, y la que contiene los *Nummulites* gigantes se ve en la desembocadura de la cloaca de Bilbao (lugar designado gráficamente con el nombre regional de Kakalecu).

Continúan al otro lado las capas más margosas y margas azuladas, debajo de las cuales reaparecen las areniscas duras, que forman un saliente en la costa, como lo forman en la otra rama del sinclinal en Algorta. El eje de este sinclinal pasa a 50 metros de la torre del faro, hacia el Este. Su dirección aproximada en este punto es NO.-SE. y pasa a poca distancia de la estación de Guecho, al Este de la misma. El ángulo que forman las dos ramas es aproximadamente recto; pero el plano bisector del diedro no es vertical, sino inclinado, con buzamiento al NE. Por lo tanto, las dos ramas del sinclinal tienen distinto grado de inclinación, pues mientras que los estratos de la rama occidental tienen un buzamiento de unos 30 grados, en la rama oriental se llega hasta los 70. El espesor de los estratos es distinto en las dos ramas, siendo mucho más desarrollados en la oriental. Así, las capas del Danés pasan inadvertidas en algunos sitios y hasta desaparecen por completo en largos trayectos de la rama occidental, mientras que alcanzan gran desarrollo en la oriental; y lo mismo sucede con todas las capas del Terciario.

Desde el mar se ve perfectamente el sinclinal, porque la colaboración de las capas del Danés se destaca muy bien del fondo gris de las margas senonenses y amarillo de las eocenas.

El croquis número 1 es un corte normal a los estratos, pasando por Urdúliz. En él se ve el sinclinal formado por el Fysch Eoceno, constituido por la sucesión de margas y calizas silíceas, las areniscas de distinta constitución física, que llegan

a constituir a veces verdaderas pudingas de grano cuarzoso, las margas y calizas del Danés, las margas del Senonense y calizas del Cenomanense, atravesadas por ofita. Todo este sistema de capas arrumbado hacia el NO., o sea, que el plano bisector está inclinado con buzamiento al primer cuadrante.

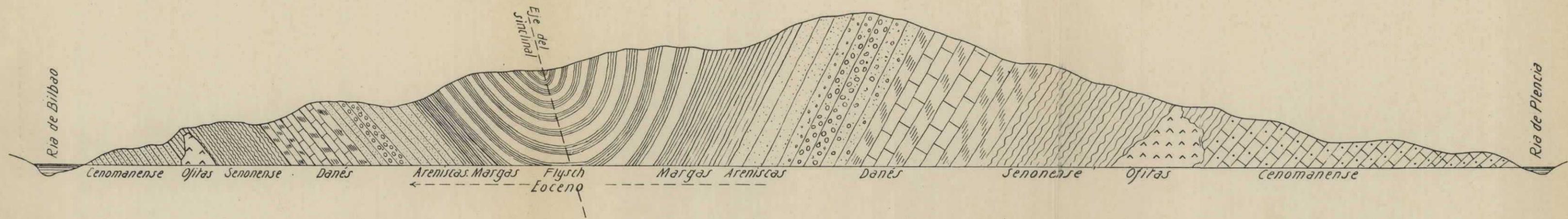
Del mismo modo, mirando desde alta mar a tierra se ve lo que representa el croquis número 2, con la misma sucesión de capas que en el anterior. El efecto desde alta mar es sorprendente, pues, sobre todo a la puesta del sol, que da la luz casi normal al plano del croquis, se destaca el color rojo de las capas danesas, semejando un reflejo del disco del sol sobre el espejo de las capas senonenses.

El original de este croquis número 2 lleva la fecha en que se obtuvo, 26 de enero de 1925.

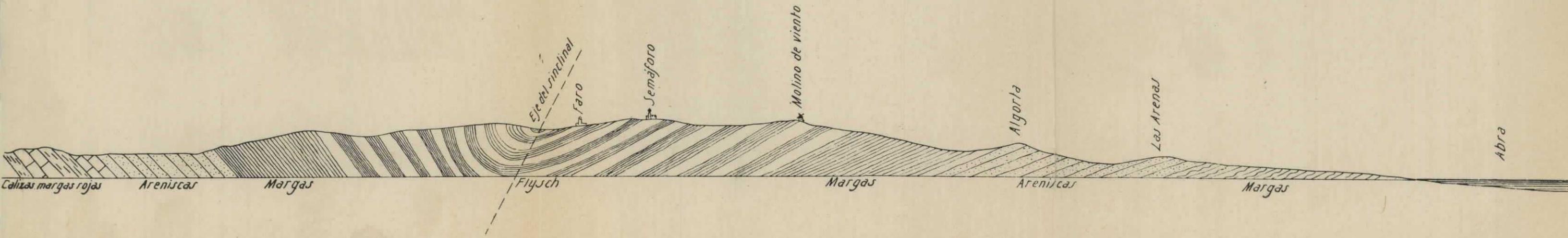
Pero, en realidad, el croquis número 1 no es tan sencillo como queda dibujado, sino que cada grupo de estratos se dobla y forma a veces pliegues inverosímiles. El croquis número 3, todavía bastante simplificado, da idea de cómo se presentan estos pliegues. A veces inducen a error; por ejemplo, subiendo por la carretera de Asúa a Urdúliz, al llegar al kilómetro 11 (croquis número 3), las capas cambian de buzamiento y vuelve a pasarse la misma serie de capas que se ha atravesado antes de llegar a él. El observador cree haber atravesado el eje del sinclinal, y si continúa la ascensión se ve pronto en un conflicto, porque no sabe cómo situar los estratos del kilómetro 12, que vuelven a buzar hacia el mar. Entonces acude al socorrido tema de las fallas y planta una entre los kilómetros 13 y 14, como he tenido ocasión de ver acompañando a unos geólogos por estos lugares.

Estos pliegues son muy frecuentes en Vizcaya, sobre todo en las margas senonenses. Un ejemplo claro hay en Gatica, donde muchos que han estudiado el terreno creen ver un anticlinal donde no hay más que un pliegue en forma de cú-

Croquis nº 1  
Corte normal a los estratos pasando por Urduliz

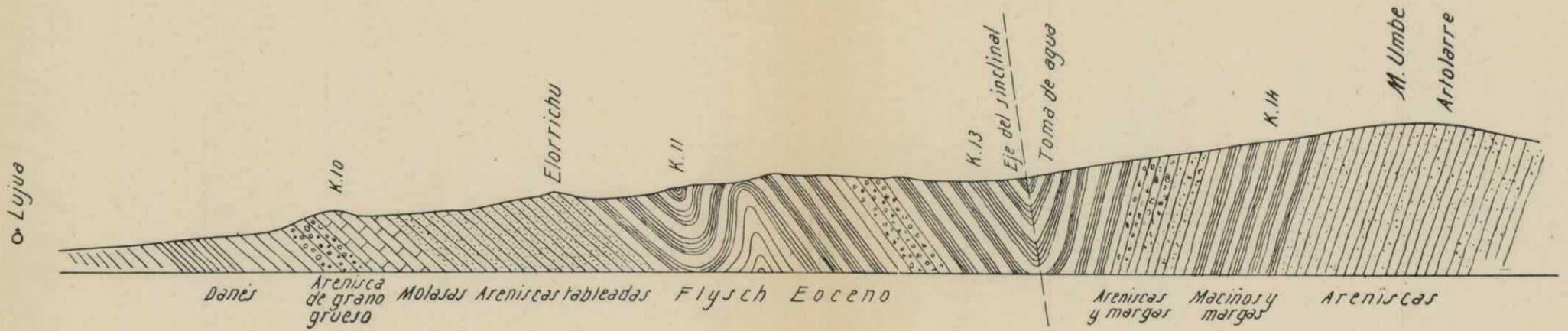


Croquis nº 2  
Corte normal a los estratos, visto desde alta mar a la altura de Punta Galea



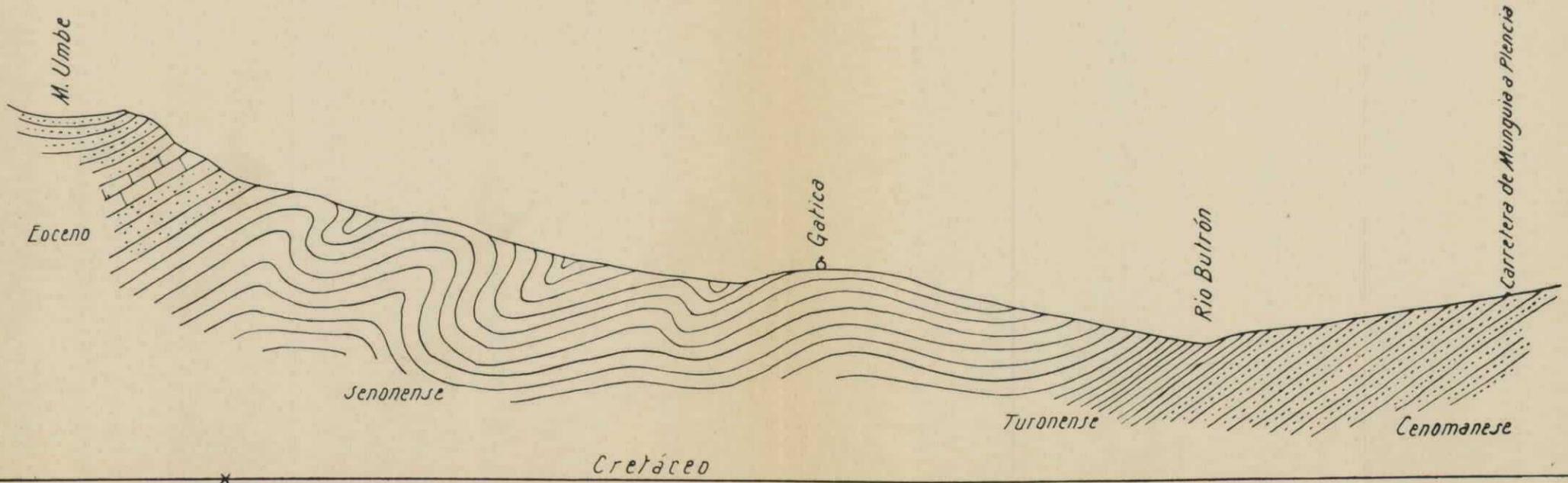
Croquis nº 3

Corte normal a los estratos pasando por lo más alto del Monte Umbe



Croquis nº 4

Corte normal a los estratos pasando por Gatiga

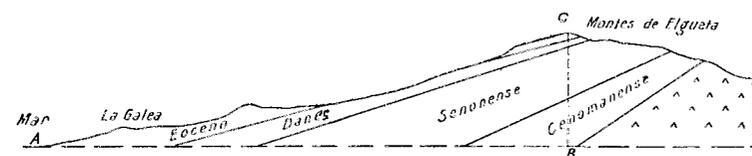


pula, en que se asienta el pueblo. El croquis número 4 indica claramente este accidente.

Para explicar estos casos no hace falta acudir a las fallas ni a otros caprichos de la naturaleza; lo que hay que hacer es pisar muchas veces el terreno. Desde la carretera y sobre un automóvil no es fácil hacerse cargo exactamente de la estratificación de una zona.

He dicho al hablar del sinclinal que en la rama oriental el buzamiento de los estratos es mayor que en la occidental; pero esto es cerca del eje, pues alejándose de éste están más tendidos, llegando en algunos sitios a la horizontalidad. Pero ya he dicho que esto es solamente un accidente por el plegamiento de las margas. Así resulta que las dos ramas del sinclinal están igualmente desarrolladas, o sea, que las distancias desde el eje sinclinal a los dos ejes anticlinales al NE. y al SO. son sensiblemente iguales.

*Extensión y forma de la mancha terciaria.* — La mancha terciaria de Vizcaya atraviesa toda la provincia desde el Abra de Bilbao al confín con Guipúzcoa en Elgueta, con una dirección aproximada de NO.-SE. Su longitud según el eje del sinclinal es de 52 kilómetros, y su anchura variable es, por término medio, de cinco kilómetros. La forma es de una elipse muy alargada, cuyo eje mayor es algo curvo con la concavidad vuelta al NE. El extremo oriental de esta elipse tiene una escotadura, terminando así en una lengua bífida. Dicho eje y la elipse no son horizontales, sino que tiene inclinación al mar; así, un corte longitudinal, pasando por los extremos del eje, sería como sigue:



En este croquis las alturas están exageradas para su mejor comprensión, pues siendo la distancia de 52 kilómetros y la altura *BC* de 700 metros, la pendiente es poco más de 1 por 100 y no sería fácil darse cuenta en un croquis.

Al entrar en Guipúzcoa se oponen como barrera infranqueable los altos picos de la Sierra de Elgueta y el puerto de Pagatza que tuvieron su origen en la época alpina, separando esta mancha terciaria de la que en la misma dirección va a hundirse en el Mediterráneo.

En un plano general que detallase toda la mancha eocena, se vería ésta orlada por los estratos daneses que la acompañan en toda su extensión. Asimismo veríamos que el eje del sinclinal no es una línea recta, ni siquiera una curva uniforme, sino que hace varias inflexiones.

El paso de la serie secundaria a la terciaria es como sigue: Aparecen como final del Cretáceo las calizas litográficas del Danés, blancas primero, rojas después, en alternancias que se suceden en un centenar de metros. Vienen después unas arcillas con mucha arena, procedentes de la descomposición de areniscas arcillosas; estas arcillas se ponen de manifiesto en las canteras de las tejerías que se instalan sobre ellas, como en Neguri, Zaldúa y otros sitios. Luego vienen unas areniscas blandas, otras más duras y por fin el Flysch Eoceno, compuesto de lechos de margas grises, alternando con areniscas y con calizas silíceas con *Chondrites*.

El orden es el siguiente: Areniscas arcillosas y calizas que contienen grandes cantidades de *Scolithia prisca*, como puede verse en Neguri y en Berango. Margas grises que se desmoronan fácilmente. Calizas muy silíceas con capas de *Nummulites* pequeños. Margas grises con muchos *Inoceramus* y *Anelidos*, alternando con capas calizas azuladas. Estas calizas, por la acción de los agentes atmosféricos, toman un color amarillento y el aspecto de areniscas. Como las margas son muy blandas,

la erosión es más manifiesta en ellas que en las calizas, y dan al terreno un aspecto especial que le asemeja a una sierra, cuyos dientes son los crestones de caliza.

Las areniscas y margas de Algorta y su playa pertenecen al Eoceno inferior, y las margas y calizas de La Galea, al Eoceno medio.

JOSÉ CANTOS

## MODIFICACIÓN DEL SISTEMA CON LOS APARATOS SÍSMICOS DE AMBRONN

Al hacer la comparación de los aparatos de Ambronn, adquiridos en Alemania, con los de Askania, utilizados corrientemente por nosotros, vemos las enormes ventajas que tienen aquéllos sobre éstos, que podemos resumir en mucho mayor sensibilidad de los sismógrafos, desaparición de los errores relativos debidos a la independencia de todos los sismogramas, y en resumen, gran ahorro de dinamita.

Sin embargo, el sistema de Ambronn, cuando se trabaja por el procedimiento de refracción, que en la mayoría de los casos es el único utilizable con garantía, está prácticamente limitado a profundidades de poco más de 200 metros. Esta limitación se debe a la enorme dificultad en el manejo de los cables, que al llegar a un kilómetro de distancia se hace casi impracticable. Además, hay que tener en cuenta que en la mayoría de las investigaciones realizadas por nosotros en España, hubiesen sido de imposible utilización, debido a los accidentes topográficos, canales, ríos, carreteras, ferrocarriles, etc., que hemos tenido que cruzar con nuestras líneas. Suprimidos los cables, desaparecen estas limitaciones, pues los aparatos cargados en caballerías pueden siempre llegar a su posición correspondiente en la línea.

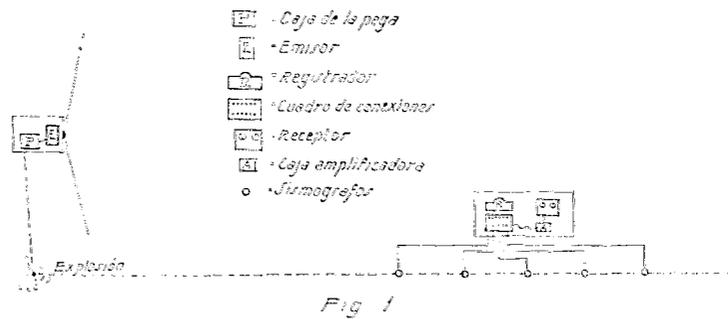
Para poder utilizar los aparatos de Ambronn para grandes profundidades con todas sus ventajas y ninguno de los inconvenientes he ideado lo siguiente:

El sistema estará compuesto de un equipo emisor independiente y un equipo receptor, al que van unidos por cables los cinco sismógrafos.

*El equipo emisor* constará de lo siguiente:

Una radioemisora, que puede ser la Telefunken de campaña, de un kilovatio de gasto.

De la caja de la pega sistema Siñeriz.



De las baterías de encendido del barreno y sus correspondientes cables.

*El equipo receptor* estará compuesto de lo siguiente:

Un receptor de radio marca Lorenz, como los que poseemos actualmente.

Una caja amplificadora de la corriente de radio sistema Askania. Esta corriente, amplificada, pasará por el circuito del «patrón» del registrador Ambronn, correspondiente al momento de la explosión.

Un registrador sistema Ambronn.

Un cuadro central de conexiones del mismo sistema.

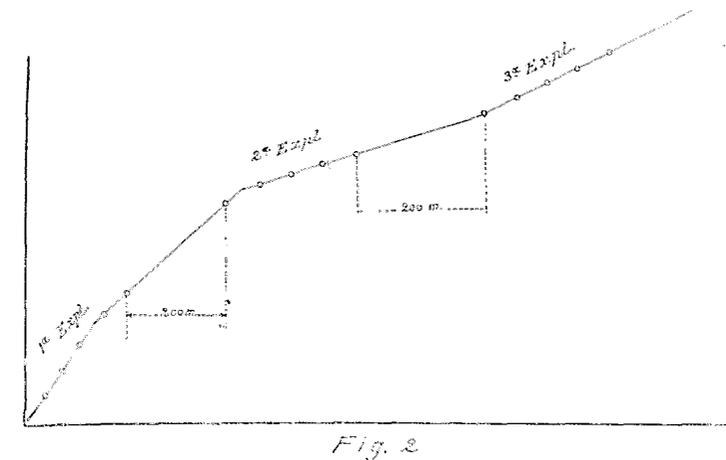
Cinco sismógrafos Ambronn, unidos por cables al cuadro central.

El registrador, cuadro y aparato de radio receptor, que llamaremos equipo registrador, van dentro de una tienda de campaña, que sirve de resguardo y para revelar en pleno campo, en caso de necesidad.

La colocación en la línea sísmica será como indica el croquis de la figura 1. Se puede observar que de esta manera los dos cables de mayor longitud a emplear son los que van del cuadro a los sismógrafos extremos; por lo tanto, serán de poco más de 100 metros de longitud.

### Modo de operar

Dos operadores son suficientes en la línea, uno para el equipo emisor y otro para el receptor. El emisor opera y da



las señales convenidas que hemos empleado hasta ahora. El receptor sintoniza bien la radio y avisa cuando está preparado por medio de un cohete como de costumbre.

El pitido de radio correspondiente al momento de la ex-

plosión, después de pasar por la caja amplificadora, pone en vibración al galvanómetro de cuerda del «patrón» correspondiente, marcándose sobre el sismograma.

La distancia entre los sismógrafos, como se ve, se puede variar a voluntad, según las conveniencias del trabajo y en muchos casos quizás conviniese facilitar las operaciones poniéndolos a cien metros y suprimiendo dos de ellos. Pero al trasladarlos a la curva dromocrónica, vemos que el obtener cada vez cinco puntos puede tener la gran ventaja de relacionar muy bien estos grupos entre ellos y, por lo tanto, poder dejar espacios en blanco para mayor rapidez del trabajo, que en caso de necesidad se podrían rellenar interpolando *a posteriori* (fig. 2). La enorme ventaja de sensibilidad y perfección en los sismogramas y sobre todo la del gran ahorro de dinamita, hacen a este nuevo sistema utilizable para mucho mayores profundidades que el de Askania, sin ninguna dificultad.

Madrid, mayo de 1935. — *José Cantos.*

AUGUSTO GÁLVEZ-CAÑERO, LUIS JORDANA SOLER  
Y JOSÉ ROMERO ORTIZ

## DATOS PARA EL ESTUDIO DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

En la campaña geológica del año pasado hemos estudiado las zonas de las Hojas de Villaviciosa de Odón, número 558, y Méntrida, número 580, en las cuales aparece, por su parte occidental, una mancha granítica de forma triangular aproximada. Tanto en una como en otra, el granito está en relación con el gneis. En la primera el gneis limita la roca eruptiva, por su parte meridional, en forma de faja de unos dos kilómetros de ancho y 14 de largo, y en la segunda se intercala irregularmente la mancha eruptiva. En estas formaciones hemos encontrado particularidades mineralógicas y petrológicas que, a nuestro juicio, es interesante dar a conocer.

El granito y el gneis aparecen de vez en cuando recorridos por filones y, proporcionalmente a la extensión de sus manchas, son más numerosos en el primero. Con rara excepción, las potencias no pasan de 60 centímetros, y los rellenos están constituidos por cuarzo y cortas cantidades de elementos detríticos de la roca encajante. En el granito hay algunos filones — de preferencia en la zona de Cenicientos y Almorox — que tienen, además, bastante cantidad de baritina, habiendo alguno relleno únicamente por este compuesto de bario. Con

poca frecuencia se ven en el cuarzo y la baritina salpicaduras de galena, no siendo anormal hallarla acompañada de motas de piritas de hierro y cobre y de blenda. Esta circunstancia indujo a que se investigaran someramente varios filones, si bien en algún reconocimiento se ha llegado hasta 30 metros de profundidad. Por desgracia, los descubrimientos han tenido poco éxito, y ésa es la causa del abandono que sufre por ahora la comarca desde un punto de vista minero.

Tanto el cuarzo como la baritina se presentan al estado amorfo, pero aquél, aunque raramente, aparece también cristalizado. Nosotros hemos tenido la suerte de encontrar en el afloramiento de un filón de unos tres metros de potencia de dirección O.-30°-N., situado a kilómetro y medio al Sur de Fresnedilla, una geoda tapizada de cristales de cuarzo, los cuales son verdaderamente notables por su gran tamaño y rara perfección. Los cristales pertenecen a cinco especies, y su descripción, siguiendo la notación de Lèvy, es la siguiente:

a) Birromboedro  $pe^{\frac{1}{2}}$  combinado con el prisma  $e^2$  muy desarrollado (fig. 1.<sup>a</sup>).

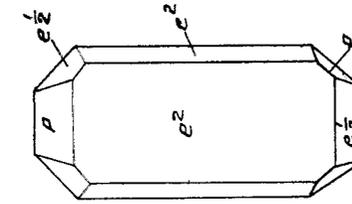
b) Variedad de birromboedro  $pe^{\frac{1}{2}}$  combinado con el prisma  $e^2$ , teniendo éste dos caras opuestas a menos distancia que la especie tipo (fig. 2.<sup>a</sup>).

c) Birromboedro  $pe^{\frac{1}{2}}$  combinado con el prisma  $e^2$ , siendo las caras  $e^{\frac{1}{2}}$  truncaduras triangulares y teniendo el prisma gran desarrollo (fig. 3.<sup>a</sup>).

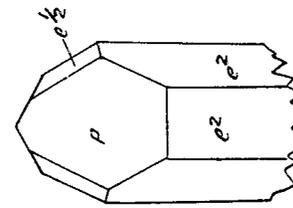
d) Birromboedro  $pe^{\frac{1}{2}}$  combinado con el prisma  $e^2$ , estando la cara  $p$  excesivamente desarrollada y terminando el cristal en bisel (fig. 4.<sup>a</sup>). Esta especie es la variedad basoide que abunda en el Delfinado.

e) Modificación de la variedad comprimida de Haüy, en la que dos caras opuestas del prisma  $e^2$ , que tienen mucho desarrollo, están más próximas que en la forma tipo (fig. 5.<sup>a</sup>).

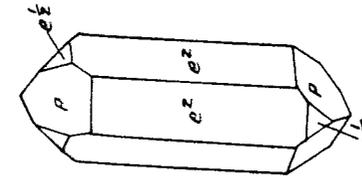
De todos estos tipos los más interesantes son el c) y e),



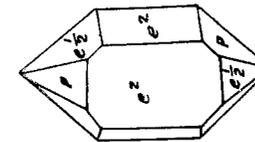
- Figura-e -



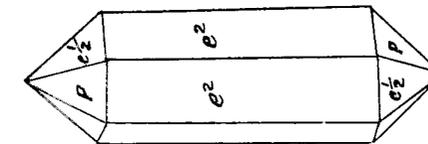
- Figura-d -



- Figura-c -

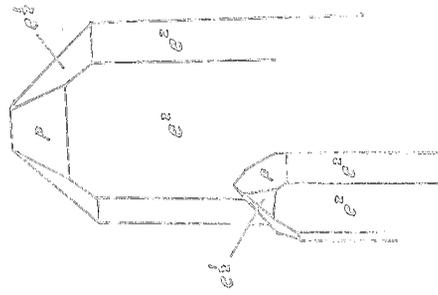


- Figura-b -



- Figura-a -







pues el primero, aunque existe en España, no suele abundar, y el segundo, si no estamos equivocados, no se había citado todavía en nuestro país. En lámina aparte se ha reproducido a tamaño natural un grupo de estos cristales. Los otros tipos no tienen tanto valor, pues son algo comunes en los filones cuarzosos de las formaciones graníticas y paleozoicas del resto de la península.

Además de los filones, hemos encontrado en toda la extensión de la zona granítica estudiada bandas algo frecuentes y de anchos variables de pegmatitas y feldespatos ortos, y en algún punto, como ocurre en la parte de Valdemorillo, hemos descubierto dos diques de rocas completamente distintas de las señaladas hasta ahora: uno de kersantita y otro de alaskita.

El dique de kersantita corre desde las proximidades de Valdemorillo, al Norte, hacia la carretera de Colmenar del Arroyo, pasando a unos 1.000 metros de su kilómetro 4, por la parte Oeste. Aflora, con más o menos frecuencia, en unos 10 kilómetros. La kersantita no es roca que abunda en España, y como procedente de la Sierra de Guadarrama, a cuya estribación meridional pertenece la zona que consideramos, sólo tenemos noticia de que Quiroga la encontró en Peguerinos, pueblo muy próximo a El Escorial. Debe advertirse que muchas de las muestras recogidas por dicho señor son espertitas, formadas, según se sabe, de plagioclasa y hornablenda, mientras que las kersantitas lo están por el mismo feldespato y biotita. A continuación describimos esta roca.

Es compacta, de color gris verdoso claro, y mirada al microscopio presenta una estructura holocristalina con textura porfídica, en la que los fenocristales, poco abundantes, están constituidos por clorita en pseudomorfosis de las láminas hexagonales de biotita. Contiene bastantes inclusiones de magnetita en fase avanzada de conversión en limonita, con producción de calcita.

La clorita tiene un color verde pálido y pequeña birrefringencia. Dentro de ella se observan haces de su variedad fibrosa y agujas poco numerosas de rutilo entrelazadas triangularmente, debiéndose atribuir la procedencia de este mineral a la separación del ácido titánico de la mica primitiva.

Aparte de estos fenocristales se encuentra la clorita epigenizada de la biotita original dentro de la pasta. Esta tiene una textura pilotáctica, y se ve constituida por numerosos microlitos de clorita entrecruzados en diversas direcciones, con otros de plagioclasas de forma tabular sumamente descompuestos en las muestras que hemos estudiado. En los cristales de plagioclasa hemos podido apreciar la macla de la albita, de bandas anchas, y con abundante calcita y productos arcillosos como elementos de descomposición. El estudio óptico nos revela su naturaleza fuertemente básica, ya que contiene 80 por 100 de anortita, o sea el 16 por 100, aproximadamente, de cal. Por esta circunstancia debe clasificarse como bitownita (1).

La magnetita es también abundante, viéndose más o menos convertida en limonita.

Una de las preparaciones observadas contiene un cristal de pirita de hierro de 1,25 milímetros de máxima dimensión, con forma algo dendrítica, debiéndose considerar como un producto de alteración hidrotermal de la magnetita primaria, pues este mineral abunda en la pasta y con un grado menor de descomposición, lo que permite considerarla como único compuesto de hierro original.

Por consiguiente, se trata de una roca básica que ha contenido biotita y bitownita como elementos dominantes, y como accesorios, magnetita, apatita y zircón, en la que por una alteración de origen hidrotermal se ha producido la clorita y

(1) La bitownita es el feldespato más básico de la serie.

demás epigénesis reseñadas. Es, por tanto, un lamprofiro de biotita, o sea una kersantita, según las clasificaciones actuales, con la particularidad de su textura porfidica, y la más notable de la naturaleza tan básica de su feldespato.

Esta roca es, pues, una segmentación filoniana (schizolita de Rinne) enclavada en un macizo granítico, no siendo extraña la concentración tan básica de la plagioclasa, porque el granito normal de Valdemorillo es bastante rico en andesita, cuyos cristales, fácilmente determinables, se presentan como accesorios del ortosa.

El análisis químico de esta roca nos ha dado la siguiente composición:

Sílice.....	54,44	por 100
Óxido de hierro y aluminio....	28,36	—
Cal. ....	8,08	—
Magnesia.....	6,22	—
Pérdidas por calcinación.....	1,16	—
Alcalis y elementos no determinados ...	1,74	—
		<u>100,00 por 100</u>

La localización de este filón lamprofirico tiene gran interés para el estudio del fraccionamiento magmático de la Sierra de Guadarrama.

La alaskita la hemos encontrado formando un dique potente de 10 a 12 metros en el contacto que existe de la formación granítica y el gneis en el paraje «Las Rentillas», del término de Valdemorillo.

La circunstancia de ser citada, como creemos, por primera vez en la Sierra de Guadarrama, nos obliga a ser un poco minuciosos en su examen micrográfico.

En una roca leucocrática, en la que como elementos ferromagnesianos no se perciben más que algunos, muy pocos, cristales de mica alterada, siendo su aspecto microscópico el

que corresponde a un granito sin mica o con ella muy escasa. Se observan algunas localizaciones grandes de cuarzo y otras de feldespato blanco ligeramente azulado o rosáceo. Al microscopio encontramos como elementos dominantes el cuarzo y el feldespato ortosa, y como subordinados, un plagioclasa y alguna lámina de biotita. No existen la magnetita, apatita y demás accesorios del granito.

La textura, aun dentro de una misma preparación, presenta gran variedad. En algunos puntos vemos la roca con carácter granudo, descubriéndose grandes cristales de cuarzo alotriomorfo moldeando otros de feldespato, también sin forma propia. En otra zona la textura viene a ser panidiomorfa o granulítica o autolotriomorfa, esto es, que el cuarzo y el feldespato presentan cierta tendencia a individualizarse con su forma propia, aunque no pasen a adquirir la granuda, pero con visible inclinación automorfa, como sucede en las aplitas. En esta zona encontramos también la textura pecilítica, es decir, con cristales de ortosa que engloban otros de cuarzo en orientación que entre sí no es paralela, y que, por tanto, no se extinguen simultáneamente; no es raro hallar asimismo la micropegmatítica, en la que los segundos — algunos de aspecto cuneiforme — se extinguen todos al mismo tiempo entre nicols cruzados.

El cuarzo tiene solamente como particularidad notable la de ser muy rico en inclusiones líquidas con burbujas y varias sólidas, estando algunas de aquéllas bastante bien alineadas. El pecilítico y pegmatítico es algo más pobre en ellas, lo que demuestra que el magma debió perder progresivamente sus agentes mineralizadores, soluciones acuosas o ácido carbónico, que al estado líquido se han reconocido como inclusión de muchos granitos.

El feldespato dominante es un ortosa bastante descompuesto, pero conservando sus cruceros  $p$  y  $g'$  en bastante

buen estado. Algunos cristales son completamente opacos por el depósito de caolín.

El plagioclasa, menos alterado, deja ver la micla de la albita en cristales que son lo más automorfos de las preparaciones estudiadas. La determinación óptica demuestra que este mineral debe ser clasificado como una albita próxima a la oligoclasa. Hemos visto un cristal de plagioclasa, cuyo crecimiento está interrumpido por una penetración parcial de otro de cuarzo. No aparece claro el orden de cristalización de los elementos: unas veces se ve el cuarzo moldeando al ortosa, y otras incluido en él.

La mica pertenece al género biotita y está muy transformada en clorita. La composición mineralógica aconseja que clasifiquemos esta roca como una alaskita, tanto obedeciendo al criterio de algunos petrólogos que reservan este nombre para las rocas compuestas de cuarzo y feldespato alcalino, como al más amplio y acertado de aquellos que las consideran incluidas en la serie granítica con las limitaciones de que han de contener escasa dosis de elementos ferromagnesianos y de que presenten diversas texturas a cuyos principios de clasificación se ajusta. Ateniéndonos a la última consideración, vemos que la textura no es la granuda de una roca de profundidad, ni la sacarina de una aplita, ni la porfídica de un pórfido plutónico; pero sus condiciones de consolidación han participado algo de todas. El magma era a todas luces granítico, pero aparte de la primera diferenciación que casi eliminó la biotita, es muy posible que la reducción de agentes mineralizadores, señalada anteriormente y comprobada por las inclusiones de cuarzo, crease una disminución de la movilidad interna en el baño, aumentada por el carácter tan ácido del mismo que hubo de impedir que todo el cuarzo acudiera a los centros primarios de cristalización, dando lugar a que crease otros nuevos, sin llegar realmente a una segunda gene-

ración, porque la solidificación por descenso de temperatura se realizó más lentamente que en una roca porfídica. Este hecho debe ser cierto, porque sabemos que estas solidificaciones van acompañadas de una disminución en los gases del magma, y que siempre es un principio de cristalización de otras sustancias — cuarzo en nuestro caso —, fenómenos que se acusan destacadamente en la roca que nos ocupa.

Las condiciones químicas del magma sufrieron una modificación, y a ellas es debida la alteración observada en el orden de separación de los elementos, toda vez que ésta no obedece a la escala de fusibilidad, sino siempre a la composición química del baño. La temperatura fué también modificándose hasta llegar a la precisa y determinada del punto de solidificación de la mezcla eutéctica cuarzo-ortosa, como lo prueba la textura micropegmatítica que encontramos en la roca que estudiamos.

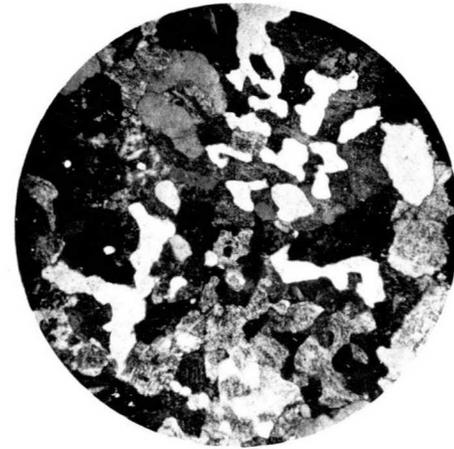
Por consiguiente, consideramos esta alaskita como una roca de segmentación de profundidad referida al magma granítico que ha dado lugar a la formación de la Sierra de Guadarrama, pero con facies distintas y como aureola de esa erupción.

La composición química de la alaskita es la siguiente:

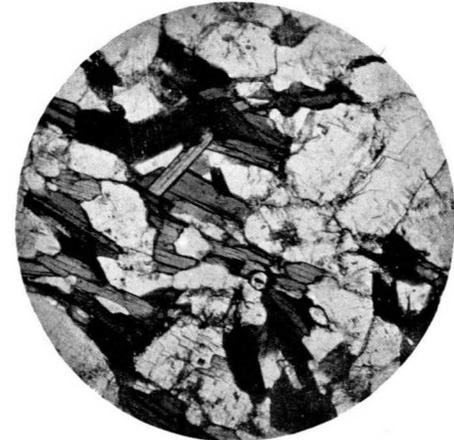
Silice.....	78,06	por 100
Óxido de hierro y alúmina.....	10,54	—
Cal.....	6,66	—
Magnesia.....	0,95	—
Pérdidas por calcinación.....	0,20	—
Alcalis y elementos no determinados....	3,59	—
	<u>100,00</u>	<u>por 100</u>

Esta roca, por su composición mineralógica y su textura, es susceptible, con ventaja, de las mismas aplicaciones industriales del granito.

Madrid y junio de 1936.



Alaskita, núm. 761. Luz natural  $\times$  25.



Kersantita, núm. 853. Luz natural  $\times$  25.



Kersantita, núm. 853. Luz polarizada  $\times$  25.



## TRABAJOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

---

### Investigaciones por métodos geofísicos

*XXIII. — Investigación hidrológica en la llanura de León, por los métodos gravimétrico y sísmico.* — Con el objeto de conocer la situación de los pliegues sinclinales del substratum de la llanura de León, ocultos por los sedimentos terciarios, y por consiguiente los lugares de acumulación del agua procedente de los estratos permeables de esta última formación, se efectuaron dos perfiles gravimétricos en la zona de Mansilla de las Mulas, con 56 estaciones de balanza de torsión, situadas a lo largo de los ríos Esla y Porma.

El resultado fué encontrar un valle subterráneo, cuyo eje pasa por Aldea del Puente, y cuya dirección es de NO. a SE.

Para tener una idea de su profundidad media, se efectuó un perfil sísmico de 21 estaciones en la localidad mencionada, y ésta resultó ser de 500 metros.

Aun no se ha perforado el sondeo de comprobación.

*XXIV. — Investigación hidrológica en El Pardo (Madrid), por el método sísmico.* — Este trabajo tuvo por objeto estudiar la posibilidad de abastecer por medio de aguas artesianas al Orfanato Nacional de El Pardo, que, no obstante poseer una magnífica instalación en todo lo relacionado con la higiene, como baños, duchas, piscina, etc., carecería del mínimo de agua indispensable para poderla utilizar.

Se observaron tres perfiles sísmicos con 57 estaciones, para determinar la situación y profundidad de los distintos niveles acuíferos surgentes, con éxito completo.

El sondeo practicado en el patio del establecimiento, al lado del depósito enterrado y debajo del elevado, ya construidos, suministra 500.000 litros diarios de agua de magnífica calidad, que permiten realizar con holgura todos los servicios.

*XXV. — Investigación hidrológica en Las Rozas (Madrid), por los métodos eléctrico y sísmico.* — La angustiosa situación del pueblo de Las Rozas, en la época veraniega, por la escasez de agua, hasta para la bebida, determinó a la Superioridad a efectuar un estudio por los métodos eléctrico y sísmico, que tuviese por finalidad la posibilidad o imposibilidad de la resolución de tan angustioso problema.

El trabajo eléctrico consistió en 31 sondeos, repartidos en las zonas de Majadahonda y Las Rozas, y ha servido para encontrar la profundidad de todos los niveles acuíferos existentes hasta la de 250 metros.

El sísmico, constituido por un perfil con 15 estaciones, comprobó la imposibilidad de encontrar antes de los 750 metros de profundidad las capas de arenisca cretácicas que podían contener aguas artesianas surgentes.

El sondeo de comprobación, recientemente terminado, ha cortado todos los niveles indicados por el estudio eléctrico, a la profundidad indicada por éste, por lo que hemos tenido el honor de recibir la felicitación de los señores Subsecretario de Industria y Director general de Minas, que presenciaron las pruebas y aforos practicados.

### Investigaciones de aguas subterráneas

Entre el crecido número de sondeos iniciados por el Instituto para la investigación de aguas subterráneas, destacan algunos realizados de verdadero interés, entre los que pueden citarse los siguientes:

*Sondeo de Las Rozas.* — Para comprobar los resultados del estudio eléctrico efectuado en Las Rozas por la Sección de Geofísica se perforó un sondeo, situado al lado de la casa de máquinas de elevación del agua, del pozo de 25 metros de profundidad que abastece actualmente al vecindario.

Este sondeo alcanzó la profundidad de 215 metros y ha cortado siete niveles acuíferos, a la profundidad indicada por el trabajo eléctrico.

El agua de todos ellos es ascendente hasta la profundidad de 45 metros, con relación a la boca del taladro.

Su caudal no se ha podido determinar con exactitud por las múltiples dificultades que representa su elevación por medio del aire comprimido. Pero para darse cuenta de su importancia basta mencionar que una sola de las capas acuíferas cortadas, la situada a 92 metros de profundidad, suministró tres litros por segundo.

La calidad del agua es excelente según se desprende de los resultados obtenidos en el análisis químico practicado en el Laboratorio del Instituto Geológico y Minero por el profesor D. Laureano Menéndez-Puget.

Cal.....	0,109	gramos en litro.
Magnesia .....	0,022	— —
Anhídrido sulfúrico..	0,125	— —
Cloro.....	0,014	— —
Cloruro sódico....	0,023	— —
Grado hidrotimétrico.....	25	grados.
Materia orgánica.....	0,002	gramos por litro.

*Sondeo de Rasueros.*—A petición del Ayuntamiento de Rasueros (provincia de Ávila) se efectuó una perforación que ha alcanzado 130 metros de profundidad, rindiendo un caudal acuífero de cinco litros por minuto.

*Sondeo de Casasola de Rueda.*—La Junta Vecinal de este pueblo, perteneciente a la provincia de León, solicitó la ejecución de un sondeo artesiano, el cual, una vez terminado, a la profundidad de 63 metros, suministra un caudal surgente de 110 litros por minuto.

*Sondeo de Santa Cristina de Valmadrigal.*— En este pueblo, que pertenece también a la provincia de León, y a solicitud de su Ayuntamiento, se perforó un sondeo de 250 metros de profundidad que produce 72 litros de agua por minuto.

*Sondeo de Villamañán.*— Enclavado también en la provincia de León. A instancia del Ayuntamiento se ha realizado un taladro que cuenta una profundidad de 200 metros y proporciona un gasto de 10 litros por minuto.

*Sondeo de Paterna.*— Este taladro, realizado a petición de la Sociedad Fomento Agrícola y Urbano de Paterna (Valencia), ha alcanzado la profundidad de 60 metros y rinde un caudal acuífero de 300 litros por minuto.

*Sondeo de Benicarló.*— En esta localidad de la provincia de Castellón, un taladro artesiano ha encontrado el agua a los 215 metros. Aquélla es ascendente hasta 27 metros por bajo de la superficie del suelo y da un caudal mínimo de 1.300 metros cúbicos diarios, aunque quizás pueda obtenerse el triple o cuádruple.

*Sondeo de Portallet (Alicante).*— Ha dado siete litros por segundo de agua no surgente y cuenta en la actualidad con una profundidad de 283 metros.

## BIBLIOTECA DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

### LIBROS RECIBIDOS

- DESCRIPCIONES de las islas *Pithiusas y Baleares.* — Madrid, 1787.  
 MULLER (J.): *L'Europe Préhistorique.* — París, 1904.  
 HERRERO Y CASAUS: *Principios teóricos de metalografía.* — 1912.  
 IDEM: *Recientes progresos de la siderurgia.* — 1912.  
 IDEM: *Aplicaciones de la metalografía.* — 1913.  
 JORDANA (L.): *Breve reseña físico-geológica de Guadalajara.* — 1936.  
 SEVILLANO (V.): *La España ¿de quién?* — 1930.  
 ORTEGA Y RUBIO (J.): *Historia de Madrid y pueblos de su provincia.* — Madrid, 1921.  
 HAUSER (Ph.): *La geografía médica de la Península Ibérica.* — 1913.  
 IDEM: *Madrid bajo el punto de vista médico social.* — 1902.  
 INZA: *Memoria sobre la riqueza minera de la Mancha.* — Ciudad Real, 1844.  
 PUIG (Ig.): *La expansión del Universo.* — Buenos Aires, 1936.  
 IDEM: *La paralización del Mundo.* — Buenos Aires, 1936.  
 DYCK (J. G.): *La televisión experimental.* — Barcelona, 1936.  
 LEONARDI (P.): *Il Trias inf. delle Venezie.* — Padova, 1935.  
 KOSTITZIN: *Evolution de l'atmosphère.* — París, 1935.  
 BERRIN (J.): *Grains de matière et de lumière.* — París, 1935.  
 STILLE (H.): *European oil and gas occurrences and their relations to structural conditions.* — Washington, 1933.  
 PATAC (Ig.): *Hallazgo de un reptil carbonífero en Langreo.* — Gijón, 1933.  
 DALLONI (M.): *Mission au Tibesti.* — París, 1935.  
 MAITRE (M.): *Description des spongiomorphides et des Algues.* — Rabat, 1935.  
 GEOFFROY (P.): *Etudes géologiques et prospection méthodes géophysiques.* — Alger, 1932.

- REINA (R.): *La minería del hierro en Vizcaya*. — Madrid, 1933.
- LECOINTRE (G.): *Carte géologique provisoire de la région comprise entre Rabat et Tiffle*. — Rabat, 1935.
- DAGUIN (T.): *Recherches géologiques sur le feuille Quart-Nort*. — Rabat, 1933.
- FÁBREGA (P.): *Vulgarizaciones hidrogeológicas*. — Madrid, 1929.
- BRINKMANN (R.): *Der Betische aussenrad in Sudost Spanien*. — Berlín, 1933.
- LAMBER (J.): *Echinides fossiles prov. Santander*. — 1932.
- ALCALÁ GALIANO (A.): *La Cueva de Basondo*. — Bilbao, 1918.
- BORDEAUX (A.): *Le Mexique et Mines d'Argent*. — París, 1910.
- GÓMEZ DE ORTEGA (V.): *Arte de ensayar oro y plata*. — Bosquejo o descripción comparativa de la copelación de las sustancias metálicas por medio del plomo o del bismuto y operaciones para sacar oro más puro. — Madrid, MDCCLXXXV.
- CAVADA (A.): *Historia geográfica, geológica y estadística de Filipinas*.
- AUBUISSON DE VOISINS: *Traité de géognosie*. — París, 1819.
- HUMBOLDT (A): *Essai politique sur le royaume de la nouvelle Espagne*. — París, 1811.
- PICATOSTE (Felipe): *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo XVI*. — Madrid, 1871.
- WITHERS (T.): *Catalogue of fossil Cirripedia*. — 1935.
- NAVARRO (I. J.): *Estudio prehistórico sobre la Cueva del Tesoro*. — Málaga, 1884.
- CAMBRESSY (A.): *Mémoire sur la formation et les filons métalliques de la Lahn inférieure*. — París, 1865.
- ABELLA (E.): *La insurrección de Filipinas*. — 1898.
- FREY (R.): *Composition et genèse probables de quelques terres decolorantes Nord-Africaines*. — Rabat, 1936.
- DESPUJOLS (P.): *Historique des recherches minières au Maroc des origines a 1930*. — Rabat, 1936.
- PUIG (Ig.): *El sol y el cáncer*. — Buenos Aires, 1936.
- IDEM: *¿Se aproxima una sequía universal?* — Buenos Aires, 1936.
- CONGRESO (IX) *Internacional de Química pura y aplicada*. — 1934.
- REVILLA (J.): *Apuntes para una Guía geológico-industrial de España*. — Madrid, 1933.
- ORTEGA (Juan): *El mayor tesoro español hallado o descubierto cual otro nuevo mundo*. — Madrid, 1804.
- SAVIRON (P.): *Los lignitos de la región aragonesa y sus aplicaciones industriales*. — Madrid, 1902.
- ELHUYAR (F.): *Disertaciones metalúrgicas*. — Manuscrito.
- VALENZUELA: *Memoria geográfica de Pontevedra*. — Madrid, 1855.

