

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

II 2-2-1

BOLETÍN



DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO

DE

ESPAÑA

TOMO XLIV

—

TOMO IV

TERCERA SERIE

(1923)

**MADRID**

GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.

BARQUILLO, NÚM. 8.

**1923**



*El Instituto Geológico de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus MEMORIAS y BOLETÍN, son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.*

**Artículo 1.º** La Comisión del Mapa Geológico, nombrada por el Decreto de 26 de Marzo de 1873, que en lo sucesivo se denominará **Instituto Geológico de España**, seguirá encargada de la formación del Mapa Geológico de España, así como el trazado de las cartas geológico-industriales de las diversas provincias o regiones, por el orden y con los detalles que su respectiva importancia requieran, hasta reunir el caudal de estudios sobre estratigrafía, petrografía, tectónica, aguas minerales, manantiales artesianos, rocas y minerales aplicables a la Agricultura y a la Industria y cuanto se especifica en el citado Decreto, indispensable al conocimiento físico, geológico y minero del territorio nacional.

**Artículo 12.** Para el desempeño de todas las funciones y servicios reseñados en los artículos anteriores habrá una Comisión permanente de Ingenieros del Cuerpo Nacional de Minas.

Estos Ingenieros y los Auxiliares facultativos que sirven a sus órdenes formarán la plantilla técnica del Instituto.

Fuera de la plantilla estarán los Ingenieros agregados y demás personal facultativo que preste servicios temporales al Instituto.

**Artículo 25.** La Dirección del Instituto, teniendo en cuenta los recursos disponibles y los trabajos ultimados por los Ingenieros a sus órdenes, podrá publicar las Memorias, mapas, descripciones y noticias geológicas que juzgue oportuno, en análoga forma a la de los Boletines y Memorias de las instituciones similares extranjeras, y podrá establecer la venta y suscripción de estas producciones, a fin de que los recursos que así se obtengan contribuyan a sufragar los gastos de publicación, si bien con la obligación de remitir gratuitamente un ejemplar de cada obra a las Jefaturas de los distritos mineros, a las Direcciones Generales de los Ministerios de Fomento y Hacienda, a las Academias de Ciencias y a los Centros oficiales del Cuerpo de Minas.

(Decreto de 28 de Junio de 1910.)

**PERSONAL**  
DE LA  
**COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO**  
**DE ESPAÑA**

---

<i>Director</i> .....	Ilmo. Sr. D. César Rubio y Muñoz.
<i>Subdirector</i> .....	Ilmo. Sr. D. Domingo de Orueta.
<i>Secretario</i> .....	Sr. D. Guillermo O'Shea.
<i>Ingenieros</i> .....	Sr. D. Ricardo Guardiola.
—	Sr. D. Vicente Kindelan.
—	Sr. D. Alfonso Fernández y M. Valdés.
—	Sr. D. Manuel Sancho Gala.
—	Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
—	Sr. D. Agustín Marín y Bertrán de Lis.
—	Sr. D. Alfonso del Valle.
—	Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
—	Sr. D. José de Gorostizaga.
—	Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
—	Sr. D. Juan Gavala.
—	Excmo. Sr. D. Pedro Novo y Chicarro.
—	Sr. D. Alfonso de Alvarado.
—	Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.

PROFESORES DE LA ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS DE MINAS  
AGREGADOS A ESTE INSTITUTO

<i>Profesor de Geología</i> .....	Sr. D. Pablo Fábrega.
— <i>de Paleontología</i> ....	Sr. D. Luis Jordana.
— <i>de Mineralogía</i> . ....	Sr. D. Enrique de Pineda.
— <i>de Química analítica</i> .	Sr. D. Enrique Bayo.

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

---

PRÓLOGO

El presente tomo, número XLIV de nuestra serie, comprende varios trabajos, con marcado interés industrial la mayor parte de ellos.

La cuenca potásica española motiva un estudio analítico y de conjunto del Vocal D. Agustín Marín, quien desde el descubrimiento de estas sales catalanas viene intensificando su labor de geólogo y de Ingeniero en este asunto de tan vital importancia nacional. En el presente trabajo se puntualizan ya de un modo más concreto y con bases más documentadas no sólo las clasificaciones geológicas de los depósitos que bordean la cuenca salina, sino la estructura interna de la misma, describiéndose con detalle los trabajos de investigación efectuados, y justificando los que están aún en proyecto, para el reconocimiento global de estos criaderos, y sobre todo de las zonas que el Estado ha decidido reservarse;

fundándose además en los datos obtenidos, se esboza ya una cubicación aproximada de la riqueza puesta de manifiesto.

Como complemento de este trabajo del Sr. Marín, le sigue otro puramente químico y mineralógico del Ingeniero D. Laureano Menéndez Puget, sobre las sales potásicas encontradas en los diversos sondeos ejecutados por el Estado; y se termina esta parte dedicada a la cuenca salina española con una descripción minuciosa del trabajo material de investigación llevado a cabo, y de las características geotérmicas observadas, debido al Ingeniero del Instituto D. Agustín de Larragán.

Sigue a estos trabajos otro muy interesante, debido al Ingeniero Vocal D. Primitivo Hernández Sampelayo, sobre el análisis microscópico de los fosfatos del Norte de África y Levante de España, con investigaciones micropaleontológicas de los fosfatos térreos extendidos en cordón terrígeno a lo largo del Mediterráneo, comprobándose la identidad de edad en varios de los casos, y de génesis en todos; el autor estudia también la formación de los sílex, atendiendo a la importancia paragenética que tienen en los yacimientos fosfatíferos.

Intimamente ligada con la labor del Sr. Hernández Sampelayo, cabe considerar la reseña del Ingeniero D. Javier Miláns del Bosch, con los resultados de la visita efectuada a los yacimientos de fosfato de cal enclavados en la zona del Protectorado francés en Marruecos. De esta nota se derivan consecuencias muy interesantes para el conocimiento de esta clase de cria-

deros y los datos expuestos han de ofrecer gran ayuda en lo sucesivo cuando se trate de la investigación de yacimientos de esta substancia, de que tan necesitados estamos, en ciertas zonas de nuestro país; el trabajo aparece bien documentado, con numerosos análisis llevados a cabo por el Ingeniero del Instituto D. Laureano Menéndez Puget sobre muestras recogidas por el Sr. Miláns del Bosch en sus excursiones.

Aparece en este tomo, y a continuación, un interesante trabajo geológico-minero sobre la región E. de Sierra Morena, debido al Ingeniero Vocal D. Alfonso de Alvarado. Comprende algunas generalidades sobre la estructura de la Meseta Ibérica; datos geológicos acerca de la zona NO. de Jaén; descripción sucinta de la región filoniana del Hoyo de Mestanza y, como asunto principal, el estudio metalogénico del distrito minero de Linares-La Carolina. En esta reseña se sostiene la teoría de que la región citada se halla muy lejos de estar agotada, y que bien explorada, es susceptible de un enorme desarrollo para el porvenir.

El deslinde del Eoceno en Guipúzcoa ha motivado un trabajo especial del Ingeniero del Instituto D. Joaquín Mendizábal. Fija su atención el autor en el tramo Danés y expone las razones que a ello le han conducido; sigue y enumera, para terminar, los asomos de este tramo en su marcha de E. a O., o sea desde la frontera francesa hasta Zumaya.

Acusan por lo tanto, y en general, todos estos trabajos, una característica común, en cierto modo indus-

trial, y de indudable importancia para el futuro desarrollo de la riqueza nacional; y en ese sentido cabe esperar que este tomo XLIV ha de merecer la benévola acogida que nuestros lectores vienen dispensando a las publicaciones del Instituto Geológico de España.

CÉSAR RUBIO

Noviembre 1923.

**INVESTIGACIONES**  
EN LA  
**CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA**  
POR  
**AGUSTÍN MARÍN**  
Ingeniero de Minas.

INVESTIGACIONES  
EN LA  
CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

**Consideraciones generales.**

La cuenca potásica catalana está comprendida dentro de la gran mancha terciaria lacustre que ocupa parte de las provincias de Barcelona, Lérida y Tarragona, en Cataluña, gran parte de las tres que constituyen el reino de Aragón y una pequeña zona de Castilla la Vieja. Es esta mancha una de las varias lacustres que se presentan en el centro de la Península Ibérica, ocupando gran parte de su extensión.

La edad de los depósitos terciarios que la constituyen ha sido objeto de algunas dudas, motivadas principalmente por la ausencia de fósiles y por la falta de caracteres petrológicos característicos. Sin embargo, en sus estratos se han hallado algunos mamíferos en varias de las manchas, como en las de las provincias de Madrid, Palencia, Teruel y otras, siendo los fósiles más comunes el *Mastodon longirostris* (Kamp) y el *Hipparion gracile* (Kamp), característicos del mioceno, y por esta causa en los mapas geológicos españoles se han representado, por generalización, como de esta edad todas las manchas terciarias lacustres del centro y Levante de la Península.

Nace principalmente la confusión en la edad de los estratos terciarios lacustres españoles, en que una vez em-

pezada la emergencia de las capas eocenas desde el fondo de los mares, hasta que éstas se elevaron a 2.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar, como ocurre en los Pirineos, el régimen en la Península fué el mismo: formación de grandes lagos y depósitos de potentes estratos lacustres. Y en este régimen transcurrió el período oligoceno y gran parte del mioceno, sin que exista diferencia alguna entre las dos edades, haciendo difícil y hasta arbitraria la separación en grandes grupos de los depósitos formados en toda esta época de la tierra. Hay que recurrir para sincronizar estos estratos con los de otras formaciones a los caracteres paleontológicos, y éstos son muy escasos.

Además de los fósiles miocenos citados y que han servido para determinar la edad de algunas manchas terciarias, se han hallado otros oligocenos que han servido para clasificar una parte de los depósitos lacustres que constituyen la gran mancha del Ebro.

Los Sres. Bofill, Deperet y Vidal, descubrieron en las provincias de Barcelona y Teruel una fauna oligocena muy interesante en Calaf y Tárrega, constituida principalmente la primera por los mamíferos *Ancodus Aymardi* (Pomel) y *Diplobune minor*, y por los moluscos *Melanooides albigensis* (Noulet) y otras especies de este género, y la de Tárrega (1) por los mamíferos *Brochiodus Cluai* (Vidal y Deperet); el roedor *Therydomys siderolithicus* (Pictet); el carnívoro *Plesictis Filholi* (Vidal y Deperet); un *Amphicyonide*, el reptil *Chrysemis Lachati* (Sauvage), peces, moluscos y vegetales.

En la cuenca lignífera del Ebro, en Almatret, encontró el Sr. Vidal una tortuga de río, del género *Trionix* y la *Nistia Duchastely Nyst*, característicos del oligoceno, entre otros

(1) Nosotros hemos hallado en Tárrega restos de mamíferos y reptiles que serán objeto de un estudio que tenemos en preparación.

fósiles, y por último, en las provincias de Barcelona y Lérida, nosotros hemos hallado en distintos sitios el *Melanooides albigensis* (Noulet), unido a *Paludinas*, *Planorbis*, *Lymnœa*, *Melania*, etc.

Por consiguiente, toda la parte oriental de la cuenca del Ebro es francamente oligocena, y deben sus estratos atravesar el Ebro y constituir una importante parte del terciario de Aragón.

Los Sres. Vidal y Deperet sacaron como consecuencia de sus estudios sobre el oligoceno catalán, que la cuenca del Ebro correspondía en su mayor parte a este terreno. No creemos que aun se pueda afirmar tanto. Desde luego la cuenca lignífera del Ebro es oligocena, como ya hemos dicho, pero los bancos de margas y molasas que se presentan en la ciudad de Lérida, y que ocupan una buena parte de la provincia de este nombre, es un horizonte superior a los que se presentan en Tárrega y Calaf, y aunque se ha supuesto de edad estampiense, no se ha podido aún clasificar de un modo preciso. En Aragón hay horizontes que parecen corresponder a este de Lérida. También parece que, estratigráficamente, el nivel salino de Aragón, que presenta en Remolinos su manifestación más importante, es bastante más moderno que el nivel salino de Cataluña, en donde se han descubierto los criaderos potásicos.

El Sr. Vidal considera de edad aquitaniense la marga blanquecina superior al horizonte lignífero del Ebro, y sabido es que el tramo aquitaniense, caracterizado por hacer su reaparición en Europa la familia de los orbitoides, se coloca, después de los estudios de M. Fallot, en la base del mioceno.

Es, por tanto, problema aun por resolver la determinación exacta de la edad de los estratos lacustres de la cuenca oligocena de Aragón y Cataluña. Nosotros limitaremos



nuestro estudio a la parte oriental de la cuenca, a la situada en las provincias de Barcelona y Lérida, que es claramente oligocena, y en donde han sido halladas las sales potásicas.

Aunque consideremos en general que los estratos que forman los terrenos terciarios lacustres de Aragón son de edad más moderna que los depósitos salinos potásicos, no quiere esto decir que, a consecuencia de los pliegues y accidentes geológicos, no se puedan poner de manifiesto en esta región, en condiciones explotables, los depósitos salinos, si los hubo. En la provincia de Huesca aparecen los estratos en sitios bastante plegados, y hay anticlinales que dejan asomar los yesos, y en algún sitio, como en Nuestra Señora del Pueyo, los bancos eocenos. Esta provincia es, de las que comprende el reino de Aragón, la que más merece una prospección detenida, por ser aquella en donde más posibilidad hay de encontrar sales potásicas a profundidades explotables.

### Bordes de la cuenca.

La cuenca objeto de nuestro estudio está representada en el plano adjunto (1), abarcando próximamente toda la zona reservada por el Estado español por disposición de 1.º de Octubre de 1914.

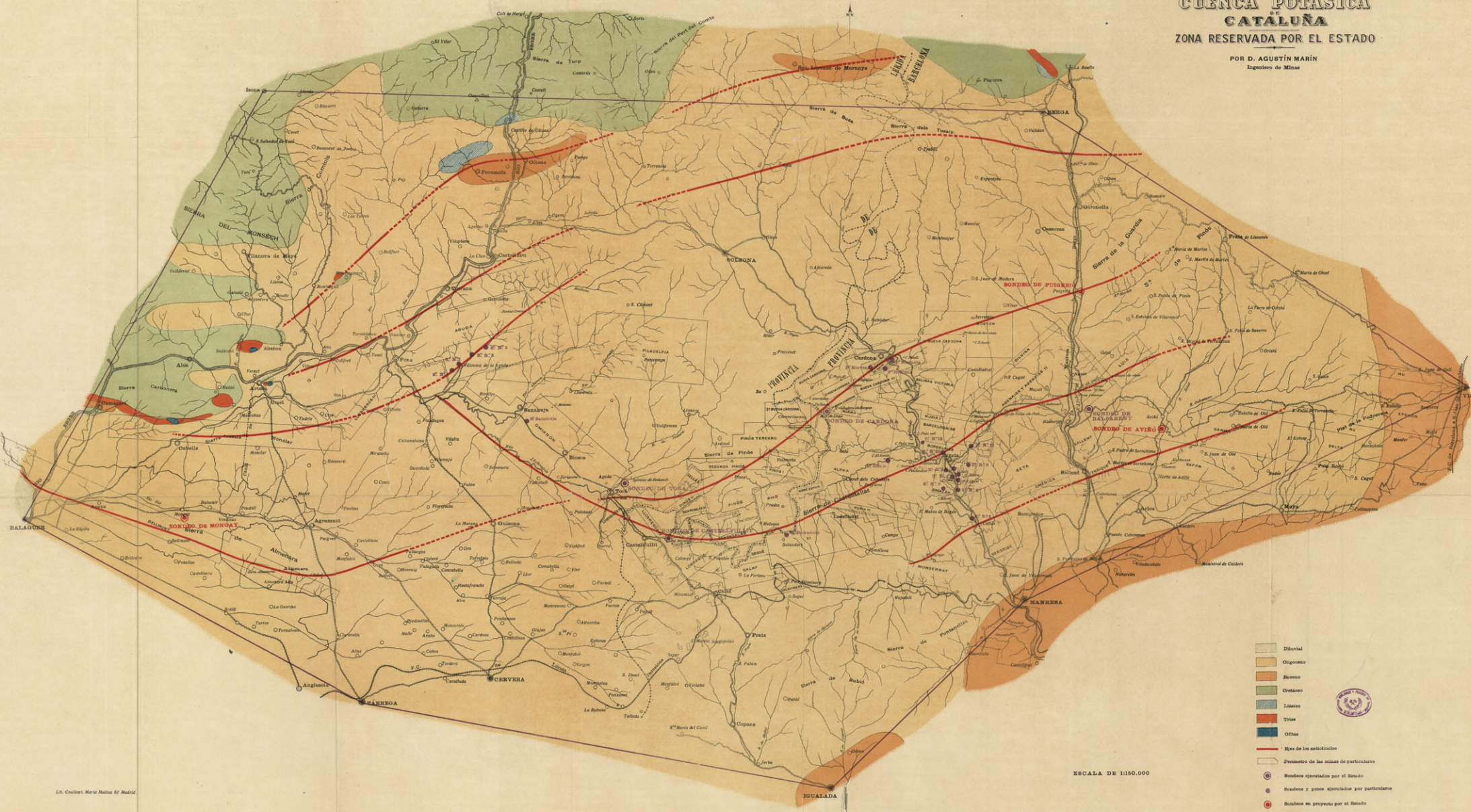
Se apoya la cuenca por el S. y E. en el eoceno marino, según la tenemos representada en el plano. En Manresa asoma este terreno, perfectamente caracterizado por sus fósiles, rompiendo la continuidad de los terrenos oligocenos, puesto que al S. de Monserrat los conglomerados que constituyen sus picos tan característicos son considerados, des-

(1) Este plano está trazado en la zona ocupada por las concesiones particulares, según los planos que amablemente nos entregaron los Ingenieros Jefes de los Distritos mineros de Barcelona y Lérida. Con gusto aprovechamos esta ocasión para testimoniar nuestro agradecimiento a todo el personal de esos Distritos, por la valiosa ayuda que nos han prestado en nuestro trabajo.



**MAPA GEOLÓGICO**  
 DE LA  
**CUENCA POTÁSICA**  
**CATALUÑA**  
 ZONA RESERVADA POR EL ESTADO

POR D. AGUSTÍN MARÍN  
 Ingeniero de Minas



- Diluvial
- Oligoceno
- Mioceno
- Eoceno
- Líasico
- Terciario
- Oñosa
- Línea de las actualizaciones
- Perímetro de las minas de particulares
- Sonidos adjudicados por el Estado
- Sonidos y zonas adjudicados por particulares
- Sonidos en proyecto por el Estado
- Perímetro de la zona reservada por el Estado

ESCALA DE 1:150.000



pués de los estudios de Almera y Deperet, como oligocenos.

Al S. de Cervera se extiende el oligoceno, y en la sierra de San Miguel aparecen los conglomerados y margas de la base, apoyándose sobre las margas azules del eoceno medio.

Al S. de Tárrega, en Montblanch, las margas rojas y conglomerados se apoyan sobre una caliza rosácea que forma la base del eoceno, faltando las margas azules.

Los conglomerados se prolongan al S.-O., constituyendo las sierras de La Llena y del Montsant, y atraviesa el Ebro, en Ascó.

Al SE. y E. la cuenca oligocena se apoya sobre el eoceno, que se presenta en la plana de Vich, estando constituido este último terreno en el contacto, por el tramo de las margas azules del eoceno medio, estudiado perfectamente por el geólogo Almera (1).

Una faja oligocena que yace sobre el eoceno se extiende al NE. de la cuenca siguiendo este rumbo. Empieza al S. de Ripoll, sigue por San Juliá hasta San Martín de Clot. En la misma dirección señalada por este apéndice aparece otro isleó oligoceno en Sous, siempre en forma de faja alargada, en la dirección E.-NE.

Por el N. de la cuenca hay más diversidad de terrenos.

En la región de Berga se apoya el oligoceno sobre los bancos senonenses; pero inmediato al contacto, en la cuenca del Llobregat, se observa un pequeño afloramiento liásico en contacto con las margas y yesos del triás.

En el río Cardoner, a pesar de que a consecuencia de un pliegue han asomado los bancos eocenos del *substratum*

(1) *Descripción geológica y génesis de la plana de Vich*, por el Dr. D. Jaime Almera. - Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Tomo V.

en la proximidad del borde de la cuenca oligocena, se apoyan los estratos correspondientes a este terreno en los bancos cretáceos, apareciendo, casi en el límite, una pequeña mancha triásica de las muchas que se presentan repartidas en los terrenos secundarios que forman el borde de la cuenca que nos ocupa.

En el Segre, en el mismo río, el contacto se hace directamente con una pequeña faja liásica formada por margas con *Gryphaea sublobata* y calizas con *Terebratula punctata*, pero presentándose más al N. el tramo turonense.

En la región de Artesa, a consecuencia de unos pliegues anticlinales en dirección aproximada E.-O., han aparecido los yesos y margas del triás con su cortejo de ofitas, rompiendo la continuidad de los bancos cretáceos que forman en general el borde de la cuenca oligocena, y hasta a veces presentándose en contacto directo con los bancos terciarios.

Si se observa la parte N. del corte que hemos llamado número 4 (lám. 5.<sup>a</sup>), se ve que los estratos oligocenos se apoyan sobre los yesos y las ofitas del triás, presentándose al N. los bancos cretáceos turonenses.

Más al N. aparecen otra vez unas fajas oligocenas en comunicación al O. con la gran cuenca, pero siempre apoyándose en los bancos cretáceos.

En Foradada, según está representado en la figura 1.<sup>a</sup>, los bancos oligocenos se apoyan sobre los estratos turonenses, que allí tienen poquísimo desarrollo. Estos a su vez se encuentran superpuestos a los que forman una mancha triásica constituida por margas y yesos, en donde aparecen con frecuencia cristales pequeños de cuarzo bipiramidado, circunstancia que nos sirve de carácter empírico para la determinación de la edad de los bancos yesosos, pues nunca hemos visto esos cristales en los yesos francamente oligocenos.

Indudablemente este terreno triásico contiene sal común

en sus estratos más inferiores, puesto que, como a unos 300 metros al S. de Rubió de dalt, se hizo un pozo para el alumbramiento de agua salada, que luego se evaporaba, produ-

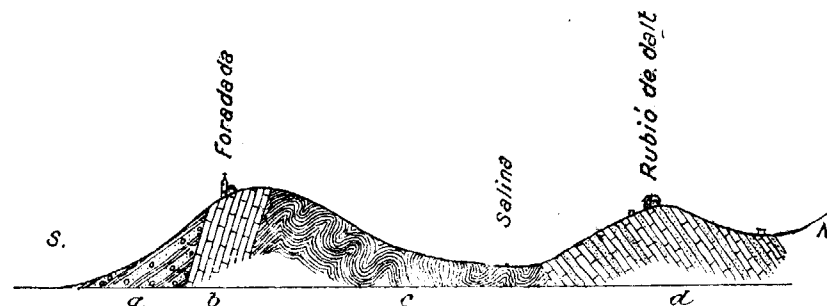


Fig. 1.<sup>a</sup>—CORTE AL N. DE FORADADA  
a, areniscas, margas y conglomerados oligocenos.—b, calizas turonenses.—c, yesos y margas del triás con sal debajo.—d, calizas y areniscas con lajas.

ciéndose una pequeña cantidad de sal que se vendía en los pueblos inmediatos. Nosotros hemos analizado esta sal, observándose que no contenía potasa.

Aparecen al N. de los materiales triásicos unas areniscas y calizas en lajas, sobre las que está construido el pueblo de Rubió de dalt, estratos que se apoyan sobre el cretáceo. En ellos se pueden observar restos fosilíferos lacustres, y entre ellos frutos de chara.

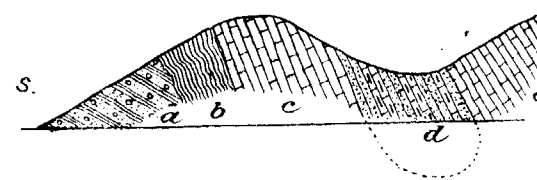


Fig. 2.<sup>a</sup>—CORTE A 2,5 KILÓMETROS DE FORADADA  
a, yesos, margas y conglomerados oligocenos.—b, yesos probablemente triásicos.—c, calizas turonenses.—d, calizas lacustres en lajas con frutos de Chara.

La mancha triásica desaparece al E. del corte, y al O. se prolonga como a 1 y medio kilómetros. Se puede observar su falta en el corte de la figura 2.<sup>a</sup>, hecho como a 2

kilómetros al O. de Foradada y trazado como el anterior en dirección N.-S. Sin embargo, al S. de la caliza cretácea que parece corresponder con la de Foradada, se observan unos yesos que por la forma de presentarse parecen triásicos y que parecen estar en contacto directo con los estratos oligocenos.

Al N. de Cubells, los bancos oligocenos se apoyan directamente en los yesos triásicos, observándose un manchón de ofitas sobre los que hemos visto directamente superpuestos los bancos turonenses, entre ellos uno riquísimo en fósiles, sobre todo en *Hippurites*. Los yesos atribuidos al triás son rojos, y no presentan clara su estratificación; en cambio los oligocenos son blancos y se presentan en estratificación concordante con las margas del sistema.

Al N. de Camarasa, el oligoceno se apoya directamente sobre los estratos turonenses, presentándose en aquella zona, en muy poca extensión, una gran variedad de terrenos, pero siempre repitiéndose los tramos de que hemos hablado en párrafos anteriores: triás con ofitas, liás medio, senonense, turonense y numulítico, es decir, que a consecuencia de pliegues anticlinales y fallas, rompen la continuidad de los bancos cretáceos terrenos más antiguos, presentándose además retazos eocenos, subsistentes a pesar de la gran denudación a que ha sido sometido este terreno a poco de su formación.

Por el O. sigue la formación oligocena fuera de la concesión del Estado, pareciéndonos que, en general, los estratos en donde se asienta Lérida, y que entran en Aragón, forman niveles geológicos más altos.

La continuidad de la cuenca oligocena, que es objeto de este trabajo, se encuentra rota cerca de su borde N. por isleos de otros terrenos más antiguos. Los estratos triásicos aparecen muchas veces con su cortejo de ofitas.

En Monmagastre se presentan los yesos y margas del triás y las calizas cretáceas en la forma representada en la figura núm. 3.

Las areniscas margas y conglomerados oligocenos se apoyan sobre las calizas cretáceas,

que forman como una sierrecilla estrecha de 1 kilómetro de longitud con alguna solución

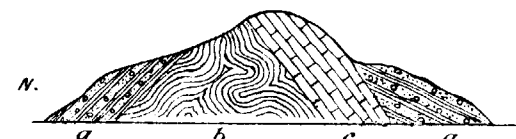


Fig. 3.ª - MONMAGASTRE

a a, areniscas, margas y conglomerados oligocenos  
b, yesos y margas del triás. - c, calizas cretáceas.

de continuidad. El cretáceo se apoya sobre las margas y yesos del triás, de colores muy abigarrados.

Al S. de Artesa, inmediato al pueblo, en el cerro denominado El Castellote, también se observa el mismo fenómeno, como se puede ver en el corte núm. 4; pero aquí los yesos del triás van acompañados de ofitas. Las manchas cretáceas y triásicas tienen aquí muy poca extensión.

El liás hace su aparición entre los bancos oligocenos, al O. de Oliana, y el oceno presenta dos manchas importantes: una en Oliana, en donde se presenta en contacto con el liás en su parte occidental; y la de San Lorenzo de Morunys, en donde los estratos eocenos y los conglomerados oligocenos superpuestos se encuentran en un pliegue isoclinal.

Es interesante hacer destacar la aparición de las manchas triásicas, en general de muy poca extensión, y que aparecen en todo el borde N. de la cuenca, rompiendo violentamente, a modo de eczemas, la continuidad de los bancos que sobre él yacían. A más de las manchas que ya llevamos citadas, es interesante la que se presenta también en Aygua de Valls, fuera ya de nuestro plano. Aparece entre

los conglomerados oligocenos, junto al molino de Güel, y por su borde O. se presenta el cretáceo, apareciendo muy próximo al contacto el garumnense.

En Gosol se explotó una mina de sal en el triás; nosotros en ella no hemos hallado potasa, pero conviene hacer resaltar el hecho de que la sal se presenta en muchas de las manchas del triás de los Pirineos. (Rubió, Comá, Guerri, Gosol).

### Cortes geológicos.

Para poder comprender bien la estructura de la cuenca oligocena, hemos creído lo más conveniente trazar varios cortes, siguiendo aproximadamente la dirección N.-S., o sea procurando cortar a los pliegues normalmente.

El primero lo hemos trazado siguiendo el río Cardoner, desde Manresa hasta su nacimiento, en las fuentes de Pedra y Comá. Como es la zona más conocida, hacemos preceder la explicación de este corte a la de los demás.

En Manresa se apoya el oligoceno en las margas eocenas, con numulites de la parte superior del medio, o tal vez del Bartonense.

En el eoceno de Manresa se han citado los fósiles siguientes por los Sres. Maureta y Thos:

*Nummulites striata* (Orb).

— *Biarritzensis* (Arch).

— *perforata* (Orb).

*Dimorphastrosa Castroi*.

*Stylocoenia lobato-rutundata* (Edw. y Haim).

*Eupatagus ornatus* (Agass).

*Pecten subtripartitus* (Arch).

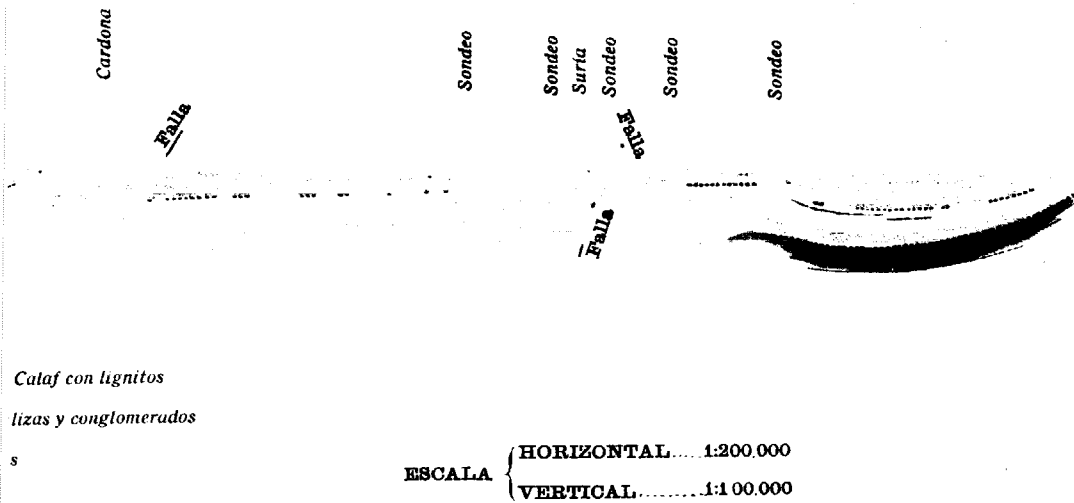
*Terebellum carcassensis* (Leynn).

*Turritella conoidea* (Sow).

CATALUÑA



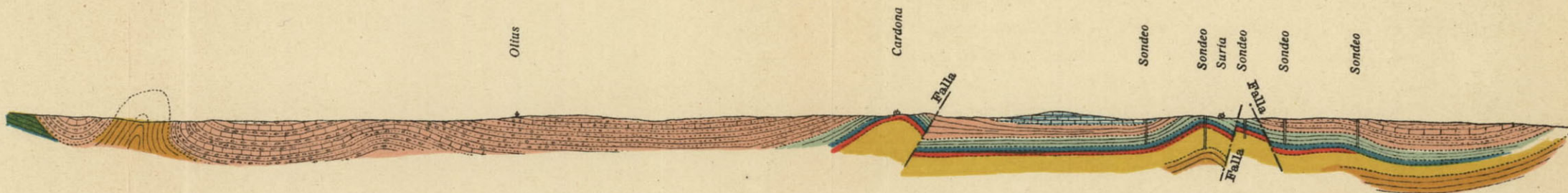
.1.











# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA



CORTE NÚM.1.



-  Calizas y areniscas de Calaf con lignitos
-  Areniscas rojas con calizas y conglomerados
-  Margas yesosas y yesos
-  Margas y sal común
-  Zona potásica
-  Sal común
-  Eoceno
-  Cretáceo

ESCALA { HORIZONTAL.....1:200.000  
          { VERTICAL.....1:100.000

Nosotros hemos podido recoger numulites de las especies citadas casi en el contacto con el oligoceno, y en las trincheras del ferrocarril de Suria a Manresa hemos recogido los fósiles *Natica* y el *Ceritium giganteum Lam.*

El Sr. Vidal cita los fósiles *Vulsella falcata*, *Turritella ataciana* y *Terebratulla Vidali*.

En los pueblos de las inmediaciones de Manresa, la fauna eocena es muy rica; nosotros hemos recogido muchos fósiles.

Las pudingas de Monserrat se superponen al horizonte con *Nummulites perforata* y *striata*, y ha sido hallado por el P. Almera en un horizonte intermedio el *Eupatagus ornatus* del numulítico superior de Biarritz. Estas pudingas han sido consideradas por Deperet como oligocenas y de la misma edad que los depósitos de Calaf y sincrónicos de los conglomerados de la sierra de Busa. Por consiguiente, en el río Llobregat el oligoceno está roto, apareciendo el eoceno. El retazo al S. lo forman los conglomerados de Monserrat, y al N. la cuenca de Callús y Suria que nos ocupa.

No deja, sin embargo, de llamar la atención cierta confusión que se observa en el terreno entre los elementos marinos y lacustres, pues inmediatos a los fósiles marinos aparecen restos de *Melantias*, *Potamides*, *Cerithes*, etc., fauna salobre que indican un tránsito del régimen marino al fluvio-lacustre y que da motivo para que pueda surgir la duda de que las pudingas de Monserrat no sean oligocenas, sino que formaron el estuario de un río en el período eoceno superior.

Sobre las margas eocenas se apoyan las margas calizas y areniscas del oligoceno. Predomina en ellas el color rojo, aunque las hay también grises. Inmediatamente que se pasa el pueblo de Callús, subiendo por el río, se encuentra un pequeño accidente en este tramo. Está constituido el anticlinal por una ligera ondulación. Un sondeo realizado un



poco al N. del eje de este anticlinal, en Lladó, por la Sociedad Solvay y Comp.<sup>a</sup>, cortó la sal común a 455 metros, habiendo perforado antes los terrenos siguientes, de arriba para abajo.

Calizas con margas abigarradas y algunas grises.	234 metros.
Margas rojas con algún banco de caliza.....	18 —
Calizas con margas.....	43 —
Yesos con margas rojas.....	35 —
Margas grises y rojas, saladas y yesosas, y con anhidrita.....	43 —
Areniscas muy duras y margas.....	11 —
Margas grises con intercalaciones de sal.....	11 —
Sal común con trazas y algunos bancos de carnalita, uno de ellos con espesor de 3,68 m. y alguno de silvinita.....	150
Sal gris.....	320
Anhidrita, yeso y sal.....	7 —
Calizas.....	3 —
TOTAL.....	<u>875 metros.</u>

Se suspendió el sondeo en unas calizas que nosotros hemos clasificado de eocenas en otro lugar (1). En los testigos de estas calizas procedentes de éste y de otros sondeos por nosotros examinados, no hemos podido observar ningún ejemplar completo de fósil, o por lo menos determinable, aunque frecuentemente se pueden ver fragmentos de diferentes especies. La caliza es muy arcillosa, constituyendo una marga dura.

Parece que es muy frecuente un equínido regular que por su forma y áreas ambulacrales debe corresponder a la familia de los espatángidos, puede ser que al género *Eupatagus*, característico del eoceno. De todos modos, la fami-

(1) *Salas potásicas de Cataluña*, 1918, por D. César Rubio y D. Agustín Marín.

lia de los espatángidos cuando tuvo su desarrollo fué en el cretáceo superior y en el terciario. El *Eupatagus Ornatus* (Agass) ha sido hallado en Cataluña en el eoceno del S. de la cuenca.

Existen también en los referidos testigos algunas facillas de lamelibranquios con estrías interiores; pero los ejemplares que poseemos son tan incompletos, que es imposible determinarlos, ni aun el género. Hemos visto, sin embargo, dos especies distintas: una que parece corresponder al género *pectem*, pero con estos solos datos es difícil determinar la edad a que corresponden.

Por último, hemos podido observar al microscopio la existencia, aunque escasa, de foraminíferos fósiles. En una preparación hemos examinado un ejemplar incompleto que corresponde a la familia de los nummulidos, que alcanzaron tanto desarrollo en el eoceno, probablemente del género *operculina*, atendiendo a tener pocas vueltas y las primeras no ser perceptibles. Por tanto, por la familia a que corresponden y por sus caracteres, sólo puede comprender al cretáceo superior o al eoceno, preferentemente a este último.

La cantidad de sal potásica cortada es pequeña, comparada con la hallada en otros sondeos de la cuenca, indicando un empobrecimiento al S.

Al O. de Callús, en el camino de La Fonellosa, entre el molino de Carner y la casa llamada del bosque de Falls, se ven unas margas muy oscuras y duras con *Planorbis*, *Lymnæa longiscata Brong*, etc.

El sondeo núm. 6, en el paraje Milor, se realizó también por la Sociedad Solvay, en el sinclinal comprendido entre los anticlinales de Callús y Suria. Se puede considerar que el corte del terreno de este taladro es el normal de esta cuenca de Suria, y le expresamos a continuación, de arriba a abajo:

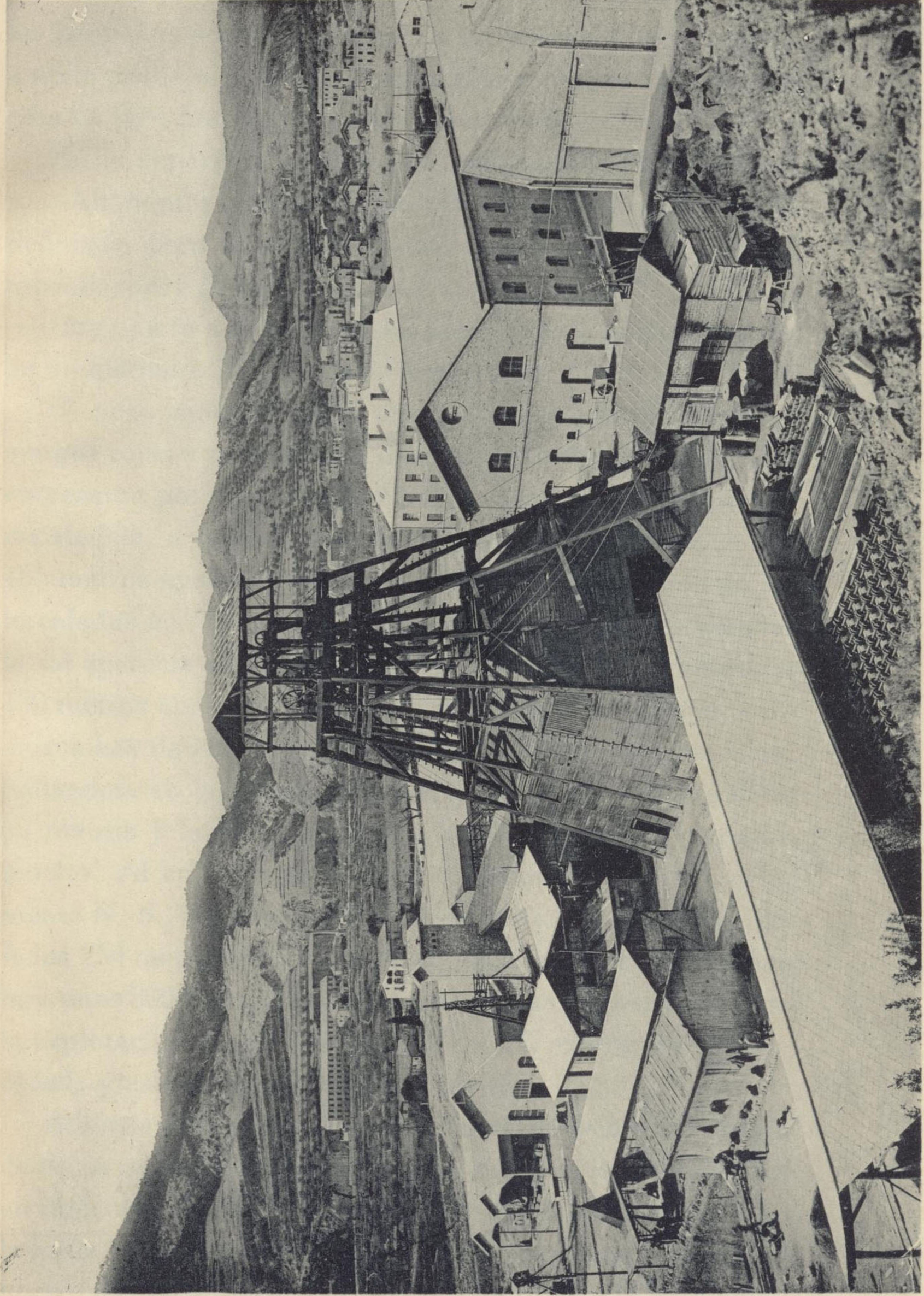
Tierra vegetal.....	2 metros.
Calizas alternando con margas, a veces en bancos muy duros.....	66 —
Margas rojas y areniscas, y algunas calizas grises.	133 —
Margas, en general grises, con calizas grises....	145 —
Margas grises y rojas, saladas y yesos.....	54 —
Anhidrita y marga muy caliza .....	28 —
Margas grises y rojas, saladas y yesosas con algún banco calizo.....	51 —
Arenisca y anhidrita, generalmente muy dura, con hidrocarburos.....	49 —
Sal común, margas y carnalita.....	61 —
Idem, id. y silvinita .....	30 —
Sal gris.....	176 —
Anhidrita .....	9 —
Calizas fosilíferas. ....	84 —
TOTAL.....	<u>888 metros.</u>

y en el fondo del taladro siguen las calizas fosilíferas marinas, a nuestro juicio eocenas. La longitud total del sondeo fué de 888 metros. La sal potásica se cortó a los 528 metros. Las calizas alternantes con las margas de todo el tramo cortado encima de las sales son bastante fosilíferas. Siguiendo el curso del Cardoner, antes de llegar a Suria, existe una falla según el barranco del Tordell, que ha influido mucho en que la sal común aflorara.

En otro lugar (1) hemos ya descrito el pozo primero que se efectuó en la cuenca potásica, en casa Sali, y en el cual la sal común se cortó a los 68 metros. La cubrían en toda la longitud del pozo margas saladas. Tenían estas margas una inclinación de 40°. Después de las margas se cortaron 2 metros de sal y anhidrita, unos ocho de sal gema impura muy cargada de anhidrita, y al final se tropezó con las primeras manifestaciones potásicas, no ha-

(1) Sales potásicas de Cataluña, por D. César Rubio y D. Agustín Marín.





Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

SURIA. INSTALACIONES DE LA SOCIEDAD SALVAY Y CIA.





biéndose atravesado la zona potásica ni con el pozo ni con los pequeños sondeos realizados en el frente de la galería abierta desde el pozo. Las capas salinas tienen una inclinación de 60°. Esta labor está hoy hundida.

En la superficie se ven algunos bancos calizos fosilíferos. Allí hemos podido recoger *Planorbis* y *Lymnæa*, mal definidos, pero en el primero nos ha parecido reconocer la especie *cornu Brong.*

Hoy, junto a la falla, se ha perforado el pozo maestro, de un diámetro interior de 6,05 metros.

El pozo maestro cortó primeramente yesos y algunas margas rojas y areniscas, y después las margas grises, que empezaron por ser blandas y luego adquirieron alguna más resistencia, a medida que se cargaban de cloruros. A los 165 metros aparecieron ya unas láminas de sal común intercaladas en las margas, y a medida que se profundizaba, la sal aparecía en capas de mayor potencia, y por último, a 180 metros aproximadamente, aparecieron las primeras indicaciones de carnalita. Se atravesó luego la zona potásica, hallándose en la base la silvinita. La zona de carnalita tiene 60 metros y la de silvinita 10. Las inclinaciones variaron mucho. Al criadero se le cortó con dirección aproximadamente N.-S., con una inclinación de 23° y buzamiento al E. A los 254 metros se cortó todo el yacimiento. El pozo tiene hoy unos 300 metros, habiéndose instalado dos niveles para la explotación de la silvinita, a 227 y 277 metros de profundidad, y está proyectado otro a los 327.

Además de la falla, se observa al N. de ésta y del pueblo de Suria otro accidente constituido por un pliegue anticlinal en dirección E., 30° N., habiéndose realizado los pozos en la rama S. de este anticlinal, estando, por tanto, afectados los bancos en su posición e inclinación por este accidente. La falla del Tordell ha producido además un salto que ha

acercado a la superficie los terrenos que constituían su labio meridional, de tal modo, que casi ha hecho que la potasa aflore.

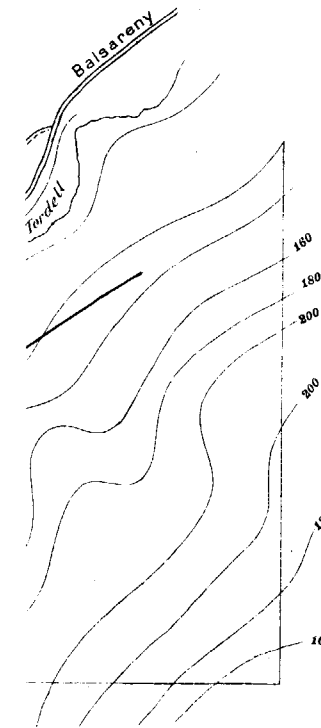
Además de estos dos accidentes, se observa que los estratos han sido también objeto de un empuje vertical, que ha formado como un eczema o cúpula, y cuya traza, en el terreno, se percibe claramente siguiendo el banco de yesos y alabastrites rojo que, en forma de anfiteatro, se observa en las dos márgenes del Cardoner, en las inmediaciones de Surria. Dicha traza está representada en la figura núm. 4.<sup>a</sup>, y sobre ella llamamos ya la atención en otro lugar (1).

Esta capa forma al S. de la falla una especie de bóveda, puesto que presenta en la traza, con el terreno, toda clase de direcciones, y sus buzamientos son siempre hacia el exterior, como están representados en la figura; sirve de guía para darse cuenta de lo que debe ocurrir en el yacimiento, y así se explica que con el pozo se haya cortado el criadero en dirección N.-S., y con buzamiento al E., y las galerías del N. de la mina van dando la vuelta, hasta ponerse en dirección NE.

Los sondeos 2, 3, 4 y 7, ejecutados por la Sociedad Solvay, se hicieron en toda esta zona, tan movida y afectada por todos los accidentes descritos, y que han ocasionado trastornos y pliegues en los bancos salinos, produciendo, como consecuencia, hechos tan curiosos como el que en sondeos tan próximos como el 1 y el 7 cortaron la potasa a muy diferente hondura, lo que hace suponer que la capa roja que hemos representado en el dibujo, sea la traza de la superficie de deslizamiento de los terrenos elevados a consecuencia del empuje en forma de eczema.

El sondeo número 1 estuvo emplazado en la mina «Saladita», en sitio próximo a la casa Salí. Alcanzó una profundi-

(1) *Salas potásicas de Cataluña*, Obra citada.

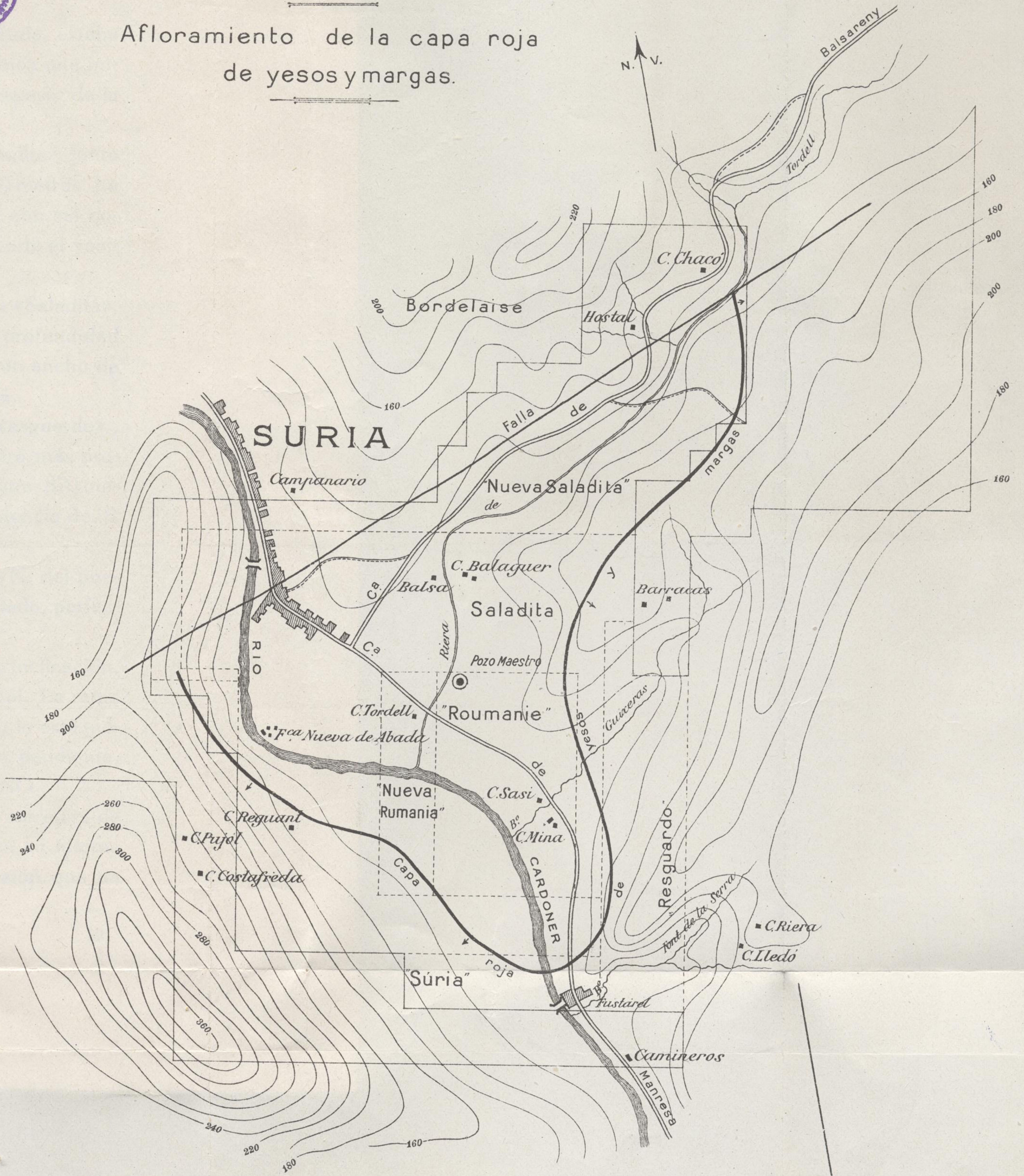






# VALLE DEL CARDONER · SURIA ·

Afloramiento de la capa roja  
de yesos y margas.



ESCALA DE 1:20.000



dad de 370 metros, y cortó una capa de sales potásicas, mezcladas con sal común, a 50 metros de profundidad. El criadero tenía 70 metros de potencia.

El sondeo número 2, cerca del pueblo de Suria, estaba situado en la mina «Roumanie». Encontró también una importante capa potásica a los 208 metros. El espesor de la zona potásica es de 95 metros.

El sondeo número 3 se situó en la mina «Saladita», junto a la casa Regnant. Alcanzó una hondura de 400 metros. La capa de sal potásica, mezclada como siempre con sal común, tuvo aquí gran espesor: 184 metros. Se cortó el yacimiento potásico a los 142 metros.

El sondeo número 4 está también en la mina «Saladita», a 300 metros al O. del río Cardoner. Llegó a la profundidad de 590 metros. El criadero potásico tuvo allí un ancho de unos 35 metros, y se cortó a los 256 de hondura.

El sondeo número 7 se situó en la mina «Resguardo», junto al río y junto a la fábrica Giró. Se encontró más profunda la sal, a 528 metros, y alcanzó gran hondura: 870 metros. Se cortó el criadero potásico con una potencia de 91 metros.

Siguiendo el corte, se observa en el extremo N. del pueblo de Suria el anticlinal, de que ya hemos hablado, perfectamente marcado en calizas, margas y yesos.

La rama S es la más abrupta, pasa de 70° su inclinación, y tiene tendencia a constituir un pliegue isoclinal. La rama N., aunque también está fuertemente inclinada, lo está menos que la S., y además pierde más pronto su pendiente, tomando los estratos su buzamiento normal al NO.

El frente que presenta este pliegue en la carretera de Suria a Cardona, lo llama la gente del país, en su idioma natal, *Mitch Mond* (medio del Mundo), expresión que da idea clara de lo que es el accidente.

Al N. del pueblo de Suria se hizo un sondeo en la rama N. del anticlinal principal, y muy cerca de su eje.

Los terrenos atravesados fueron los siguientes, de arriba a abajo:

Tierra vegetal.....	2 metros.
Yesos con margas.....	84 —
Margas yesosas y saladas (más saladas cuanto más profundas).....	56 —
Margas con capitas e intercalaciones de sal, algo de anhidrita y yesos.....	92 —
Zona potásica, formada por carnalita y sal, principalmente, con la presencia de silvinita en la parte alta.....	205 —
Sal gris.....	510 —
Zona potásica, constituida de sal común, carnalita y silvinita.....	79 —
Anhidrita, yeso y calcita.....	9 —

En este sondeo parece que hay dos capas separadas por un gran banco de sal común. Se podía suponer que se repetía el criadero potásico a consecuencia de un pliegue aparecido debajo de la sal común, pero en este caso se tenía que repetir también las margas con capitas e intercalaciones de sal que forman el pendiente del criadero; pero esto no sucede, sino que se presenta en el fondo del taladro anhidrita, yeso y calcita, que parece constituir la base del yacimiento salino en toda la cuenca.

Siguiendo el corte al N., los bancos que se observan en la superficie, son principalmente las margas rojas y areniscas, observándose algunas intercalaciones de calizas y margas grises. En el sitio donde aun los estratos presentan alguna inclinación al N., como formando parte de la rama N. del anticlinal, junto a la fábrica de Palá Nuevo, y próximo a la carretera de Cardona a Suria, realizó la Sociedad Solvay





SURIA. MITCH' MOND.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid.

ANTICLINAL VISTO A UN KM. AL N. DE SURIA.



otro sondeo que alcanzó la profundidad ~~de 1197~~ metros. La zona potásica se cortó a los 875 metros, y tiene una potencia de 104 metros.

Las rocas halladas, en el orden en que fueron cortadas, son:

Tierra vegetal y cantos sueltos.....	7 metros.
Margas rojas y abigarradas, con bancos de caliza, pequeños, y uno importante de 35 metros de espesor.....	294 —
Calizas, algunas muy duras, y margas, algunas ligeramente saladas.....	287 —
Margas grises y rojas, muy yesosas, a veces con anhidrita y ligeramente saladas.....	75 —
Margas, en general grises, algunas rojizas e irisadas, saladas, y a veces con intercalaciones de sal común y capas de esta substancia, cargándose de sal a medida que se descendía en este horizonte.....	212 —
Zona de carnalita con sal y capas de margas...	79 —
Zona de silvinita con sal y carnalita.....	25 —
Sal gris, en parte muy blanda.....	182 —
Yesos.....	5 —
Calizas.....	21 —

Llama la atención en este corte el desarrollo que tiene el tramo de las margas grises, con intercalaciones de capas de sal. Por lo demás, el yacimiento presenta un aspecto normal.

Al N. de Palá, los bancos se ponen horizontales, y se encuentra el sinclinal que separa los anticlinales de Suria y Cardona, y creemos que en la parte alta se debe encontrar el tramo superior al de las margas rojas.

Acercándose al pueblo de Cardona, los bancos vuelven a inclinarse, pero con buzamiento al S., y antes de llegar al barranco en donde se hallan las famosas salinas, los bancos

se presentan súbitamente verticales, a consecuencia de una falla que hemos podido reconocer en unos 10 kilómetros al O. del Cardoner. Los estratos se presentan en esta posición vertical, en unos 700 metros, y el eje de la falla forma un

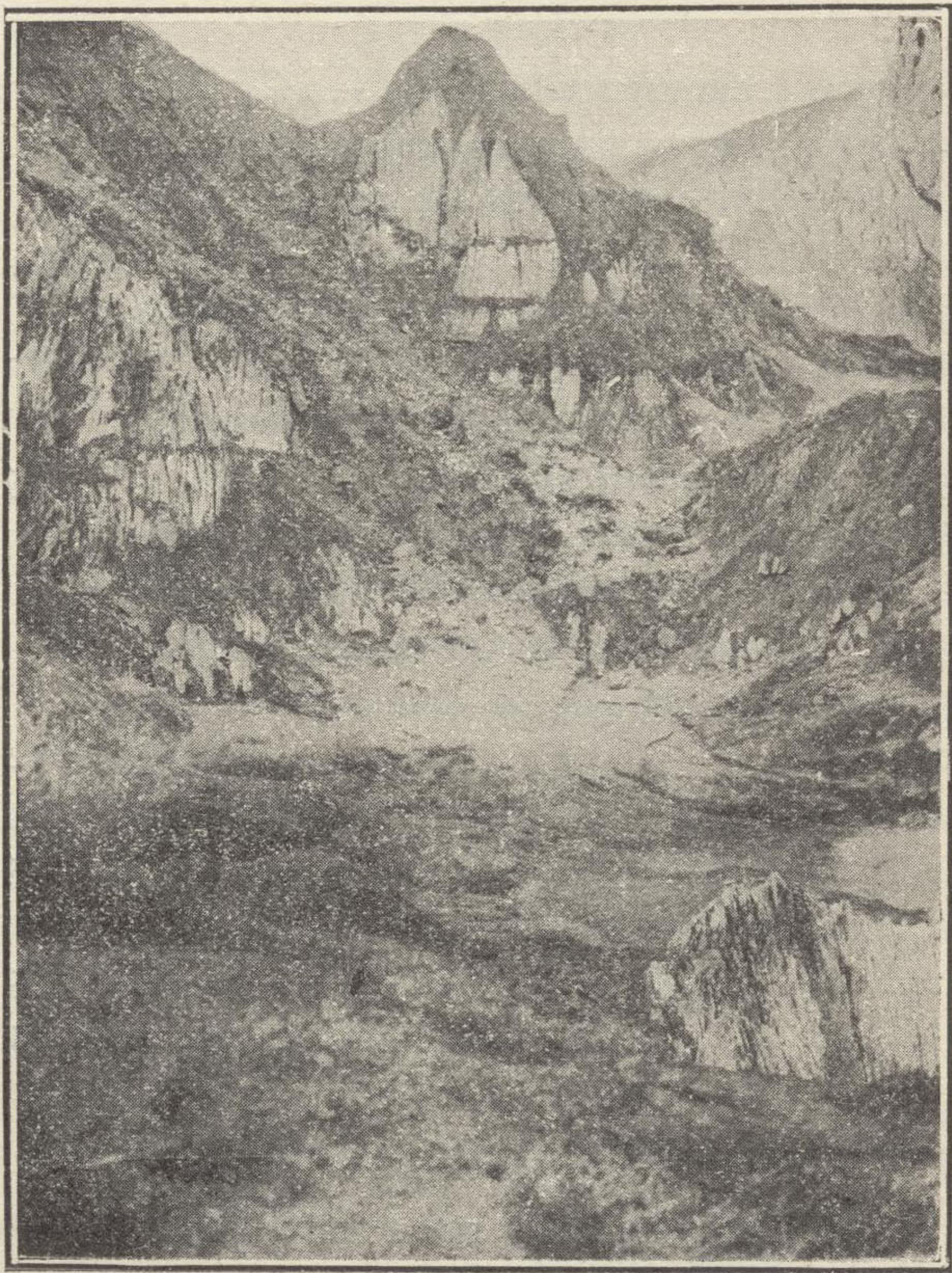


For. 4.º--CARDONA: VALLE DE LAS SALINAS  
Sal común entre arcillas, margas y yesos.

ángulo muy agudo, con otro accidente geológico, con el anticlinal, que pasa por el barranco en donde se hallan las salinas. Estos dos accidentes se encuentran un poco al O. de la casa de Llordella.

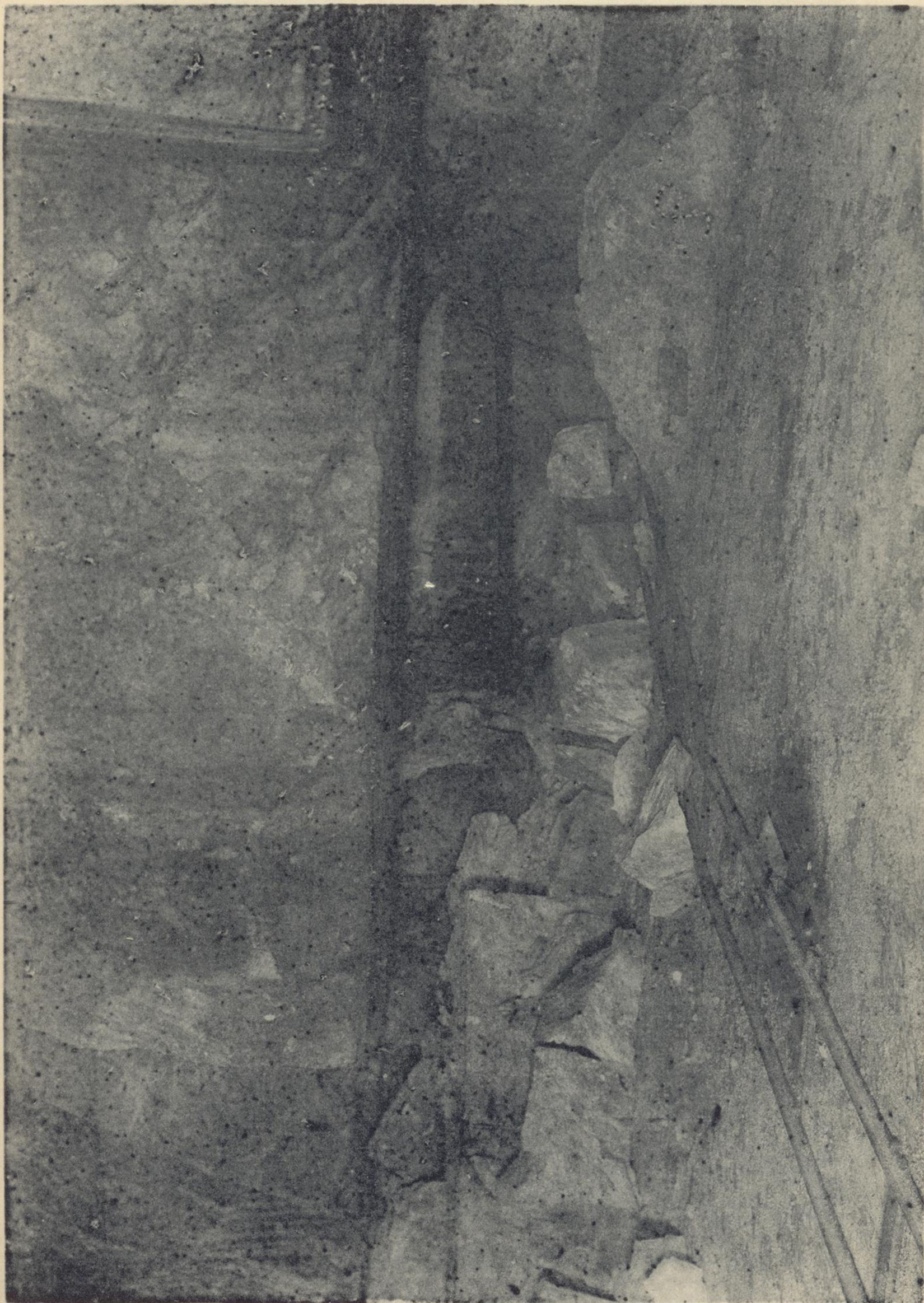
Siguiendo al N., los bancos aparecen otra vez con inclinaciones de 30 y 40° y buzando al S. en la margen S. del





FOT. 4.<sup>a</sup>—CARDONA: VALLE DE LAS SALINAS  
Sal común entre arcillas, margas y yesos.





Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid.

CARDONA. INTERIOR DE LAS SALINAS.  
TODO LO QUE SE VE EN LA FOTOGRAFÍA ES SAL COMÚN.



barranco de las salinas; así como en la otra margen, los estratos situados por debajo del Castillo y pueblo de Cardona, buzan al N.

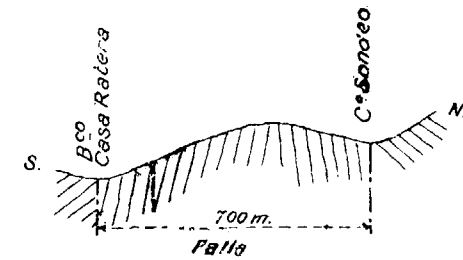


Fig. 5.ª

Corte por el sitio del sondeo de Cardona.

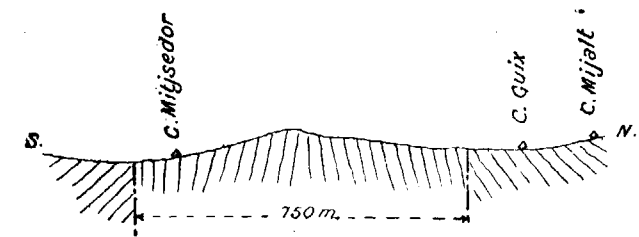


Fig. 6.ª

Corte por la casa de Guix.

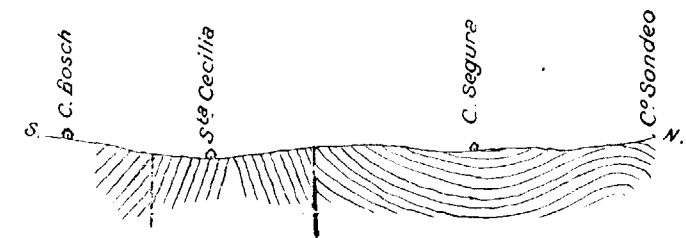


Fig. 7.ª

Corte encima de la montaña de sal de Cardona.

Hemos representado (figs. 5, 6 y 7) tres cortes trazados al O. de Cardona, en los que se ve claramente la forma y situación de los accidentes geológicos que acabamos de indicar.

Por ellos se puede apreciar que el anticlinal de Cardona,

por encima de las salinas, está dividido en dos, aunque la denudación de toda la zona central haya podido en varios sitios ocultar este fenómeno.

En el barranco de las salinas, aflora la sal, y fué antes objeto de explotación a cielo abierto. Se halla situada la sal estratigráficamente debajo de las margas grises y rojizas de las márgenes del barranco, debiendo su aparición a la denudación de la cúpula del accidente.

La sal blanca potente que se encuentra hoy en explotación, es infrayacente a los bancos salinos que constituyen la llamada Montaña Roja, que toma este nombre por predominar en ella la sal de color rojo. La sal se presenta en esta montaña en pequeños lechos, alternantes con otros de arcilla y yeso, y nosotros hemos podido hallar inclusiones de silvinita. Estos lechos se encuentran muy trastornados, en pliegues muy agudos, indicando claramente la gran plasticidad de la sal.

Si se camina al O. de Cardona, el pliegue anticlinal subsiste hasta el Llobregós, pero no presenta la misma intensidad, aunque siempre muy marcado; por el contrario, al E. los estratos situados al otro lado del río Cardoner, tienden a formar una cúpula cuyo centro fueran las salinas, teniendo, según los siteos, buzamientos diferentes y hacia fuera, es decir, que aquí se ha formado otro eczema análogo al de Suria. Sin embargo, al E. de Cardona, hasta Puigreig, y aun al E. de este pueblo, se nota una ligera ondulación en la prolongación del pliegue anticlinal.

Atravesando algo oblicuamente el Cardoner, se encuentra una falla cortada por el pozo que junto al río hizo la Sociedad de Industria y Comercio. Esta Sociedad ha hecho varios reconocimientos en pocillos, sin haber llegado en ninguno a la sal. El más hondo tiene una profundidad de 120 metros. Hoy día está atravesando los bancos de sal de la

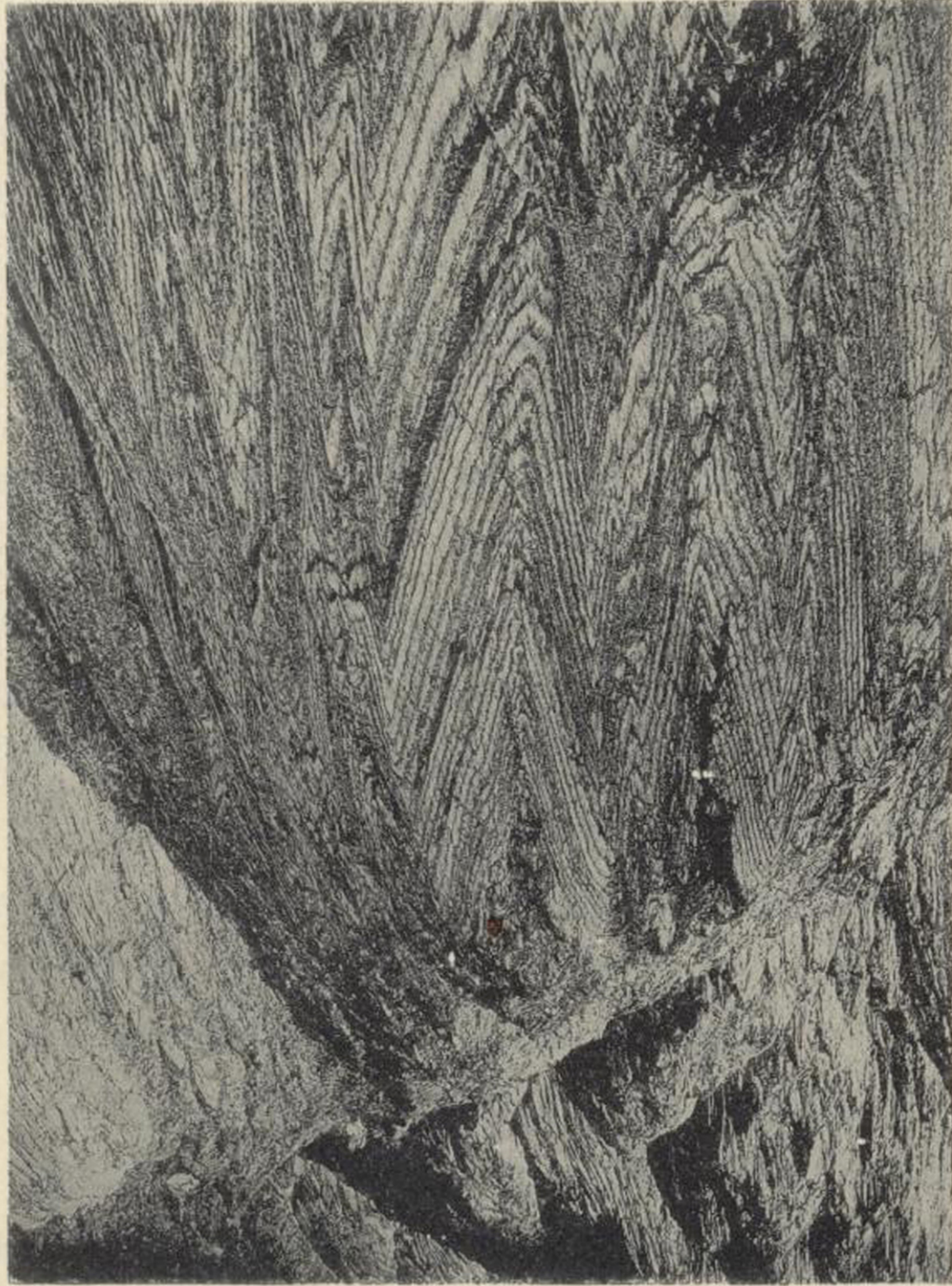




Fototipla de Hauser y Menet.-Madrid.

CARDONA. MONTAÑA ROJA.





Fototipia Hauser y Menet.-Madrid.

CARDONA. MONTAÑA ROJA. PLIEGUES EN LA SAL



Montaña Roja, con un sondeo inclinado, y tiene proyectados varios en el valle en donde están las salinas.

A 8 kilómetros al O. de estas salinas, se ha realizado por el Estado un sondeo en busca de potasa, del que nos ocuparemos más adelante; pero como los datos obtenidos en el referido sondeo arrojan alguna luz sobre la constitución estratigráfica de la cuenca, los hemos tenido en cuenta al trazar el corte que nos ocupa.

Caminando al N. del pueblo de Cardona, los estratos van perdiendo inclinación, colocándose horizontales; aparecen las molasas y margas grises. En sitio próximo a la torre de Artigales, nosotros hemos hallados una caliza gris oscura, muy fétida, y que se presenta en bancos estrechos; hemos recogido algunos fósiles difíciles de clasificar, correspondientes a los géneros *Melania*, *Melanoides* y *Planorbis*.

Los Sres. Maureta y Thos y Codina (1) han recogido en el caserío del Guix, situado a unos 4 kilómetros de Cardona y en las inmediaciones de un tejár, ejemplares de *Lymnæas Planorbis* y *Melania*, y citan una *Melania* hallada en el sendero que de Cardona conduce a las salinas.

Caminando al N., por el río Cardoner, y antes de llegar a Olius, a los bancos de margas, areniscas y calizas, se agregan los de conglomerados, al principio con cantos pequeños que, a medida que se camina al N., se van haciendo mayores. El cemento es calizo arcilloso. Enfrente a casa de Torres se ven unas margas rojizas, algo rosáceas, que llevan capitas de yeso fibroso, alternantes con bancos grandes de arenisca. Como a unos 2 kilómetros al N. de Olius, cerca del molino de Foix, los bancos se empinan, y se observa, como a 5 kilómetros del referido pueblo, un anticlinal con las ramas buzando a unos 45°. Las margas, las hay arcillosas, pero también las hay sabulosas.

(1) *Descripción geológica de la provincia de Barcelona*, pág. 359.

Pasado este anticlinal, los bancos vuelven a tomar su posición casi horizontal; pero al llegar cerca de San Lorenzo de Morunys, los bancos se vuelven a levantar, y frente a este pueblo se presenta un pliegue muy pronunciado de las margas y conglomerados. Este accidente es un pliegue isoclinal, que trae como consecuencia, no sólo levantar los bancos hasta la vertical, sino invertirlos. En el centro asoma el eoceno, muy bien caracterizado por fósiles.

Nosotros hemos podido recoger los siguientes:

*Rostellaria multiplicata* (Bellardi).

— *goniophora* ídem.

*Trochocyathus sensis* (Tourn).

— *sinuosos* (Edew).

*Fistulana Chice* (Vidal).

*Cardita Perezi* (Bell).

*Cerithium giganteum* (Lam).

*Nummulites perforata* (D'Orb).

— *Biarritzencia* (D'Arch).

Y otros ejemplares de los géneros *Tellina*, *Trochocyathus*, *Cardita*, *Ampullina*, etc.

El banco de *nummulites* es muy importante. No se le observa bien en el río, pero sí a unos 2 kilómetros al E. Allí también se observa muy cerca del referido banco un yeso muy blanco, fibroso, que parece sedimentario, y que debe corresponder al luteciense superior o yesos de París. El señor Vidal lo ha reconocido en el torrente del Ars.

De los tres tramos en que clasifica el Sr. Vidal el numulítico catalán, corresponde al medio el afloramiento de San Lorenzo, o sea el de margas azuladas con *nummulites*, *operculinas*, etc., abarcando el ipressiense y el luteciense. Este afloramiento eoceno se extiende mucho al E., estrellándose en las sierras cretáceas de Berga.

Es interesante la particularidad paleontológica descubier-

ta por el Sr. Vidal, y que tiene un gran interés estratigráfico. Habiendo hallado en San Lorenzo y en otras localidades un fósil del género *Fistulana* (Bruguière); lo estudió detenidamente, y en una nota elevada a la Real Academia de Ciencias, en Barcelona, en 1882, dió cuenta de la constitución orgánica de este animal. Posteriormente hizo resaltar la diferente colocación en que se encuentra este fósil en los bancos que lo contienen, pues teniendo vivo una po-

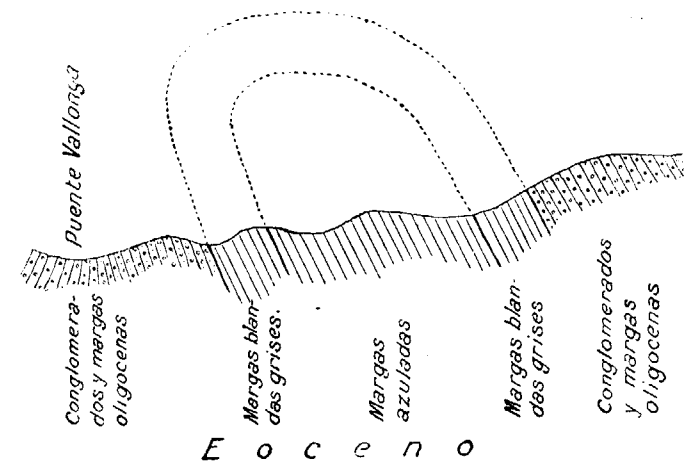


Fig. 8.  
Corte por el río Cardener.

sición bien definida, se le ha encontrado fósil en algunos bancos en su posición normal, pero en otros se le ha hallado en posición invertida, lo que demuestra claramente que, con la fuerte conmoción sufrida, llegaron los estratos a volcarse, comprobándose de este modo, con razones paleontológicas, la existencia del gran pliegue isoclinal expresado en la figura 8.

Al N. del isoclinal de San Lorenzo, los conglomerados y margas oligocenas aparecen en poca extensión y con poca potencia. Descansan sobre las margas y calizas del seno-

nense. Sin embargo, muy cerca del pueblo de Comá, se encuentra el terreno triásico del modo característico que ya hemos indicado se presenta en los Pirineos, y que tiene mucha semejanza con el modo de aparecer en el N. de Africa.

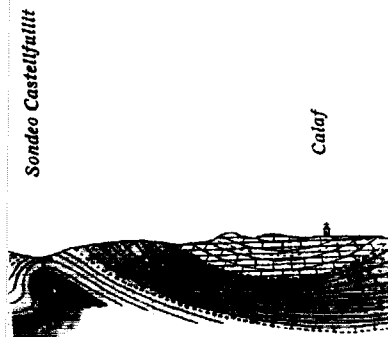
Son isleos que han roto la continuidad de los terrenos secundarios y terciarios. En Comá aparecen margas yesosas y sal común. Esta última ha sido objeto de investigación por sondeo, sin que se haya encontrado sal potásica.

El segundo corte lo hemos trazado siguiendo la carretera de Igualada a Calaf, y siguiendo después como a 2 kilómetros al E. la carretera de Calaf a Pons, y desde este sitio, siguiendo la que va a La Seo de Urgel, hasta llegar a los terrenos secundarios que limitan por el N. la cuenca oligocena.

En Igualada, están las areniscas y margas grises y rojo oscuro superpuestas a las margas azules del eoceno medio. Después, aparecen los yesos en Copons. En Prats del Rey se ven calizas y molasas y margas rojas con *Lymnœa*, *Planorbis* y un banco con *Melanoïdes albigensis*.

Los Sres. Maureta y Thos dividieron el terciario de Calaf, que lo atribuían en todo su conjunto al proiceno, o sea al eoceno superior en los siguientes horizontes de abajo para arriba: primero, conglomerado con intercalaciones de arcillas y calizas; segundo, yeso y margas; tercero, arcillas y molasas de color rojo, calizas con *Planorbis*, *Lymnœas*, *Melaniás* y lignitos.

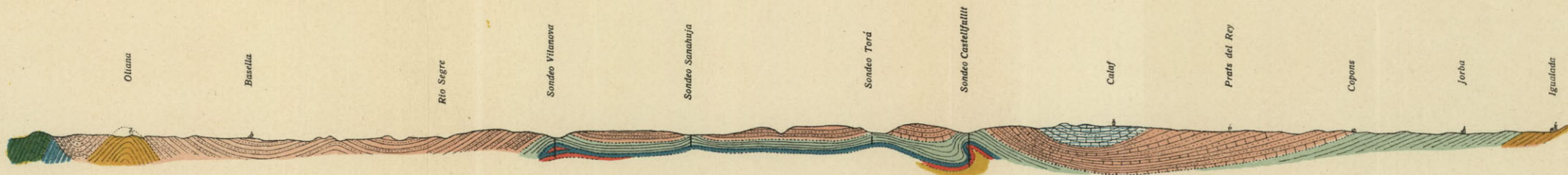
Nosotros creemos que hay yesos que están encima de los conglomerados, con frecuencia fibrosos, así como hay otros que deben estar debajo, presentándose éstos, en general, más trastornados














# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## CORTE NÚM. 2



-  Calizas y areniscas de Calaf con lignitos
-  Areniscas rojas con calizas y conglomerados
-  Margas yesosas y yesos
-  Margas y sal común
-  Zona potásica
-  Sal común
-  Eoceno
-  Cretáceo
-  Liásico

ESCALA { HORIZONTAL.....1:200,000  
          { VERTICAL.....1:100,000

El Sr. Bofill (1) consideró de edad sannuasense las capas lignitíferas de Calaf.

El Sr. Deperet (2), con ejemplares presentados por los Sres. Vidal y Bofill, consideró compuesta la fauna oligocena de Calaf por los siguientes fósiles:

MAMÍFEROS: *Ancodus Aymardi* (Powell).

— *Diplobune minor* (Filhol).

MOLUSCOS: *Melanoides albigensis* (Noulet).

— — *accitanicus* (Fontannes).

— *Striatella Nusti* (Duchastel).

— *Vivipara-f. fericinensis* (Moulet).

Las capas de lignito se encuentran en la parte alta y componen tres o cuatro grupos de lechos carbonosos de pequeño espesor. Alternan con margas rojizas, con molasas grises o verdosas, que son las que contienen los fósiles, calizas sin ellos, en hiladas de pequeña potencia y margas grises. Todo este horizonte se presenta casi horizontal, formando una pequeña cuenca en sinclinal.

Bajando al Llobregós, se encuentran las margas rojas y grises, que en sitios pasan a arcillas, molasas y areniscas. Ya cerca del Llobregós, se cortan las margas yesosas y yesos, que alcanzan en el río un gran desarrollo.

No seguimos el corte por el Llobregós, porque éste circula por el eje de un anticlinal hasta cerca de Pons, y sólo se ven en sus orillas los yesos. El corte, en la parte hasta ahora descrita, coincide con el de los Sres. Vidal y Deperet (3).

A 1 kilómetro al E. de Castellfullit, muy cerca de casa Marqués, se ha efectuado por el Estado un sondeo muy interesante, que a causa de haber encontrado los terrenos

(1) *Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Abril, 1897.

(2) *Faja numulítica del macizo antiguo de Barcelona*.

(3) *Contribución al estado oligoceno de Cataluña*.

muy dislocados, no ha arrojado sobre la estratigrafía de la cuenca toda la luz necesaria.

Se atravesaron, en primer lugar, 430 metros de margas grises, con gran abundancia de yesos; siguió a este horizonte otro de 46 metros de margas con sal común, en capas e intercalaciones de todas formas. Se atravesaron después bancos de sal común y margas, con algo de anhidrita, en lechos muy delgados y revueltos, que constituyen el pendiente del yacimiento. Tiene un espesor este horizonte de 70 metros, y una inclinación media de 60 a 70°.

La sal potásica se empezó a cortar a los 546 metros, y alternante con margas y sal común se atravesaron 317 metros. Atravesada la zona potásica, se volvieron a cortar bancos estrechos de margas y sal común en 31 metros, suspendiéndose el sondeo a los 894 metros de profundidad.

Creemos que interpretamos bien el sondeo suponiendo que se ha cortado el yacimiento en un pliegue. En efecto, superpuesto al criadero potásico, se halla el mismo horizonte de banquitos de margas y sal común, que se ha cortado infrayacente al depósito potásico. Además, la silvinita se encuentra con preferencia en el centro, o sea en la parte que debe ser más baja del criadero, lo que concuerda con la forma de presentarse en otras partes. Y se observa que en el centro también de la zona potásica se encontró una sal blanca con algunas inclusiones de sal potásica, pero que, por su cristalización y modo de presentarse, parece el principio del gran banco de sal blanca que forma el yacente del criadero potásico.

El sondeo se realizó un poco al S. del eje del anticlinal. En el centro de éste aparecen los yesos formando los montes próximos.

Entre Torá y Castellfullit se presenta un sinclinal en el

tramo de las margas y areniscas rojas. A medida que se camina hacia Torá, los bancos, pasado el sinclinal, se enderezan buzando al S., y en el barranco de Pinós, que se une en Torá con el Llobregós, se vuelve a ver otro anticlinal muy marcado, apareciendo también los yesos en el eje.

Sobre la rama N. de este anticlinal, pero muy cerca de su eje, se ejecutó un sondeo por el Estado. Se llegó a una profundidad de unos 1.200 metros, y se cortaron los terrenos siguientes:

- 91 metros margas rojas y grises, con algún banco de caliza.
- 49 — margas rojas, con areniscas.
- 84 — margas azules, grises y rojas, con yesos.
- 109 — margas grises y azules, con lechos de arenisca y caliza.
- 867 — alternantes de anhidrita, margas grises y sal, con nódulos de esta última.

Es interesante hacer resaltar la gran potencia que alcanza este último tramo. En toda su longitud tiene igual constitución, diferenciándose únicamente en la preponderancia, en ciertas partes, de una de las tres rocas, sobre las demás.

Por la estructura de este tramo, parece ser el superior al yacimiento potásico, y juzgamos probable que, si se hubiera prolongado este sondeo, hubiera cortado potasa; pero teniendo en cuenta que el criadero se encontraría a profundidad inexplorable, habiendo perdido todo interés industrial, se juzgó conveniente suspenderlo, considerando el precio elevado de la perforación a esas honduras.

A profundidades superiores a 1.000 metros, se cortaron algunos restos de fósiles vegetales en las margas grises y gotas de agua que parecen indicar proximidad de la orilla.

En Sanahuja, próximamente en el centro del sinclinal comprendido entre los anticlinales de Torá y Vilanova la

Aguda, realizó la Sociedad Fondina un sondeo que sólo llegó a una profundidad de 785 metros, a consecuencia de averías que tuvieron en la máquina.

Los terrenos atravesados, fueron:

- 56 metros margas grises, con areniscas en pequeños bancos.
- 12        yeso, con arenisca.
- 133 — margas grises, con yeso, anhidrita y arcilla, y en la base una capa de 0,70 con carnalita y yeso.
- 18        sal común muy impura.
- 34 — de arcilla roja.

Y los restantes sal con anhidrita, yeso, margas y arcilla.

A 404 metros y 469 metros de profundidad se hallaron trazas de potasa.

Por el pueblo de Vilanova la Aguda, pasa el eje de un anticlinal muy marcado. Aparecen en el centro los yesos. Las aguas del arroyo que sigue el eje de este anticlinal son muy saladas. Uno de los manantiales fué explotado como yacimiento de sal común, evaporando el agua.

La Sociedad Fondina realizó cuatro sondeos en las proximidades del eje de este anticlinal, cuyos resultados fueron algo diferentes.

En el sondeo que primero ejecutaron cortaron los terrenos siguientes:

- 32 metros yeso con arcilla roja y pequeños bancos de arenisca.
- 154 — margas de varios colores, con yesos y pequeños bancos de arenisca.
- 21 — margas pizarreñas arcillosas, con anhidrita.
- 95 — sal común y anhidrita, teniendo en la base un banco de arcilla de 3 metros de espesor.
- 12        zona potásica.

- 337 metros sal común blanca, con lechitos de margas y anhidrita.
- 13 — sal común blanca, con potasa, anhidrita y arcilla.
- 16 — sal común.
- 4 — sal, con silvinita.
- 67 — sal común, con trazas de anhidrita y marga.

Se alcanzó una profundidad de 751 metros.

En el sondeo número 2 la sal se empezó a cortar a los 450 metros. A los 692 metros se encontró una veta de

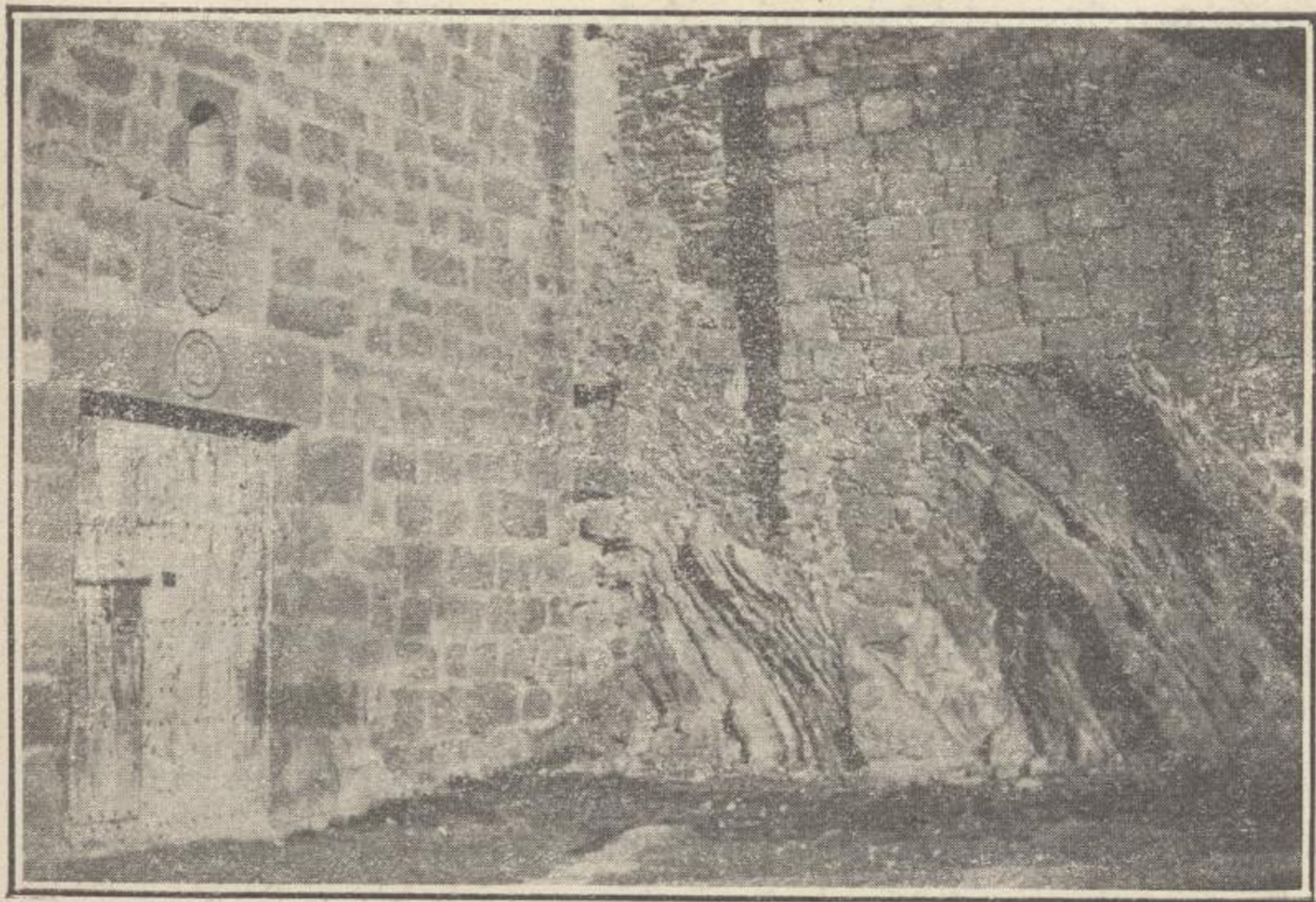


FIG. 10.—VILANOVA LA AGUDA  
Rama S. del anticlinal, casi en el mismo eje.

sales potásicas de 5 metros de espesor. Por bajo de ella, en 95 metros, se cortó sal común con trazas de potasa. El sondeo alcanzó una profundidad de 843 metros.

El sondeo número 3 se situó en la vertiente N.-O. del anticlinal de Vilanova, junto a casa Bosch. Llegó a una hondura total de 873 metros, y no tuvo buen éxito. La sal co-





For. 10.—VILANOVA LA AGUDA  
Rama S. del anticlinal, casi en el mismo eje.

mún se empezó a cortar a los 314 metros, alternante con margas abigarradas y anhidrita. Se hallaron a 400 y a 619 metros de profundidad trazas de carnalita.

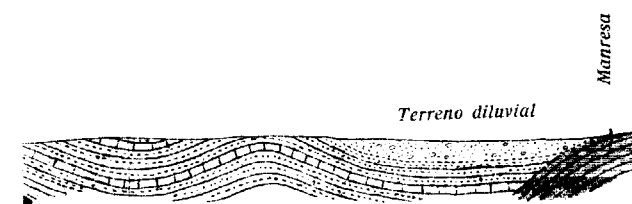
El sondeo número 4 se comenzó cerca de casa Pera, y en la rama NO. del anticlinal. Sólo llegó a 450 metros, cuando se cortaban las primeras vetas de sal común, por dificultades materiales en la ejecución del sondeo.

Como se ve, en estos sondeos se cortó la sal de 200 a 450 metros de profundidad, según el sitio del sondeo, y en unos se hallaron vetas explotables de carnalita y silvinita, y en otros no. En el situado al O. no se halló potasa, o sea en el más próximo al Llobregós. Ya hemos dicho que en los sondeos de Sanahuja y Torá tampoco se encontró potasa, lo que parece indicar que, junto al referido río, la potasa debió ser disuelta por las aguas. En todos estos sondeos del Llobregós se observa la gran potencia del tramo de las vetas de sal alternantes con margas y anhidrita, ya presenten o no vetas o trazas de potasa.

Atravesando el Segre, por Tiurana, se observa otro anticlinal, con sus ramas buzando unos 20°. Aparecen ya los conglomerados sustituyendo en horizontal a las areniscas y calizas.

Siguiendo el Segre, en Oliana, se observa un anticlinal muy pronunciado que ha traído, como consecuencia del pliegue, la aparición de las margas azules del eoceno medio y un pequeño asomo liásico, habiendo sido erosionada la cúpula oligocena. Se presentan en el eoceno fósiles no bien conservados, pero correspondiendo su fauna a la bien conocida de Vich y San Lorenzo de Morunys. Nosotros hemos podido determinar los siguientes: *Cardita Perezi* (Bell), *Prionartræa irregularis* (Edw y Haim) y algún trozo de *Fistulana*.

El manchón eoceno de Oliana se destaca perfectamente



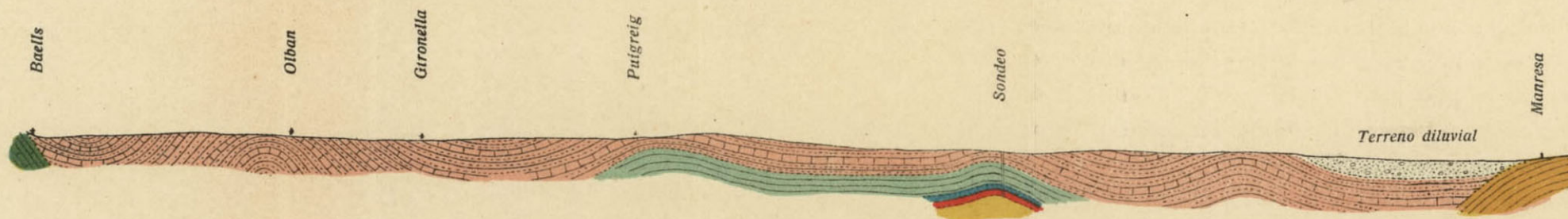
ESCALA { HORIZONTAL ..... 1:200.000  
          { VERTICAL ..... 1:100.000












# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## CORTE NÚM. 3



-  Areniscas rojas con calizas y conglomerados
-  Margas yesosas y yesos
-  Margas y sal común
-  Zona potásica
-  Sal común
-  Eoceno
-  Cretáceo

ESCALA { HORIZONTAL ..... 1:200.000  
          { VERTICAL ..... 1:100.000

en el terreno por su color gris claro en el fondo rojizo del oligoceno.

Los conglomerados oligocenos, un poco levantados y buzando al S., se apoyan en el borde sobre los estratos liásicos.

El tercer corte está próximamente trazado siguiendo el río Llobregat. Tiene también dirección N.-S. Empieza por el S. en el eoceno de Manresa; se observan luego los depósitos diluviales recubriendo en su mayor parte a los estratos oligocenos, en el valle del referido río, hasta cerca del pueblo de Sallent. Al S. de este pueblo, próximamente en el punto de bifurcación de la carretera a Plá de Llusanés con la de Manresa a Berga, pasa el eje de un anticlinal, cuya rama S. está en gran parte erosionada. Sigue al E. del referido eje el arroyo Gabarresa, y por el O. pasa a Callús. Al N. de Sampedor, como a medio kilómetro, se presentan las margas con fósiles, y como a 2 kilómetros, también al N., se presentan algunas vetas lignitíferas.

En el cementerio del pueblo de Sallent se ven en las margas calizas grises *Planorbis*, *Lymnœa*, *Melanoïdes*, etcétera, y esta misma fauna se observa a diferentes niveles, habiéndolos hallado también junto a casa de Solá. Todos los estratos que se presentan corresponden al tramo de las margas rojas y grises con areniscas y calizas.

Al NO. de Sallent, en los montes que forman la divisoria entre los ríos Llobregat y Cardoner, se ve un banco muy fosilífero con *Melanoïdes albigensis* (Noulet).

Siguiendo el corte al N. se siguen atravesando estos mismos materiales, y al llegar a Balsareny los estratos se empiezan a empinar buzando al S., y como a 2 kilómetros al N. de este pueblo, pasa el eje de un anticlinal, que es el mismo que pasa por Suria y que sigue al E. hasta perderse, pasada la Abayá de Abás, en una ligera ondulación.

En las margas grises existentes en toda esta parte, se observan ejemplares de la fauna oligocena ya descripta. Casi en el mismo eje, junto a la carretera, hay una marga muy caliza, con fósiles, aunque en muy mal estado de conservación. También los hemos podido recoger pasada la Abayá de Abás, en Avinyó, y en otros varios sitios. El anticlinal al E. no presenta las ramas tan inclinadas como en Surria, aunque su paso se aprecie de un modo perfectamente claro.

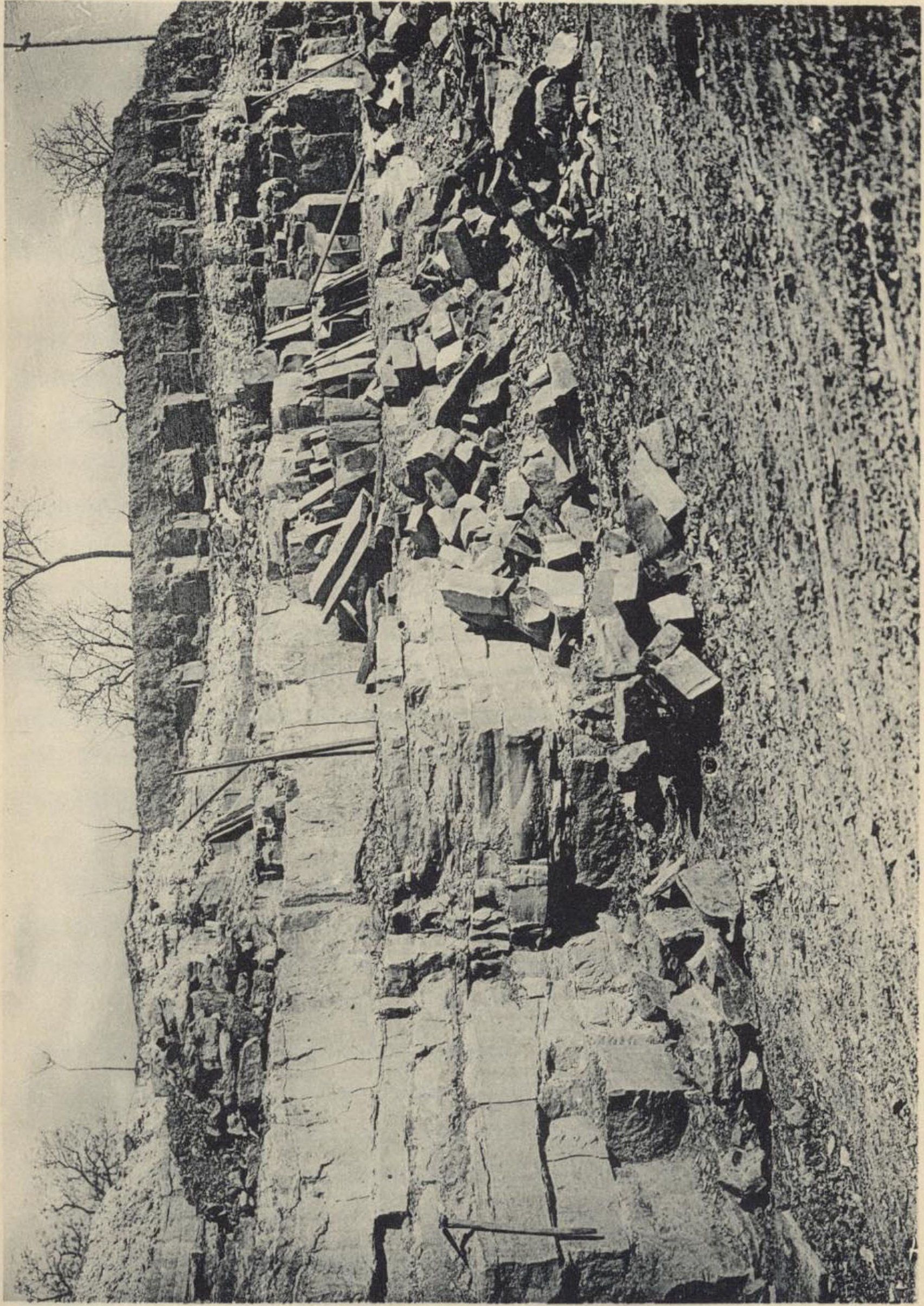
En la rama S. el Estado ha ejecutado un sondeo, en el que se han cortado los terrenos siguientes:

- 81 metros margas rojas, con areniscas y yesos.
- 194 — margas rojas y alguna gris, con areniscas e indicaciones en las aguas de la existencia de bastantes cloruros.
- 70 — margas rojas y grises, con areniscas y algún banco de caliza.
- 131 — margas grises con arenisca.
- 61 — margas grises y rojas, con algo de arenisca y anhidrita.
- 103 — margas rojas, con algunas grietas rellenas de sal y algo de yeso y arenisca.
- 33 — margas, con anhidrita y sal común.
- 0,90 — sal común, con anhidrita y marga en lechos muy delgados, con trozos y vetillas de sales potásicas.
- 18 — zona de carnalita, con sal común, margas y algo de silvinita.
- 17 — zona de carnalita.
- 24 — zona de carnalita, con silvinita (en la base sólo silvinita).
- 48 — sal blanca.

Este sondeo llegó a la profundidad de 781 metros. Las inclinaciones varían entre 10 y 30°.

Los bancos, pasado el pueblo de Navás, principian a bu-





Fototipla de Hauser y Menet - Madrid.

TÁRREGA.



zar al S., y así siguen hasta 2 kilómetros antes de llegar al pueblo de Puigreig, que se ponen horizontales, pero inmediatamente de pasado este pueblo, los bancos buzan al N., marcándose así un anticlinal con una cúpula anchísima. Pasado Navás, vuelven a aparecer los conglomerados, al principio con los cantos muy finos y muy separados, y luego más gruesos y juntos.

A 1 1/2 kilómetros al N. de la estación de Olbán, se ve muy bien cómo cruzan el río los conglomerados y margas, formando un anticlinal cuyas ramas buzan unos 30°.

Los bancos, en el borde, se ponen casi verticales, y se apoyan sobre los bancos cretáceos. Está el contacto próximamente por la Rectoría de Baells. Muy cerca y algo O. se presenta el afloramiento triásico de que ya hemos hecho mención en otro lugar. Siguiendo el Llobregat, se vuelve a encontrar el triás; presentándose luego en sinclinal el cretáceo lignífero de Berga, correspondiendo la base al danés y la parte superior al garumnense. Se aprecia muy claramente en esta zona la intensidad de los movimientos tectónicos de Los Pirineos.

El cuarto corte lo trazamos desde Montblanch a Artesa, pasando por Tárrega. No se ha hecho aún ningún reconocimiento por sondeos en la zona occidental de la cuenca.

Al S., los conglomerados oligocenos se apoyan sobre las calizas rosáceas del eoceno medio, sin hallarse las margas azules que sobre ellas debían hallarse superpuestas. En Tárrega se presentan las calizas y areniscas con osamentas y capas carbonosas, en lechos casi horizontales, cuya fauna fué estudiada por Vidal y Deperet.

Caminando de Tárrega al N., vuelven a aparecer las margas y areniscas rojas, no viéndose las molasas y margas del tramo de Calaf, que los últimamente citados geó-

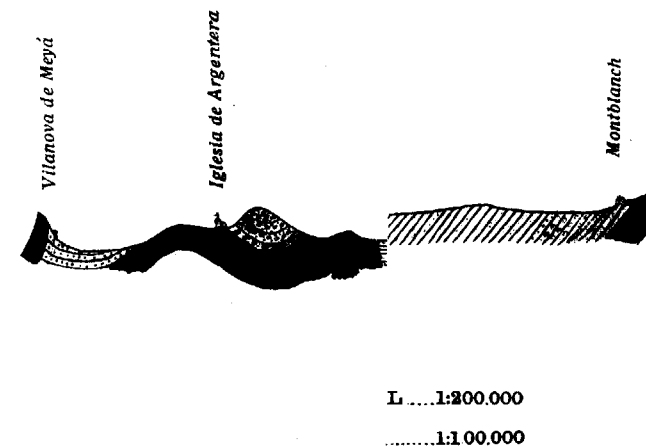
logos consideraban como un tramo inferior al de Tárraga.

En la sierra de Almenara se presenta un pliegue anticlinal, cuya mayor intensidad lo tiene en su parte occidental, y que se le ve perder violencia a medida que se camina en dirección E. Aparecen en el centro del pliegue los yesos, y tiene su cúpula denudada, formando el terreno en el centro de la sierra, que coincide con el eje del anticlinal, un pequeño valle con pendientes muy suaves. Tiene el pliegue dirección O., NO., E., SE.

Pasado este anticlinal los lechos se ponen horizontales, pero en seguida empiezan a buzar al S., y a 6 kilómetros al N. de Mafet pasa el eje de un anticlinal muy violento, en cuyo centro aparecen los yesos, y más al N. de este pliegue, cerca de Artesa, los bancos se inclinan al S., y junto al mismo pueblo pasa otro pliegue anticlinal, que ha traído como consecuencia la aparición del triás con ofitas y la del cretáceo. El Segre circula entre los bancos oligocenos que forman la rama N. de este anticlinal.

A medida que se camina al N., los bancos oligocenos se ponen casi horizontales, y como a unos 3 kilómetros al N. de Bernet, se presentan los yesos del triás y un manchón de ofitas que llega hasta cerca de Baldomá. Al E. de este corte desaparece el triás, presentándose los bancos cretáceos.

Sobre el triás se apoya una faja cretácea de poco espesor buzando al N., y supuestos a ella se presentan grandes bancos de conglomerado que dan al paisaje un aspecto abrupto. Aparecen al N. los bancos cretáceos otra vez, junto a la iglesia de Argentera, que están en sinclinal con los que antes hemos citado, y presentando además muy claro un pliegue anticlinal, en cuya rama N., junto a Gársola, se ven unos bancos sumamente fosilíferos. Aparecen al N. los es-

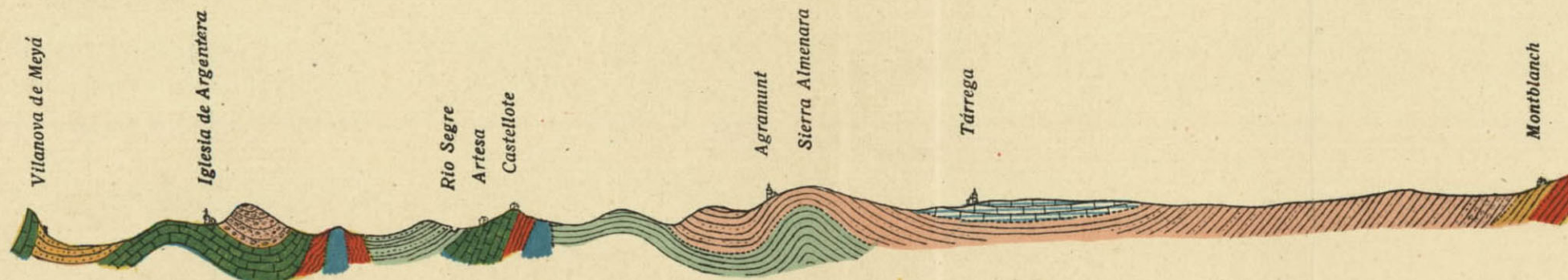




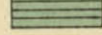



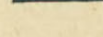




## SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

### CORTE NÚM. 4



-  Calizas con osamentas
-  Areniscas rojas con calizas y conglomerados
-  Margas yesosas y yesos
-  Eoceno
-  Cretáceo
-  Triásico
-  Ofitas

ESCALA { HORIZONTAL ..... 1:200.000  
          { VERTICAL ..... 1:100.000

tratos terciarios, que están limitados al N. por los bancos cretáceos de Villanueva de Meyá, que forman parte ya del macizo de Monsech.

Por el pueblo de Artesa pasa una falla, junto al cerro del Castellote, que pone en contacto los bancos secundarios que forman este cerro con los oligocenos. En esta falla, dirigida casi de N. a S., se elevó el labio oriental o descendió el occidental.

### Otros datos geológicos.

Además de los sondeos realizados en la línea de los cortes cuya explicación acabamos de hacer, se han realizado otros varios sondeos de interés, que vamos a enumerar.

En el anticlinal de Suria, entre este pueblo y el de Balsareny, se han realizado por la Sociedad Solvay dos taladros muy interesantes: uno a 2,5 kilómetros, y otro a 7,5 de Suria, junto a la carretera que une los dos citados pueblos.

En el primero se cortaron los terrenos siguientes:

162 metros	margas rojas abigarradas, con bancos de caliza.
270	-- margas grises y rojas, con yesos y bancos de caliza.
31	-- sal gris, con margas, anhidrita y areniscas.
87	-- margas abigarradas con calizas.
89	-- margas grises, yesosas, con caliza e intercalaciones de sal.
147	-- zona potásica, carnalita.
7	-- zona potásica, silvinita.
247	-- sal gris.
9	-- zona potásica.
13	-- yeso.
8	-- calcita.

Total de la longitud del sondeo, 1.070 metros. Lo interesante de este sondeo es haber alcanzado, después de la sal gris o blanca, otra pequeña zona potásica.

En el segundo sondeo se cortaron los materiales siguientes:

314	metros	margas rojas y grises.
43	—	areniscas con yesos y calizas.
67	—	calizas, con margas y algún banco de arenisca.
157	—	margas rojas, con algún banco de caliza y arenisca.
204	—	margas grises y rojas, saladas y yesosas.
22	—	areniscas, con delgadas intercalaciones de margas.
19	—	margas, con intercalaciones y capas de sal.
90	—	zona potásica.
256	—	sal gris.
4	—	yeso y anhidrita.
9	—	caliza.

1.185 metros en total.

En este sondeo se cortó a unos 100 metros de la superficie una capa de lignito de 0,50 de espesor.

En casa Torres, al O. del Cardoner y al S. del anticlinal de Suria y de la falla del Tordell, se ejecutó por la Sociedad Solvay otro sondeo, atravesando los terrenos siguientes:

379	metros	margas y calizas.
41	—	margas rojas, con algún banco de caliza.
75	—	margas rojas y grises, saladas y con yesos.
40	—	margas con bancos e intercalaciones de sal.
136	—	zona potásica.
266	—	sal gris.
7	—	yeso y anhidrita.

El sondeo alcanzó la profundidad de 950 metros.

Río Llobregat  
Sondeo

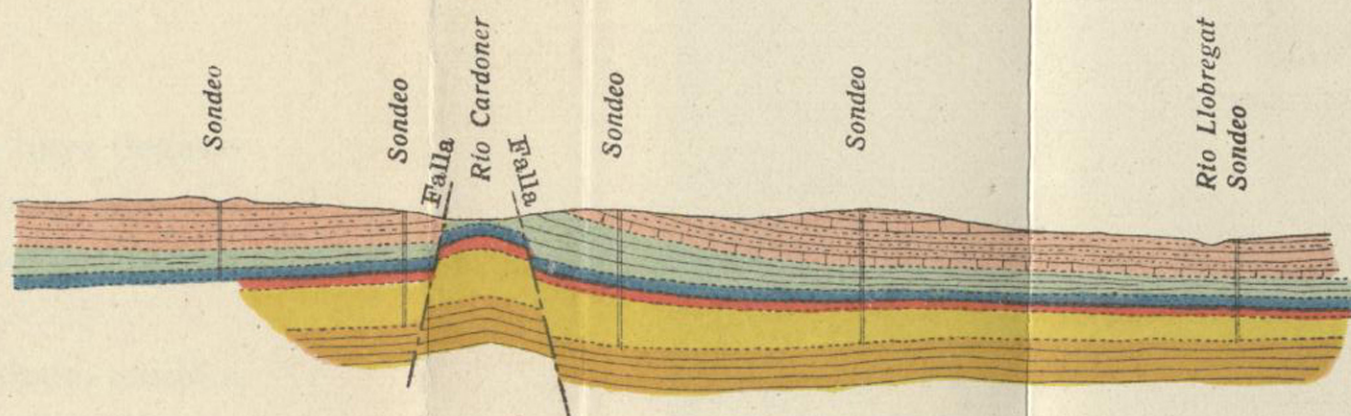
LA { HORIZONTAL ..... 1:200,000  
VERTICAL ..... 1:1 00,000

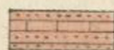
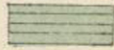








# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## CORTE NÚM. 5



-  Areniscas rojas con calizas y conglomerados
-  Margas yesosas y yesos
-  Margas y sal común
-  Zona potásica
-  Sal común
-  Eoceno

ESCALA { HORIZONTAL ..... 1:200.000  
          { VERTICAL ..... 1:100.000



La Sociedad Fodina realizó en Semís, en la rama N. de los dos anticlinales de Suria, pues en esta zona el pliegue principal está dividido en dos, un sondeo que cortó los terrenos siguientes:

285 metros	arenisca de varios colores, con margas.
61	-- margas sabulosas, rojizas en general.
216	-- arenisca gris.
74	-- margas abigarradas.
16	-- anhidrita y margas.
0,70	-- carnalita.
31,30	-- sal común en margas, anhidrita y arcilla en pequeñas capas.
43	-- margas abigarradas.

En este sondeo es muy posible que no se haya llegado a la zona potásica, la cual no debió quedar muy lejos del fondo del sondeo. La profundidad total del sondeo fueron 727 metros.

El resultado obtenido en estos cuatro sondeos, unido a los del ya descrito realizado por el Estado en Balsareny y a los datos de los sondeos y pozo de Suria, nos han servido para trazar el perfil transversal (corte número 5), siguiendo el eje del pliegue anticlinal de Suria. Únicamente en la parte del río Cardoner lo hemos trazado al S. del pliegue, en la zona fallosa, para hacer resaltar la forma de cúpula que allí toma el criadero.

Al representarlo, hemos considerado la distancia que separaba en muchos de ellos el sondeo del eje del pliegue, y lo hemos transportado teóricamente al plano, pasando por dicho eje, teniendo en cuenta la referida distancia y las inclinaciones de los estratos.

El sondeo de Semís no debió llegar a la zona potásica; se abandonó cuando entraba en la zona salina que sirve de pendiente a aquélla.

Dos sondeos más se hicieron al O. del de Semís, en el anticlinal de Suria, pero no los hemos representado en el plano, por presentar ambos un corte tan diferente de los en él trazados, que su relación estratégica no está del todo clara.

Uno de estos sondeos es el ejecutado por el Estado en Castellfullit, ya descripto, y el otro es el llamado de Segué o Boixadors, realizado por la Sociedad Fodina en la rama S. del doble anticlinal de Suria. Los terrenos atravesados han sido en este sondeo los siguientes:

- 122 metros areniscas y margas.
- 34 — yesos, anhidrita y margas.
- 250 — sal con anhidrita, arcillas y yeso.
- 281 — margas grises y azuladas, con yeso y anhidrita.
- 170 — sal, anhidrita y margas.

La profundidad total fué de 857 metros.

Ya hemos dicho que en el sondeo de Castellfullit se cortó el yacimiento en un pliegue, habiéndose cortado dos veces la zona potásica y las margas con sal y anhidrita, en capas delgadas, que la sirven de pendiente. Este pliegue debe presentar la convexitud hasta el N., del modo representado en el corte número 2. La sal blanca del yacente del criadero potásico fué tocada en el sondeo.

Un pliegue parecido debió cortarse en el sondeo de Segué, solamente que aquí sólo se repitió el tramo de los yesos, tocándose en el centro el tramo de las margas con sal del pendiente del yacimiento potásico, y, por tanto, si existe potasa, se debió dejar al S.

Después de atravesadas las dos ramas de yesos, se volvió a cortar el tramo salino, en la forma indicada en la figura número 9, suspendiéndose el sondeo sin acabar de

atravesarlo. La existencia de este pliegue en la parte occidental del anticlinal de Suria, puede explicar la gran profundidad a que debe hallarse la potasa en la parte occidental del anticlinal de Cardona.

Un sondeo al S. del anticlinal de Suria y otro en la rama S. del anticlinal de Cardona, aclararían el problema, y se vería si tenían algo de fundamento las aventuradas hipótesis que acabamos de exponer.

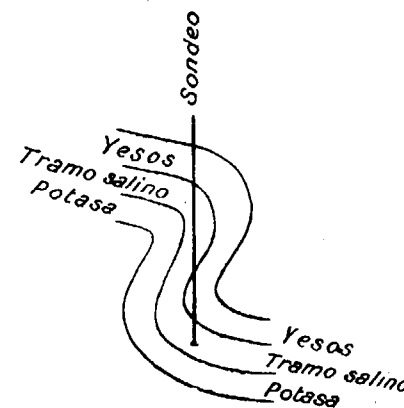


Fig. 9.ª

En Suria, en la rama S. del anticlinal, se ha realizado otro sondeo al E. del Cardoner, y como a 1 kilómetro del río. Se cortaron los materiales siguientes:

- 200 metros calizas y margas rojas y grises.
- 24 — margas yesosas, con bancos de caliza.
- 115 — margas con algunos bancos de caliza.
- 40 — margas, con capas e intercalaciones de sal y algo de anhidrita.
- 68 — zona potásica.
- 54 — sal gris.
- 47 — zona potásica.
- 102 — margas, con intercalaciones de sal y anhidrita.
- 6 — margas calizas.

En este sondeo, que tuvo una profundidad total de 656 metros, se cortó el manto potásico en un pliegue, como lo indica claramente la repetición en el corte del yacimiento potásico, apareciendo entre las zonas potásicas la sal blan-

ca inferior. También se repitieron el tramo de las margas salinas y el de las margas calizas. Es un fenómeno parecido al que acabamos de describir al hablar de los sondeos de Castellfullit y Boixadors.

En el anticlinal de Cardona no se ha realizado otro sondeo, a más del de Torá, ya descrito, que el de Llardella, situado unos 8 kilómetros al O. de Cardona. Fué realizado por el Estado, y se hizo en poco más de un año, alcanzando la profundidad de 1.634 metros.

Los terrenos atravesados fueron los siguientes:

1. 200 metros margas rojas, con areniscas y algún banco de margas muy calizas.
- 110 — margas, con intercalaciones y nódulos de sal y yesos.
- 121 — sal común joven, con margas y anhídritas.
- 83 — margas, sal y anhídrita en capas muy delgadas.
- 73 — zona potásica, carnalita.
- 7 — ídem, íd., silvinita.
- 40 — sal blanca.

En este sondeo, los estratos se cortaron con inclinaciones de 40 a 70° en los primeros 200 metros, y con inclinaciones de 10° en todo lo demás. El eje del accidente que ocasionó la inclinación de los estratos más altos es oblicuo con relación a la vertical, y por ello, los bancos por bajo de los 200 metros, no están afectados. El sondeo se hizo en la coincidencia de la falla con el eje anticlinal, cuyos accidentes ya hemos descrito, y por ello debió haber un hundimiento, que trajo como consecuencia la existencia de más terrenos muertos en el labio hundido de la falla.

## Accidentes geológicos.

La cuenca, como se ha podido apreciar por los cortes, se levanta en los bordes, apoyándose sobre terrenos más antiguos, pero se encuentra toda ella arrugada, con la particularidad de que se presentan muchas diferencias en la forma de presentarse los pliegues. Como el empuje es promovido por la aproximación de los bordes N. y S. de la cuenca, las arrugas, los anticlinales, tienen, en general, dirección E.-O. aproximada, pero estas arrugas no tienen la misma violencia en toda su longitud. Hay sitios en las mismas en que apenas son percibidas en el terreno, en que forman una suave ondulación, y en otros sitios, por el contrario, y a veces en un sólo punto, presentan una violencia extremada.

Los ejes de los anticlinales están afectados a su vez por otras ondulaciones normales a la principal, teniendo esta circunstancia importancia industrial, porque por ella no se corta la sal a la misma profundidad en todos los sitios situados en el eje de un mismo pliegue.

La gran plasticidad de la sal se ha puesto también de manifiesto con los sondeos realizados: se ven, por ejemplo, pliegues en los sondeos de Boixadors, en el de Castellfullit, en el de Suria, al S.-E. del pozo maestro, que no se perciben en los bancos superiores de otra índole petrográfica. Fenómeno que se puede observar a simple vista en las salinas de Cardona.

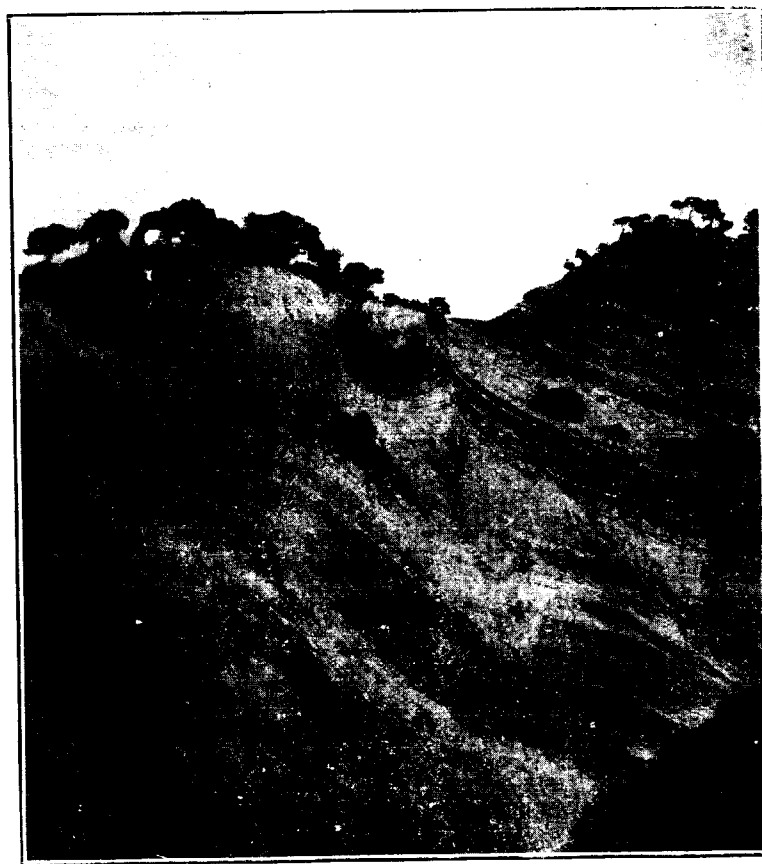
Además de los pliegues, se presentan fallas, algunas que han tenido consecuencias de gran importancia industrial. Una de ellas, la de Tordell, en Suria, hizo aflorar la sal, y en Cardona también influyeron otras en que existían en la superficie bancos salinos.

Es indudable que, siendo los bancos de Monserrat oligocenos, el primer pliegue, cortando la cuenca de S. a N., sería el que trajo como consecuencia el asomo eoceno de Manresa, que la dividió en dos retazos: uno, pequeño, al S., formado por los conglomerados de Monserrat; y otro al N., que es el que constituye la zona potásica que nos ocupa. Parece confirmar esta opinión de rotura de la cuenca, el que presentándose en los límites N. y S. de ella, los conglomerados de cantos grandes aparecen solo en la zona S. en Monserrat, o sea en su verdadero borde, y no se encuentran en Callús, ni en Sallent, ni al N. de Manresa, que forman el borde meridional del gran retazo del N., objeto de nuestro estudio.

El pliegue más al S., dentro de la cuenca salina, es el que se presenta en Callús, allí formando una suave ondulación; pero a medida que se sigue a Levante, la antuga se acentúa más. Pasa a unos 800 metros al N. de Sampedor. Al S. de Sallent, pasa próximamente por la unión de la carretera que va de Manresa a Berga, con la que va de Sallent a Plá de Llusanés. En toda esta zona, la rama S., en su mayor parte, está desnuda. Pasa el eje a unos 500 metros al N. del pueblo de Horta, y luego sigue aproximadamente el torrente de Oló; aquí manifestándose con una gran violencia y viéndose junto a las casas de Vilaseca y Alarbazas los bancos con distintos buzamientos en las dos márgenes del torrente. Pasa el eje al N. de San Juan de Oló, y casi por el mismo pueblo de Santa María de Oló, en donde parece presenta el pliegue el máximo de su intensidad; sigue al E., pasando el eje cerca y al S. de Pordolls y como a unos 300 metros al S. de las casas de Manso Grasetas y Manso Sole y por el castillo de Estany, donde se difuma.

En Santa María de Oló, el pliegue presente la forma indicada en la figura 10. Parece significar que existe una falla

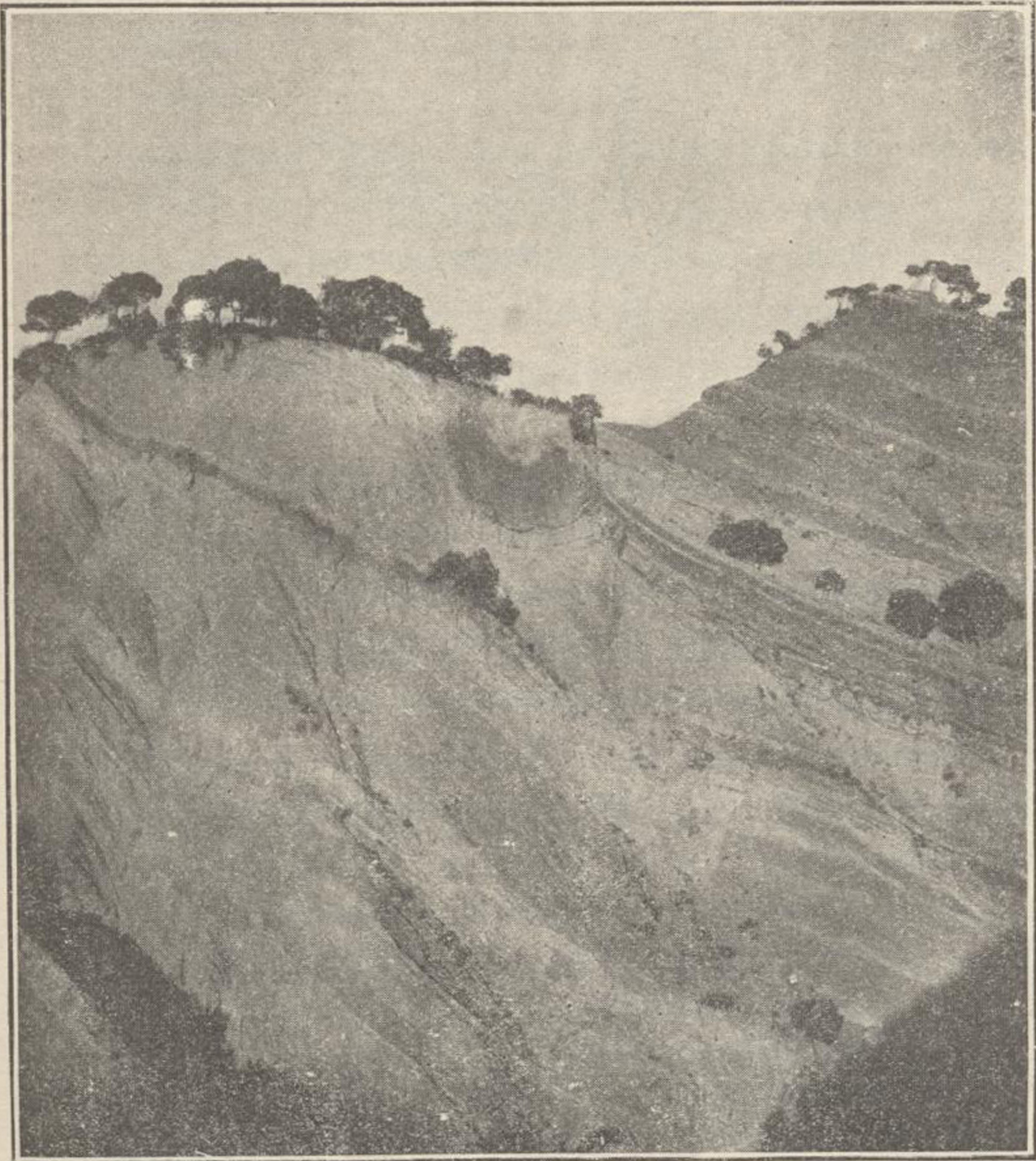
de una gran longitud, siguiendo el torrente, apareciendo el labio N. casi horizontal, y por el contrario, el labio S. completamente plegado; parece esto explicarse porque la rama



FOR. 12. — ANTICLINAL DE SANTA MARÍA DE OLÓ.  
Margas rojas y grises con yesos de la rama S.

N. no ha sido movida, pues sus estratos se siguen al N. en grandes extensiones, sin sufrir accidente geológico alguno, y que la rama S. ha sido levantada en un salto próximamente de unos 200 metros, dando lugar a la aparición del tramo de los yesos con margas algo saladas. Este fenómeno de le-





FOR. 12. — ANTICLINAL DE SANTA MARÍA DE OLÓ.  
Margas rojas y grises con yesos de la rama S.



vantamiento de unos terrenos con relación a los contiguos, nos parece se repite en otros sitios de la cuenca, como en Suria y Cardona, aunque bien nos damos cuenta que no es la forma generalmente admitida para esta clase

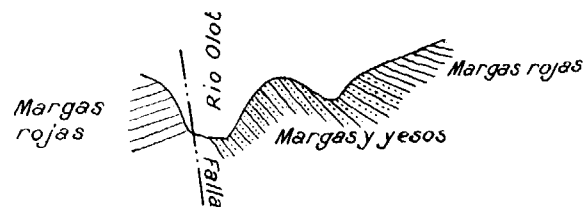


Fig. 10.

de accidentes, que se explican, por lo común, por hundimientos.

Se ha analizado (1) el agua del arroyo que circula siguiendo el accidente geológico de Santa María de Oló, habiendo dado el resultado siguiente:

Residuo fijo por litro: 30,81 gramos, de los cuales corresponden a los cuerpos que se expresan las cantidades siguientes:

Cloruro sódico. . . . .	25,689	gramos.
Cloruro potásico . . . . .	0,274	—
Sulfato magnésico. . . . .	0,384	—
Sulfato cálcico. . . . .	3,722	—

O sea muy rica en sal común y yeso, y pobre en potasa.

El anticlinal al O. de Callús pasa como a unos 800 metros al N. de la casa de Andreu, donde la rama N. tiene una inclinación de 12 a 15°, y la rama S. es casi horizontal. Pasa después, aun menos marcado, por el molino de Carner, y

(1) Los análisis que se citan en este trabajo, sin expresar su autor, han sido realizados en el Laboratorio del Instituto Geológico por el Ingeniero Sr. Menéndez Puget.

en el arroyo que de este molino llega a Fonellosa, se pierde en una suave ondulación.

Sigue a este anticlinal al N. el de Suria, cuyo recorrido ya hemos descrito en trabajos anteriores (1). Presenta la particularidad, en su zona occidental, de dividirse en dos muy próximos.

El anticlinal del Llobregós parece prolongación del anterior. Su eje, erosionado, sigue al río de este nombre. Presenta una cúpula muy ancha y toda formada de yesos, cuyo origen metamórfico se ha podido apreciar bien por existir cristales de caliza incompletamente alterados en sulfato de cal.

Este accidente divide la cuenca en dos partes: la oriental, que es la hasta ahora investigada, y la occidental, que está sin reconocer. Los accidentes de esta última hemos intentado relacionarlos con los de la parte oriental, sin que estemos completamente seguros de haberlo realizado bien.

El anticlinal de Cardona, también descrito anteriormente, es el inmediato y al N. del de Suria. También presenta una división en dos junto a las mismas salinas de Cardona. En Puig Reig la bóveda tiene 2 kilómetros en horizontal. Este anticlinal de Cardona corresponde, al parecer, con el pliegue de la sierra de Almenara, de bastante intensidad, mostrando en el centro los yesos. Recorriéndolo de O. a E., dentro de la zona reservada por el Estado, se presenta en Gelp, forma el centro de la referida Sierra de Almenara y pasa el eje al S. de los pueblos de Asentin y Mongay y al N. de Bellmunt. En esta zona la bóveda tiene más de 1 kilómetro de ancho y los bancos de las ramas se presentan bastante inclinados, como se puede ver en la figura 11. Sigue el eje por el pico de la Almenara, y al N. de la casa de

(1) *Sales potásicas de Cataluña*, año 1917.

Falset atraviesa la carretera de Cervera a Agramunt, ya muy poco marcado. Algo se nota su paso en Guisona, y parece que su prolongación está en Torá.

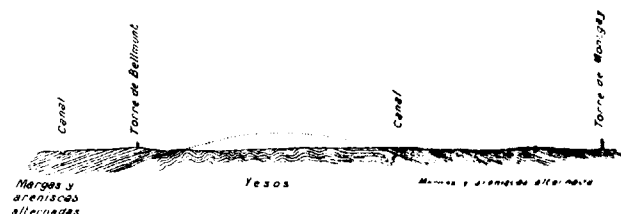


Fig. 11.

Sigue a este anticlinal al N. el de Vilanova la Aguda. Se presenta muy claro, y con las ramas casi verticales, en el valle de este pueblo, que sale al de Llobregós. Pasa el eje por el referido pueblo, por sitio muy próximo a la salina denominada «María», y por la capilla de Santas Creux, perdiéndose al E. de este Santuario en una suave ondulación. Al otro lado, el Llobregós se le ve muy claro, cruzando la carretera de Agramunt a Artesa, como a 6 kilómetros al N. de Mafet, y siguiendo al O. por la mina «Cubells», al S. de Foradada, siguiendo próximamente al O. de este pueblo la carretera que va de Artesa a Balaguer, y desapareciendo cerca de Cubells.

Al N. del anticlinal de Vilanova la Aguda, se presenta el que pasa por Tiurana y por Artesa, donde asomaron los terrenos secundarios. El anticlinal en el oligoceno, se pierde antes de llegar a Foradada y Monsonis, pero sigue en los terrenos secundarios, observándose en la dirección de su eje los isleos triásicos y de ofitas de Rubió y del N. de Cubells.

El anticlinal que se observa a 5 kilómetros de Olius, debe ser prolongación al E. del que acabamos de describir, y debe ser también el que pasa como a unos 2 kilómetros al N. de la estación de Olban.

Al N. de este pliegue, se presenta el de Oliana, con aparición de los estratos liásicos y eocenos; sigue al E., y debe ser el mismo que se presenta en forma de pliegue isoclinal en San Lorenzo de Morunys, que sigue hasta la sierra cretácica de Berga.

En la prolongación al O. del pliegue de Oliana se presenta también el manchón secundario de Monmagastre, y pasa el eje del anticlinal a unos 500 metros al S. de Montargull, atravesando la carretera de Artesa a Tremp. Este pliegue parece también tener su prolongación en los terrenos secundarios que limitan por esta zona al O. la cuenca oligocena. Así, en efecto, se encuentran en la alineación del eje del anticlinal la mancha triásica y las ofitas de Baldomá.

En todos los sitios donde ha asomado el eoceno rompiendo la continuidad de los bancos oligocenos, no se ven entre éstos los depósitos yesosos que alguna vez aparecen en otras cuencas como restos de metamorfismo de los yacimientos salinos. La comprobación de la existencia o no de este fenómeno es casi imposible de hacerla en el contacto del oligoceno con las manchas triásicas.

De la observación del plano, se aprecia que los pliegues, en general, tienen una dirección E.-O. Como ya hemos dicho, es originada por un empuje N.-S. de aproximación entre la cordillera pirenaica y la del litoral. Este movimiento, que tuvo lugar al principio del mioceno, probablemente en el burdigaliense, tuvo gran importancia en la formación del relieve actual de Cataluña, porque se formó la Sierra del Cadí y otras, levantando el eoceno a más de 2.000 metros sobre el nivel del mar. Se cambió también el régimen hidrográfico en Cataluña, corriendo los ríos en el sentido que hoy lo hacen, y no en sentido contrario, como antes lo hacían.

La edad del movimiento parece fijada por las manchas miocenas de la Seo de Urgel y Puigcerdá, cuyos estratos se presentan horizontales, indicando que los movimientos que produjeron los pliegues del oligoceno fueron anteriores a su formación.

Los anticlinales no forman una línea recta, sino que, en general, forman una curva con su convexidad al N. Si se examina el mapa general, se observa que en la parte central los ejes de los pliegues están más distanciados que en los bordes oriental y occidental, estando en relación estos hechos con la mayor o menor aproximación de los terrenos más antiguos que limitan la cuenca oligocena por el N. y por el S., es decir, que las mandíbulas que arrugaron la cuenca se hallaban más próximas en los referidos bordes, y, por consiguiente, los pliegues se aproximaron.

### Síntesis geológica de la cuenca.

De todos los datos anteriormente expuestos, se deduce que la cuenca presenta de unos sitios a otros, en la sucesión de sus estratos, en la naturaleza de ellos y en su potencia, diferencias muy grandes que hacen difícil relacionarlos entre sí para determinar bien los horizontes que la integran. Haremos, sin embargo, un intento de ello.

La cuenca, por lo que ya tenemos manifestado, se apoya en distintos terrenos. Desde luego, en la parte S. y E., por la constitución de los bordes y por el resultado de los sondeos realizados en Suria, nos induce a suponer que el substratum de la misma está formado por el eoceno. No será así en el N. de la cuenca, en donde sus bordes muchas veces son secundarios, lo que parece indicar que se encuentran los estratos oligocenos apoyados en los terrenos cretáceo, liásico y triásico.

Sin embargo, en toda la zona, al E. del Segre, la cuenca se debe apoyar en el eoceno, porque asoma este terreno en los pliegues de Oliana y San Lorenzo, como formando el substratum. Puede ser que se apoye en el cretáceo en una pequeña faja en el borde, pero desde luego ésta tendrá muy poco ancho.

Al O. del Segre, en la parte N. de la cuenca, los estratos oligocenos se deben apoyar en los secundarios. El triás probablemente aparecerá formando asomos de pequeña extensión correspondientes al tramo de las margas irisadas con su cortejo de ofitas, yesos y sal, porque ya hemos dicho que los yesos oligocenos se apoyan en algún sitio sobre los yesos triásicos. Esta observación es de interés, porque pudieran tal vez haber proporcionado los depósitos del triás los materiales salinos a las aguas que formaron el lago oligoceno.

En la cuenca terciaria estudiada, hemos podido observar los horizontes siguientes, de abajo para arriba:

#### EOCENO

- Bartoniense*. . . 1 Margas azules muy fosilíferas con *Nummulites Biarritzensis*, calizas con grandes *Cerythium*. Mucho desarrollo.
- Ludiense*. . . 2 Maciños, calizas y margas con yesos, poco fosilífero, escaso desarrollo, faltando en muchos sitios.

#### OLIGOCENO

- Sannuasense*. 3 Banco de anhidrita y yeso; 2 a 10 metros.
- 4 Zona potásica inferior (casi siempre falta), 2 a 8 metros.
- 5 Sal blanca o gris, en general muy pura; término medio, 200 a 300 metros.
- 6 Zona potásica superior; espesor medio, de 60 a 70 metros.



- Sannuasense.* 7 Margas, sal común y anhidrita en lechos muy delgados; espesor medio, 40 a 50 metros.
- 8 Margas grises y rojas, yesosas y saladas, a veces con bancos de arenisca caliza y yesos, de espesor muy variable; espesor medio, de 100 a 200 metros.
- 9 Margas rojas predominantes, margas grises con calizas, conglomerados y areniscas, hasta 1.000 metros.
- 10 Yesos superiores, con margas y areniscas; 100 metros.
- 11 Margas grises y rojas, con calizas fosilíferas y lignitos de Calaf.
- 12 Calizas y molasas, con osamentas de Tárraga.
- Estampiense.* 13 Molasas y margas de Lérida.

Los tramos del eoceno 1 y 2 no corresponden exactamente con las divisiones bartoniense y ludiense; probablemente en el tramo, muy desarrollado en Cataluña, de las margas azules, estarán comprendidos algunos depósitos ludienses. La fauna ha sido bien estudiada por los Sres. Almera, Vidal, Thos y Codina, y Maureta.

El horizonte 2, falta en muchos sitios y, sin embargo, se ven los maciños blanquecinos, con yesos blancos, en San Bartolomé de Grau, Santa Eulalia de Riuprimer, Montanyola y en la plana de Vich, y también los hemos visto en Aygua de Valls y al E. de San Lorenzo de Morunys. En los sondeos no nos parece ha sido hallado, porque creemos que la anhidrita encontrada en la base del tramo salino pertenece a éste.

Los horizontes 3, 4, 5, 6 y 7 corresponden al tramo salino, y de sus circunstancias y propiedades nos ocuparemos a continuación.

Las margas salinas que forman el pendiente del criadero, van perdiendo la sal a medida que los bancos están más altos. Predomina en ellas el color gris, pero a veces es muy azulado, habiéndose encontrado algunas margas de este color muy impregnadas de hidrocarburos. Las areniscas que se presentan algunas veces en la parte alta de este tramo son muy duras.

El horizonte de los yesos presenta un espesor muy variable. En algunos sondeos apenas se ha percibido, y en cambio en otros, como en los de la zona occidental, tiene una potencia muy grande.

El tramo de las margas rojas con otras grises y calizas conglomerados, arcillas y areniscas, es muy variable en su constitución, en la naturaleza de sus materiales y en su potencia. En los bordes se presentan los conglomerados con margas, y lateralmente se van convirtiendo en areniscas y calizas, substitución que repetidamente hemos comprobado, haciéndose gradualmente el paso de unas rocas a otras.

En la parte occidental y septentrional de la cuenca predominan, después de las margas, las areniscas. En cambio, en la parte oriental y meridional son más frecuentes las calizas. Sin duda, en la región del S.-E., las aguas estuvieron más tranquilas y reposadas, y los materiales son más finos. La precipitación predomina sobre la aportación, y así las margas son también más calizas, y con frecuencia en las grises, que alternan con las rojas, se observan muchos restos fósiles. Por el contrario, en el NO. de la cuenca estudiada, los materiales son más toscos, las margas son algo sabulosas, hay muchas areniscas de grano grueso, y no se encuentran fósiles.

No se ha podido aún encontrar un tramo fosilífero que pudiéndole reconocer en toda la extensión de la cuenca sirviera para determinar en el terreno el nivel estratigráfico

de cualquier punto. Los fósiles se presentan en muy distintos bancos, en muy distintos horizontes, y la semejanza de unos fósiles con otros es tan grande, que se hace imposible distinguirlos. El gran banco de *Melanoides* que hemos hallado al N.-E. de Sallent, no le hemos podido encontrar con las mismas facies en ningún otro lado. Se ven varios bancos a distintos niveles con *Melanoides albigensis*. Por todo ello, se hace imposible, por razones paleontológicas, hacer una separación de horizontes en este importante tramo. Este fósil ha sido hallado también en los tramos superiores.

Los Sres. Vidal y Deperet establecen un nivel estratigráfico de calizas tubulares con *cyrenas*, fundándose en el hallazgo de este fósil, no bien determinado, en el torrente de Ars, al N. de Calaf. Nosotros hemos tratado de reconocer este horizonte en el terreno y en los sondeos, pero hasta ahora nuestras investigaciones han sido infructuosas.

Ya hemos indicado en otro lugar que en la parte alta del anterior tramo se encuentran en algunos sitios yesos, circunstancia que conviene hacer resaltar, porque pudieran confundirse con los inmediatamente superpuestos a la sal. Los de este horizonte son fibrosos, muchas veces blancos, y generalmente, en vetas pequeñas.

Por la fauna hallada, están bien caracterizados los horizontes de Calaf y Tárrega, pero conviene hacer observar que, estratigráficamente, esta separación no se puede hacer; más bien por razones de esta índole habrá que considerar que se formaron en un mismo momento de la historia del Globo.

Los tramos situados encima de los horizontes salinos corresponden al oligoceno inferior o sannuasense. La sal se debió formar al fin del eoceno o principios del oligoceno correspondiente a la época que siguió a los grandes movimientos tectónicos del fin del eoceno.

Al tramo de las molasas y calizas de Lérida es aun imposible fijarle edad. Parece tramo superior al horizonte de Tárrega, y pudiera tal vez representar al tramo estampienense o la base del aquitaniense.

### El yacimiento potásico.

De muy distintas formas y maneras se presenta el yacimiento potásico en los distintos trabajos y sondeos realizados hasta el presente. Podemos considerar como criadero normal el hallado en el sondeo de Llardella, a 8 kilómetros al O. de Cardona, puesto que por su potencia y constitución viene a representar un término medio entre los diferentes encontrados.

El criadero se apoya en la sal común blanca. Se encuentra ésta transparente, muy bien cristalizada, con las intercalaciones de lechos apenas perceptibles (Jahrrings) de margas y anhidritas, y éstos bastante separados. Se presenta cristalizada, y podría, a semejanza de como se la llama en Alemania, nombrarla vieja. Encima del criadero se presenta el tramo de las margas y sal en lechos muy delgados. La sal común, superior a este horizonte, se presenta en vetas y nódulos, que indican un origen secundario o de segunda formación, y se puede llamar joven.

En la sal blanca de Cardona fué donde Carl Oxenius descubrió restos de infusorios, por lo que parece hay que desechar para la sal todo origen interno hidrotermal.

La sal potásica se presenta mezclada con la sal común, y forma vetas y bolsadas dentro de la masa de halita, pero no obedeciendo en su presentación a ley alguna. Sin embargo, con objeto de dar idea de la riqueza del criadero, nosotros hemos agrupado por capas las distintas vetas halladas en el sondeo, y hemos analizado cada una de ellas.

En el plano adjunto hemos representado el corte del criadero potásico, pero es preciso advertir que las zonas que están consideradas en el plano como de sal común, tienen a veces una importante proporción de  $K^2O$ , existiendo además muchas más capas de sal potásica que las representadas, que no se han tenido en cuenta por su poco espesor.

Se puede apreciar que en la base se presenta la silvinita muy pura en una zona de 8 metros, de los cuales consideramos 6,28 con una riqueza media del 30 por 100 en  $K^2O$ .

Sigue la zona de la carnalita, de unos 49 metros, de los cuales se pueden suponer que hay 20,50 metros de espesor en carnalita, con una riqueza media del 9 al 10 por 100 de  $K^2O$ .

En la parte superior existe una zona de unos 15 metros, en que se pueden considerar 6,89 metros de espesor de sal potásica, con una riqueza del 15 al 17 por 100 de  $K^2O$ . Las capas de esta zona están formadas por una mezcla de halita, carnalita y silvinita.

Sumando la potencia de las distintas capas, obtenemos que en el criadero cortado en Cardona, en 72 metros de potencia, se han cortado 34 metros de vetas de sal potásica explotable, con una ley de 14,62 por 100, que representan 5 metros próximamente de  $K^2O$  pura, haciendo las debidas reducciones.

La carnalita tiene el color rojizo característico. Un análisis de un trozo puro ha dado el resultado siguiente:

Cal. ....	0,07
Magnesio. ....	8,63
Sodio. ....	1,43
Potasio. ....	10,78
Anhidrido sulfúrico. ....	0,10
Cloro. ....	37,60
Residuo insoluble en agua. ....	0,20
Elementos no determinados y agua de combinación. ....	41,19





# SONDEO DE CARDONA

## CORTE DEL YACIMIENTO POTÁSICO

Profundidad	Potencia de la capa	Constitución de la capa			Riqueza en K <sup>2</sup> O
		Carnalita	Halita	Silvino	
1.522m	0.13m	Carnalita	Halita		13.50%
	0.35	Id.	Id.	Silvino	19.03
	0.25	Id.	Id.	"	9.15
	0.97	Id.	Id.	Id.	29.30
	0.54	Id.	Id.	Id.	27.81
	4.37	Id.	Id.	Id.	15.36
	0.54	Id.	Id.	Id.	16.10
	0.82	Id.	Id.	Id.	14.70
	0.41	Id.	Id.	"	13.04
	3.19	Id.	Id.	"	10.24
	2.57	Id.	Id.	"	7.02
	0.33	Id.	Id.	"	8.02
	0.71	Id.	Id.	"	11.03
	3.55	Id.	Id.	"	8.36
	1.62	Id.	Id.	"	9.02
	0.59	Id.	Id.	"	7.08
	4.32	Id.	Id.	"	7.30
	2.53	Id.	Id.	"	9.50
	0.35	Id.	Id.	"	11.36
	3.80		Id.	Silvino	34.10
1.592m	2.48		Id.	Id.	22.10



Estos elementos pueden ser combinados así:

Sulfato de cal.....	0,17	por 100.
Cloruro sódico.....	3,65	—
— potásico.....	20,60	—
— magnésico.....	34,19	—
Residuo insoluble.....	0,20	—
Elementos no determinados y agua de combinación..	41,19	—

Es decir, que es una carnalita con sal común y sulfato de cal, pero sin sulfato de magnesio.

La silvinita, en la parte superior del criadero y en la zona alta de la inferior, tiene un color rojizo; pero en la zona baja del yacente un color blanco un tanto rosáceo.

Un análisis sobre un trozo escogido, dió el resultado siguiente:

Cal. ....	0,40
Magnesio.....	0,10
Sodio. ....	11,01
Potasio . ....	35,20
Anhidrido sulfúrico.....	0,53
Cloro.....	49,30
Residuo insoluble en el agua empleada en la disolución.....	0,15

Estos elementos pueden combinarse en la siguiente forma:

Cloruro potásico.....	67,20
— sódico.....	28,00
— magnésico.....	0,40
Sulfato de cal.....	0,93

El residuo insoluble en el agua empleada para su disolución estaba formado en su mayor parte por sulfato de cal.

Se trata, pues, de un silvino puro mezclado con sal co-

mún, y sin contener otros sulfatos que el de cal. La silvinita presenta unas manchas violáceas que la diferencia de las silvinitas alsacianas. Atribuye este color violáceo el señor Menéndez Puget al permanganato potásico.

Un análisis hecho por el notable químico Sr. Campron, en Saint-Nazaire, sobre una muestra de carnalita del sondeo, dió el resultado siguiente:

Residuo de sílice y óxido de hierro . . . . .	1,75
Cal . . . . .	0,50
Acido sulfúrico . . . . .	0,68
Magnesio . . . . .	7,12
Sodio . . . . .	8,06
Potasio . . . . .	9,04
Cloro . . . . .	41,31
Humedad total . . . . .	31,54
	<u>100,00</u>

Y sobre dos silvinitas, los siguientes:

	Roja.	Blanca.
Insoluble . . . . .	0,98	0,20
Cal . . . . .	0,50	0,40
Magnesio . . . . .	0,25	0,25
Acido sulfúrico . . . . .	0,48	0,34
Sodio . . . . .	2,80	2,85
Potasio . . . . .	46,95	47,40
Cloro . . . . .	46,92	47,42
Agua combinada . . . . .	1,00	1,00
Pérdidas . . . . .	0,12	0,14
TOTAL . . . . .	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

En las salinas de Cardona, hemos hallado en la superficie silvinita con leyes de 96,56 a 98,90 por 100 de cloruro potásico, según análisis del Laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Minas de España, y parece, por tanto, natural que se encuentre esta sal cerca de la superficie, por





Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid.

INTERIOR DE LA MINA DE SURIA DE LA SOCIEDAD SALVAY Y CIA.  
VETAS ALTERNANTES DE SILVINITA Y SAL COMUN.



bajo de las margas saladas que forman las ramas del anticlinal.

En Suria, el criadero en su aspecto normal, tiene una constitución y potencia parecido al que acabamos de describir. En el pozo actual se pueden considerar que se han atravesado en 52 metros, en distintas vetas, 20 metros de carnalita, con una ley del 10 por 100 en  $K^2 O$ ., y unos 8 metros de silvinita con ley superior al 20 por 100. Se presenta en la base la silvinita, encima la carnalita, y en la parte alta se halla otra vez silvinita mezclada con carnalita, pero no revistiendo la importancia que tiene en Cardona. Consideramos que la proporción de potasa en todo el conjunto del criadero de Suria, o sea incluída la sal común, es de 6 a 7 por 100.

Análisis de carnalitas recogidas en Suria dieron el resultado siguiente, según el Sr. Hauser, del Laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Minas:

MUESTRAS	Cl	Mg O	$K^2 O$
I	44,70	10,07	12,50
2	41,50	13,06	15,26
3	41,50	12,02	12,30
4	46,70	9,38	11,52

El criadero, en la zona de carnalita, viene a tener un 22 por 100 de carnalita y un 0,8 por 100 de silvinita. La ganga importante es la de la sal común. Tres silvinitas típicas de Suria, analizadas, dieron los resultados siguientes:

	I	II	III
Cloruro potásico.....	77,00 %	72,44 %	97,00 %
Cloruro sódico.....	16,06 %	22,56 %	} 2,40 %
Humedad, agua de combinación e indeterminados ...	6,81 %	5 00 %	



La Sociedad Solvay y Comp.<sup>a</sup> nos ha dado un análisis medio de la silvinita de Suria, que es como sigue:

Insoluble.....	0,57
Humedad.....	0,08
So <sup>4</sup> Ca.....	1,36
So <sup>4</sup> Mg.....	0,60
Cl <sup>2</sup> Mg.....	0,32
Cl K.....	65,52
Cl Na.....	31,34

La silvinita, a veces está casi pura, como se deduce del análisis que hemos dado de Cardona, y otras veces está mezclada con carnalita, como en la parte alta del criadero.

Hemos hecho varios análisis y no hemos hallado sulfato de magnesio.

La potencia de la zona potásica es muy variable en los diferentes sondeos de Suria. Llegó en algunos a 201 metros, y en Callús sólo se observaron algunas bolsadas en una zona de 150 metros de sal, encima de la sal blanca; pero, exceptuándose este último, en todos los demás se encontró el yacimiento potásico en condiciones explotables.

En Vilanova la Aguda se puede decir que se cortan tres pisos de zona potásica. En el sondeo número 1, hecho por la Sociedad Fodina, se cortó el primero entre 303 y 315 metros de profundidad, habiéndose encontrado carnalita con una proporción en cloruro potásico entre el 7 y el 12 por 100. El criadero está formado por carnalita y halita mezcladas, pero en la parte inferior se une a ellas el silvino. El Sr. Müller hizo notar la falta de agua de combinación que entra en el contenido de la carnalita, muy inferior a la que debe contener, observación que ya había hecho el geólogo Almera con la sal común de Suria.

El segundo piso está comprendido entre las profundida-

des 661 y 667, y la naturaleza es parecida a la anterior, pero más rico: término medio, 12 por 100 de cloruro potásico.

El tercer piso está comprendido entre 680 y 684 metros de hondura, y estaba compuesto de una mezcla de sal gema y silvino, con una riqueza igual a la anterior. Las zonas comprendidas entre los pisos potásicos y la que se halla por debajo del criadero está bien constituida por sal común.

En el sondeo número 2 de Vilanova la Aguda se cortó la zona potásica a los 697 metros, y tuvo un espesor de 98 metros. Considera la Sociedad Fodina que, en los 33 metros más altos, el mineral predominante es la carnalita, pero en la base se presenta la silvinita. La riqueza en estos 30 metros es de un 10 por 100 de cloruro potásico, pero hay vetas en unos 10 metros que tienen del 12 al 16 por 100 de cloruro potásico.

Considera la Sociedad Fodina la segunda zona de silvinita de 58 metros de potencia, en la que existen unos 10 metros con una riqueza en cloruro potásico de 17 a 20 por 100. Tiene la particularidad esta zona que, según los análisis del Dr. Müller, se ha presentado la kieserita en dos pequeñas capas, que no la hemos hallado nosotros en ninguna otra parte.

En los últimos 7 metros se presenta algo de silvino, pero inexplorable. Sostiene la Sociedad Fodina que ha encontrado trazas de polyhalita.

En el sondeo de Castellfullit, no es posible determinar bien ni la potencia ni la naturaleza del criadero, a consecuencia de haberle cortado en pliegues. Se puede suponer a la zona potásica una potencia de unos 50 metros. La silvinita ocupa la parte central, como eje del pliegue, y muestra en ella recogida dió 65 por 100 de cloruro potásico. La carnalita contenía 18,85 de cloruro potásico.

En el sondeo de Balsareny se cortaron 55 metros de cria-

dero, con 14,20 de vetas potásicas, con una riqueza media de 14 a 15 por 100 de  $K_2O$ , con la particularidad de que no están dispersas en toda la masa de sal común, sino que forman verdaderas capas muy fácilmente explotables, de las cuales son las más importantes las siguientes: una a la profundidad de 706 metros, con un espesor de 2,50 y una riqueza del 13 por 100 en  $K_2O$ ; otra a los 708 metros, de 2,35, con el 10 por 100; otra a los 721 metros, de 3 metros, con 14 por 100, y, por último, en la base, uno de 1 metro de silvinita, con 22 por 100. Todas las vetas están constituidas por carnalita mezclada con algo de silvinita, en lo que se diferencia del resultado de los otros sondeos. El criadero representa una potencia en  $K_2O$  de 2,21 metros.

Ya hemos explicado en otros trabajos el modo (1) que creemos se han podido formar los yacimientos potásicos de Cataluña; solamente llamaremos la atención sobre algunas observaciones no tenidas en cuenta.

Es muy interesante que, a más de los dos depósitos salinos que consideramos, se manifieste la sal también en la superficie en diversas partes de los Pirineos, en los asomos triásicos, casi siempre de poca extensión y rompiendo los estratos superiores.

En la provincia de Lérida se presentan cerca del oligoceno, en Comá, Rubió y Gozol. También hemos indicado que, en contacto con los yesos del oligoceno, se presentaban los del triás, y esto indica que pudo muy bien el lago oligoceno estar en contacto con depósitos triásicos, cuyos afloramientos pudieron presentarse en el principio de la época oligocena a consecuencia de los movimientos que sacudieron el suelo catalán.

(1) *Sales potásicas de Cataluña*, por D. César Rubio y D. Agustín Marín, Madrid, 1914; y *Conferencia sobre los Yacimientos potásicos de Cataluña*, por D. Agustín Marín, Madrid, 1922.

El Sr. Schmidt (1) ha hecho el análisis de 15 manantiales brotando en el Keuper, que se presentan al S. de los Pirineos, entre Brocá (Barcelona) y Jaca (Huesca), y también de 5 manantiales oligocenos, resultando que el tenor medio de los 15 manantiales fué de 1,91 por 100 de cloruro potásico, y de 1,95 por 100 el de los oligocenos, es decir, que indican una riqueza en potasa muy superior a la normal.

Hacemos resaltar estos hechos, porque puede ser que las aguas del lago disolvieran los depósitos triásicos y los precipitaran de nuevo, y así tal vez pueda explicarse las faltas, o por lo menos la escasez de los sulfatos más difícilmente solubles, y la potencia enorme de la sal y de los depósitos potásicos.

El proceso de la precipitación de las sales fué el siguiente, en la zona de Suria y Cardona: Algo de calcita, anhidrita, indicando una fuerte temperatura, y aguas muy concentradas de cloruro sódico; después la sal común blanca, habiendo antes en algunos sitios depósitos potásicos de poco espesor, cuya existencia no se explica bien. Después de la sal, la zona de silvinita, que puede ser debida a que las aguas, conteniendo cloruros potásicos y sódicos, y menos del 25 por 100 de cloruro magnésico, pudieron precipitar el cloruro potásico, y cuando por precipitación del potásico y del sódico la proporción del cloruro magnésico fuera de más del 25 por 100, se pudo precipitar el cloruro doble de potásico y magnésico. Vuelve a escasear el cloruro magnésico y vuelven otra vez a precipitarse los cloruros sencillos.

En España, la capa impermeable de la cuenca del yacimiento, y que la conservó a través de los siglos, está cons-

(1) En el Congreso Geológico de Bruselas tuve el honor de dar una conferencia sobre el yacimiento potásico español, en la que expresaba esta íntima relación del triás y oligoceno, y tuve la fortuna de ver corroborada mi opinión por una autoridad en Geología tan saliente como la del Sr. Schmidt.

Este señor hizo, después de mi conferencia, varias manifestaciones, y de ellas he tomado los datos que transcribo en este párrafo.



tituida por margas grises, de modo que sus materiales son debidos a aportaciones de las aguas, sin tener intervención los fenómenos eólicos como en Alemania.

Representa la cuenca española descubierta una riqueza ya positiva y de mucha importancia, y creemos que, respecto a potencia del criadero, es el más rico del mundo. Se siguen las exploraciones, y es de esperar que los resultados arrojen más luz sobre la extensión de la cuenca y sobre la determinación de las zonas en que el criadero se halle a profundidades explotables.

Hasta el presente, se deduce la existencia de una cuenca salina de unos 42 kilómetros de longitud por 15 de ancho, en cuya superficie de 330 kilómetros cuadrados se han hecho 23 sondeos, de los cuales 18 encontraron potasa, y tenemos dudas de si en los cinco restantes la ejecución material fué la debida para poder hacer afirmaciones sobre su resultado negativo. Uno de los 18 cortó el criadero a hondura inexplotable, pero en los restantes a profundidades explotables, aunque en alguno sea grande.

Dentro de esta región salina hay una zona en la que los sondeos han fijado ya completamente la importancia del yacimiento potásico y en la cual podemos ya ubicar, pero bien entendido que hay otras muchas zonas fuera de la región salina en las que se han descubierto la potasa a profundidad explotable, o cuya existencia es muy presumible y que no entran en el cálculo que ahora vamos a hacer.

Esta zona ya reconocida con cierto detalle, se extiende de E.-O., aproximadamente desde 1 1/2 kilómetros al O. de Suria hasta por lo menos 2 1/2 kilómetros al E. de Balsareny, o sea en una longitud de unos 15 kilómetros. La anchura de la cuenca es de unos 4 ó 5 kilómetros, lo que representa una extensión superficial de 67 kilómetros cuadrados.

La profundidad a que se encuentra la sal potásica en toda esta zona, varía entre 200 y 800 metros, pudiéndose adoptar una media de 500 a 600 metros, o sea próximamente la misma que la profundidad que tienen las minas potásicas en Alemania y Alsacia.

La potencia del criadero, ya la hemos indicado anteriormente, pero suponiendo sólo una riqueza en óxido potásico anhidro de la mitad de la cortada en los sondeos que han servido para demostrar la existencia de esta cuenca continua de Suria a Balsareny, o sea tomando como mínimo una potencia ya reducida en  $K_2O$  de 2 metros, y si conceptuamos en 2 la densidad de las sales potásicas, podemos considerar que hay hoy día investigadas y reconocidas 268 millones de óxido potásico anhidro a profundidades explotables. Esta cubicación representa más de 2.000 millones de sales potásicas tal como sale de la mina, de los cuales se pueden suponer 400 de silvinita y el resto de carnalita.

El Estado hizo cuatro sondeos, dos han cortado la potasa a profundidades explotables, no mayores de las halladas en las otras cuencas potásicas del mundo. Otro de los sondeos cortó el yacimiento potásico, aunque a profundidad muy grande, que lo hace inexplotable en este sitio, pero ha dado mucha luz sobre la importancia de la cuenca y sobre su continuidad y extensión, desechando la idea de concentraciones potásicas en determinados lugares. Por último, el cuarto sondeo, probablemente por hallarse también a mucha profundidad el criadero, no tuvo éxito.

El resultado obtenido representa, pues, un gran éxito para el Estado, con la particularidad de que el resultado del sondeo de Balsareny demuestra ya la efectividad de tener una cuenca potásica explotable en la zona que aquél se reservó.

En Alsacia se hicieron cerca de 200 sondeos, habiendo obtenido éxito mucho menos de la mitad.

La extensión de la cuenca, incluida la prolongación al E. y N., es superior a la de Alsacia, y su riqueza en potasa mucho mayor. Nosotros suponemos como mínimo una riqueza en  $K^2O$  de 2 metros por metro superficial, y en Alsacia, en el sitio de mayor riqueza, donde las capas alcanzan en conjunto 5 metros, la riqueza en  $K^2O$  es próximamente de 1 metro. Esta riqueza máxima de Alsacia la alcanzamos nosotros, y aun la superamos, con la veta de silvinita de la base del criadero. En Alemania, la zona de carnalita es de 30 a 35 metros y su riqueza en  $K^2O$ , cuando más, llega a cerca de los 2 metros; pero nosotros hemos considerado esta cifra como mínimo, y para ellos es un máximo. Hay sitios en nuestro criadero que la riqueza en  $K^2O$  llega a 4 y 5 metros. El criadero de Alemania es muy irregular, y en general, las sales más pobres en potasa que las españolas.

### Nuevas investigaciones.

No hay razón alguna que obligue a suponer que esta zona, bien investigada, de Suria-Balsareny, no tenga prolongación al E. y N., pues observando el anticlinal de Cardona al E. de las salinas, se aprecia que los estratos no forman pliegues violentos, ni presentan fallas como al O., ni están afectados de accidentes, sino que forman una suave ondulación; así se observa perfectamente en Puigreig, a 17 kilómetros de Cardona. Tampoco hay que olvidar que en las mismas salinas se han encontrado afloramientos de sal potásica.

Nosotros hemos trazado un perfil del terreno desde Puigreig hasta el sondeo de Balsareny, anotando las inclinaciones de las capas, y hemos llegado a la deducción de que

si no existe un accidente, que no se manifiesta en la superficie, se debe cortar en Puigreig la potasa, tal vez algo más cerca de la superficie que en el citado último sondeo. Estas consideraciones nos hacen presumir que la cuenca reconocida puede tener su prolongación al E. del Cardoner y al N. de Suria y Balsareny, en una gran extensión. Con objeto de determinar si en efecto existe esta prolongación, ha sido la razón que nos ha inducido a aconsejar a la Superioridad la ejecución de un sondeo en Puigreig.

El sondeo realizado en Balsareny con el mejor de los éxitos, ha puesto de manifiesto la probabilidad que en toda la región oriental de la cuenca se encuentre la potasa a profundidades explotables. Caracteriza a esta zona que todos sus bancos presentan ligeras ondulaciones, excepto en el levantamiento longitudinal brusco de Santa María de Oló, y así resulta que las profundidades a que se deben hallar el manto potásico en toda ella deben variar poco con relación a la hallada en el sondeo de Balsareny, situado a más de 1 kilómetro al S. del anticlinal de Suria, en sitios donde los bancos presentan poca inclinación. Por tanto, no creemos que en esta zona se tenga que dar gran importancia a los anticlinales, porque éstos, en general, sólo afectan a zonas pequeñas.

Esta razón nos ha llevado también a proponer a la Superioridad la realización de un sondeo en la parte oriental de la cuenca, en los alrededores de Avinyó, junto al arroyo Garbarresa, por ser la parte más baja de la zona que nos ocupa. De tener éxito este sondeo, quedaría demostrada la prolongación de la cuenca reconocida al E., aumentando mucho la extensión de la cuenca potásica.

Una razón aun más poderosa nos ha inducido a aconsejar la realización de los dos sondeos de Puigreig y Avinyó, y es que ambos se encuentran en una zona que toda ella per-



tenece al Estado, estando bastante distantes las concesiones de particulares. Con el éxito del sondeo de Balsareny, en la zona reservada, y si lo tuvieran también los dos que proponemos, tendría el Estado una gran zona potásica descubierta, que podría regular en su día el mercado de la potasa, pues sus reservas serían indefinidas.

A más de la existencia de esta zona potásica oriental, se deduce también del sondeo realizado por el Estado en Castelfullit, en que la zona potásica se cortó a profundidades explotables, que debe existir un manto potásico al S. del pliegue que se cortó en este sondeo, y creemos que en Boxadors, manto que tal vez se uniera con la zona oriental de Suria-Balsareny. Sería muy interesante un sondeo al S. de la línea Molsosa-Castelfullit, en Sampasalás, por ejemplo, donde se conocen fuentes con fuerte proporción de potasa; pero, de un lado el no poseer el Estado en esta zona terreno suyo a propósito, y de otro lado que habiendo muchas concesiones de particulares cuya obligación de trabajar las minas consta taxativamente en la ley vigente, y teniendo en cuenta además los esfuerzos realizados por el Estado, consideramos que, no a éste, sino a aquéllos, les corresponde hacer tan interesante reconocimiento.

El sondeo de Cardona ha servido principalmente para demostrar la continuidad de la cuenca potásica. Se ha cortado a ésta en completa normalidad y con una inclinación de unos cinco grados. Los accidentes geológicos próximos hacen dudar de si la gran hondura a que se cortó la potasa es debida a que, por el hundimiento de los mantos salinos en la parte N. de la cuenca, se ha de encontrar siempre así, o si es debida la mucha hondura a que el terreno en esta zona occidental del anticlinal de Cardona ha sufrido hundimientos que han hecho descender el criadero potásico.

Nosotros nos inclinamos a creer que realmente en esta

parte la cuenca debe estar profunda. Los sondeos realizados en Torá y Sanahuja nos inducen a llegar a esta opinión. Juzgamos muy probable que en estos dos últimos sondeos, por la naturaleza de los terrenos atravesados, se pudiera llegar a cortar el manto potásico, pero éste se hallaría a profundidades inexplotables. El pliegue claramente visto en Castelfullit, y que nosotros creemos también observar en Boxadors, nos induce a sospechar que en la parte de la cuenca que queda al N. del mismo, la hondura de la sal potásica es grande, así como al S. del pliegue, según hemos dicho, debe hallarse la potasa a profundidad explotable.

Pero estas hipótesis aquí emitidas, con objeto de orientar las ideas, no están aún debidamente comprobadas, y, por consiguiente, sería muy conveniente la realización de otro sondeo en el anticlinal de Cardona, entre Torá y Cardona, en Pinós o Matamargot, en donde nos parece que no se presenta la falla y en donde el pliegue anticlinal se manifiesta muy claramente, como se puede ver en el molino de Torres Quesana y en Pinós, tal vez formando un eczema, de los que ya hemos hablado, lo que puede haber traído como consecuencia la aproximación de la potasa a la superficie.

Mas nosotros, por las mismas razones que señalábamos al hablar de otro sondeo en Sampasalás, no proponemos que este sondeo lo haga el Estado, sino que deben hacerlo los particulares, sobre todo teniendo en cuenta que el Estado tampoco tiene en esta zona terrenos reservados que nos impulsaran a aconsejar se hiciera dicha perforación.

Como hemos dicho, en toda la zona, alrededor de la cúpula de Cardona, hay una zona que también merece investigación, atendiendo a que la sal potásica debe hallarse próxima a la superficie; pero este reconocimiento lo efectúa actualmente la Sociedad General de Industria y Comercio.

Los sondeos realizados en Vilanova la Aguda, precisamente en el centro de un accidente muy violento, han cortado algunas capas de potasa; pero ni por su potencia ni por su riqueza pueden ser comparadas a las atravesadas en la zona Suria-Balsareny.

El importante accidente del Llobregós puede variar la situación de la cuenca, con relación a la superficie, en la parte occidental de la misma, y por consiguiente sería muy interesante investigar la extensísima zona oligocena que se extiende al O. de este río, sobre todo al considerar que, a consecuencia de los intensos pliegues que la han afectado, puede acercarse mucho en algunos sitios la sal a la superficie. Uno de los sitios más indicados para investigar la zona al O. del Llobregós, por reunir la condición indicada, es el anticlinal de Almenara, y debe realizarse con preferencia en la parte N. que en la S. del pliegue, por estar más lejos del borde. En esta zona tiene el Estado reservadas importantes extensiones de terreno.

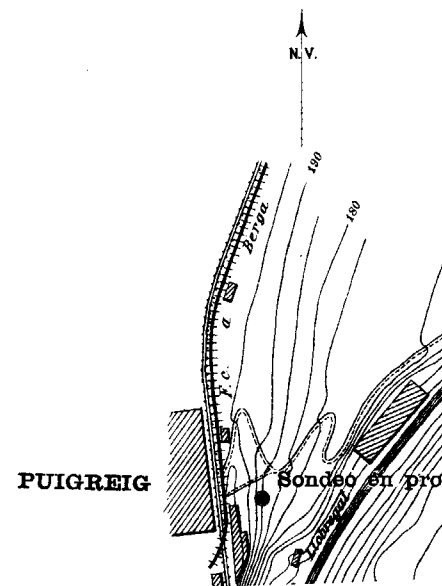
Por estas razones hemos propuesto a la Superioridad la ejecución de un sondeo en Sierra Almenara, que si tuviera éxito satisfactorio daría una importancia mucho mayor a la cuenca potásica, abriendo nuevos horizontes a la prospección, pues tal vez entonces conviniera hacer investigaciones en la provincia de Huesca, teniendo en cuenta que en esta provincia continúa el anticlinal de Almenara.

Como resumen de lo anteriormente manifestado, nosotros hemos aconsejado que el Estado ejecute tres nuevos sondeos: Puigreig, Avinyó y el de Sierra Almenara, junto al pueblo de Mongay. Creemos que el Estado debe prescindir de realizar, después de hechos éstos, más sondeos de investigación, pues el papel que se había impuesto de descubridor de riqueza lo cumple de un modo completo con los sondeos ejecutados y con los que proponemos.



## SALES POTÁSICAS PLAN DE SONDEOS EN PROY

### Emplazamiento del Sor



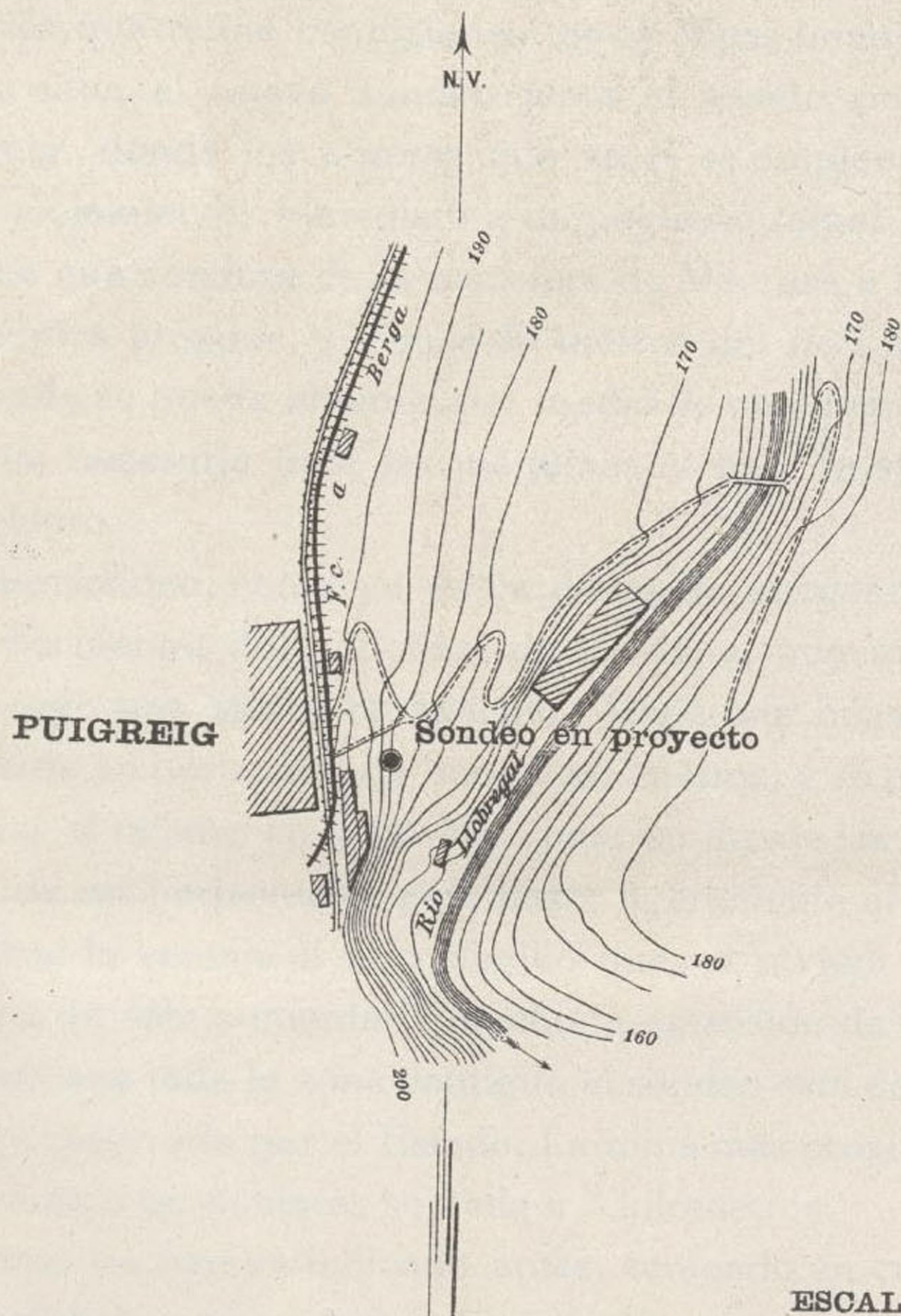




# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO

### Emplazamiento del Sondeo de Puigreig



ESCALA 1:10.000



Los  
mente e  
tado al  
por su r  
la zona

El ir  
tuación  
te occic  
teresan  
extiend  
consecu  
puede a  
ficie. U  
zona al  
es el an  
cia en l  
jos del  
portant

Por  
ejecuci  
éxito s  
cuenca  
ción, p  
en la p  
provinc

Cor  
otros h  
sondeo  
al puel  
dir de  
investi  
cubrido  
sondec

Una vez realizado este plan completo de investigación, será el momento de pensar el plan que va a seguir el Estado en la explotación de sus concesiones, y claro es que, ya bien él, o en quien subrogue, se verá obligado en la zona elegida para establecer las instalaciones mineras, a realizar otros sondeos que le sirvan para determinar el sitio de los pozos maestros y el plan de laboreo del yacimiento potásico.

*Sondeo de Puigreig.*—El sitio del sondeo está indicado en el plano adjunto, trazado por el Auxiliar facultativo del Instituto Geológico D. Rodrigo Varo, y por él se puede apreciar que reúne condiciones topográficas inmejorables.

Se sitúa el nuevo sondeo junto al mismo pueblo de Puigreig, donde los obreros que en él se empleen tienen buen alojamiento, inmediato a un pequeño ramal de buen camino que conduce de la carretera de Manresa a Berga, a una fábrica próxima, y a unos 40 metros del río Llobregat, de donde se puede obtener, por medio de una bomba, toda el agua necesaria para las máquinas y para la ejecución del taladro.

Este sondeo, como ya se ha dicho, se encuentra en la zona occidental del anticlinal de Cardona, que más bien constituye una suave ondulación. Tiene una bóveda este accidente en horizontal de unos 2 kilómetros, y se proyecta ejecutar el taladro en la bóveda, pero en donde los estratos dejan de ser horizontales para buzarse ligeramente al N.

Tiene la ventaja el sitio elegido que, si tuviera éxito el sondeo, no sólo aumentaría mucho la extensión de la cuenca, sino que toda la zona contigua al sondeo está dentro de la zona reservada por el Estado. La mina más próxima perteneciente a particulares se halla a 3 kilómetros.

Como ya hemos indicado antes, teniendo en cuenta la profundidad a que se cortó el criadero en los sondeos más



próximos al que se proyecta, y las direcciones o inclinaciones de los estratos, juzgamos que el yacimiento potásico se debe cortar, si existe, de 600 a 700 metros de profundidad. Claro es que pueden existir accidentes geológicos que no se aperciban en la superficie y que pueden hacer fallar estos cálculos, pero en Geología no existe la infalibilidad, y lo único que se puede hacer es emitir hipótesis fundamentadas que sirvan de orientación en los trabajos, y la nuestra, en este caso, emitida queda.

*Sondeo de Avinyó.*—El sondeo de Avinyó se proyecta ejecutar en el sitio representado en el plano adjunto, ejecutado por el Auxiliar facultativo del Instituto Geológico don Dagoberto García. Su posición topográfica es inmejorable. Se halla inmediato a un camino de unos 200 metros, por donde pueden circular carros, y que sale a la carretera de Avinyó a Vich.

Existe agua junto al sondeo, la que lleva en todo tiempo el río Gabarresa, y por último, hay pueblos inmediatos para alojamiento de los obreros que trabajen en los sondeos.

El sitio elegido para el sondeo se halla al N. y próximo del anticlinal Callús-Sallent-Oló, y nos ha merecido atención especial el estudio de este accidente, porque teníamos la idea de poder encontrar en los terrenos reservados por el Estado en esa zona algún sitio donde poder hacer el taladro en el eje mismo del anticlinal, lo que tal vez nos hubiera evitado algunos metros de sondeo. Hicimos el corte que se adjunta (fig. 12) cortando normalmente el anticlinal en el único sitio donde éste atraviesa la concesión del Estado. Pronto se adivina que la ventaja que obtendríamos de poner el sondeo en el eje sería muy pequeña, porque este accidente que aquí tiene forma longitudinal alcanza a muy pocos bancos, como si obedeciera a un empuje de abajo a arriba, muy fuerte, pero de poca extensión transversal.



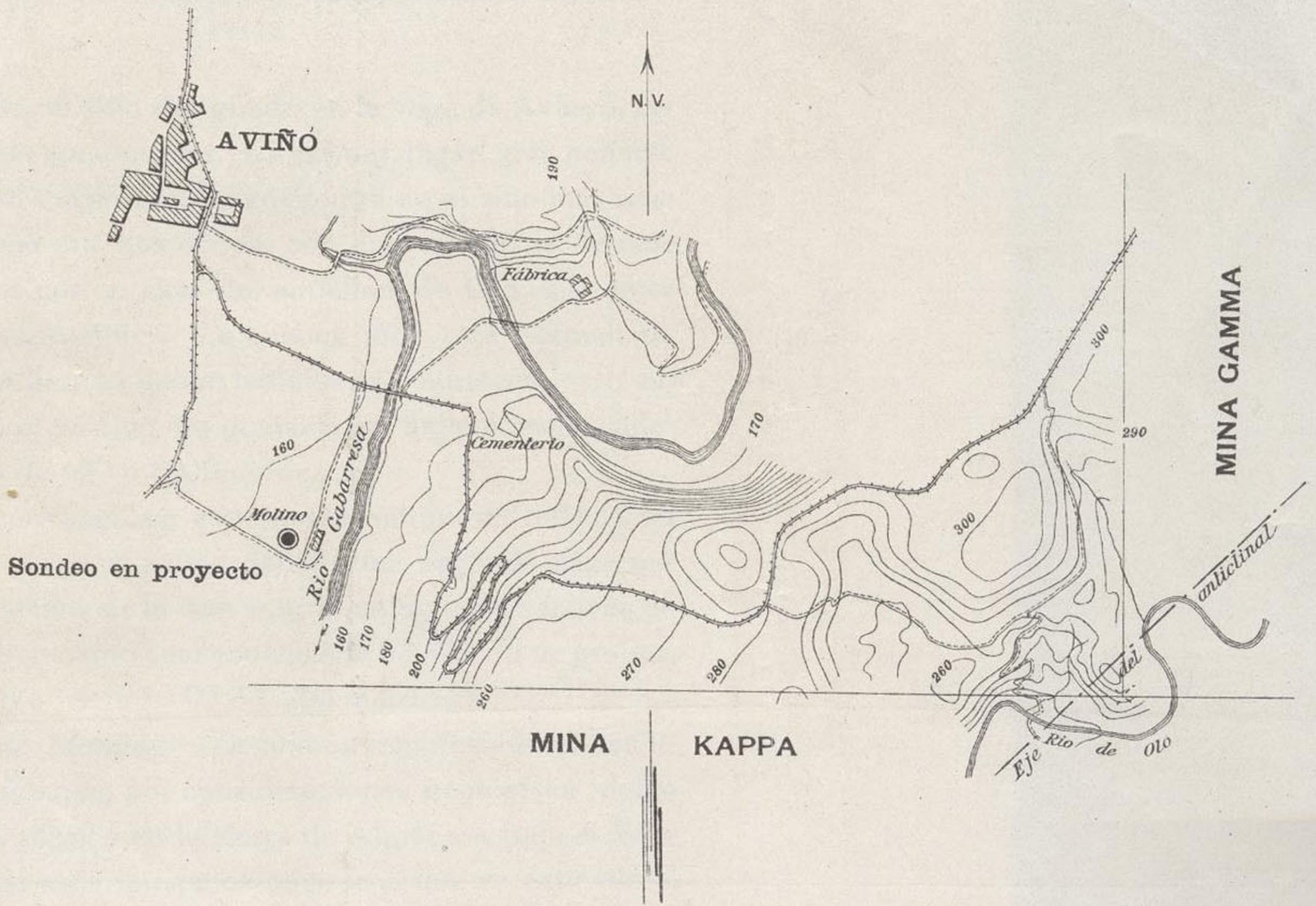
Sondeo en r





# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO

## Emplazamiento del Sondeo de Aviñó



ESCALA 1:20.000



próxi  
nes c  
debe  
Claro  
se ap  
tos c  
única  
das c  
en es  
S  
eject  
tado  
Dago  
Se h  
dond  
Avin  
E  
po el  
para  
E  
del a  
ción  
la ide  
Estac  
en el  
evita  
adju  
única  
Pront  
ner e  
accid  
poco  
a arr  
74

Esta misma circunstancia hace prever que se cortaría probablemente el yacimiento potásico dislocado y con fallas. La topografía del terreno en este sitio tampoco aconseja que en él se haga un sondeo.

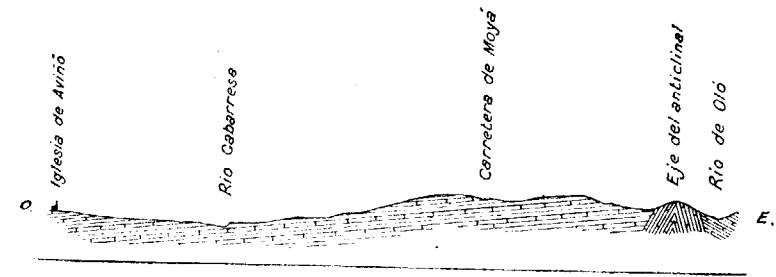


Fig. 12.

En cambio, el sitio designado en la vega de Avinyó, reúne excelentes condiciones. En primer lugar, por hallarse en el valle del Gabarresa, se encuentra en el sitio más bajo de toda la zona que nos ocupa, con una diferencia de más de 100 metros con el sitio del anticlinal de Oló, que entra en nuestras concesiones. La cuenca toda está normal, de modo que los bancos deben hallarse casi horizontales, y no creemos que el yacimiento potásico se halle a profundidades mayores de 600 u 800 metros.

Tal vez convenga en este sondeo atravesar toda la sal común e investigar si existe debajo una segunda capa potásica, a imitación de lo que ocurrió en algunos sondeos de Suria. Esto trae como consecuencia la necesidad de profundizar el sondeo hasta 1.000 ó 1.200 metros.

*Sondeo de Mongay.*—Ya hemos manifestado en las líneas anteriores que, por consideraciones geológicas, debía realizarse un sondeo en la sierra de Almenara para el reconocimiento de toda la cuenca oligocena que se extiende al O. del Llobregós, entrando en las provincias de Zaragoza y Huesca.

Es indudable que el sondeo que proponemos se realice en Mongay, presenta un carácter dudoso, casi peca de aventurado; pero esta misma consideración, teniendo en cuenta los beneficios que traería un feliz resultado, parece que es una razón más para que ejecute el Estado por su cuenta este primer trabajo, pues sería difícil que lo realizaran empresas particulares. Es decir, que el Estado va a actuar como descubridor de riqueza. Si este sondeo tiene feliz resultado, se puede considerar ampliada la cuenca en 600 kilómetros cuadrados, y entonces se podría afirmar que el criadero español es de una importancia extraordinaria, con ninguna otra cuenca comparable.

Para fijar el sitio mismo del sondeo, hemos tenido que tener en cuenta que el propio eje del anticlinal está ocupado por la concesión Bellmunt, lo que nos ha obligado a trazar ésta en el terreno para deslindar los terrenos propios de esa concesión y los del Estado.

Es natural que preferiríamos para ubicación del sondeo el sitio donde el anticlinal tuviera su mayor intensidad, y la parte en donde el pliegue es más violento es entre Asentin y 3 kilómetros al E. de Mongay. Limitados ya a esta zona, podíamos colocar el sondeo en la rama N. o en la rama S. del anticlinal, y hemos preferido colocarlo en la primera, porque se halla situada en el corazón de la cuenca, que es donde siempre existe más probabilidades de éxito. Por último, en esta pequeña zona, que por razones geológicas hemos fijado para que en un punto de ella se haga el taladro, creemos que debe decidir la elección de sitio las condiciones topográficas.

En el plano adjunto, ejecutado por el Auxiliar Sr. Varo, está representado el lugar en donde aconsejamos se sitúe el sondeo y la zona contigua. En él se puede ver que el sitio elegido se halla inmediato a un camino de carro que con-

ESTADO



ay

o Torre

entera

sondeo en proyecto

Línea límite de  
la mina Bellmunt

JNT

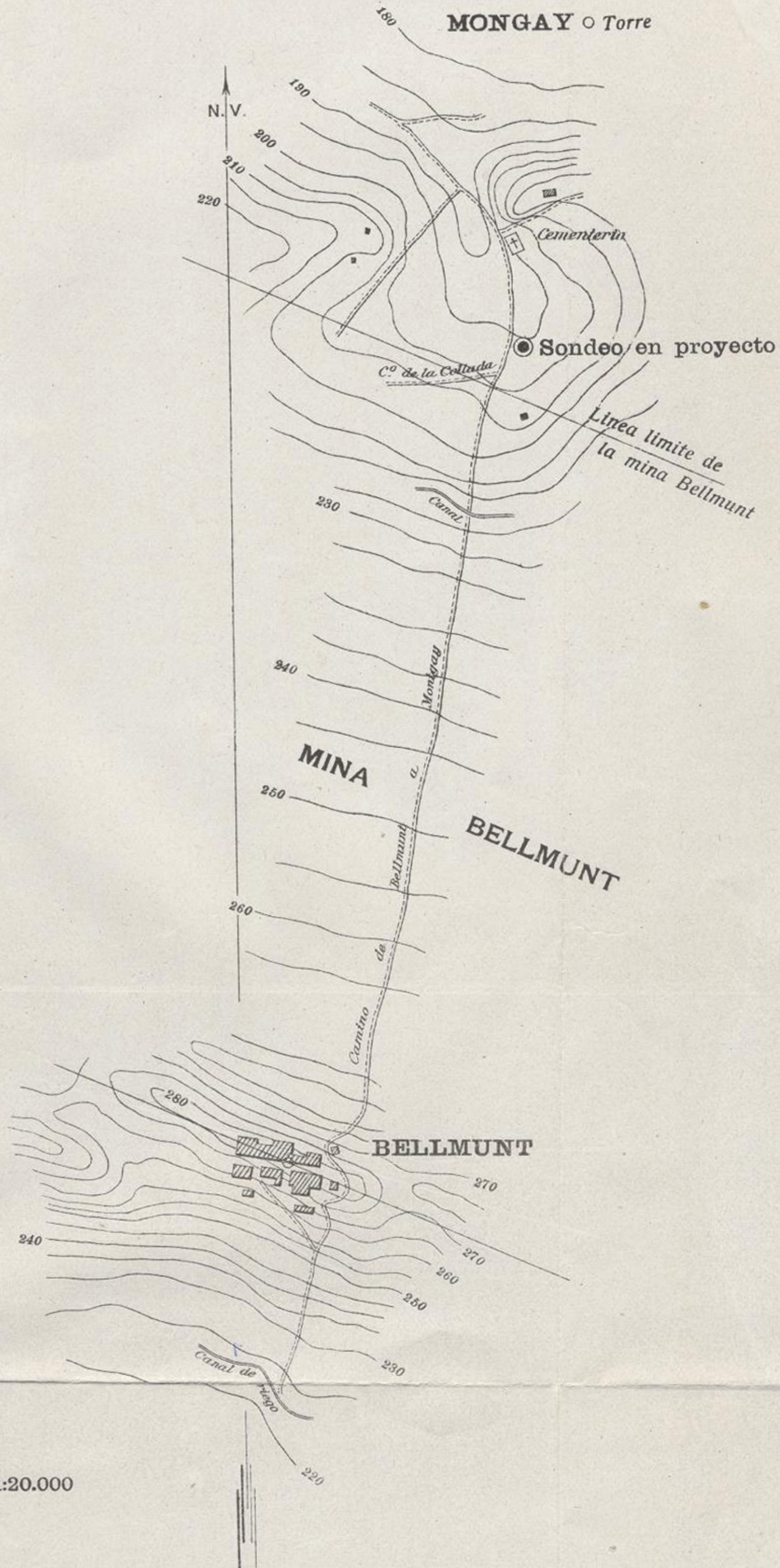


# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO



### Emplazamiento del Sondeo de Mongay



ESCALA 1:20.000



duce a la carretera de Balaguer a Agramunt. Dos soluciones existen para abastecer de agua el sondeo: o tomarla del canal de Urgel, cuyas acequias pasan próximas al sitio del sondeo, o tomarla del arroyo que pasa por Mongay, que, según parece, lleva agua en todo tiempo. Un análisis hecho de estas aguas ha dado el resultado siguiente:

Residuo fijo.....	0,876	gramos	por	litro.
Sulfato de cal. . . .	0,408	—	—	
— magnesia. . . . .	0,099	—	—	
Cloruro potásico..	0,038	—	—	
— sódico. . . . .	0,089	—	—	

Tiene magnesia en estado de bicarbonato.

Como se ve, se trata de un agua no buena, pero tal vez aceptable.

Está inmediato el sondeo al pueblo de Mongay, que puede servir de alojamiento a los obreros.

Reúne, pues, el sitio proyectado para ejecutar este taldro, las mejores condiciones topográficas, dentro de la zona a que nos hemos limitado, por razones geológicas.



**TRABAJOS E INVESTIGACIONES DE LABORATORIO**  
REFERENTES A LAS  
**SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA**  
POR  
**L. MENÉNDEZ Y PUGET**  
Ingeniero de Minas.

## I

### **Métodos de determinación de la potasa. Procedimientos empleados en los sondeos de Cataluña.**

La determinación de la potasa, lo mismo en los silicatos complejos que en las sales solubles, es operación que requiere convenientes instalaciones, de las cuales no siempre se dispone, y delicadas manipulaciones que exigen un tiempo grande para conocer los resultados de los ensayos. Esto sucede con el clásico procedimiento del cloruro platínico y con el más moderno del ácido perclórico. En ellos hay que separar el sodio y el potasio de los demás metales, aislando después ambos por la insolubilidad de las respectivas sales de potasio en el alcohol; ahora bien, en esta separación, precisa que los dos cuerpos estén en proporciones convenientes, pues si la cantidad de sodio es muy grande respecto al potasio, el cloroplatinato potásico, en el procedimiento del cloruro platínico, y el perclorato en el del ácido perclórico, arrastran cantidades de las sales correspondientes de sodio, falseando los resultados, siendo por consiguiente necesario llevar sodio y potasio a las proporciones convenientes para que la determinación sea aceptable.

Todas estas operaciones hacen necesarias manipulaciones largas, que retardan la obtención de los resultados, cuyo pronto conocimiento es indispensable cuando, como en el caso que nos ocupa, se trata de seguir la marcha de un sondeo en el cual es preciso conocer el momento en que se



cortan los primeros indicios de potasa, la riqueza de las distintas capas y todas las alternativas e incidencias de él.

Preocupados por los que iba a realizar el Instituto Geológico de España en la cuenca potásica de Cataluña, tratamos de buscar un procedimiento que nos diera rápidamente y con la suficiente aproximación la posibilidad de seguir el análisis de los testigos.

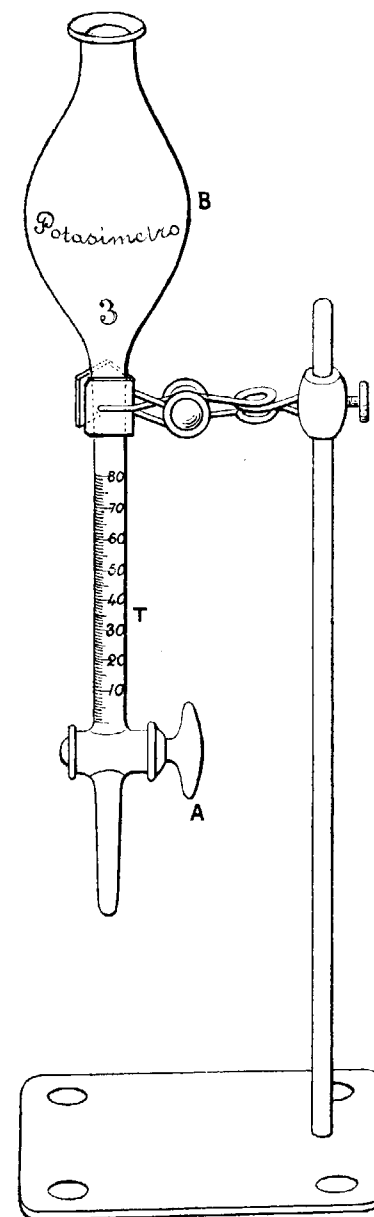
Desde luego, pensamos en la precipitación del potasio por el nitrito cobáltico sódico, precipitación que no exige la eliminación de las sales de hierro, calcio, magnesio, etcétera; solamente ha de estar exenta la disolución de anhídrido fosfórico.

Primeramente, el precipitado de cobaltinitrito de potasio fué disuelto en ácido sulfúrico y sometido a la corriente eléctrica, obteniendo buenos resultados; pero el procedimiento, aunque más breve que el del cloruro platínico y el del perclórico, también requiere tiempo y la instalación para las determinaciones electrolíticas.

Otro medio que ensayamos fué pesar el precipitado amarillo de cobaltinitrito potásico en filtro tarado, después de lavarlo con agua acética y finalmente con alcohol, obteniendo la potasa por multiplicación del peso obtenido por un factor que no correspondía exactamente a la composición del precipitado (por otra parte no bien definida) y que obtuvimos por numerosas dosificaciones.

Estos procedimientos, aunque mucho más breves que los de antiguo seguidos, requieren manipulaciones que exigen bastante tiempo, manipulaciones que evitamos midiendo el volumen de precipitado en un tubo convenientemente graduado.

Para este objeto, empleamos un aparato consistente en un tubo T, de muy pequeño diámetro, que tiene en la parte inferior una llave A, y está terminado en la superior por un



POTASÍMETRO MENÉNDEZ PUGET

ensanchamiento *B*, de una capacidad de unos 50 c. c. El tubo está dividido, a partir de la llave, en ocho divisiones grandes, estando subdividida cada una de ellas en diez pequeñas, a cada una de las cuales corresponden alrededor de 2,5 miligramos de potasa, según la graduación de cada aparato.

Si se trata, por ejemplo, de determinar la potasa en una carnalita, se disuelven 0,500 gr. en una pequeña cantidad de agua, se filtra y se hace un volumen inferior a 30 c. c. Se introduce esta disolución en el aparato y se añade una mezcla de 6 c. c. de la disolución acética de nitrato cobáltico y 9 de la de nitrito sódico. Como la reacción es bastante violenta, por el gran desprendimiento de ácido nitroso, se añade el reactivo con precaución, para evitar proyecciones. En seguida empieza la formación del precipitado, y para favorecer esta precipitación y evitar la formación de burbujas, al cabo de media hora (en el transcurso de la cual se ha desprendido casi todo el ácido nitroso) se agita varias veces y enérgicamente el aparato; se deja en reposo durante diez horas, pasadas las cuales se vuelve a agitar, dejando que se apose bien el precipitado, y se verifica la lectura. Multiplicando el número de divisiones pequeñas por el factor que acompaña a cada aparato, tenemos la potasa contenida en el medio gramo de carnalita.

Teniéndolo bien limpio y agitándolo con frecuencia, no queda nada de precipitado adherido a las paredes del ensanchamiento *B*.

El factor se ha determinado tratando en el aparato disoluciones de distintas concentraciones de cloruro potásico recristalizado, a las cuales se añaden cantidades variables de cloruro magnésico, aunque se ha comprobado que éstas no tienen sensible influencia sobre el volumen del precipitado.



Si se tratara de determinar la potasa en un agua poco mineralizada, se opera sobre una cantidad bastante grande de ella, evaporando hasta llegar a un volumen inferior a 30 c. c., y siguiendo en la forma anteriormente indicada.

Sobre un agua procedente del nacimiento de los manantiales de Alhama (Murcia), ejecutando el ensayo sobre 200 c. c., hemos obtenido 0,136 gr., y por el procedimiento del cloruro platínico, 0,143.

Actualmente, estudio la manera de obtener los resultados con más rapidéz, sometiendo el precipitado, en un aparato convenientemente dispuesto, a una centrifugación que acelerará su formación.

Hemos indicado anteriormente que la disolución ha de estar exenta de anhídrido fosfórico; ahora bien, por un procedimiento que ya describiremos en el lugar oportuno, también puede emplearse el potasímetro en el ensayo de algunas substancias, tales como los abonos compuestos, que contienen dicho cuerpo.

No tratamos de clasificar nuestro procedimiento como un método de precisión, pero sí de gran utilidad en aquellas determinaciones en que a la rapidez puede sacrificarse un poco la exactitud. Esto ha sucedido en los sondeos de Cataluña, en los que ha sido preciso analizar rápidamente varios centenares de metros de testigo, habiéndose empleado nuestro procedimiento lo mismo en los análisis que se hicieron en el lugar del sondeo, por el distinguido Ingeniero Sr. Larragán, que en los hechos por mí (salvo algunos de comprobación) en el Laboratorio del Instituto Geológico, habiendo visto con verdadera satisfacción que la Sociedad General de Industria y Comercio ha adoptado el procedimiento, en vista de los buenos resultados obtenidos.

## II

### Sondeo de Llordella-Cardona.

Este sondeo, que fué el que primero que se realizó, comenzó en Septiembre de 1920, encontrándose las primeras indicaciones de potasa después de cortar una serie de capas (cuya inclinación va disminuyendo) de margas, yesos y sal, hacia los 1.510 metros de profundidad.

Sin embargo, sólo consideraremos los comprendidos entre el 1.521,31 y el 1.594,45, en que se volvió a cortar la sal blanca, vieja, igual a la de las salinas de Cardona, y entre los cuales las manifestaciones de potasa son de gran importancia, constituyendo capas de espesores considerables.

Para el estudio de su riqueza hemos agrupado las capas que se suponían explotables, no considerando las que por su aspecto parecían pobres, pero que, sin embargo, contenían dicha sal; por consiguiente, siempre tendremos un mínimo de la riqueza del criadero.

El espesor total de las capas que consideramos, es de 34,42 metros, que se han dividido para su estudio en 21 grupos.

Ya se comprenderá la dificultad de conseguir una muestra media de 34,42 metros de testigo sin destruir éste. Los resultados que se obtengan darán una idea de su riqueza, pero nunca un conocimiento preciso de ella.

El procedimiento que yo he seguido ha sido hacer con una gubia acanaladuras a lo largo de los distintos trozos de testigo. Naturalmente, como en éstos se presentan en ca-

pas la carnalita, halita y silvinita, nunca podremos obtener, como ya hemos indicado antes, una muestra media precisa.

En los ensayos que se hicieron en Cataluña por el señor Larragán, empleando el potasímetro, y en los hechos en Alemania, se operó sobre el serrín obtenido al partir los testigos, estando muy de acuerdo en los ensayos, que naturalmente discrepan de los resultados encontrados por mí, debido a la desigualdad de las muestras.

Profundidades.	Riqueza en $K_2O$ %	Potencia.	Potencia reducida a $K_2O$ de 100 %	Constitución de las capas.
1.522,45 a 1.522,58	13,50	0,13	0,018	Carnalita-halita.
1.523,00 » 1.523,35	19,03	0,35	0,066	— silvino-halita.
1.526,45 » 1.526,70	9,15	0,25	0,022	— halita.
1.527,47 » 1.528,44	29,30	0,97	0,284	— silvino-halita.
1.528,99 » 1.529,53	27,81	0,54	0,150	— — —
1.530,01 » 1.534,38	15,36	4,37	0,671	— — —
1.534,89 » 1.535,43	16,10	0,54	0,087	— — —
1.536,23 » 1.537,05	14,70	0,82	0,120	— — —
1.537,82 » 1.538,23	13,04	0,41	0,053	— halita.
1.541,22 » 1.544,51	10,24	3,19	0,327	— — —
1.547,03 » 1.549,60	7,02	2,57	0,180	— — —
1.552,37 » 1.552,70	8,02	0,33	0,026	— — —
1.556,52 » 1.557,23	11,03	0,71	0,078	— — —
1.558,47 » 1.562,30	8,36	3,55	0,297	— — —
1.563,55 » 1.565,17	9,02	1,62	0,146	— — —
1.566,08 » 1.566,67	7,08	0,59	0,041	— — —
1.567,42 » 1.571,74	7,30	4,32	0,315	— — —
1.573,32 » 1.575,85	9,53	2,53	0,240	— — —
1.577,38 » 1.577,73	11,36	0,35	0,040	— — —
1.586,30 » 1.590,10	34,10	3,80	1,296	Silvino-halita.
1.591,97 » 1.594,45	22,10	2,48	0,548	— — —

Sin embargo, en general concuerdan bastante con ellos, salvo en los primeros metros, y especialmente entre los 1.527 a 1.529, en que yo encuentro unas ligeras vetas de silvinita.

Yo he considerado 21 haces de capas, de los cua-

les el de menor espesor es de 0,130 metros, y el de mayor de 4,360.

En todos ellos hay, en mayor o menor cantidad, carnalita y halita, predominando la primera entre los 1.522 a 1.577, estando constituidas las capas comprendidas entre los metros 1.577 a 1.594 por silvinita y halita, existiendo también la silvinita entre los metros 1.522 y 1.541, aunque, como ya hemos dicho, predomina en ellos la carnalita.

Las capas se presentan con muy poca inclinación, estando expresada su riqueza en el cuadro anterior, en el cual también indicamos la potencia reducida a  $K_2O$  de 100 por 100, y la naturaleza de ellas.

Vemos que al principio del criadero, entre los 1.523 metros y los 1.537, está aquél constituido por una mezcla de carnalita, silvinita y halita, con bastantes intercalaciones de yeso; después, hasta el metro 1.586,30, está formado por carnalita y halita y, al final, entre los metros 1.586,30 y 1.594,45, por silvinita y halita, con una muy pequeña cantidad de carnalita. Esta sal es de un color blanco ligeramente rosado.

En el gráfico que se adjunta, se representan en horizontales las profundidades, y en verticales las riquezas en  $K_2O$ ; como se ve, entre los metros 1.522,45 y 1.538,23 sin inconveniente podría haberse supuesto la continuidad del criadero, lo mismo que entre los 1.556,62 al 1.577,73 y en las dos últimas capas de silvinita; sin embargo, solamente hemos considerado los espesores analizados, lo cual nos da una riqueza mínima del criadero.

Suponiendo la potencia de las distintas capas reducidas a  $K_2O$  pura, y sumando estas potencias reducidas, obtenemos una capa de 5,025 metros con el 100 por 100 de potasa, equivalente a los 34,42 metros de espesor de las distintas capas analizadas y que representamos a la izquierda del



gráfico, dándonos una idea de la importancia y riqueza del criadero.

La media de éste, suponiéndole de un espesor de 34,42 metros, es de 14,62 por 100; es decir, que equivale a una capa de 34,42 metros y que tuviera una riqueza de 14,62 por 100 de  $K_2O$ .

En distintos trozos de los testigos hemos tratado de investigar la existencia de sulfatos de magnesio, pues procediendo el criadero, a juicio del distinguido Ingeniero de este Instituto D. Agustín Marín, de la evaporación de las aguas de un lago irrumpido varias veces por el mar, parece extraño que las sales no contengan sulfatos de magnesio; sin embargo, no hemos encontrado esta sal, como se desprende de los siguientes análisis: sobre un trozo de carnalita tomado a 1.525 metros se obtuvieron los resultados que a continuación se expresan.

Cal.....	0,07 por 100.
Magnesio.....	8,63 —
Sodio.....	1,43 —
Potasio.....	10,78 —
Anhidrido sulfúrico.....	0,10 —
Cloro.....	37,60 —
Residuo insoluble en agua..	0,20 —
Agua de combinación.....	38,55 —
Elementos no determinados.	2,64 —

Estos elementos pueden ser combinados en la siguiente forma:

Sulfato de cal.....	0,17 por 100.
Cloruro sódico.....	3,65 —
Idem potásico.....	20,60 —
Idem magnésico.....	34,19 —
Residuo insoluble.....	0,20 —
Agua de combinación.....	38,55 —
Elementos no determinados.	2,64 —

Como se ve, se trata de una carnalita que contiene una pequeña cantidad de sulfato de cal, pero sin sulfato de magnesio.

Y lo mismo sucede con un trozo escogido de silvinita tomado a los 1.592 metros de profundidad.

Cal.....	0,40 por 100.
Magnesio.....	0,10 —
Sodio.....	11,01 —
Potasio.....	35,20 —
Anhidrido sulfúrico.....	0,53 —
Cloro.....	49,30 —
Residuo insoluble en el agua empleada en la disolución...	0,15 —

Estos elementos pueden combinarse de la siguiente forma:

Cloruro potásico.....	67,20 por 100.
Idem sódico.....	28,00 —
Idem magnésico.....	0,40 —
Sulfato de cal.....	0,93 —

El residuo insoluble en el agua empleada para la disolución estaba formado en su mayor parte por sulfato de cal.

Luego vemos que no existe el sulfato de magnesio, como ya habíamos indicado.

De este estudio se deduce que, aun sin considerar las capas no analizadas, que seguramente contendrán potasa, la riqueza del criadero es de gran importancia, como se desprende de los análisis, que por las dificultades en la toma de muestras que hemos indicado al principio de este trabajo, sólo sirven para darnos una idea bastante aproximada de ella, pero nunca llegar a su preciso conocimiento.

## III

## Sondeo de Castellfullit.

En este sondeo, después de atravesar la capa de tierra vegetal, las arcillas y margas grises con yeso, a los 448 metros, habiendo cortado un terreno más duro, se encontraron margas saladas que persistieron hasta los 551,30 metros en que se reconocieron las primeras indicaciones de sal potásica; sales potásicas que continuaron hasta los 889 metros, en que se dió por terminado el sondeo.

Por lo que se deduce del examen de los testigos, las capas se presentan sumamente inclinadas, casi verticales, contrariamente a lo que pasa en Cardona, observándose frecuentes plegamientos que se siguen perfectamente en los testigos.

En ellas, la sal potásica dominante es la carnalita, que viene acompañada por el cloruro sódico y por la silvinita, como ocurre en los metros 640 a 648 y en los últimos del sondeo.

En el estudio referente a las sales potásicas de Cardona, ya indicábamos la dificultad de tomar una muestra media sobre 34 metros de testigo sin destruir éste; esta dificultad viene en este caso aumentada por la mayor longitud de los testigos y, sobre todo, por los pliegues en ellos observados y por la casi verticalidad de las capas.

Para obtener la muestra media lo más aproximadamente, sin deterioro del testigo, hemos seguido el mismo procedimiento que en los de Cardona, practicando con una

gubia varias acanaladuras en cada trozo y normalmente a la dirección de las capas.

De los 338 metros de sondeo en los cuales se encontraron sales potásicas, esto es, del metro 551 en que se manifestaron los primeros indicios, hasta el 889 en que se dió por terminado, se han hecho ensayos por potasa sobre 62 metros de testigo. Estos 62 metros de testigo han sido divididos para su estudio en 33 grupos, en cada uno de los cuales se ha determinado cuantitativamente la potasa y cualitativamente la magnesia. En alguno de ellos se observan muy distintamente las capas de yeso y halita, presentándose en otros ésta y la carnalita en forma de concreciones.

La riqueza en potasa en los 338 metros considerados es bastante constante, pues prescindiendo de los tres primeros en que dicha riqueza en potasa oscila alrededor del 4 por 100, debido a la abundancia del yeso en estos primeros metros, en el resto está comprendida entre el 7 y el 10 por 100, presentándose entre los metros 640,70 al 648,40 una zona más rica, en la cual la potasa llega al 25 por 100, abundando más la silvinita. Prescindiendo de esta zona, en el resto del sondeo la sal potásica dominante es la carnalita.

A continuación exponemos el cuadro conteniendo las profundidades, riquezas y naturaleza dominante de las capas encontradas, no indicando, como hacíamos en las sales de Cardona, la potencia reducida, por no ser posible, dado lo plegadas que se muestran las capas.

Como puede verse en dicho cuadro, la sal de potasa dominante es la carnalita, entrando la silvinita en muy pequeña proporción, excepto entre los metros 640,70 a 648,40, pero siempre acompañada por la carnalita y la halita.

Profundidades.	Riqueza en potasa %	Constitución de las capas.
551,30 a 551,72	7,70	Carnalita-halita con yeso.
552,34 » 554,25	4,34	— — —
555,76 » 557,00	4,03	— — —
560,15 » 560,67	4,68	— — —
563,45 » 564,11	4,34	— — —
566,05 » 569,42	9,02	— — —
573,33 » 574,15	10,03	— silvino-halita.
580,15 » 584,85	8,04	— — —
640,70 » 642,21	20,39	— — —
648,20 » 648,40	25,08	— — —
673,05 » 678,57	10,70	— — —
684,20 » 690,90	7,00	— halita.
693,15 » 693,66	7,35	— — —
695,71 » 695,95	7,70	— — —
697,50 » 697,75	8,02	— — —
701,05 » 706,85	9,36	— — —
707,45 » 712,23	7,32	— — —
713,20 » 713,85	7,40	— — —
718,50 » 725,47	8,02	— — —
746,20 » 746,65	9,70	— — —
750,40 » 750,60	7,02	— — —
784,00 » 784,50	8,75	— — —
786,95 » 787,30	9,88	— silvino halita.
797,60 » 798,00	10,03	— — —
801,50 » 802,99	10,20	— — —
805,05 » 805,50	11,37	— — —
816,77 » 817,60	7,71	— — —
818,82 » 820,58	12,36	— — —
822,90 » 823,30	9,18	— — —
826,85 » 828,10	12,10	— — —
829,85 » 831,80	11,00	— — —
833,00 » 833,60	10,36	— — —
836,00 » 840,69	9,36	— — —

Con los datos anteriores hemos trazado un gráfico de la riqueza, tomando en horizontales las profundidades, y los tantos por cientos en potasa en verticales.

A semejanza de lo dicho en el sondeo de Cardona, hemos analizado un trozo del testigo de los 725,45 metros, en el cual tratamos de investigar los sulfatos de magnesia, no habiendo obtenido resultados positivos, como se desprende del siguiente análisis:

Cal.....	0,57 por 100.
Magnesia.....	6,75 —
Potasio.....	11,64 —
Sodio.....	10,96 —
Anhidrido sulfúrico.....	0,27 —
Residuo insoluble en agua...	0,40 —
Agua de combinación y elementos no determinados...	21,60 —

Estos elementos pueden combinarse en la siguiente forma:

Cloruro cálcico.....	0,82 por 100
Sulfato de cal.....	0,41 —
Cloruro magnésico.....	26,72 —
— potásico.....	22,24 —
— sódico.....	27,81 —
Residuo insoluble en agua...	0,40 —
Agua de combinación y elementos no determinados...	21,60 —

El residuo insoluble en agua está formado principalmente por óxido de hierro.

Como dijimos en el trabajo referente a las sales de Cardona, con más razón repetimos en éste que sólo sirve para formarse una idea aproximada de la riqueza de la capa o capas existentes.



## IV

## Sondeo de Balsareny.

El sondeo de Balsareny empezó el día 3 de Marzo de 1922, cortándose una arenisca gris y marga roja duras.

A los 106 metros, estas margas contenían bastantes cloruros, llegándose cortando capas alternantes de margas rojas y grises, areniscas y yesos, hasta el metro 640 de profundidad, en que se apreciaron algunas láminas de sal. A los 673 metros empezó a notarse la presencia de la potasa, encontrándose en la sal el 1 por 100 de  $K_2O$ , y a partir del 676 empiezan las carnalitas, bastante ricas, con intercalaciones de silvinita, sal y margas hasta el metro 727, en que se encuentra otra vez la sal blanca, con el 2,50 por 100 de potasa. El sondeo se terminó en el metro 781, cortando todavía dicha sal blanca.

El criadero está, por consiguiente, comprendido entre los 676 y 727 metros de profundidad, pudiendo considerarse dividido para su estudio en las siguientes capas:

Del metro 676 al 678,03, una capa en que predomina la carnalita. Esta capa tiene una inclinación de 8 a 10 grados.

En el metro 679, se presenta un ligero lecho de silvinita con algo de halita.

A la profundidad de 692,99, se presenta otra vez la carnalita, rica hasta el metro 695,60, estando constituido el espacio comprendido entre los metros 679 a 693 por intercalaciones de margas y yesos. Estas capas tienen inclinaciones de 18 a 20 grados.

Vienen después una serie de capas de margas, sal y yeso, con inclinaciones que llegan a 35°, hasta el metro 705,44 en que ya se vuelven a presentar predominando las carnalitas, con inclinaciones de 40° y sin interrupción hasta el metro 711,29, presentándose entre los 712,75 y 713,05 una capa de silvinita con halita, con una inclinación de 20 grados.

Desde este metro hasta el 720,45 hay una serie de margas y yesos conteniendo alrededor de 1,50 por 100 de  $K_2O$ ; estas capas se van aproximando a la horizontal.

Del metro 720,45 al 724,36, se encuentran carnalitas con halitas y algo de silvinita, con una inclinación de 6 grados.

Del 724,60 al 726,38, tenemos una capa de silvinita con halita y una pequeñísima cantidad de carnalita. A partir de este metro hasta el 781, en que se terminó el sondeo, se sigue cortando la sal blanca, conteniendo alrededor de un 2 por 100 de potasa.

Podemos observar que en este sondeo, a semejanza de los anteriores, cada serie de capas potásicas empieza siempre por carnalitas, terminando por silvinitas más o menos mezcladas con halitas; así vemos que en el metro 679, después de una serie de capas de carnalita, se presenta un lecho de silvinita, siguiendo después las margas hasta el 693, para seguir las carnalitas.

Para la toma de muestras sobre los testigos, se ha operado en este sondeo como en los anteriores, haciendo una serie de acanaladuras a lo largo de ellos y poniendo el mayor cuidado en esta operación, para obtener una muestra que exprese lo más aproximadamente posible la riqueza de los testigos.

A continuación exponemos el cuadro con el resultado de los ensayos hechos, de metro en metro, indicando la inclinación de las capas, la potencia reducida a  $K_2O$  de los 100 por 100, etc.:

Profundidades.	Longitud del testigo.	Inclinación de la capa.	Potencia.	Riqueza.	Potencia reducida a K <sub>2</sub> O de 100 m.
676,00 - 677,02	1,02	8° a 10°	1,00	14,70	0,137
677,02 - 678,03	1,01	8° a 10°	0,99	12,00	0,121
679,00 - 679,06	0,06	9°	0,06	40,00	0,258
692,99 - 693,07	0,08	18° a 20°	0,07	14,84	0,024
693,07 - 694,05	0,98	18° a 20°	0,89	12,81	0,012
694,63 - 695,24	0,61	18° a 20°	0,57	15,36	0,122
695,24 - 695,60	0,36	18° a 20°	0,33	11,04	0,094
					0,039
					0,297
705,44 - 706,02	0,58	40°	0,44	12,48	Idem id. id.
706,02 - 707,10	1,08	40°	0,82	12,58	Idem id. id.
707,10 - 708,02	0,92	40°	0,75	16,32	Idem id. id.

Carnalita con halita, pequeñas vetas de silvinita e intercalaciones de margas.

Idem id. id.

Silvinita con halita y margas.

Carnalita con halita y margas.

Idem id. id.

Idem id. id.

Idem id. id.

709,75 - 709,99	0,27	25°	0,24	15,34	0,036
710,02 - 711,02	1,00	25°	0,90	15,40	0,129
711,02 - 711,29	0,27	25°	0,25	15,84	0,039
					0,214
712,75 - 713,05	0,30	20°	0,29	37,44	0,109
720,45 - 720,81	0,36	6°	0,35	17,76	0,062
721,04 - 722,07	1,03	6°	1,02	15,90	0,162
722,07 - 723,00	0,93	6°	0,92	15,64	0,144
723,00 - 724,14	1,14	6°	1,13	14,88	0,168
724,14 - 724,36	0,22	6°	0,21	18,44	0,039
					0,575
724,60 - 724,82	0,22	5°	0,21	47,04	0,099
725,32 - 726,25	0,93	5°	0,89	22,56	0,200
726,25 - 726,35	0,13	5°	0,12	24,00	0,028
					0,327
					2,136
					Metros de K <sub>2</sub> O de 10 %.

Carnalita blanca rosada muy pura.

Idem id. id.

Idem id. id.

Silvinita con halita y margas.

Carnalita, halita con algo de silvinita.

Idem id. id.

Idem id. id.

Idem id. id.

Carnalita muy pura con silvinita.

Silvinita con halita.

Silvinita con capas horizontales de halita.

Idem id. id.

TOTAL.....

Las potencias reducidas a potasa pura hacen un espesor total de 2,136 metros, siendo la capa más importante la comprendida entre los 720,45 y 724,36 metros, cuya potencia reducida es de 0,575.

En el gráfico que se adjunta hemos representado en el eje horizontal las profundidades y potencia de las capas, y en verticales la riqueza en  $K_2O$ . También hemos representado, sumando las potencias reducidas a  $K_2O$  pura, la capa que se obtendría integrando dichas potencias, obteniendo la de 2,136, que antes hemos indicado: resultando la riqueza media del criadero de un 15 a 16 por 100 de  $K_2O$ .

También se han hecho algunos análisis completos de trozos de testigo para determinar la composición de ellos e investigar la presencia del sulfato de magnesia. No lo hemos encontrado, como se desprende de los siguientes análisis hechos sobre muestras de las profundidades de 676 a 695,69:

Residuo insoluble en agua.....	6,80	por 100.
Cal.....	1,35	—
Magnesia.....	6,56	—
Sodio.....	4,65	—
Potasio.....	11,59	—
Cloro.....	37,76	—
Anhidrido sulfúrico.....	0,74	—
Humedad y agua combinada..	29,80	—

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se pueden combinar los distintos elementos en la siguiente forma:

Residuo insoluble en agua.....	6,80	por 100.
Cloruro magnésico.....	25,96	—
— potásico.....	22,15	—
— sódico.....	11,85	—
— cálcico.....	1,66	—
Sulfato cálcico.....	1,25	—
Humedad y agua combinada..	29,80	—

El residuo insoluble en agua es un silicato de hierro y alúmina con 64 por 100 de sílice, el 30 por 100 de dichos óxidos y algo de carbonato y sulfato de cal.

Como se ve, en estas profundidades domina la carnalita y la halita, estando la silvinita aproximadamente en una proporción de un 2 por 100, no conteniendo sulfato de magnesia, que tampoco hemos hallado en una mezcla de los testigos de 720 a 724 metros, cuyos elementos principales son:

Residuo insoluble en agua.....	2,43	por 100.
Cloruro potásico.....	25,86	—
— magnésico.....	28,10	—
— sódico.....	9,80	—
Humedad y agua combinada..	31,95	—

Estos testigos están constituídos por una carnalita con halita, y aproximadamente el 4 por 100 de silvinita.

No queremos terminar este trabajo sin indicar que algunos testigos de estos sondeos, y de preferencia en la silvinita (especialmente en una procedente de Suria), se observan unos diminutos cristales teñidos de un ligero color violáceo, coloración debida indudablemente a una sal permangánica de sodio y potasio, pues en estos cristales hemos comprobado, aunque ligeramente, reacciones de manganeso.

Madrid, Abril 1923.

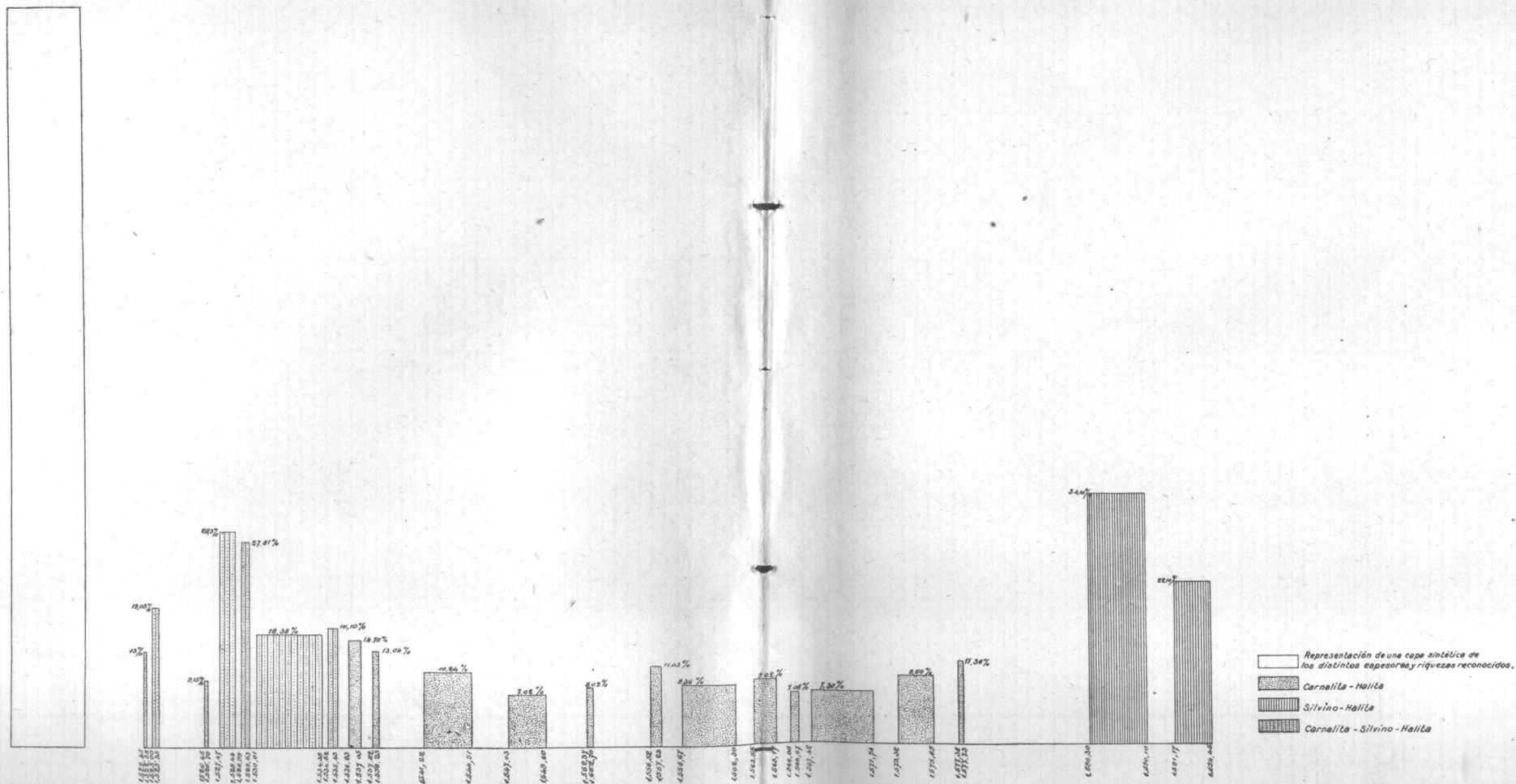




# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## SONDEO DE CARDONA

Gráfico de la riqueza en potasa de la parte del sondeo comprendida entre las profundidades de 1.522,45 y 1.594,45 metros

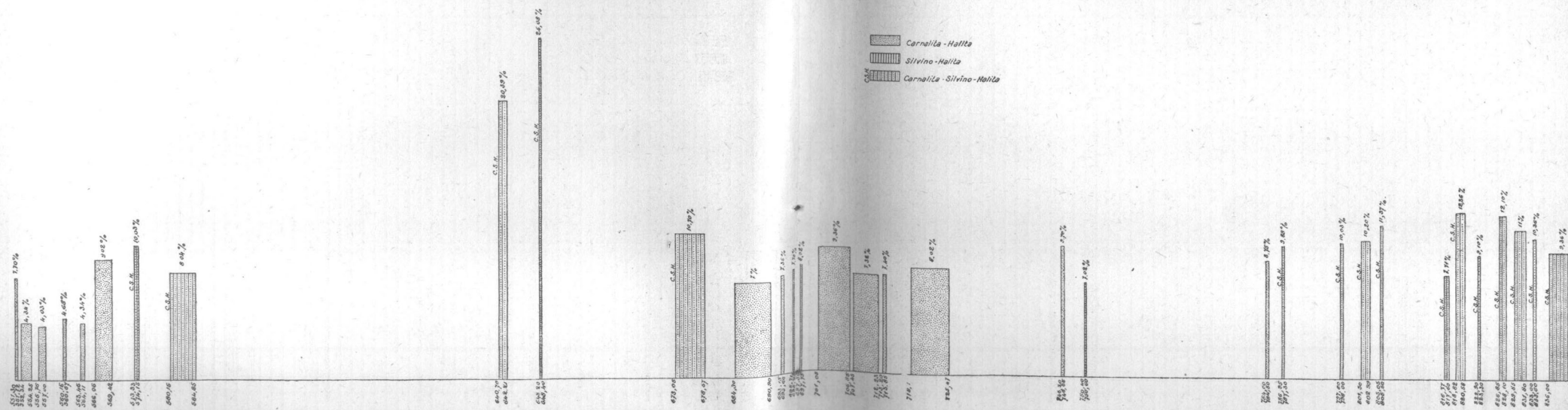




# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## SONDEO DE CASTELLFULLIT

Gráfico de la riqueza en potasa de la parte del sondeo comprendida entre las profundidades de 551,30 y 840,69 metros.

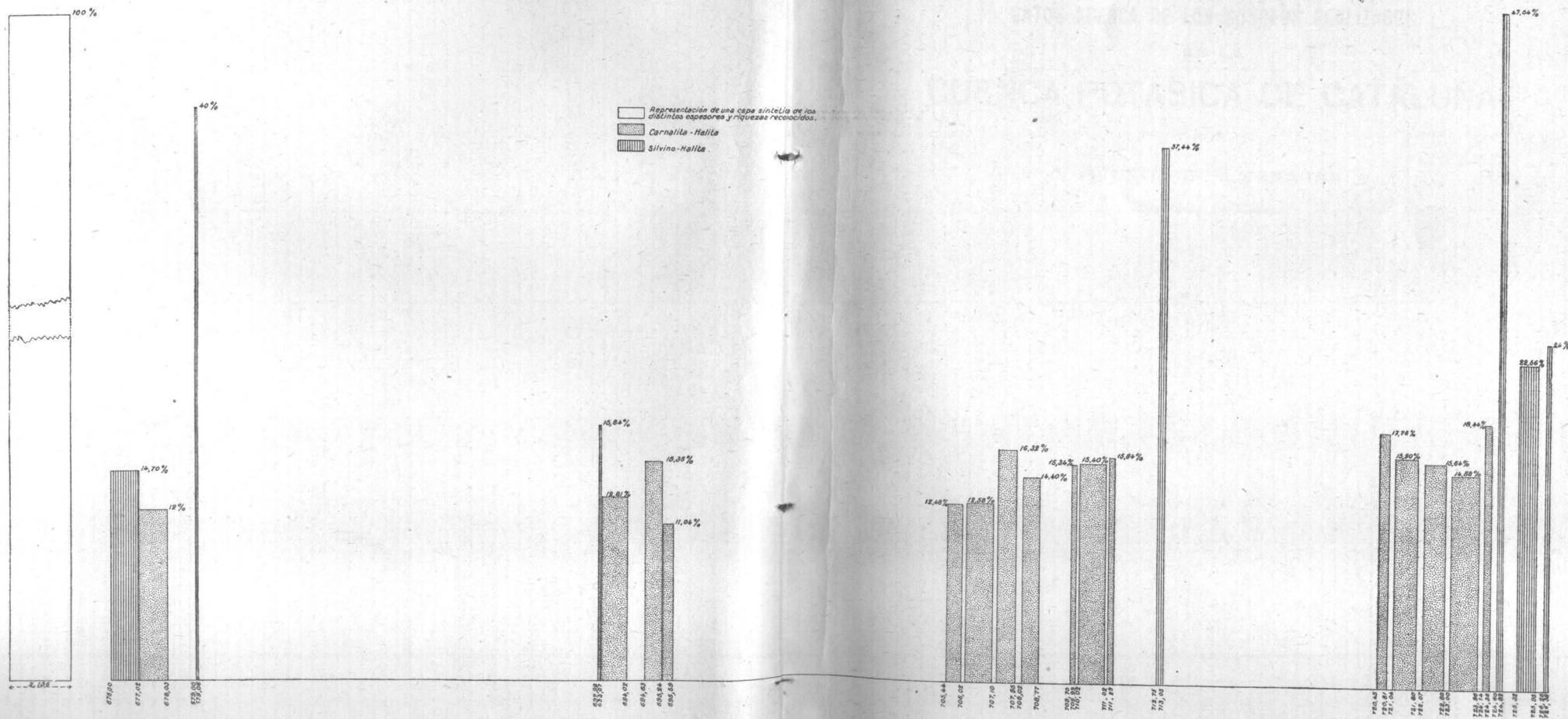




# SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

## SONDEO DE BALSARENY

Gráfico de la riqueza en potasa en la parte del sondeo comprendida entre las profundidades de 676 y 726,38 metros





**DATOS ACERCA DE LOS SONDEOS REALIZADOS**  
**EN LA**  
**CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA**  
**POR**  
**AGUSTÍN DE LARRAGÁN**  
**Ingeniero de Minas.**

DATOS ACERCA DE LOS SONDEOS REALIZADOS  
EN LA  
CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

**Sondas. — Ejecución del trabajo.**

**Sondeo de Cardona.**—*Trabajos preliminares.*—Fijado el emplazamiento del sondeo, se procedió al arreglo del camino de monte que va de Cardona a Fontellas, intransitable a la sazón para los carros cargados con las pesadas piezas del tren de sonda. De Fontellas a la plaza del sondeo hubo necesidad de abrir algunos trozos de camino y arreglar el que ya había, ensanchándole y corrigiendo algunas curvas demasiado duras.

Al mismo tiempo se hacía la explanación de la plaza, en la que hubo que hacer gran movimiento de tierras, cortándose muchos bancos de arenisca dura.

Estando en estos trabajos se planteó una huelga, con la que se pretendía un aumento de jornal sobre el ya excesivo de 7 pesetas que cobraban los peones.

Dieron los obreros un plazo de siete días, y en esta semana se arregló lo más necesario del camino y empezaron a transitar los carros, con lo que fracasó la huelga, volviendo los obreros a trabajar en las mismas condiciones que antes.

Se hicieron algunas obras para ver si se conseguía aumentar el caudal de dos fuentes próximas a la plaza, no

dando estos trabajos resultados positivos: Al no encontrarse agua en las cercanías, se aforó un pozo en Fontellas, que dió unos 24 m<sup>3</sup> en las veinticuatro horas, cantidad suficiente para todas las necesidades del sondeo, contando con depósitos reguladores. Se hicieron dos de éstos al lado de la sonda y en nivel superior.

Se substituyó el molino de viento instalado en el pozo por un motor de gasolina de 3 HP para subir el agua a un depósito grande y tomarla de allí con una bomba centrífuga movida por un motor de 6 HP, para conducirla por tubería de 2 pulgadas de diámetro y 2 kilómetros de longitud a los depósitos reguladores hechos junto a la sonda. El tendido de la tubería ofreció bastantes dificultades por lo accidentado del terreno y lo espeso de los pinares que había que atravesar.

Tardaron en llegar los motores y la bomba por lo anormal de las circunstancias y dificultades de transporte. Y al estar terminado el montaje de la sonda, se empezó a trabajar sin ellos, llevando el agua en tres cubas-volquetes, que no daban la cantidad necesaria para las veinticuatro horas. Para aumentar el número de viajes se abrió la tubería por la parte más elevada, y sobre una tina empalmada en ella se vertían las cubas; pero aun así, el procedimiento, aparte de su mucho coste, no daba el resultado apetecido.

Otra dificultad se presentó: se llenaban los volquetes con cubos, mojándose al echar el agua los obreros encargados de este trabajo, y al ir aumentando los fríos se iba haciendo cada vez más duro el trabajo, llegando a negarse a continuarlo si no era por muy poco tiempo.

Llegaron por fin los motores y la bomba y, salvo durante una helada seguida de una gran nevada, que impidió deshelar el agua de la tubería, se sirvió el agua con regularidad.

Se contrató el transporte del material de Manresa a Cardona en 23 pesetas la tonelada, y en 45 pesetas desde Cardona al emplazamiento de la sonda. Los precios eran excesivos, pero alegaban, para el primero, el estado punto menos que intransitable de la carretera, y para el segundo lo durísimo de las pendientes y lo mucho que se estropearía el camino en la época de las lluvias y heladas. Llegada esta época, intentaron los contratistas una subida en los dos precios; no hubo más remedio que ceder en el aumento del primero, por tener que ir los carros con menos de media carga para poder pasar por la carretera, pero se sostuvo el segundo, pues se había fijado contando con las lluvias. No se pudo contratar el transporte de la locomóvil a un tanto alzado, y fué necesario hacerlo por jornales de caballería, resultando un precio exorbitante por los entorpecimientos que hubo, por el mal estado de los frenos y las dificultades por lo estrecho del camino y lo duro de las pendientes.

*Ejecución del sondeo.*—Terminado el montaje del castillete y maquinaria del tren de sonda, se empezó a trabajar sin tener instalados los motores ni la bomba, siendo necesario llevar el agua en cubas-volquetes que no daban la suficiente cantidad para las veinticuatro horas, teniéndose que parar varias horas cada día por falta de agua.

Principia el sondeo el 16 de Septiembre de 1920 con trépano de 450 milímetros, y con este diámetro se hacen los 6 primeros metros. El 18 se pone un tubo de 16 pulgadas de 5,80 metros de longitud. Se continúa perforando con trépano de 350 hasta el 28, en que se rompe el árbol del cabestrante. Se aprovecha la parada para hacer reparaciones en la maquinaria. El día 4 de Octubre se mide el pozo y se continúa perforando con el mismo diámetro hasta el 9, que se vuelve a romper el árbol del cabestrante. Queda terminada



la reparación el 15, siguiéndose la perforación sin novedad importante hasta el 29 de Octubre, en que se empieza a entubar con tubos de 12 pulgadas. El 30 quedó terminado el entubado de los 150 metros, continuándose la perforación con trépano de 250 milímetros.

Por la mala calidad del carbón y por perder mucho la caldera, hay que parar con frecuencia para hacer vapor.

Con pequeñas averías se sigue perforando normalmente hasta el 9 de Noviembre, en que, por haberse encontrado en el agua indicios de potasa, se cambió el sistema de perforación, preparándose la rotación y el agua saturada de cloruro de magnesia para la inyección. El 10, se entuba el pozo con tubos de 7 pulgadas en los 191,14 metros de su profundidad. Por no haber llegado el cloruro de magnesia, no se perforó hasta el 22; se trabaja con corona de diamantes de 156 milímetros, llegándose el día 25 a los 221,85 metros de profundidad.

En vista de no haber cambio en el terreno que indique la proximidad de la sal, y considerando pequeño el diámetro de 156 milímetros para llegar a profundidad mayor de la que se creía, se saca la tubería de 7 pulgadas y se ensancha la parte perforada con la corona de 156 milímetros, con trépano de 250 milímetros, llegándose a los 223,90 metros el 1.º de Diciembre.

Se pone de nuevo la rotación, perforando con corona de granalla de acero de 205 milímetros. Se sigue con este diámetro, con grandes dificultades para la extracción de los testigos, hasta los 256,85 metros el día 15, en que se rompe el tubo de corona, avería que cuesta mucho remediar, dificultando la extracción la falta de agua, producida por helarse la de la tubería y caer una gran nevada que impidió trabajar desde las diez de la noche del 17 hasta las once y veinte de la mañana del 24. Hasta las seis de la tarde del 3 de Enero no

se consiguió sacar el tubo de testigo. Se entuba el pozo con tubería de 8 pulgadas en toda su profundidad.

El día 5 se vuelve a perforar con corona de 182 milímetros. A los 258,10 metros se pierde la inyección, siendo debido, probablemente, a una corriente de agua; con objeto de tapar las grietas por donde se pierde la inyección, se echa arcilla en el pozo y se trabaja con el trépano, dando buen resultado el procedimiento.

Por la mala calidad del carbón hay que parar casi todos los días varias horas para hacer vapor.

Con las mismas dificultades en la perforación, y sobre todo en la extracción de testigos, se llega a los 302,80 metros el 22 de Enero, en que se quedó en el pozo la cabeza del tubo de testigos, y hay que trabajar con el trépano para romper el testigo y la granalla y poder trabajar con corona de diamantes. Del 25 al 27 se repara la caldera y se limpia el pozo para trabajar el 28 desde 306,40 metros con corona de diamantes de 156 milímetros. Con ligeras averías y paradas por falta de vapor, se sigue hasta los 558,35 metros el 2 de Marzo, en que se da la orden de Madrid de trabajar con inyección saturada de cloruro de magnesia.

Se perfora con la inyección de cloruro de magnesia hasta el día 10 a los 595,85 metros, en que se separa el cloruro de magnesia, y se vuelve a usar la sal común, por no encontrar cambio en el terreno que indique la proximidad de la potasa, y con objeto de economizar el cloruro de magnesia, que, aparte de su elevado precio, es difícil de adquirir.

El día 18 se rompe un tubo del entubado de 8 pulgadas, y cae un trozo de hierro al pozo, teniéndose que trabajar con corona de acero para romperlo. Se limpia el pozo, hasta el día 22 en que se vuelve a perforar con corona de diamantes. El día 23 se ponen 647 metros de tubo de 6 pulgadas,

y el 24 por la tarde se empieza a perforar con corona de 132 milímetros.

La caldera pierde mucho vapor, y el día 7 de Abril se para para repararla, volviéndose a perforar el 14.

Se sigue trabajando normalmente, con pequeñas reparaciones en la máquina, rotura de barras y algunas paradas por falta de vapor, llegándose el 6 de Julio de 1921 a 1.202,35 metros.

La casa Trefor no estaba obligada por el contrato a llegar más que a 1.200 metros, y hay que esperar su conformidad y la autorización de la Superioridad para continuar.

El día 8 llega la autorización y se continúa perforando con corona de 132 milímetros. Del día 12 al 22 se cambia la máquina por otra de más potencia para poder continuar el sondeo. El 22 se vuelve a perforar. El 27 hay una rotura de terreno y se pierde unos 3 metros cúbicos de cloruro de magnesia; por esta misma causa hay dificultades para llegar con la sonda al fondo del pozo. Del 30 al 2 de Agosto falta carbón; este tiempo se aprovecha para hacer algunas reparaciones.

El 2 y el 3 se perfora y vuelve a pararse por falta de carbón. El 5 se vuelve a perforar, continuándose hasta el 12, en que se corta a los 1.310,50 metros de profundidad el primer testigo de sal común, parándose el sondeo para preparar la disolución del cloruro de magnesia.

Por la profundidad y el diámetro del pozo, es necesaria una cantidad de cloruro de magnesia muy superior a la mucha que hay preparada, salvándonos de una larguísima parada la amabilidad de la dirección de la Sociedad Minas de Potasa de Suria, que pone a nuestra disposición todo el cloruro de magnesia de que dispone; pero, a pesar de esto, es necesario hervir el agua para concentrar la disolución para que llegue a la densidad de 32° Beaumé.

Se empieza a perforar con la inyección saturada de cloruro de magnesia el día 26. Se trabaja normalmente hasta los 1.400,20 metros de profundidad el día 10 de Septiembre, en que se repara la maquinaria, y no se vuelve a perforar hasta el día 14. El 1.º de Octubre, a los 1.417,30 metros, hay que hacer una nueva reparación de la maquinaria, que dura hasta el 3, en que se empieza a perforar por la tarde. Se continúa trabajando normalmente, cortándose las primeras pintas de potasa, a los 1.488,50 metros, el día 27 de Septiembre; sigue cortándose la zona potásica sin novedad. El día 10 de Octubre se cambia el cable, y se vuelve a trabajar el 14. El día 15 se corta la sal vieja, parándose definitivamente el sondeo el día 20 de Octubre, en sal vieja, a los 1.634,55 metros de profundidad.

El 22 se empieza a sacar la inyección del pozo y se preparan bolas de arcilla para el taponado. El 26 se empieza a tapar con arena, hasta el 6 de Noviembre, a los 1.309 metros.

Se quiso poner el primer tapón de cemento de magnesia, pero no fué posible encontrarlo y se substituyó por otro de cemento portland amasado con agua salada, para conseguir que fraguase dentro de la sal, llegando hasta los 1.200 metros.

El 11 se echan bolas de arcilla y se va apisonando, quedando un tapón de 25 metros después de apisonar. El 17 se puso un nuevo tapón de cemento, desde los 1.175 metros a los 825. Del 18 al 15 de Diciembre se trabaja para sacar el entubado, quedando dentro 10 metros de 12 pulgadas que no se pudieron salvar. Se pone un tapón de madera y se da por terminado el sondeo.

### Procedimientos de sondeo.

*Percusión.*—Empezando con trépano de 450 milímetros e inyección de agua, se llega sin grandes averías hasta los 223,90 metros, con un diámetro de 250 milímetros, habiendo hecho las reducciones 450, 350, 250. No hay más averías en el pozo que roturas de varillas, cuyo salvamento se hace sin dificultad. El avance máximo por veinticuatro horas es 13 metros, y el medio 5,31. A la profundidad 191,14 metros se trabaja con corona de diamantes de 156, creyéndose cortar la sal a los pocos metros, pero como el terreno aleja la idea de la proximidad de la sal y el sondeo puede ser muy profundo, al llegar a los 221,85 metros, se vuelve a emplear la percusión para ensanchar la sección. La media en veinticuatro horas de avance es 7,64 metros.

*Rotación con granalla de acero.*—Dejada en libertad la casa contratista para usar el procedimiento de rotación que juzgase más conveniente, empezó a trabajar con granalla de acero, por no tener coronas de diamantes del diámetro que se necesitaba.

Este procedimiento no ha podido dar peores resultados en este sondeo. Las causas que han contribuido a este fracaso han sido varias:

1.<sup>a</sup> La falta de material adecuado; se han usado tubos de entubar arreglados en la misma sonda, que se rompían con facilidad, dando lugar a averías muy frecuentes. Llegó después material de Inglaterra, que dió tan mal o peor resultado que el preparado en la sonda. El tamaño de los perdigones era quizá demasiado grande.

2.<sup>a</sup> La clase de terreno no se prestaba al uso de la granalla; por su blandura se enterraban en él los perdigones, no trabajando o haciéndolo en muy malas condiciones.

3.<sup>a</sup> La operación de sacar los testigos, a causa del desigual diámetro de éstos, que hacía que no encajaran bien en el tubo de testigos, se hacía muy difícil, perdiéndose muchísimo tiempo en la operación y teniendo con frecuencia que repetir la maniobra varias veces para conseguirlo.

4.<sup>a</sup> Como el terreno era blando, muchos perdigones quedaban incrustados en las paredes del pozo, y al desprenderse por cualquier golpe, caían al fondo, siendo la causa principal, al trabajarse después con la corona de diamantes, de la rotura de éstos.

Se empezó con un diámetro de 205 milímetros a los 223,90 metros de profundidad, llegándose con este diámetro hasta los 256,85 metros, y de esta profundidad hasta los 302,80, con 182 milímetros de diámetro.

El avance máximo en veinticuatro horas fué de 11,65 metros, y el medio 2,47, siendo el total de 78,90 metros. La media, tomando sólo las horas de avance, es en 24 horas 6,07 minutos.

*Rotación con corona de diamantes.*—A los 306,40 metros se empezó a perforar con corona de 156 milímetros, y hasta los 647 metros no se puso la de 132 milímetros, con la que se llegó al final del sondeo.

Dada la naturaleza del terreno, este es el procedimiento más apropiado y que ha dado mejores resultados, haciéndose los avances mayores y más regulares; teniéndose el mínimo de averías y siendo éstas casi exclusivamente rotura de barrenas; no teniendo en las coronas más avería que la deformación de una por haberse torcido un poco el tubo de muestras. Hay que tener en cuenta, para juzgar los avances y la marcha, las condiciones en que se trabajaba: el tren de sonda estaba calculado para llegar a la profundidad máxima de 1.200 metros; la escasez de material, debida a las circunstancias anormales de la post-guerra, que obligó a tra-



bajar con barras de 2 pulgadas y de 1 1/2 pulgadas de mucho peso. Tan grande es la diferencia de peso de dos sondas, una con barras como las usadas y la otra con barras ligeras, que se pueden calcular en unos 400 metros más la longitud de la segunda, teniendo el mismo peso que la primera. Hay que contar también la duración de la maniobra para la extracción de los testigos, no inferior a nueve horas, y la de otra maniobra que hubiera que hacer para pescar barras rotas o por cualquier otra avería.

La pérdida de diamantes fué muy pequeña, siendo debida en su mayor parte, como decimos antes, a la caída de perdigones en el pozo. La pérdida total, en un avance de 1.330,15 metros, fué de 78 diamantes.

El avance máximo fué de 15,40 metros, y el medio, de 7,31 metros, siendo el total de 1.330,15 metros. La media en veinticuatro horas de avance es de 13,17, y la media total 10,97 metros.

El total de testigos sacados fué de 1.427 metros, perdiéndose solamente 16,41 metros, o sea el 1,14 por 100.

*Reparto de testigos.*—Los testigos que contenían sales de potasa fueron serrados en toda su longitud, reservándose la mitad para el Instituto Geológico de España y repartiéndose la otra mitad entre los particulares colaboradores al sondeo.

*Conservación de testigos.*—Ante la dificultad de conservar una cantidad tan grande de testigos de carnalita en frascos de cristal, se ideó el envolverlos en papel parafinado, procedimiento que se ha continuado usando y que ha dado un magnífico resultado.

Para el Instituto Geológico de España se tomaron muestras de todos los testigos sacados, que dan perfecta idea del sondeo.

## Ensayos químicos.

*Procedimientos empleados.*—Para los ensayos de potasa se han empleado, además de los procedimientos clásicos del cloruro platínico y del ácido perclórico, otros dos procedimientos poco conocidos y usados y que por reunir extraordinarias ventajas para el estudio de la potasa voy a describir rápidamente.

El primer procedimiento, cuyos resultados son comparables en exactitud con los de los procedimientos clásicos, es una inversión del método para determinar el cobalto con las sales de potasio. Preparado un solo reactivo se hicieron ensayos en el Laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid, sin obtenerse buenos resultados. Modificado el procedimiento empleando dos reactivos que se mezclen en el momento de usarse, se volvieron a hacer ensayos en el mismo Laboratorio, dando excelentes resultados. El reactivo se prepara mezclando en el momento de usarse seis volúmenes de un líquido *A* (50 gramos de nitrato de cobalto cristalizado en 100 c. c. de agua y 2 c. c. de ácido acético cristalizabile) con 10 volúmenes de un líquido *B* (50 gramos de nitrito sódico en 100 c. c. de agua). Se añade 1,5 c. c. de esta mezcla a 5 c. c. de la disolución potásica y se mantiene, después de agitarlo bien, a unos 37 grados durante treinta y seis horas. Los resultados no se modifican por la presencia de grandes cantidades de sodio, calcio, magnesia ni ácido sulfúrico. El ácido fosfórico y los elementos de origen orgánico deben ser eliminados totalmente.

Se filtra en filtro tarado y seco y se lava el precipitado repetidas veces, primero con ácido acético diluido, y después con alcohol de 96° para arrastrar el exceso de ácido

acético; se seca en la estufa a 90 ó 100° y se pesa el precipitado. Multiplicando el peso obtenido por el factor 0,31229, se tiene el peso en  $K_2O$ .

Fundado en esta reacción y con el objeto de suprimir filtraciones y pesadas, el Ingeniero de Minas Sr. Menéndez Puget ideó un aparato para hacer ensayos rápidos de aplicación industrial. Modificando la concentración de los reactivos, consigue activar la precipitación, que se hace dentro de un tubo graduado en el que se mide el volumen del precipitado, y con un coeficiente se obtiene directamente la potasa de la muestra. Es procedimiento sumamente práctico y con el que se obtienen resultados con la suficiente aproximación para ensayos rápidos e industriales, y ha sido adoptado por casi todas las entidades interesadas en la potasa de España.

*Toma de muestras.*—Al serrar los testigos para hacer el reparto a los colaboradores, se tomó el serrín, y de éste una muestra, que después de seca en la estufa a unos 90°, se porfirizó y pesó para disolverla.

Este procedimiento da una ley media bastante exacta del trozo serrado. Se han agrupado algunos trozos que, aunque separados por algo de sal común, podría ser quitada en un estrío, y por tanto se puede considerar como un solo banco la potasa agrupada.

*Densidades de la inyección.*—Se tomaba diariamente la densidad de la inyección filtrada, por ser ésta la mejor indicación de la proximidad de la sal. Se hacían ensayos diarios con nitrato de plata para ver las variaciones de los cloruros; y concentrando mucho las aguas, algunos ensayos de potasa.

Cuando se usaban aguas saturadas para la inyección, se tomaba la densidad, para evitar las bajas y mantenerla siempre saturada. En este caso ya no se notaban los aumentos

de cloruros ni tenían objeto los ensayos de potasa, por ser difícilísimo determinar una pequeña cantidad de potasa en una disolución saturada de sal común, aparte de que, aunque se encontrara, no indicaba nada, por poder ir unida a la sal usada para la saturación de las aguas.

## ENSAYOS QUÍMICOS

		COTAS		Por 100 $K_2O$
1	1.520,90	a	1.521,26.....	8
2	22,45	»	22,80.....	9,32
3	23	»	23,35.....	10
4	25,41	»	25,62.....	7,32
5	26,45	»	26,93.....	6,22
6	27,35	»	29,62.....	7,65
7	30,00	a 31,10;	31,29 a 33,02; 33,15 a 37,26.....	10,40
8	37,82	» 38,52;	38,99 » 39,26; 39,28 » 40,26.....	11,65
9	41,22	» 41,99;	42,00 » 44,48.....	8,75
10	46,54	a	46,69.....	9,51
11	47,03	a 47,61;	47,85 a 49,70.....	8,65
12	51,90	a	52,64.....	7,49
13	52,87	»	62,24.....	10,75
14	63,67	»	64,20.....	9,80
15	64,76	»	65,31.....	9,30
16	65,48	»	65,77.....	10,30
17	66,08	»	66,87.....	7,50
18	67,42	»	71,27.....	11
19	73,32	a 74,60;	74,87 a 75,16; 75,30 a 75,95.....	12,16
20	76,08	a	77,14.....	10
21	77,38	»	78,90.....	13,15
22	79,20	»	79,44.....	9,85
23	80,03	»	80,34.....	12,44
24	80,70	»	81,87.....	22,35
25	86,30	»	86,64.....	27,81
26	86,88	»	87,43.....	28,85
27	87,19	»	88,04.....	32,94
28	88,10	»	89,00.....	24,88
29	89	»	90,26.....	22,12
30	91,97	»	92,40.....	23,15
31	92,40	»	93,05.....	12,75
32	93,15	»	93,50.....	53,35

## Corte del sondeo de Cardona.

De 0 a	2,50	Marga roja.
	4,60	Arenisca.
	7,25	Marga roja.
	8,75	Arenisca.
	9,75	Marga roja.
	18,40	Arenisca.
	71,30	Marga roja con algo de arenisca.
	104,50	Marga gris.
	119,50	Marga dura con mucha caliza.
	24,45	Marga gris.
	36,45	Marga roja con yeso.
	41	Marga gris.
	42,90	Marga muy dura.
	44,90	Marga gris.
	52,35	Marga dura con mucha caliza.
	76,55	Marga gris con yeso.
	84,25	Marga roja.
	91,15	Marga gris con yeso.
	270	Marga roja con algunas pequeñas capas de arenisca. (A los 193, 40°; a los 197, 70°; a los 220, 50°; a los 239, 20°; y a los 270, 20°.)
	74	Marga roja oscura (20°).
	75	Marga gris.
	82	Marga roja oscura.
	90	Marga roja y gris alternante.
	301	Arenisca con algo de marga.
	5	Marga roja.
	7,75	Arenisca.
	15	Marga roja con yeso.
	16	Arenisca.
	18	Marga roja.
	23	Arenisca (10°).
	24	Marga. (A los 323, cristales muy pequeños de sal común.)
	46	Marga roja con poca arenisca.
	60	Marga roja y gris.
	90	Marga gris (20°).
	400	Marga roja y gris alternando (18°).
	26	Marga roja con algunas capas grises (410, 10°).
	32	Marga gris azulada.
	35	Marga gris rojiza.
	37	Marga roja.
	37,50	Arenisca.
	55	Marga roja (440, 20°).
	68	Marga gris.
	73	Marga roja (1°).
	76	Marga gris con yeso.

De 476 a 478	Marga rojiza.
81	Marga roja y gris.
88	Arenisca con marga (20°).
91	Marga rojo claro.
98	Marga gris y roja (493, 60°; 497, 40°).
500	Arenisca.
16	Margas con algo de arenisca (60°).
22	Marga roja muy blanda. (Entre 516 y 522, muchas variaciones de ángulos y espejos de falla).
34	Marga roja y gris con capas de arenisca (530, 20°).
36,00	Marga roja y gris.
15	Marga roja y gris con algo de arenisca.
81,30	Marga roja y gris en capas de 2 a 10 centímetros. (De 548,50 a 559 y de 560,25 a 561,75, muchas concreciones de anhidrita.)
82,75	Arenisca gris muy dura (un solo banco).
93	Marga rojo oscuro la parte superior, y la inferior gris.
95	Arenisca gris y roja (7°).
96,65	Marga roja y gris en pequeñas capas.
602	Marga muy dura.
5,80	Marga roja y gris con algo de arenisca.
7,25	Arenisca; un solo banco (10°).
8,50	Arenisca con mica y algunas capas de marga roja.
11	Marga gris (10°).
27,50	Marga roja, algunas capas azules y arenisca. (A 619,65 una capa de 15 milímetros de sal común.)
30,10	Marga azul, algo de arenisca y concreciones de anhidrita.
30,20	Caliza (7°).
41,40	Marga azul, algo de arenisca y concreciones de anhidrita.
44	Caliza.
56	Arenisca con algo de marga roja.
60,50	Pizarra arcillosa negra con una capa muy delgada de sal común.
62,50	Arenisca roja.
64,50	Marga roja y gris con arenisca.
65,50	Arenisca gris.
81,50	Marga gris y algo de arenisca. (A 667 una capa muy delgada de sal común.)
99,50	Marga gris y azul con arenisca en capas delgadas.
718,50	Marga gris con arenisca en capas grandes (7°).
36,50	Marga gris con arenisca y concreciones de anhidrita. (A 733, pizarra micácea.)
48,95	Marga roja y azul y arenisca. (De 741 a 742, el terreno muy roto.)
868	Arenisca y marga con concreciones y algunas capas delgadas de anhidrita. (De 765,80 a 766,40, una capa delgada de sal común. A 825, capa delgada de sal común.)
72,25	Arenisca.



De 872,25 a 879,10	Marga con anhidrita.
80,25	Arenisca.
91	Marga con anhidrita.
91,50	Arenisca.
93,30	Marga roja.
94,80	Arenisca muy dura.
96,30	Marga roja con anhidrita.
96,80	Arenisca muy dura.
902,70	Marga roja y gris.
3,90	Arenisca muy dura.
4,50	Marga.
6,10	Arenisca dura.
8,20	Marga con anhidrita.
9,85	Arenisca dura.
19,90	Marga roja y gris, con caliza y concreciones de anhidrita.
21,40	Arenisca dura.
30,35	Marga roja y gris, con arenisca, caliza y concreciones de anhidrita.
32,50	Marga roja.
33,35	Arenisca.
37,60	Marga roja.
38,35	Arenisca.
40,50	Marga negra y arenisca.
42,20	Arenisca y marga.
46	Marga roja y gris con arenisca y anhidrita.
47,50	Marga roja y gris con caliza y anhidrita.
48,35	Arenisca.
49	Marga gris y roja con pequeñas capas de caliza.
49,25	Arenisca.
55,25	Marga roja.
56,70	Marga con caliza y anhidrita.
56,90	Arenisca y anhidrita.
65	Marga con arenisca y anhidrita. (De 956,50 a 965, concreciones de anhidrita siguiendo una recta.)
66,15	Arenisca.
68,15	Marga roja con anhidrita.
68,50	Arenisca.
69	Marga roja con anhidrita.
78	Marga roja y gris.
79,20	Marga muy floja (10").
79,85	Marga con caliza.
80,30	Marga muy floja.
81,15	Marga, caliza, arenisca y anhidrita.
81,80	Marga muy floja.
82,15	Marga con caliza y anhidrita.
86,55	Marga muy floja.
88	Marga gris y roja, con concreciones de anhidrita.
89,40	Marga con caliza y anhidrita.
95	Marga gris con pequeñas capas de caliza y concreciones de anhidrita.

De 995 a 998,35	Marga gris con arenisca floja.
99	Marga muy floja.
99,60	Arenisca.
1.000,45	Marga gris, con concreciones de anhidrita siguiendo una recta.
2,90	Arenisca.
4,50	Marga gris con caliza y anhidrita.
5,15	Arenisca con caliza.
8,10	Marga gris con caliza y anhidrita.
8,65	Arenisca muy dura.
8,90	Marga muy dura.
9,75	Marga con arenisca y anhidrita.
9,85	Arenisca muy dura.
12,40	Marga con arenisca y anhidrita.
13,45	Caliza y arenisca.
14,30	Marga y arenisca.
15,10	Marga muy dura.
15,30	Marga y arenisca.
18,50	Marga gris con algunas capas rojas y azules. (De 900 a 1.000,20, espejos de falla. A 1.017,50, una capa de sal común.)
19,45	Arenisca.
19,75	Marga y caliza.
20,05	Arenisca.
21,95	Marga roja con caliza.
23	Marga con arenisca y anhidrita.
23,90	Marga con anhidrita, en trozos.
24,35	Marga y arenisca.
25	Marga oscura.
30	Marga con caliza y anhidrita. (A 1.030, una capa de sal común.)
32	Marga roja con arenisca.
32,85	Arenisca.
33,90	Marga con caliza y anhidrita.
34,45	Marga y arenisca.
35	Arenisca muy dura.
36,80	Marga y anhidrita.
37,50	Marga con arenisca y anhidrita.
37,90	Arenisca muy dura.
40,90	Marga roja con concreciones de anhidrita.
47	Marga roja y gris con arenisca y anhidrita (6").
47,40	Arenisca.
48,10	Marga.
48,75	Marga roja y arenisca.
49,40	Arenisca.
50,65	Marga roja y arenisca.
51,55	Arenisca dura.
52,05	Marga.
52,30	Arenisca y marga.
52,80	Marga con caliza y anhidrita.
53,25	Arenisca dura.

De 1.053,25 a 1.053,90	Marga floja con arenisca y anhídrita.
54,55	Arenisca dura.
59,35	Marga con caliza y anhídrita. (De 1.020 a 1.056, algunos espejos de falla.)
60,40	Arenisca y marga.
62,50	Marga.
64,15	Arenisca con marga.
65,50	Marga con caliza y arenisca.
67,80	Marga roja, gris y azul, en capas delgadas.
69,15	Arenisca dura.
69,60	Marga azul.
70,30	Arenisca dura.
70,70	Marga azul.
71,10	Arenisca dura.
72,30	Marga con caliza.
72,70	Arenisca dura.
73,65	Marga azul.
74,80	Arenisca dura.
75,15	Marga azul muy blanda.
75,70	Marga y arenisca.
78,50	Marga con caliza y anhídrita.
78,60	Arenisca.
79	Marga con caliza.
79,25	Marga y arenisca.
83,55	Marga con caliza y anhídrita.
83,70	Arenisca.
84,90	Marga con arenisca y anhídrita.
86,25	Marga azul con caliza.
88,70	Marga azul con anhídrita.
93,40	Marga azul con caliza y anhídrita.
94,85	Arenisca dura.
100,95	Marga con caliza.
1,10	Arenisca dura.
1,70	Marga azul con caliza. (Desde 1.069,15 a 1.101,70, la marga en capas delgadas, y la anhídrita en trozos (6°).
2,70	Arenisca roja dura.
4,65	Marga roja con caliza.
5,05	Arenisca y marga roja.
18,45	Marga roja con arenisca y caliza.
19	Arenisca roja dura.
24	Marga roja con arenisca y caliza.
25,30	Arenisca dura.
30,35	Marga roja con arenisca y caliza.
31,10	Arenisca dura.
31,80	Marga con arenisca.
32	Arenisca dura.
32,25	Marga roja.
32,45	Arenisca dura.
33,25	Marga roja.
33,40	Arenisca dura.

De 1.133,40 a 1.133,90	Marga con caliza.
34,05	Arenisca.
34,40	Marga roja y arenisca.
35,35	Arenisca dura.
35,70	Marga roja.
36,05	Arenisca dura.
38,70	Marga con caliza y anhídrita.
39,10	Arenisca dura.
43,30	Marga con caliza y anhídrita.
43,45	Arenisca dura.
44,50	Marga roja con caliza.
44,60	Arenisca dura.
45	Marga roja con caliza.
45,10	Arenisca dura.
77	Marga azul y gris y arenisca en capas delgadas, y capas de anhídrita de 5 a 30 centímetros.
79,05	Marga y arenisca.
79,75	Marga roja.
80,70	Marga roja y arenisca.
81,05	Arenisca dura.
85,50	Marga roja con arenisca y anhídrita.
86,65	Arenisca dura.
88,30	Marga roja con arenisca y anhídrita.
88,70	Arenisca dura.
90,75	Marga azul con arenisca y anhídrita.
90,95	Arenisca dura.
92	Marga azul con arenisca y caliza.
92,70	Marga azul con caliza y anhídrita.
95,05	Marga con caliza y anhídrita.
95,50	Marga con caliza, anhídrita y sal común.
97,20	Marga con arenisca, anhídrita y sal común.
97,85	Marga azul con caliza.
97,90	Arenisca dura.
200,95	Marga azul con caliza y anhídrita.
1,15	Marga azul y arenisca.
1,65	Marga.
2,45	Marga y caliza.
4,45	Marga, caliza y anhídrita.
4,70	Marga y arenisca.
5,45	Marga, caliza, anhídrita y sal común.
5,85	Marga y arenisca.
9,60	Marga, caliza, anhídrita y sal común.
10,90	Marga y arenisca.
12,55	Marga y caliza.
13,15	Marga y arenisca.
17,05	Marga y caliza.
17,85	Marga, caliza y anhídrita.
17,95	Marga y arenisca.
18,85	Marga azul.
19,40	Marga y arenisca.
24,75	Marga, caliza y anhídrita.

De 1.224,75 a 1.224,90	Marga y arenisca.
25,75	Marga y caliza.
26	Arenisca y sal común. (Desde 1.190, la marga es azul, y algunas veces negra, con espesores de 0,5 a 3 centímetros.)
33,60	Marga roja con algunas capas delgadas de arenisca y caliza, y concreciones de anhidrita.
36,80	Marga gris azulada.
37,70	Marga y arenisca.
38,75	Marga con anhidrita.
45	Marga con caliza. (Desde 1.236, la marga es gris azulada, en capas muy delgadas.)
47	Marga gris azulada. (El terreno, muy dislocado, empieza con una inclinación de 45° y luego queda todo roto.)
49,20	Marga rojo oscuro.
49,40	Arenisca.
54,50	Marga con caliza y anhidrita.
54,60	Arenisca.
57,35	Marga y caliza.
58,75	Marga y anhidrita.
58,95	Arenisca.
59,35	Marga.
67,75	Marga con caliza y anhidrita. (Desde 1.247 a 1.267,75, la marga es rojo oscuro; las capas de arenisca y de caliza, pocas y delgadas; muy pocos nódulos de anhidrita; en la arenisca algunas capas sumamente delgadas de sal común. La inclinación anterior a la zona rota 13°, y después de ésta queda casi constante en 10°.)
69,75	Caliza con marga en capas muy delgadas. (La caliza está mezclada con marga.)
70,50	Arenisca gris.
77,50	Marga gris azulada con algo de caliza.
77,60	Anhidrita.
79,50	Marga gris azulada con algo de caliza.
80,30	Marga rojo oscuro y gris con nódulos de anhidrita.
83,70	Marga roja y gris con capas de arenisca y caliza y nódulos de anhidrita.
89,40	Pizarra azul con algunas capas delgadas de arenisca y caliza.
91,60	Marga jaspeada con arenisca.
96	Pizarra azul con capas de arenisca y caliza, y muchas capas de sal y anhidrita de 15 milímetros.
309	Pizarra azul con muchas capas delgadas de caliza.
9,50	Anhidrita con sal común, en trozos.
11,30	Sal transparente en capas de 2 a 20 centímetros, con anhidrita en capas de 0,3 a 10 centímetros (7°).

De 1.311,30 a 1.311,45	Anhidrita.
13,50	Sal transparente cristalizada en grandes cristales, en capas de 5 a 25 centímetros, con anhidrita en capas de 0,5 a 5 centímetros (10 a 12°).
14,05	Anhidrita.
14,15	Sal transparente con algo de anhidrita.
14,35	Anhidrita.
16,47	Sal transparente en capas de 8 a 15 centímetros y anhidrita en capas de 2 a 3 centímetros (50 a 60°).
16,50	Anhidrita (8°).
16,60	Sal transparente en grandes cristales.
17,60	Anhidrita con trozos de sal.
19,40	Sal transparente en capas de 15 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 0,5 a 7 centímetros.
20,10	Anhidrita mezclada con sal. (Algunos espejos de falla.)
21,30	Sal transparente en capas de 5 a 30 centímetros, y capas de anhidrita de 15 a 20 centímetros.
21,95	Sal rojiza en cristales de 0,5 centímetros. (Grob könig cristalin) en capas de 8 a 10 centímetros, y anhidrita en capas de 0,5 a 2 centímetros.
23,75	Anhidrita con capas delgadas de marga y sal.
24,50	Sal rojiza en capas de 3 a 12 centímetros, y anhidrita en capas de 0,5 a 1 centímetros.
24,75	Anhidrita con capas delgadas de marga, y en éstas, cristales de sal.
24,85	Sal rojiza (Grob cristalin).
29,75	Marga gris y azul en capas delgadas, algunas capas de sal, nódulos y algunas pequeñas capas de anhidrita.
31,55	Marga gris y azul en capas delgadas, capas de sal y tres bancos de arenisca de 20 a 25 centímetros.
33,15	Marga arcillosa negra y negra azulada, muy blanda, en capas delgadas.
34,05	Anhidrita.
34,15	Sal roja (Grob cristalin).
34,25	Anhidrita.
35,30	Sal transparente (Grob cristalin) en capas de 3 a 20 centímetros, y capas de anhidrita de 0,5 a 1 centímetros.
36,20	Anhidrita con muchos trozos y capas de sal con diferentes inclinaciones.
40,90	Sal transparente (Grob cristalin) en capas de 5 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 0,5 a 10 centímetros con capas muy delgadas de marga.
41,35	Sal (Grob cristalin) oscura por estar mezclada con marga, en capas de 3 a 5 centímetros, y capas de anhidrita de 0,5 centímetros.



De 1.341,35 a 1.341,55	Anhidrita con trozos de sal.
45,10	Sal transparente (Grob cristalín) en capas de 10 a 20 centímetros, con capas de anhidrita de 0,5 a 5 centímetros.
45,55	Anhidrita con capas sumamente delgadas de marga y una capa de sal de 5 centímetros
45,75	Anhidrita mezclada con sal transparente (Grob cristalín).
47,80	Anhidrita con marga gris en capas delgadas y algunas capas de sal mezclada con anhidrita.
47,92	Anhidrita.
48,85	Sal (Grob cristalín) transparente mezclada con anhidrita.
49,10	Anhidrita con marga en capas delgadas.
50,70	Sal oscurecida por anhidrita (Grob cristalín) y capas de anhidrita de 0,5 centímetros.
50,95	Marga negruzca muy blanda, con sal en capas muy delgadas, con diferentes inclinaciones (18°).
51,35	Anhidrita con algo de sal (5°).
52,15	Sal transparente (Grob cristalín) en capas de 10 a 20 centímetros; una capa de anhidrita de 8 centímetros y varias de 0,5 centímetros.
52,85	Anhidrita en capas onduladas con cristales de sal.
55,40	Sal cristalina en capas de 5 a 35 centímetros, con anhidrita en capas de 0,5 a 4 centímetros.
55,65	Sal transparente (Grob cristalín) en capas de 3 a 5 centímetros, y capas de anhidrita de 0,5 a 2 centímetros.
56,05	Marga gris, muy floja, en capas delgadas.
56,30	Anhidrita.
57,30	Sal rojiza (Grob cristalín) en capas de 5 a 12 centímetros, y capas de anhidrita de 0,5 a 1 centímetros.
57,40	Anhidrita.
57,55	Sal transparente (Grob cristalín).
59	Anhidrita con sal transparente.
59,85	Sal rojiza sucia por anhidrita fina, con dos capas de anhidrita de 5 y 10 centímetros.
60,85	Anhidrita ondulada con trozos de sal.
61,25	Sal mezclada con anhidrita.
61,50	Trozos de anhidrita mezclados con otros de sal.
61,75	Marga gris oscura muy blanda.
62,10	Anhidrita.
62,55	Anhidrita con sal.
64,35	Sal oscurecida por anhidrita en capas de 10 a 20 centímetros, con capas de anhidrita de 0,5 centímetros (18 a 20°).
64,45	Anhidrita ondulada (45°).
64,55	Sal gris sucio.

De 1.364,55 a 1.364,70	Anhidrita con trozos de sal.
66,05	Sal rojiza (Grob y cristalsalz) con anhidrita, en capas de 1 a 3 centímetros, y trozos pequeños de anhidrita en la sal.
67,45	Anhidrita y marga gris con muchos espejos de falla.
67,80	Sal rojiza (60°).
68,25	Anhidrita.
74,40	Sal rojiza con anhidrita en capas de 1 centímetro (80°).
74,80	Anhidrita con capas delgadas de marga gris.
75,60	Sal rojiza con anhidrita en capas de 2 centímetros.
76,20	Anhidrita en capas onduladas.
83,20	Sal rojiza (Grob cristalín). Una cuarta parte a lo largo, anhidrita, y los últimos 90 centímetros, anhidrita con algo de sal.
83,60	Sal oscurecida con marga fina (40°).
83,90	Anhidrita mezclada con sal.
84,24	Sal oscurecida por marga. Muy blando: se rompe al sacar el testigo.
84,35	Anhidrita con marga (testigo roto).
87,05	Sal rojiza oscurecida por marga fina y tres capas de anhidrita de 1 a 1,5 cm. (testigo roto).
88	Anhidrita con algunos trozos de sal y de marga (45°).
88,90	Sal transparente (Grob cristalín).
89,05	Anhidrita mezclada con sal.
89,55	Sal transparente mezclada con anhidrita.
93,55	Sal (Grob cristalín) oscurecida por anhidrita y marga. La inclinación de las capas va aumentando hasta 55°.
100,20	Marga gris floja y anhidrita en capas de 0,5 a 2 centímetros, con algunas capas de sal. En la primera parte 80°, después 90, y en el último metro, y con brusquedad, 60°. En el trozo de 90° muchos espejos de falla.
0,50	Sal oscurecida por anhidrita.
1,50	Anhidrita y marga gris en capas delgadas (40 a 45°).
1,90	Sal (Grob cristalín) y anhidrita mezcladas.
2,15	Anhidrita.
2,95	Sal mezclada con anhidrita.
3,10	Anhidrita.
4,20	Sal oscurecida por anhidrita y marga.
4,40	Anhidrita.
4,47	Sal mezclada con mucha anhidrita.
6,65	Sal mezclada con anhidrita.
6,75	Anhidrita.
8,40	Sal (Grob cristalín) y anhidrita, en trozos, y algunas capas.

De 1.408,40 a 1.410,85	Anhidrita, marga y sal en capas de 3 a 12 centímetros.
11,25	Sal mezclada con anhidrita.
12,15	Anhidrita en capas onduladas con trozos de sal.
13,15	Sal (Grob cristalín) con anhidrita.
13,55	Anhidrita con sal.
14,15	Sal con una capa de anhidrita de 3 centímetros.
14,36	Anhidrita (25°).
14,40	Sal (Grob cristalín).
14,90	Anhidrita en capas onduladas.
15,80	Sal, en algunos trozos sucia, mezclada con anhidrita.
17	Anhidrita con trozos y capas de sal y marga (35°).
17,45	Sal rojiza con una capa de anhidrita de 8 centímetros.
17,70	Anhidrita.
18,70	Sal oscurecida por marga y anhidrita.
22,20	Anhidrita, sal y marga en capas de 1 a 10 centímetros (35 a 40°).
24,05	Sal en capas de 3 a 5 centímetros, anhidrita en capas de 0,5 centímetros (20°).
24,30	Anhidrita y sal en capas de 5 a 7 centímetros.
28,10	Anhidrita, marga gris (en algunas partes con mucha arenisca) y sal en capas de 0,5 a 5 centímetros.
31,85	Marga gris amarillenta, arenisca blanda, sal y algo de anhidrita; todo en capas de 3 a 5 centímetros.
41	Marga gris con capas delgadas de arenisca rojiza y capas de sal de 1 a 2 centímetros (13 a 15°).
60,50	Marga gris blanda con sal sucia, todo en capas delgadas y alguna capita de anhidrita (20°).
63,50	Marga gris blanda en capas delgadas, con capas muy delgadas de sal con muchos pliegues.
64,50	Igual clase de terreno, pero muy roto, y la sal en agujas.
69,80	La inclinación de las capas, ya más regulares, termina en 10°.
77,45	Marga gris con algo de anhidrita, y sal blanca y amarilla en capas de 0,2 a 0,5 centímetros.
79,40	Sal y marga en capas de 0,5 a 1,5 centímetros.
87	Sal en capas de 0,3 a 1 centímetros, y marga en capas de 0,5 a 5 centímetros.
99	Sal en capas de 0,3 a 1,5, y marga de 1 a 12 centímetros. A los 88,50 empiezan algunas pintas de carnalita.
504	Sal y marga en capas de 0,3 a 3 centímetros.
14	Sal y marga en capas de 0,2 a 1; la mayor parte sal.

De 1.514 a 1.517,30	Sal con marga en capas delgadas como papel, algo de anhidrita y sal roja y pintas de carnalita.
20,90	Sal en capas delgadas.
21	Sal y carnalita.
21,31	Sal en capas de 0,5 a 1,5, con algo de sal roja y carnalita.
21,46	Carnalita con sal.
22,45	Sal con marga y pequeña cantidad de carnalita.
22,85	Carnalita 60 por 100 y sal.
23	Sal con anhidrita.
23,40	Carnalita 50 por 100 y sal.
24,55	Sal con algo de marga y anhidrita en capas delgadas.
25,35	Sal con marga y anhidrita en capas delgadas y algunas capitas de carnalita.
26,08	Carnalita 75 por 100 y sal.
26,45	Sal.
26,93	Sal con algunos nódulos de carnalita.
27,35	Sal.
27,63	Sal con carnalita 25 por 100.
28,17	Sal con pequeña cantidad de carnalita.
28,50	Sal con carnalita 35 por 100.
28,99	Sal.
29,53	Sal con carnalita 20 por 100.
30,01	Sal con unas capitas de carnalita.
31,69	Carnalita 50 por 100 y sal.
31,77	Sal.
32,58	Sal y carnalita.
32,65	Sal.
32,80	Sal y carnalita.
33,36	Carnalita y sal.
33,56	Sal.
33,65	Sal con algo de carnalita.
34,54	Carnalita y sal.
34,89	Sal.
35,83	Carnalita 30 por 100 y sal.
36,23	Sal.
37,26	Carnalita 70 por 100 y sal.
37,82	Sal.
38,85	Carnalita 75 por 100 y sal.
38,99	Sal.
40,36	Carnalita 90 por 100 y sal.
40,46	Sal con carnalita 5 por 100.
41,22	Sal.
42,44	Carnalita 60 por 100 y sal.
42,62	Sal con nódulos de carnalita transparente.
42,90	Sal con carnalita 40 por 100.
42,95	Sal.
44,40	Carnalita 70 por 100 y sal.
44,51	Sal.

De 1.544,51 a 1.544,78	Sal con carnalita 40 por 100.
45,26	Sal.
45,38	Sal con carnalita 25 por 100.
45,92	Sal.
46,12	Sal con carnalita 20 por 100.
46,54	Sal.
47,61	Sal con carnalita 25 por 100.
47,85	Sal.
48,06	Carnalita 90 por 100 y sal.
48,21	Sal.
48,66	Carnalita 60 por 100 y sal.
48,68	Sal.
48,83	Carnalita 60 por 100 y sal.
48,96	Sal.
49,85	Carnalita 60 por 100 y sal.
49,95	Sal.
50,18	Carnalita 60 por 100 y sal.
50,46	Sal.
50,66	Carnalita 80 por 100 y sal.
50,87	Sal.
51,22	Carnalita 80 por 100 y sal.
51,42	Sal.
51,85	Sal con carnalita 40 por 100.
51,91	Sal.
52,24	Carnalita 75 por 100 y sal.
52,37	Sal.
52,70	Carnalita 75 por 100 y sal.
53,30	Sal.
53,88	Carnalita 80 por 100 y sal.
54,24	Sal.
54,36	Carnalita 85 por 100 y sal.
54,46	Sal.
51,89	Carnalita 80 por 100 y sal con una veta de carnalita transparente.
54,94	Sal con pintas de carnalita.
55,22	Carnalita 70 por 100 y sal.
55,53	Sal.
55,98	Carnalita 60 por 100 y sal.
56,52	Sal.
57,06	Carnalita 75 por 100 y sal.
57,23	Sal.
57,67	Carnalita 80 por 100 y sal.
57,92	Sal.
58,15	Carnalita 50 por 100 y sal.
58,47	Sal.
59,42	Sal con carnalita 20 por 100; la sal en trozos grandes.
60,79	Carnalita 80 por 100 y sal.
61,17	Sal con 5 por 100 de carnalita.
61,29	Carnalita 80 por 100 y sal.
61,43	Sal.

De 1.561,43 a 1.561,97	Carnalita 75 por 100 y sal.
62,65	Sal mezclada con 5 por 100 de carnalita.
65,20	Carnalita 80 por 100 y sal.
65,35	Sal.
66,75	Sal con algunas vetas de carnalita.
66,90	Sal con carnalita 40 por 100.
67,42	Sal.
68,65	Sal con 20 por 100 de carnalita.
71,92	Carnalita 80 por 100 y sal.
72,03	Sal.
72,24	Carnalita 45 por 100 y sal.
72,50	Sal.
72,85	Sal con carnalita 10 por 100.
73,32	Sal.
74,98	Carnalita 75 por 100 y sal.
75,30	Sal con carnalita 10 por 100.
75,95	Carnalita 60 por 100 y sal.
76,25	Sal.
76,67	Sal con carnalita 20 por 100.
77,03	Sal.
77,13	Carnalita 50 por 100 y sal.
77,38	Sal.
77,73	Sal con carnalita 30 por 100.
78,30	Sal.
78,56	Carnalita 80 por 100 y sal.
78,72	Sal.
78,90	Sal con carnalita 15 por 100.
79,20	Sal.
79,44	Carnalita y sal.
79,75	Sal y carnalita.
79,90	Carnalita y sal.
80,03	Sal y carnalita.
80,34	Carnalita y sal.
81,80	Sal.
81,87	Carnalita y silvinita con sal.
84,99	Sal.
85,07	Sal y silvinita.
86,30	Sal.
87,39	Silvinita 30 por 100 y sal.
87,75	Silvinita 15 por 100 y sal.
88,04	Silvinita 35 por 100 y sal.
88,10	Sal.
89,22	Silvinita 25 por 100 y sal.
89,32	Sal.
90,26	Silvinita 25 por 100 y sal.
90,50	Sal.
90,58	Silvinita 25 por 100 y sal.
91,97	Sal.
92,45	Silvinita 20 por 100 y sal.
92,75	Sal.
93,05	Silvinita 20 por 100 y sal.



De 1.593,05 a 1.593,15 Sal.  
 93,50 Silvina blanca y transparente.  
 94,45 Sal.  
 97,50 Sal con algo de silvinita.  
 634,55 Sal rosa en grandes cristales, en capas de 5 a 20 centímetros, con algo de anhidrita jaspeada.  
 Sal blanca en capas de 3 a 10 centímetros, en trozos cristalizados, y anhidrita jaspeada.

MES DE SEPTIEMBRE DE 1920

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías máquina Horas	Falta agua Horas	Fiestas Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros
1	»	»	»	»	»	»	»
2	»	»	»	»	»	»	»
3	»	»	»	»	»	»	»
4	»	»	»	»	»	»	»
5	»	»	»	»	»	»	»
6	»	»	»	»	»	»	»
7	»	»	»	»	»	»	»
8	»	»	»	»	»	»	»
9	»	»	»	»	»	»	»
10	»	»	»	»	»	»	»
11	»	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	»	»	»	»
13	»	»	»	»	»	»	»
14	»	»	»	»	»	»	»
15	»	»	»	»	»	»	»
16	16	»	»	8	»	4	4
17	4	»	»	20	»	0,60	4,60
18	14	»	»	10	»	2,65	7,25
19	»	»	»	»	24	»	»
20	16-50	3-45	»	3-25	»	6,15	13,40
21	10-30	»	»	13-30	»	3,35	16,75
22	20-30	»	»	3-30	»	13	29,75
23	13	1	»	10	»	2,90	32,65
24	21-30	1	»	1-30	»	8,65	41,30
25	18-30	3	2-30	»	»	7,80	49,10
26	»	»	»	»	24	»	»
27	15-30	8-30	»	»	»	7,05	56,15
28	0-45	4-15	19	»	»	0,80	56,95
29	»	»	24	»	»	»	»
30	»	»	24	»	»	»	»
	151-05	21-30	69-30	69-55	48	56,95	56,95

MES DE OCTUBRE DE 1920

Dias	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Falta vapor Horas	Entubado Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros
1	»	»	»	24	»	»	»	»	»
2	»	»	»	24	»	»	»	»	»
3	»	»	»	24	»	»	»	»	»
4	12	2	»	10	»	»	»	»	60,45
5	21-15	2	»	»	»	»	»	3,50	71,30
6	20	2	»	»	»	2	»	10,85	81,10
7	21-30	1-30	»	»	»	1	»	9,80	90,65
8	18-55	0-30	»	4-35	»	»	»	7,30	97,95
9	16-30	1-30	»	6	»	»	»	5,80	103,75
10	»	»	»	24	»	»	»	»	»
11	»	»	»	24	»	»	»	»	»
12	»	»	»	24	»	»	»	»	»
13	»	»	»	24	»	»	»	»	»
14	1-30	1-30	»	»	»	»	»	1,75	105,50
15	22-30	1-30	2-15	»	»	»	»	»	»
16	20-15	1-30	»	»	»	»	»	»	»
17	»	»	»	»	24	»	»	»	»
18	18-30	5-30	»	»	»	»	»	2,90	108,40
19	20-30	2	1-30	»	»	»	»	4,90	113,30
20	18-30	2-30	»	»	»	»	»	5,05	118,35
21	17-30	2	2-30	»	»	»	»	6	124,35
22	14	»	5	»	»	»	»	4,10	128,45
23	22	2	»	»	»	»	»	7,90	136,35
24	»	»	»	»	24	»	»	»	»
25	17-15	4	2-45	»	»	»	»	4,80	141,15
26	18-50	3	2-10	»	»	»	»	3,70	144,85
27	12-40	2	8-20	1	»	»	»	2,20	147,05
28	19	3	»	2	»	»	»	2,75	149,80
29	0-30	»	6-30	»	»	»	17	0,10	149,90
30	14	1	»	»	»	»	9	3,35	152,25
31	»	»	»	»	24	»	»	»	»
	347-40	39-30	30-30	224-50	72	3	36	96,30	153,25

MES DE NOVIEMBRE DE 1920

Dias	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Falta vapor Horas	Disolver magnesia Horas	Entubar Horas	Guardia Horas	Falta magnesia Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Dis- man- tes
1	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2	22	2	»	»	»	»	»	»	»	»	4,65	»	157,90	»
3	15-30	2	»	1-30	»	»	»	»	»	»	6,80	»	164,70	»
4	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5	18-35	3-10	2-15	»	»	»	»	»	»	»	4,45	»	169,15	»
6	19-15	3	»	»	»	1-45	»	»	»	»	7,30	»	176,45	»
7	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	21	3	»	»	»	»	»	»	»	»	10,45	»	186,90	»
9	9	»	2-30	»	»	0-30	12	24	»	»	4,14	»	191,04	»
10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	»	»	»	»	»	»	12	12	12	»	»	»	»	»
12	»	»	»	»	»	»	12	12	12	»	»	»	»	»
13	»	»	»	»	»	»	12	12	12	»	»	»	»	»
14	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
15	»	»	»	»	»	»	12	12	12	»	»	»	»	»
16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
18	»	»	»	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
19	»	»	»	»	»	»	18	»	»	»	»	»	»	»
20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
21	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
22	20-30	3-30	»	»	»	»	»	»	»	»	4,31	5,65	195,35	1
23	20-20	3-40	»	»	»	»	»	»	»	»	5,90	»	201,25	2
24	19	3-30	»	1-30	»	»	»	»	»	»	8,85	9,30	210,10	»
25	19-50	4-10	»	»	»	»	»	»	»	»	11,65	8,40	221,75	»
26	9	2-15	»	»	»	»	3	9-45	»	»	»	»	»	1
27	15-15	4	»	4-45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
29	20-30	3	»	0-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	19-15	»	4-20	»	»	0-25	»	»	»	»	»	»	»	»
	249-00	37-15	14-05	32-15	120	2-40	81	33-45	48	102	68,50	23,35	221,75	4



MES DE DICIEMBRE DE 1920

Días	Perforado	Maniobra	Averías pozo	Averías máquina	Fiesta	Falta agua	Falta vapor	Preparación rotación	Avances	Testigos	Profundidad total
	Horas										
1	8	4	»	12	»	»	»	»	2	»	224,50
2	12-30	4	»	1	»	»	0-30	6	3,15	»	227,65
3	16	8	»	»	»	»	»	»	2,05	»	229,70
4	7	14	»	3	»	»	»	»	»	3,60	»
5	»	»	»	»	2-1	»	»	»	»	»	»
6	18-30	3-30	»	2	»	»	»	»	3,90	»	233,60
7	13-30	9-30	»	1	»	»	»	»	2,80	6,98	235,90
8	19-30	4-30	»	»	»	»	»	»	5,05	4,90	240,95
9	2	0-30	»	»	»	21-30	»	»	1,05	»	243
10	4	12	»	»	»	8	»	»	1	0,60	243
11	6	18	»	»	»	»	»	»	2,40	3,70	245,40
12	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
13	17	7	»	»	»	»	»	»	5,30	3,50	250,70
14	16-30	7-30	»	»	»	»	»	»	4,85	3,30	255,55
15	2-45	3-30	15	2-45	»	»	»	»	1,80	1,55	256,85
16	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
17	»	»	16	»	»	8	»	»	»	»	»
18	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»
19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
20	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
21	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»
22	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»
23	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»
24	»	»	»	»	»	5-30	»	»	»	»	»
25	»	»	18-30	»	»	»	»	»	»	»	»
26	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
27	»	»	24	»	24	»	»	»	»	»	»
28	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
29	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
30	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
31	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
	143-15	96-00	193-30	21-45	120	163-00	0-30	5	34,35	30,13	256,85

MES DE ENERO DE 1921

Días	Perforado	Maniobra	Fiestas	Falta vapor	Averías pozo	Averías máquina	Entubado	Limpiar pozo	Avances	Testigos	Diamantes
	Horas										
1	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
2	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
3	»	»	»	»	12	»	12	»	»	»	»
4	»	»	»	»	»	»	14	10	»	»	»
5	2	»	»	»	2	»	»	20	1	»	»
6	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
7	7	2	»	»	»	»	»	»	2,85	»	»
8	16-15	6-15	»	»	»	»	»	»	4,75	3,50	»
9	10-30	9-30	»	»	»	6	»	»	3,40	3,80	»
10	9-15	1-35	»	»	»	8-10	»	»	2,95	»	»
11	15-30	7	»	»	»	1-30	»	»	3,80	»	»
12	19	4-15	»	»	»	0-30	»	»	3,70	3,80	»
13	11-15	7-45	»	»	»	»	»	»	6,80	2,35	»
14	5-45	13-05	»	»	»	5-10	»	»	2,65	4,30	»
15	6-30	17-30	»	»	»	»	»	»	1,55	1,70	»
16	»	»	24	»	»	»	»	»	»	1,60	»
17	7	17	»	»	»	»	»	»	1,15	»	»
18	9-15	8-15	»	»	»	»	»	6-30	2,85	1,15	»
19	7-30	16-30	»	»	»	»	»	»	2,55	0,75	»
20	10-45	8-15	»	»	»	»	»	»	2,60	»	»
21	15-15	8-45	»	»	»	»	»	»	2,80	2,85	»
22	4	»	»	1	19	»	»	»	0,55	4,20	»
23	»	»	12	»	12	»	»	»	»	»	»
24	»	3	»	»	22	»	»	1	»	»	»
25	»	»	»	»	»	12	»	1	1,80	»	»
26	»	»	»	»	»	24	»	13-15	1,30	»	»
27	»	7-15	»	»	»	0-30	»	8-15	2,35	»	8
28	7-30	8-15	»	»	»	»	»	»	6,40	8,50	»
29	14-15	5-45	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
31	16-20	7-40	»	»	»	»	»	»	10	9,95	»
	202-50	155-35	108	24-45	105	61-50	26	60-00	67,30	50,45	16



MES DE FEBRERO DE 1921

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Falta vapor Horas	Fiestas Horas	Averías máquina Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Diamantes
1	22-30	0-45	»	»	»	0-45	11,80	11,30	2
2	16-15	7-45	»	»	»	»	9,15	5,90	»
3	16-45	1-45	4-30	1	»	»	6,80	6,55	»
4	18-15	4-15	»	1-30	»	»	8,10	8,45	2
5	17-15	6-45	»	»	»	»	10,20	13,20	»
6	»	»	»	»	24	»	»	»	»
7	15-45	3-15	»	5	»	»	6,75	6,60	»
8	»	»	»	»	24	»	»	»	»
9	8-20	3	2-50	2-50	»	7	5,25	5,20	»
10	18-45	4-15	»	»	»	1	12,35	10,50	2
11	19-30	4-30	»	»	»	»	11,70	10,40	»
12	18-35	10-25	»	»	»	»	6,60	9,50	»
13	»	»	»	»	24	»	»	»	»
14	19-15	4-45	»	»	»	»	14,60	10,20	»
15	17-15	6-45	»	»	»	»	14,35	14,95	»
16	5	3	16	»	»	»	5,10	8,90	»
17	14-30	4-45	4-45	»	»	»	13,20	13,20	»
18	18-30	5-30	»	»	»	»	14,40	10,00	»
19	13-45	5-15	5	»	»	»	10,30	14,70	»
20	»	»	»	»	24	»	»	»	»
21	17-15	6-45	»	»	»	»	12,20	12,20	1
22	15-35	8-25	»	»	»	»	11,55	10,55	»
23	14-10	»	9-50	»	»	»	7,05	3,90	»
24	13-45	10-15	»	»	»	»	8,40	11,05	»
25	14	4	»	»	»	6	7,05	4,60	»
26	16-30	7-30	»	»	»	»	10,55	14,50	2
27	»	»	»	»	24	»	»	»	»
28	15-30	8-30	»	»	»	»	9,65	8,30	1
29	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	361-55	122-05	42-55	10-20	120	14-45	227,10	224,65	10
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»

MES DE MARZO DE 1921

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Fundir magnesia Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Limpiar pozo Horas	Entubar Horas	Testigos Metros	Avances Metros	Diamantes
1	16-15	4	3-45	»	»	»	»	»	»	7,10	»
2	14	3	»	7	»	»	»	»	8,60	3,65	»
3	17-45	3	3-15	»	»	»	»	»	7,20	8,90	1
4	17-10	6-05	0-45	»	»	»	»	»	7,50	7,60	1
5	8	6-15	9-15	»	0-30	»	»	»	6,55	2,65	1
6	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»
7	20	4	»	»	»	»	»	»	4,10	7,60	»
8	6-20	3-40	14	»	»	»	»	»	2,60	4,90	»
9	13-15	»	10-45	»	»	»	»	»	4,60	4,60	»
10	5-45	3-15	»	»	»	»	»	»	1,40	1,85	»
11	19-25	3-35	»	»	15	»	»	»	5,40	7,90	»
12	9	»	15	»	1	»	»	»	3,85	3,45	2
13	»	»	»	»	»	24	»	»	7,70	»	»
14	20	4	»	»	»	»	»	»	5,30	8,30	1
15	17-35	6-25	»	»	»	»	»	»	8,20	8,70	1
16	17-30	6-30	»	»	»	»	»	»	9,20	8,50	»
17	19-20	3-40	1	»	»	»	»	»	4,70	7,25	»
18	»	6	13-30	»	4-30	»	»	»	6,40	0,90	3
19	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
20	»	»	»	»	7	»	»	»	»	»	»
21	13-30	6-55	»	»	»	24	10-05	»	4,90	4,90	2
22	»	10-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»
23	3-30	»	»	»	»	»	4	»	»	1	»
24	17	4-30	»	»	»	»	1	»	10,85	10,80	»
25	16-40	7	»	»	»	»	»	»	9,90	9,80	»
26	»	6-20	»	»	»	»	»	»	»	»	»
27	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
28	»	»	»	»	»	24	»	»	7,40	9,50	»
29	19-15	4-45	»	»	»	»	»	»	7,30	9,30	»
30	20-30	3-30	»	»	»	»	»	»	6,60	9,25	»
31	19-20	4-40	»	»	»	»	»	»	»	»	»
331-05	331-05	111-35	71-15	7	52-00	120	15-05	36	138,05	144,60	12

MES DE ABRIL DE 1921

136

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Falta vapor Horas	Avance		Testigos		Diamantes
							Metros	Metros	Metros	Metros	
1	16	8	»	»	»	»	7,20	10,45	»	»	»
2	14-15	3	6-45	»	»	»	6,50	10	»	»	1
3	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
4	19-15	4-45	»	»	»	»	8,15	6,35	»	»	»
5	15-40	4-30	3-50	»	»	»	6,10	6,10	»	»	»
6	4-20	»	19-40	»	»	»	2,50	4,30	»	»	»
7	18	6	»	»	»	»	2,30	»	»	»	»
8	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
9	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	»
10	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
11	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	»
13	»	4	»	8	»	»	»	»	»	»	»
14	12-30	3-30	7-40	»	»	»	3,35	5,65	»	»	»
15	13	3-15	7-45	»	»	»	4,20	4,20	»	»	»
16	18	6	»	»	»	»	6,10	6,10	»	»	»
17	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
18	19-45	4-15	»	»	»	»	9,95	6,65	»	»	1
19	17-30	3-30	»	»	»	3	10,05	6,95	»	»	»
20	7-30	16-30	»	»	»	»	3	8,80	»	»	»
21	20-40	3-20	»	»	»	»	5,80	»	»	»	»
22	20	4	»	»	»	»	10,55	8,15	»	»	»
23	11	13	»	»	»	»	5,30	14,10	»	»	»
24	0-25	0-35	»	»	23	»	»	»	»	»	»
25	16-15	1-45	»	6	»	»	9,95	»	»	»	»
26	15-40	7-20	1	»	»	»	9,95	19,90	»	»	»
27	15-15	8-45	»	»	»	»	10,10	5	»	»	1
28	18-15	4	0-45	»	»	»	11,10	9,90	»	»	»
29	12-45	11-15	»	1	»	»	7,15	13,45	»	»	1
30	15-30	8-30	»	»	»	»	6,35	6,35	»	»	»
30	302-50	120-45	45-25	75	143	3	146,25	153,00	»	»	4

MES DE MAYO DE 1921

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Falta carbón Horas	Avance		Testigos		Diamantes
							Metros	Metros	Metros	Metros	
1	»	13-30	»	»	24	»	»	»	»	»	»
2	10-30	4	»	11	»	»	1	3,25	»	»	»
3	9	»	»	»	»	»	5,35	5,35	»	»	»
4	12-30	11-30	»	24	»	»	»	»	»	»	»
5	»	»	»	»	»	»	10,10	10,10	»	»	»
6	16	8	»	»	»	»	5	»	»	»	»
7	10	14	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
9	11	2-30	10-30	»	»	»	8,45	»	»	»	»
10	19-30	»	4-30	»	»	»	8,30	9,65	»	»	»
11	18	5	»	»	»	1	9,05	10	»	»	»
12	17-30	5	1-30	»	»	»	8,70	5,85	»	»	»
13	15-40	7-20	»	1	»	»	8,75	17,45	»	»	»
14	17-15	6-45	»	»	»	»	»	»	»	»	»
15	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
16	»	»	»	»	24	»	7,75	7,75	»	»	»
17	21	3	»	18-30	»	»	»	»	»	»	»
18	»	5-30	»	7-30	»	»	1,80	1,50	»	»	»
19	4	1	11-30	»	»	»	3,35	0,50	»	»	»
20	6	8	10	»	»	»	6,50	9,35	»	»	»
21	15-40	8-20	»	»	»	»	»	»	»	»	»
22	2-30	5	16-30	»	24	»	0,90	0,90	»	»	1
23	»	4	»	»	»	»	8,85	15,65	»	»	1
24	20	4	»	»	»	»	6,80	»	»	»	»
25	17	7	»	»	24	»	7,25	7,25	»	»	»
26	»	10-15	»	»	»	»	7,20	7,20	»	»	»
27	13-45	11-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28	12-40	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
29	18	6	»	»	»	»	8,55	»	»	»	»
30	18	6	»	»	»	»	9,65	»	»	»	»
31	303-30	153-00	54-30	62-00	168	1	136,55	184,95	»	»	2

MES DE JUNIO DE 1921

Días	Perforado		Maniobra	Averías		Averías máquina	Fiestas	Falta vapor		Avances		Testigos		Diamantes
	Horas	Horas		pozo	Horas			Horas	Horas	Horas	Horas	Metros	Metros	
1	»	»	3-15	»	»	20-45	»	»	»	»	»	»	1	
2	5-30	»	1-30	»	»	17	»	»	1,30	»	»	9,65	»	
3	18-30	»	5-30	»	»	»	»	»	8,30	»	»	2,05	»	
4	12-25	»	11-35	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2	
5	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	
6	16-15	»	7-15	»	»	0-30	»	»	4,60	»	»	3,40	»	
7	14-30	»	1-30	8	»	»	»	»	7,15	»	»	1,75	»	
8	18-45	»	5-15	»	»	»	»	»	8,90	»	»	9,95	2	
9	19	»	5	»	»	»	»	»	10,20	»	»	9,80	2	
10	15-30	»	8-30	»	»	»	»	»	12,15	»	»	10,15	»	
11	»	»	»	»	»	»	»	»	7,90	»	»	15,90	1	
12	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	
13	16	»	5-30	»	»	2-30	»	»	9,75	»	»	9,75	»	
14	17-15	»	6-45	»	»	»	»	»	12,85	»	»	9,75	»	
15	15-15	»	8-45	»	»	»	»	»	9,60	»	»	6,90	2	
16	11-15	»	11-15	1-30	»	»	»	»	5,90	»	»	9,75	1	
17	18	»	6	»	»	»	»	»	10,40	»	»	9,20	»	
18	8	»	16	»	»	»	»	»	4	»	»	7,85	»	
19	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	
20	10	»	4-45	9-15	»	»	»	»	6,05	»	»	6,05	»	
21	14	»	10	»	»	»	»	»	9,75	»	»	9,75	»	
22	12-30	»	8	8-10	»	»	»	»	9,70	»	»	6,85	»	
23	18-30	»	5-30	»	»	»	»	»	11,70	»	»	10	1	
24	17	»	6-15	»	»	0-45	»	»	10,15	»	»	10	»	
25	17-30	»	6-30	»	»	»	»	»	9	»	»	13,70	»	
26	»	»	7-30	»	»	»	16-30	»	»	»	»	»	»	
27	12-30	»	2	»	»	8-30	»	1	5,95	»	»	»	»	
28	13	»	11	»	»	»	»	»	5,15	»	»	»	»	
29	15	»	7-30	»	»	»	»	1-30	8,35	»	»	»	»	
30	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	
31	355-30	»	177-35	21-55	»	74-00	88-30	2-30	190,85	»	»	191,60	11	

MES DE JULIO DE 1921

Días	Perforado		Maniobra	Averías		Fiestas	Parado orden I. G.	Cambio máquina	Limpiar pozo		Avances		Profundidad		Diamantes
	Horas	Horas		pozo	Horas				Horas	Horas	Horas	Horas	Metros	Metros	
1	16	»	7-10	»	»	»	»	»	»	»	7,60	9,00	1-176,50	»	
2	14-30	»	9-30	0-50	»	»	»	»	»	»	6,65	5,25	1-183,15	1	
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
4	17-20	»	6-40	»	»	»	»	»	»	»	8,60	8,60	1-191,75	»	
5	18	»	6	»	»	»	»	»	»	»	8,25	»	1-200	»	
6	5-30	»	10	»	»	»	8-30	»	»	»	2,10	10,35	1-202,10	»	
7	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	
8	19	»	5	»	»	»	»	»	»	»	9,95	»	1-212,05	»	
9	11	»	13	»	»	»	»	»	»	»	4,75	14,70	1-216,80	2	
10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	8,95	»	1-225,75	»	
11	21	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	
12	»	»	3	»	»	»	»	6	»	»	»	»	»	»	
13	»	»	6	»	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	
14	»	»	»	»	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	
15	»	»	»	»	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	
16	»	»	»	»	»	»	»	12	»	»	»	»	»	»	
17	»	»	»	»	»	»	»	24	4	»	»	»	»	»	
18	»	»	7	13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
19	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
20	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
21	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
22	18	»	»	»	»	»	»	»	»	»	7,60	»	1-233,35	»	
23	17	»	7	»	»	»	»	»	»	»	5,35	13,75	1-238,70	»	
24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
25	18	»	3-30	»	»	»	»	»	»	»	7,65	»	1-256,35	»	
26	1-30	»	8-30	14	»	»	»	»	»	»	0,75	7,65	1-247,10	»	
27	19-30	»	3-15	»	»	»	»	»	»	»	9,20	»	1-250,30	»	
28	8	»	4	1-15	»	»	»	»	»	»	3,45	»	1-259,75	1	
29	11-15	»	4-15	»	»	»	»	»	»	»	4,70	»	1-264,45	7	
30	11-30	»	12-30	»	»	»	»	»	»	»	5,15	10,30	1-269,60	»	
31	227-05	»	119-20	101-05	153	»	32-30	54	24-30	100,70	»	110,55	»	12	



MES DE AGOSTO DE 1921

142

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Falta agua Horas	Falta carbón Horas	Disolver magnesia Horas	Falta magnesia Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros
1	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
2	14-30	3	»	»	»	6-30	»	»	»	6,15	»	1.276,25
3	8	6	»	»	»	»	10	»	»	4,20	10,05	1.280,45
4	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»
5	5-15	1-30	14-15	»	»	1-30	3-15	»	»	2,40	3,10	1.282,85
6	10-30	»	»	»	»	»	»	»	»	3,30	3,30	1.286,15
7	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
8	18-50	3-10	»	»	»	»	2	»	»	8,75	8,75	1.295,90
9	18-30	5-30	»	»	»	»	»	»	»	7	8,75	1.302,90
10	16-05	7-55	15	»	»	»	»	»	»	6	10,25	1.308,90
11	9	»	8	16	»	»	»	»	»	1,55	4,30	1.310,45
12	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
14	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
15	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
18	»	»	»	»	»	»	»	24	24	»	»	»
19	»	»	»	»	»	»	»	4	20	»	»	»
20	»	»	»	»	»	»	»	16	8	»	»	»
21	»	3-30	»	»	»	»	»	4-30	16	»	»	»
22	»	»	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»
23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
26	3	13	»	»	»	»	»	24	24	»	»	»
27	17	6	»	»	»	1	»	8	»	0,75	5,35	1.311,20
28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	9,65	»	1.320,85
29	3-15	20-45	»	»	24	»	»	»	»	1,05	4,70	1.321,90
30	20-50	3-10	»	»	»	»	»	»	»	9,60	9,90	1.331,50
31	10-10	13-50	»	»	»	»	»	»	»	9,90	9,90	1.341,40
	154-55	97-35	37-15	41-30	120	9-00	39-15	148-30	96	70,80	78,25	

MES DE SEPTIEMBRE DE 1921

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	Falta carbón Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros
1	17-45	6-15	»	»	»	»	9,70	9,90	1.351,10
2	10	5	»	0	»	»	7,50	»	1.358,60
3	14	10	»	»	»	»	5,35	13,10	1.363,95
4	»	»	»	»	24	»	»	»	»
5	12-50	11-10	»	»	»	»	9,20	9,15	1.373,15
6	11-15	11-45	»	1	»	»	9,66	9,60	1.382,80
7	14-30	9-30	»	»	»	»	6,20	3,80	1.389
8	»	»	12-30	»	»	»	7,10	9,60	1.396,10
9	13	11	»	»	»	»	4,05	4,05	1.400,15
10	»	»	»	24	»	»	»	»	»
11	»	»	»	»	24	»	»	»	»
12	»	»	»	»	24	»	»	»	»
13	»	»	»	»	24	»	»	»	»
14	14	10	»	»	»	»	4,95	4,95	1.405,10
15	15	9	»	»	»	»	7,50	7,50	1.412,60
16	15-15	2-30	6-15	»	»	»	9,15	9,20	1.421,75
17	»	17	»	7	»	»	»	»	»
18	»	»	»	»	24	»	»	»	»
19	14-45	9-15	»	»	»	»	10	9,40	1.431,75
20	14-40	9-20	»	»	»	»	9,20	9,45	1.440,95
21	14	10	»	»	»	»	9,70	9,90	1.450,65
22	16-30	7-30	»	»	»	»	9,10	9,10	1.459,75
23	12	12	»	»	»	»	10	9,30	1.469,75
24	»	9-45	»	»	»	»	7,65	8,60	1.477,40
25	»	»	»	»	24	»	»	»	»
26	11	3	»	»	»	»	5,80	»	1.483,20
27	15-15	8-45	»	»	»	10	7,60	9,55	1.490,80
28	16-30	7-30	»	»	»	»	6,45	9,90	1.497,25
29	15	3	»	»	»	»	7,95	»	1.505,20
30	14-40	9-20	»	»	»	»	6,85	10,05	1.512,05
	307-40	192-35	18-45	47	144	10	170,65	166,10	

143

MES DE OCTUBRE DE 1921

Dias	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averias pozo Horas	Averias máquina Horas	Fiestas Horas	Limpia pozo Horas	Sacar magnesia Horas	Tapar pozo:		Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros
								Horas	Metros			
1	12	7	»	5	»	»	»	»	5,20	»	9,95	1-517,25
2	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
3	1	11	»	12	»	»	»	»	0,60	»	»	»
4	12	12	»	»	»	»	»	»	11,35	»	9,25	1-529,90
5	13	11	»	»	»	»	»	»	15,40	»	9,75	1-544,60
6	10	14	»	»	»	»	»	»	10,70	»	8	1-555,30
7	7-20	16-40	»	»	»	»	»	»	10	»	19,50	1-565,30
8	10	14	»	»	12-30	»	»	»	13,70	»	10	1-579,00
9	4-30	7	»	»	»	»	»	»	5,95	»	6,20	1-584,95
10	0-45	4-30	15-30	»	»	3-15	»	»	0,45	»	4,10	1-585,40
11	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
13	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»
14	4	6	»	6	»	8	»	»	»	»	»	»
15	8	10	»	6	»	»	»	»	»	»	»	»
16	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
17	10-05	12-25	»	»	»	»	»	»	10	»	9,95	1-605,35
18	11	13	»	»	»	»	»	»	9,95	»	9,95	1-615,30
19	12-55	10-20	»	1-30	»	0-45	»	»	9,60	»	9,60	1-624,90
20	9-15	14-45	»	»	»	»	»	»	9,65	»	»	1-634,55
21	»	12	»	»	13	»	»	»	»	»	»	»
22	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
26	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	125-50	175-40	15-30	102-30	96-30	12-00	120	96	122,45	126,00	126,00	1-634,55

MES DE NOVIEMBRE DE 1921

Dias	Taponar pozo Horas	Averias máquina Horas	Sacar tubos Horas	Fiestas Horas
2	24	»	»	»
3	24	»	»	»
4	24	»	»	»
5	24	»	»	»
6	»	»	»	»
7	24	»	»	»
8	24	»	»	»
9	12	»	»	»
10	12	»	»	»
11	24	»	»	»
12	24	»	»	»
13	12	»	»	»
14	24	»	»	»
15	24	»	»	»
16	24	»	»	»
17	24	»	»	»
18	»	»	»	»
19	»	»	»	»
20	»	»	»	»
21	»	»	»	»
22	»	»	»	»
23	»	»	»	»
24	»	»	»	»
25	»	»	»	»
26	»	»	»	»
27	»	»	»	»
28	»	»	»	»
29	»	»	»	»
30	»	»	»	»
	324	8	324	132

MES DE DICIEMBRE DE 1921

Dias	Averias máquina Horas	Sacar tubos Horas	Fiestas Horas	Falta carbón Horas
2	»	12	»	12
3	»	24	»	»
4	»	»	24	»
5	»	24	»	»
6	»	24	»	»
7	»	24	»	»
8	»	»	24	»
9	20-30	3-30	»	»
10	»	24	»	»
11	»	»	24	»
12	»	24	»	»
13	»	24	»	»
14	»	24	»	»
15	»	12	12	»
16	»	»	12	»
17	»	»	12	»
18	»	»	24	»
19	»	»	»	»
20	»	»	»	»
21	»	»	»	»
22	»	»	»	»
23	»	»	»	»
24	»	»	»	»
25	»	»	»	»
26	»	»	»	»
27	»	»	»	»
28	»	»	»	»
29	»	»	»	»
30	»	»	»	»
31	»	»	»	»
	20-30	243-30	132	12

### SONDEO DE CARDONA

MESES	Perforado Horas	Manobra Horas	Averías pozo Horas	Averías máquina Horas	Fiestas Horas	En- tubado Horas	Des- entuba- do Horas	Falta carbón Horas	Fal- ta agu- Horas
Septiembre	151-05	21-30	»	69-30	48	»	»	»	69
Octubre	317-40	39-30	31	224-50	72	26	»	»	»
Noviembre	249	37-15	14-05	32-15	120	33-45	»	»	»
Diciembre	143-15	96	193-30	21-45	120	»	»	»	163
Enero	202-50	155-35	105	61-50	108	26	»	»	»
Febrero	361-55	122-05	42-55	14-45	120	»	»	»	»
Marzo	331-05	111-35	71-15	52	120	36	»	»	»
Abril	322-50	129-45	45-25	75	143	»	»	»	»
Mayo	305-30	153	54-30	62	168	»	»	1	»
Junio	355-30	177-35	21-55	74	88-30	»	»	»	»
Julio	227-05	119-20	32-30	101-05	153	»	»	»	»
Agosto	154-55	97-35	37-15	41-30	120	»	»	39-15	9
Septiembre	307-40	192-35	18-45	47	144	»	»	10	»
Octubre	125-50	175-40	15-30	102-30	96-30	»	»	»	»
Noviembre	»	»	»	8	132	»	324	»	»
Diciembre	»	»	»	20-30	132	»	243-30	12	»
<i>Sumas...</i>	3.586-10	1.629-00	683-35	1.008-30	1.885-00	121-45	567-30	62-15	241

Diferencia.....

Faltan testigos.....

1,10

16,41

1.634,55 1.443,41

### DISTRIBUCIÓN DE HORAS

Ita- nesta Horas	Prepara- ción rotación Horas	Guardia Horas	Lim- pieza pozo Horas	Preparar inyec- ción Horas	Parado por orden Instituto Horas	Cambio de máquina Horas	Sacar in- yección Horas	Tapo- nado Horas	Avances Horas	Testigos Horas	Pérdida dia- mantes
»	»	»	»	»	»	»	»	»	56,95	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	96,30	»	»
02	81	48	»	»	»	»	»	»	68,50	23,35	4
»	6	»	60	»	»	»	»	»	34,35	30,05	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	67,30	50,45	16
»	»	»	15-05	7	»	»	»	»	227,10	224,65	10
»	»	»	»	»	»	»	»	»	144,60	138,05	12
»	»	»	»	»	»	»	»	»	146,25	153	4
»	»	»	»	»	»	»	»	»	136,55	134,95	2
»	»	»	»	»	»	»	»	»	190,85	191,60	11
»	»	»	»	»	32-30	54	»	»	100,70	110,55	12
96	»	»	»	148-30	»	»	»	»	70,80	78,25	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	170,65	166,10	7
»	»	»	12	»	»	»	120	96	122,45	126	»
»	»	»	»	»	»	»	»	324	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
198	87	48	87-05	155-30	32-30	54	120	420	1.633,35	1.427,00	78



### Sondeo de Castellfullit de Riubregós.

*Emplazamiento y trabajos preliminares.*—En terrenos próximos a la llamada «Casa del Marqués», a orillas del Riubregós o Llobregós, se situó la plaza para la sonda, siendo necesarios muy pocos trabajos para la explanación y para el arreglo del camino de carro que, partiendo del puente de la carretera, pasa por «Casa del Marqués». Para dar agua a la sonda se arregló la presa que hay en el río y se limpió la acequia, uniendo ésta con la sonda con unos 50 metros de tubería de 2 pulgadas. El transporte de Calaf a la sonda se contrató a 20 pesetas la tonelada, incluyendo en este precio la carga y la descarga.

*Ejecución del sondeo.*—El día 3 de Agosto de 1921 se empezó la perforación, después de hacer a mano un pozo de 3 metros de profundidad. Se empezó a trabajar con trépano de 276 milímetros, cortándose yesos y margas. El día 5 se pusieron 8 metros de tubos de 13,5 pulgadas, continuando sin novedad hasta los 62 metros el día 11, en que se limpió y reparó la caldera y la máquina. Se vuelve a trabajar con el mismo diámetro el día 12 por la noche. El 17 se bajaron los 124 metros que había perforados de tubería de 10,5 pulgadas, continuándose la perforación con trépano de 243 milímetros. Sin novedad se sigue trabajando hasta el día 10 de Septiembre, en que se rompe la suspensión del balancín, teniendo el pozo 366,45 metros. Queda terminada la reparación el día 14. Vuelve a romperse la suspensión el día 15, quedando reparada de nuevo el día 19. El 21, a los 383,65 metros, se cambia el diámetro del trépano, poniendo uno de 211. El 27 se vuelve a romper la suspensión del balancín, debido al excesivo peso de la sonda. Se entuban los 412,50 metros del pozo con tubos de 8 pulgadas. El 30

se vuelve a trabajar con trépano de 182 milímetros. El día 5 de Octubre, a los 448,65 metros, sale una marga salada, y se da la orden de poner la rotación y trabajar con inyección de agua saturada de sal común. El 11 se empieza a perforar con corona de diamantes de 156 milímetros, a los 449,25 metros, cortándose marga con sal. Se continúa con este diámetro y sin ninguna novedad hasta los 552 metros el día 22 de Octubre, en que se paró para preparar la inyección con cloruro de magnesia, por haberse cortado unas vetas de carnalita. El 31 está la inyección preparada, y se empieza a sondear. Se llega con toda normalidad hasta los 736,50 metros el día 14 de Noviembre, en que por el mucho consumo de cloruro de magnesia se reduce a 132 milímetros el diámetro de la corona, y con este diámetro se termina el sondeo. El 3 de Diciembre, a los 888,95 metros, se para para hacer reparaciones en la máquina. El día 7 termina la reparación y se vuelve a sondear hasta el día 9, en que a los 897,92 metros, comprobado el pliegue de las capas y siendo mucha la profundidad del pozo para cortar de nuevo el criadero, se suspende el sondeo, esperando se ordene en Madrid hacer el taponado. Se empieza éste el día 5 de Enero, haciéndose de una manera semejante al de Cardona, sacándose la inyección y el entubado, y dándose por terminado el sondeo el 26 de Enero de 1922.

*Percusión.*—El avance total por este procedimiento fué de 448,65 metros, siendo el avance máximo en veinticuatro horas 26,65 metros, y el medio 9,34 metros.

*Rotación.*—El avance total fué de 449,27 metros; el avance máximo en veinticuatro horas fué de 23,10, y el medio de 10,69 metros.

*Testigos.*—Se sacaron 448,05 metros, perdiéndose 1,22 metros, o sea el 0,27 por 100.

*Reparto y conservación de testigos.*—El reparto y con-

servación de testigos se hizo de la misma manera que en el sondeo de Cardona.

*Ensayos químicos.*—Se agruparon los testigos de sales de potasa en ocho grupos que se ensayaron. Los trozos de sal común fueron separados al serrarlos; los números siguientes indican las cotas de las zonas ensayadas:

1.º 551,30 a 554,56	4.º 673,05 a 674,20
55,76 » 56,56	75,30 » 76,25
56,64 » 57,10	76,25 » 78,40
57,60 » 57,90	78,57 » 81,90
60,02 » 60,50	81,90 » 98,45
60,67 » 60,92	(9,51 por 100 K <sub>2</sub> O)
63,45 » 64,26	5.º 700,55 a 701,00
65,22 » 65,62	1,15 » 1,45
66,30 » 70,24	6,65 » 7,06
73,15 » 73,99	7,45 » 12,55
80,15 » 85,27	13,20 » 14,03
(9,45 por 100 K <sub>2</sub> O)	18,50 » 21,20
2.º 611,78 a 612,33	21,63 » 22,22
12,40 » 13,25	22,55 » 25,72
13,53 » 13,90	(12,20 por 100 K <sub>2</sub> O)
23,50 » 23,85	6.º 746,20 a 746,65
25,45 » 27,17	49,55 » 49,80
(6,97 por 100 K <sub>2</sub> O)	50,40 » 50,80
3.º 640,10 a 640,60	(8,75 por 100 K <sub>2</sub> O)
40,70 » 41,45	7.º 797,70 a 798,30
42,00 » 42,40	(10,78 por 100 K <sub>2</sub> O)
48,20 » 49,00	8.º 838,30 a 840,09
(42,53 por 100 K <sub>2</sub> O)	40,69 » 40,88
	(15,60 por 100 K <sub>2</sub> O)

### Corte del sondeo de Castellfullit de Ruibregós.

De 0 a 3	Tierra vegetal.
3,50	Canto rodado.
4,50	Canto rodado más fino y con agua.
8,65	Arcilla.
124	Marga con yeso; al final tiene algo de sal.
42,80	Marga gris.
267,80	Marga con yeso.
366,45	Marga y caliza con yeso.
430,75	Caliza con yeso.
48,65	Marga con sal.
53,50	Marga floja gris oscura, con sal con algo de color, en trozos, algunos cristalizados en agujas (80°).
508	El mismo terreno, pero la inclinación llega a la vertical.
37	Marga gris muy blanda. Todo el terreno roto y relleno de sal. Espejos de falla. Algunas capas de sal de 1 a 5 milímetros (60°).
39,80	Marga gris con sal blanca en capas de 1 a 10 milímetros. Algunos trozos de sal en agujas.
44,20	Igual terreno con algunos puntos de sal roja.
44,65	Sal en capas de 1 a 15 milímetros, capas de marga como papel y puntos de sal roja.
45,45	Igual terreno, con algunos cristales de carnalita transparente. (Estos cristales van siempre en la marga.)
47,50	Sal en capas delgadas con sal roja.
48	Carnalita.
49,45	Sal en capas delgadas con sal roja.
50	Carnalita.
50,50	Sal en capas delgadas con sal roja.
51	Carnalita.
51,30	Sal en capas delgadas con sal roja. (En toda esta zona 80°.)
54,70	Sal blanca y rosa, con carnalita roja y amarilla en trozos y vetas, 5 por 100 (90°).
55,50	Sal (la inclinación varía de 0 a 90°).
57,10	Sal con trozos y vetas de carnalita roja y amarilla 5 por 100 (de 0 a 90°).
57,50	Carnalita amarilla con una pequeña capa de marga.
57,80	Sal con tres capas de carnalita de 0,5 a 1 centímetro (65°).
59,35	Sal en capas de 1 a 3 centímetros, alternando con capas de marga de 1 a 3 milímetros (inclinación variada).
59,85	Sal con vetas de carnalita roja, amarilla y blanca, 25 por 100 (55--60°).
60,15	Sal blanca y amarillo oscuro (sucker).
60,25	Carnalita roja y amarilla con poca sal.
61,75	Sal con tres vetas de carnalita de 1 a 3 milímetros.
63	Sal con carnalita (78 por 100).

De 563 a 563,75	Sal con carnalita (10 por 100); carnalita roja y carnalita amarilla, en agujas.
65	Sal con tres vetas de carnalita: una de 2 centímetros y las otras de 0,5 centímetros.
66,10	Sal (la inclinación varía mucho, llegando a 90°).
70,50	Carnalita (70 por 100) con sal. La carnalita de ruinas (Trümer Carnallit), transparente. La sal, fina y en grandes trozos.
71,25	Sal con carnalita.
75,75	Sal con carnalita y silvinita en tres vetas pequeñas.
76,40	Sal (grob) blanca y gris, con una capa de silvinita de 5 centímetros y 70°, transparente y roja.
80,40	Sal gris mezclada con marga fina; en algunos trozos, con algo de color (cerca de 90°).
82	La mitad del testigo de carnalita de ruinas, y la otra mitad sal (fein) 15 por 100 (85°).
85,15	Sal con carnalita, 30 por 100.
86,65	Sal rosa y gris, con dos capas de silvinita de 0,5 centímetros.
86,70	Sal con una capa de carnalita transparente de 5 centímetros (80°).
87	Sal gris.
87,15	Carnalita (horizontal).
88	Sal gris mezclada con marga fina (40°).
88,15	Sal con dos capas de silvinita de 1 y 2 centímetros, transparente (40°).
89,50	Sal con color rojo, debido a llevar mezclada marga roja con vetas de carnalita y silvinita roja y transparente (50°).
90,70	Igual que lo anterior, pero la inclinación de 25 a 30°.
95,60	Sal blanca (una sola capa).
96,20	Sal con dos capas de silvinita de 1 centímetro. (Estas capas no cruzan el testigo.)
600	Sal blanca (grob).
600,05	Carnalita.
7,40	Sal blanca (58°).
10,55	Sal gris.
11,85	Sal rosa (40°).
13	Sal gris mezclada con marga con pequeñas vetas de silvinita.
13,05	Carnalita blanca y transparente (40°).
15,20	Sal con pequeñas vetas de carnalita y silvinita.
16,90	Sal roja con anhidrita formando un jaspeado.
17,50	Sal cristalizada con anhidrita y marga gris y algunos pequeños trozos de silvinita.
18	Sal blanco sucio con anhidrita y marga.
19,80	Sal (grob) con oquedades y cristales de sal de 5 a 8 milímetros.
20,75	Sal (grob) con algunos trozos de sal roja y algunas capas de sal rojo-amarillento.
21,00	Sal cristalizada transparente.

De 622,50 a 623,85	Sal gris y rosa con un poco de carnalita.
27,30	Sal gris y roja (grob) con anhidrita y dos pequeñas vetas de carnalita.
40,15	Sal blanca y gris (grob y gross, 40°).
40,60	Silvinita 90 por 100 y sal.
40,70	Sal gris.
40,75	Sal con una capa de silvinita, 30 por 100.
42,60	Sal.
43,35	Silvinita 60 por 100 y sal.
44,95	Sal.
66,20	Sal rosa y transparente.
70,63	Sal transparente.
73,30	Sal.
74,10	Silvinita 40 por 100 y sal en varias capas (70°).
75,20	Sal rosa (grob).
75,90	Silvinita 80 por 100 y sal con algunos ojos de silvinita rojo oscuro.
76,30	Sal.
78,50	Carnalita 75 por 100 amarilla y roja con sal.
99,89	Sal con vetas de carnalita 20 por 100.
701,05	Sal.
1,55	Sal con carnalita 30 por 100.
2,05	Sal blanca y roja.
2,45	Carnalita 70 por 100 y sal.
4,40	Sal blanca y amarilla (20°).
4,50	Carnalita (60°).
5	Sal en capas de 3 centímetros y marga en capas como papel.
5,45	Carnalita 50 por 100 y sal.
7,80	Sal gris 40 por 100.
8,60	Sal con carnalita 30 por 100.
9,80	Carnalita 95 por 100 y sal.
10,30	Sal en capas de 1 a 2 centímetros y marga en capas como papel (15°).
14,60	Sal con carnalita 40 por 100; la carnalita de ruinas con grandes trozos de sal.
21	Sal con carnalita en vetas y capas con varias inclinaciones.
25,40	Carnalita 50 por 100 y sal (90°).
26,80	Sal (90°).
28	Sal con carnalita 30 por 100.
34,10	Sal con pequeñas vetas de carnalita.
39,80	Sal con carnalita 15 por 100.
43,60	Sal (90°).
46,60	Sal con carnalita 20 por 100.
47,85	Sal gris con líneas de anhidrita blanca.
52,90	Sal amarilla con líneas de anhidrita blanca y carnalita en seis sitios, pero sin cruzar el testigo (90°).
55,15	Sal amarilla (90°).
56,55	Carnalita 80 por 100 con sal.
62,75	Sal (90°).



De 762,75 a 763,45	Sal con carnalita 10 por 100.
63,95	Sal (90°).
65,70	Sal con carnalita 40 por 100.
66	Sal (80°).
71,25	Sal con carnalita 30 por 100.
73,15	Sal (80°).
75	Sal con carnalita 40 por 100.
75,70	Sal con carnalita 20 por 100.
77,40	Sal con unas vetas de carnalita.
80,10	Sal con carnalita 40 por 100.
81,30	Sal con poca carnalita. (Inclinación variada.)
81,80	Sal.
82,80	Sal con carnalita 20 por 100.
83,60	Sal.
84,60	Sal con algo de carnalita.
85	Sal.
85,30	Sal con carnalita 25 por 100.
86	Sal.
86,20	Sal con carnalita 10 por 100.
86,50	Sal.
87,70	Sal con carnalita 30 por 100.
88,20	Sal.
88,30	Sal con carnalita 40 por 100.
90	Sal con algunas pintas de carnalita.
90,40	Sal con carnalita 40 por 100.
90,80	Sal.
93,65	Sal con algo de carnalita.
94	Sal.
94,50	Sal con algo de carnalita.
95,50	Sal con algunas pintas de carnalita.
97,40	Sal con carnalita 15 por 100.
98,20	Carnalita 70 por 100 con sal.
99,30	Sal con carnalita 25 por 100.
99,60	Sal.
800,25	Sal con algo de carnalita.
800,70	Sal.
800,95	Carnalita 80 por 100 con sal.
1,35	Sal.
3,25	Carnalita 70 por 100 con sal.
4,40	Sal con carnalita 25 por 100.
4,70	Sal con algo de carnalita.
5,70	Carnalita 80 por 100 con sal.
6,60	Sal con carnalita 10 por 100.
7	Sal. (En toda esta zona cambia mucho la inclinación.)
7,20	Sal con carnalita el 10 por 100.
8,60	Sal con algunas pintas de carnalita.
9	Sal con carnalita 10 por 100.
10	Sal con algunas pintas de carnalita.
10,75	Sal con carnalita 10 por 100.
11,05	Sal.
11,15	Sal con carnalita.

De 811,15 a 811,60	Sal.
11,80	Sal con pintas de carnalita.
11,95	Sal.
12,60	Sal con algunas pintas de carnalita.
12,80	Sal.
12,85	Sal con algo de carnalita.
13,30	Sal.
13,50	Sal con carnalita 10 por 100.
13,90	Sal con algunas pintas de carnalita.
14,30	Sal.
16,75	Sal con carnalita 10 por 100.
17	Sal.
17,50	Sal con carnalita 10 por 100.
18,40	Sal.
20,40	Sal con carnalita 25 por 100.
21	Sal con algunas pintas de carnalita.
21,40	Sal con carnalita 25 por 100.
22	Sal.
22,40	Carnalita 80 por 100 con sal.
22,60	Sal.
23,30	Sal con carnalita 40 por 100.
23,75	Sal.
23,85	Sal con carnalita 10 por 100.
24	Sal.
24,20	Sal con carnalita 10 por 100.
24,45	Sal con carnalita 40 por 100.
26,40	Sal con algunas pintas de carnalita.
27,10	Carnalita 90 por 100 con sal.
27,60	Sal.
29,20	Carnalita 80 por 100 con sal.
29,30	Sal.
29,45	Sal con carnalita 40 por 100.
30,40	Carnalita 80 por 100 con sal.
31,70	Carnalita 90 por 100 con sal.
32,20	Sal con carnalita 10 por 100.
33	Sal.
34	Carnalita 50 por 100 con sal.
34,55	Sal con carnalita 10 por 100.
34,80	Sal con carnalita 40 por 100.
36,10	Sal con algunas pintas de carnalita.
36,50	Sal con carnalita 40 por 100.
36,80	Sal.
38,25	Sal con carnalita 40 por 100.
38,60	Sal con algunas pintas de carnalita.
39,15	Carnalita 80 por 100 con sal.
39,50	Carnalita 50 por 100 con sal.
39,75	Sal con carnalita 20 por 100.
41,20	Carnalita 80 por 100 con sal.
42	Sal con carnalita 40 por 100.
42,40	Sal.
43,70	Sal con carnalita (10 por 100).

De 843,70 a 853,60 Sal con algunas pintas de sal roja.  
 63 Sal en capas pequeñas con marga, roto el terreno y relleno de sal, y entre las capas, otra vez roto, con rellenos de sal muy fina (inclinación variable, pero en general de 70 a 90°).  
 97,92 Marga gris con capas de sal y rellenos de sal cristalizada. (La inclinación cambia, pero no tanto como en la zona anterior. En general de 60 a 70°).

MES DE AGOSTO DE 1921

Días	Perforado		Maniobra		Averías		Fiestas		Entubado		Avances		Profundidad total		Diámetro	
	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Metros	Metros	Metros	Metros	Millímetros	Millímetros
1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3	12	»	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5	17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6	16	»	7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7	»	»	8	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	17	»	8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10	20	»	7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	7	»	»	»	17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12	4-30	»	»	»	19-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
13	19-30	»	4-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
14	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
15	20	»	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
16	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
17	10-15	»	9-45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
18	8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
19	12	»	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
20	20	»	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
21	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
22	21	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
23	18-30	»	5-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24	15	»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25	21	»	3	»	7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
26	15	»	1-30	»	7-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
27	20-30	»	3-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28	»	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»
29	21	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	19-30	»	3-30	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
31	17-35	»	2-55	»	3-30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	380-30		90-10		67-30		144		20		204,05					

MES DE SEPTIEMBRE DE 1921

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Entubado Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	18-30	3-30	2	»	»	11,60	305,65	243
2	18-30	3	2-30	»	»	11,05	316,70	»
3	15-45	2-30	5-45	»	»	8,40	325,10	»
4	»	»	»	24	»	»	»	»
5	19-30	2	2-30	»	»	7,60	332,70	»
6	18-30	3	2-30	»	»	8,85	341,55	»
7	14-15	3	6-45	»	»	7,25	348,80	»
8	16-05	3-30	4-25	»	»	7,35	356,15	»
9	21	»	3	»	»	9,10	365,25	»
10	6-15	3-30	14-15	»	»	1,20	366,45	»
11	»	»	»	24	»	»	»	»
12	»	»	24	»	»	»	»	»
13	»	»	24	»	»	»	»	»
14	6-30	»	17-30	»	»	1,65	368,10	»
15	20-30	»	3-30	»	»	7,20	375,30	»
16	»	»	24	»	»	»	»	»
17	»	»	24	»	»	»	»	»
18	»	»	»	24	»	»	»	»
19	1	2	21	»	»	0,30	375,60	»
20	20	4	»	»	»	8,05	383,65	»
21	13	7	4	»	»	5,45	389,10	211
22	18	6	7	»	»	7,75	396,85	»
23	7-55	9-05	7	»	»	2,20	399,05	»
24	20-30	3-30	»	»	»	7,25	406,30	»
25	»	»	»	24	»	»	»	»
26	11	3-45	9-15	»	»	3,55	409,85	»
27	10-35	4-10	9-15	»	»	2,65	412,50	»
28	»	»	»	»	24	»	»	»
29	»	»	24	»	»	»	»	»
30	12	»	12	»	»	5,05	417,55	»
31	289-20	63-30	247-10	96	24	123,50		

MES DE OCTUBRE DE 1921

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Preparar rotación e inyección Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	12-45	11-15	»	»	»	5,30	»	422,75	182
2	»	2	»	24	»	8	»	430,75	»
3	22	4	»	»	»	10,85	»	441,60	»
4	20	9	»	»	»	7,05	»	448,65	»
5	15	»	»	»	24	»	»	»	»
6	»	»	»	»	24	»	»	»	»
7	»	»	»	»	24	»	»	»	»
8	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	»	»	»	24	»	»	»	»	»
10	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	4	4	»	»	24	0,60	»	449,25	»
12	19-10	4-50	»	»	16	6,35	3	455,60	156
13	17-30	6-30	»	»	»	9,80	11,80	465,40	»
14	16-30	7-30	»	»	»	10,90	11,85	476,30	»
15	18	6	»	»	»	11,25	11	487,55	»
16	1-30	3	»	19-30	»	»	»	»	»
17	15	6	3	»	»	11,40	4,10	496,95	»
18	17	7	»	»	»	12,90	15,95	511,85	»
19	16-45	7-15	»	»	»	11,75	11,90	523,60	»
20	17	7	»	»	»	12	11,05	535,60	»
21	17-20	6-40	»	»	»	13,65	14,70	549,25	»
22	2-30	1-30	»	»	20	2,75	8,20	552	»
23	»	»	»	»	24	»	»	»	»
24	»	»	»	»	24	»	»	»	»
25	»	»	»	»	24	»	»	»	»
26	»	»	»	»	24	»	»	»	»
27	»	»	»	»	24	»	»	»	»
28	»	»	»	»	24	»	»	»	»
29	»	»	»	»	24	»	»	»	»
30	»	»	»	»	24	»	»	»	»
31	14-45	9-15	»	»	»	12,10	5,10	564,10	»
	246-45	102-45	3	67-30	324	146,65	108,65		



MES DE NOVIEMBRE DE 1921

Días	Perforado		Mantobra		Averías		Fiestas		Falta agua		Avances		Testigos		Profundidad total		Diámetro	
	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros
1	12-25		11-35								12,85	18,60	576,95	156				
2	15-25		8-35								17,40	9,50	594,35					
3	12-30		7		4-30						14,25	18,15	608,60					
4	13-35		10-25								13,90	19,05	622,50					
5	8-55		11-05		4						8,85	9,10	631,35					
6			9-15		12								651,95					
7	14-45		7-45		1-30						20,60	18,65	675,05					
8	14-45		13-10								23,10	18,65	694,70					
9	10-50		10-45		6-30						9,20	17,45	703,90					
10	6-40		1-30		20				1-45		0,80	704,70						
11	0-45		5-30						8		14,30	15,10	719					
12	10-30		9		12						17,50	8,95	736,50					
13	15		6		5-15						8,90	17,90	745,40	132				
14	12-45		1-30		24													
15	3		6		19-30						3,40		748,80					
16	3		6		12						4,95	8,35	753,75					
17	3		9								12,40	12,30	766,15					
18	6		9															
19	15		9-40		12						11,50	9,50	777,65					
20			6-40								7,65	5,80	785,30					
21	14-20		5-30								12,10	7,05	797,40					
22	17-20		11		2-30						9,35	18,65	806,75					
23	18-30		10-30		21						3,60		810,35					
24	10-30		10-30								13,85	17,45	824,20					
25	3		6-45								16,30	9,80	840,50					
26	13-30		7								12,70	9,80	853,20					
27	17-15		10-15		24						10,90	9,40	864,10					
28	17																	
29	13-45																	
30	298-05		195-25		156-45		60		9-45		300,00	297,45						
31																		

MES DE DICIEMBRE DE 1921

Días	Perforado		Mantobra		Averías		Fiestas		Parado por orden del Instituto		Avances		Testigos		Profundidad total	
	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros
1	12-30		11-30								10	19	874,10			
2	17		7								12,35	9,95	886,45			
3	4		2		18						6,80	6,80	898,95			
4					12											
5			1-30		20-30						0,95	0,95	889,90			
6	2		8		24						5,25	5,25	895,15			
7	8															
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
	43-30		30-00		82-30		36		532		31,05	41,95				

MES DE ENERO DE 1922

Días	Parado por orden del Instituto Horas	Sacar magnesia Horas	Fiestas Horas	Taponado Horas	Desentubar Horas	Averías Horas
1	24	»	»	»	»	»
2	24	»	»	»	»	»
3	24	»	»	»	»	»
4	24	»	»	»	»	»
5	24	»	»	»	»	»
6	24	»	»	»	»	»
7	»	»	»	24	»	»
8	»	»	24	»	»	»
9	»	»	»	24	»	»
10	»	»	»	24	»	»
11	»	»	»	24	»	»
12	»	»	»	24	»	»
13	»	»	»	24	»	»
14	»	»	»	24	»	»
15	»	»	24	»	»	»
16	»	»	»	24	»	»
17	»	»	»	24	»	»
18	»	»	»	24	»	»
19	»	»	»	24	»	»
20	»	»	»	24	»	»
21	»	»	»	24	»	»
22	»	»	24	»	»	»
23	»	»	»	24	»	»
24	»	12	»	12	»	»
25	»	»	»	»	9-30	14-30
26	»	»	»	5	8	11
27	»	»	24	»	»	»
28	»	»	»	»	»	»
29	»	»	»	»	»	»
30	»	»	»	»	»	»
31	»	»	»	»	»	»
	144	12	96	353	17-30	25-30

SONDEO DE CASTELLFULLIT

MESES	Perforado	Mañobra	Reparaciones y averías	Fiestas	Entubar	Desentubar	Falta agua	Taponado	Preparar rotación e inyección	Avances	Testigos	Paradas	Sacar inyección
	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Metros	Metros	Horas	Horas
Agosto.....	380-20	96-10	67-30	144	20					294,05			
Septiembre....	289-20	63-30	247-10	96	24					123,50	108,65		
Octubre.....	246-45	102-45	3	67-30			9-45		324	146,65	297,45		
Noviembre....	298-05	195-25	156-45	60						300	41,95	552	12
Diciembre....	43-30	30	82-30	36		17-30		353		31,05		144	
Enero.....			25-30	96		17-30							
Sumas.....	1.258-00	487-50	581-45	490-30	44	17-30	9-45	353	324	895,25	448,05	696	12
Diferencia.....										2,67	1,22		
TOTAL.....										897,92	449,27		

### Sondeo de Balsareny.

*Trabajos preliminares.*—El sondeo está situado en las inmediaciones de casa Vilá, del término municipal de Balsareny. Con no mucho trabajo se hizo la explanación de la plaza y el arreglo del camino que va desde la carretera de Moyá a casa Vilá, haciéndose algunos trozos nuevos para suavizar pendientes demasiado duras y para dar entrada a la plaza.

Se hizo un gran depósito como regulador para el agua, próximo a una fuente que se pensó utilizar, pero por la gran cantidad de yeso que contenía el agua, no fué posible hacerlo, por no poderse usar en las calderas, y hubo necesidad de instalar una tubería hasta el río y subir el agua los 68 metros que hay de desnivel, con una bomba triple movida por un motor de gasolina de 6 HP.

*Ejecución.*—Se empezó el sondeo el 3 de Marzo de 1922, haciéndose un pozo a mano. Se principió a trabajar con la sonda con trépano de 380 milímetros, y con este diámetro se hicieron 11,45 metros; hasta los 16,90 metros se usa trépano de 350 milímetros, poniéndose el día 7 cinco metros de tubo de 15 pulgadas. Se continúa con trépano de 312 milímetros hasta el día 13, en que se para para limpiar y reparar la caldera y la máquina; del 16 al 18 se vuelve a sondear, y este día se entuban los 81 metros que hay perforados, con tubos de 12 pulgadas. Se continúa perforando del día 20 al 28 con trépano de 276 milímetros. El día 28 se para y se vuelve a limpiar la caldera. Se trabaja los tres días siguientes, llegando a la profundidad de 176,55 metros.

Del 1 al 5 de Abril se arregla la tubería del agua. El 8 se entuban los 208 metros que hay perforados, con tubos de 9

y cuarto pulgadas. Del 11 al 27 se hace una gran reparación en la caldera. El 27 se perfora con trépano de 211 milímetros, continuándose normalmente con pequeñas averías y reparaciones hasta el 4 de Junio, en que se entuban los 485,25 metros perforados, con tubos de 8 y 7 pulgadas.

El día 9, a los 507,65 metros, se pone la rotación, por haber llegado a la profundidad máxima que permite el contrato para la percusión.

El 12 se empieza a perforar con corona de diamantes de 156 milímetros, continuándose normalmente hasta el 3 de Julio, en que por cortarse algo de sal a los 672,80 metros, se prepara la inyección saturada de sal común. El día 6 de Julio se saca el primer testigo de sal, quedándose parte en el pozo, por correrse la molleta. Se perfora un metro para poder sacar el testigo que ha quedado, consiguiendo sacar a las ocho de la noche del día 6 solamente 45 centímetros de testigo (silvinita y carnalita). Se cambia la inyección por otra saturada de cloruro de magnesia, y el 15 se perforan 4 metros, sacándose solamente 4 metros de testigo. Se han perdido unos 2,55 metros. Estudiando el último testigo se ve que tienen varias roturas en las que los trozos han girado unos sobre otros, y por tanto se han perdido entre ellos algunos centímetros de testigo; este mismo día se rompe el tubo de testigo y hay necesidad para sacarlo de perforar con corona de 3 1/2 pulgadas el testigo que hay dentro, sacándose solamente 0,55 de 1,15 metros que hay perforado, más algo que pudo quedar del testigo anterior. Todos estos testigos son de sal con marga y anhidrita. Después del estudio detenido de todos los testigos, se puede hacer la hipótesis de que de los trozos perdidos, un metro aproximadamente era de silvinita y carnalita, y el resto de sal, marga y anhidrita, y así se ha puesto en el corte.

Se continúa normalmente hasta el 22, en que por haber



disminuído la densidad de la inyección, se para para concentrarla. Se vuelve a perforar el 24, hasta el 27, en que se da la orden de parada a los 781 metros, después de llevar 52,70 de sal vieja.

Se sacan las tuberías y la inyección, y se hace el taponado, dándose por terminado el sondeo el 15 de Agosto de 1922.

*Percusión.*—Se hicieron por este procedimiento 507,65 metros, siendo el avance máximo en veinticuatro horas 16,30 metros, y el medio 8,90 metros.

*Rotación.*—El avance total fué de 273,35 metros; el avance máximo en veinticuatro horas de 30,40 metros, y el medio 10,51 metros.

#### ENSAYOS QUÍMICOS

1.º	676,00 a 677,02.....	20,71	por 100 K <sub>2</sub> O
2.º	77,85 78,14.....	16,51	—
3.º	92,75 94,73.....	21,08	—
4.º	95,25 95,79.....	19,26	—
5.º	705,44 708,86.....	12,07	—
6.º	09,85 11,75.....	16,08	—
7.º	12,75 13,05.....	30,35	—
8.º	20,45 20,60.....	19,76	—
9.º	21,80 24,60.....	27,65	—
10	24,64 24,82.....	43,82	—
11	25,32 26,32.....	30,08	—

#### Corte del sondeo de Balsareny.

De 0 a	6	Arenisca gris.
	78,50	Marga roja con algo de arenisca y yeso.
	79,50	Arenisca.
	83	Caliza.
	151	Marga roja con algo de arenisca.
	60	Marga roja y gris.
	65	Caliza.
	207,40	Marga roja con algo de arenisca.
	10	Arenisca.
	33	Marga roja.
	35	Caliza.
	75	Marga roja.
	77,10	Caliza dura.
	314	Marga roja y gris.
	15,70	Caliza.
	20,30	Marga roja y gris.
	21,80	Caliza.
	46	Marga roja y gris.
	47,25	Caliza.
	423	Marga compacta.
	507,65	Marga con caliza.
	8,70	Marga roja (6º).
	9,05	Caliza.
	10,60	Marga roja con nódulos de anhidrita.
	11,15	Caliza.
	12,15	Marga roja con caliza.
	12,35	Caliza.
	12,85	Marga roja.
	13,40	Caliza.
	16,58	Marga roja con caliza.
	16,80	Marga abigarrada con caliza.
	17	Marga gris con caliza.
	17,45	Marga roja con caliza.
	17,85	Marga gris con caliza.
	18,15	Marga roja con nódulos de anhidrita.
	18,30	Caliza.
	20,70	Marga roja con capas de caliza.
	21	Caliza (una laja de sal muy inclinada con espejo de falla).
	22,35	Marga gris.
	23,50	Marga roja.
	23,95	Marga abigarrada.
	24,05	Marga gris.
	25,45	Marga roja.
	26	Marga abigarrada.
	26,80	Marga roja.
	26,90	Marga gris.

De 526,90 a 529,20	Marga roja con grietas rellenas de sal.
32	Marga abigarrada; nódulos de anhidrita.
33,07	Marga roja.
34,05	Arenisca gris con alguna veta roja.
35,75	Marga roja.
37,35	Marga abigarrada.
40,60	Marga roja con nódulos de anhidrita.
40,68	Marga gris.
44,37	Marga abigarrada.
44,65	Marga roja.
45,60	Marga abigarrada.
46,37	Marga roja.
46,87	Marga abigarrada.
47	Arenisca gris.
47,14	Marga roja.
47,46	Marga abigarrada.
48	Arenisca gris.
49,66	Marga roja.
49,89	Marga gris.
53	Marga abigarrada.
54,25	Marga roja.
54,55	Marga gris.
55,15	Marga roja.
55,25	Marga gris.
58,50	Marga roja con grietas rellenas de sal.
68,05	Marga roja con vetas grises, nódulos de anhidrita y algo de sal.
71,95	Marga roja con grietas rellenas de sal.
72,40	Anhidrita.
76,95	Marga roja con grietas rellenas de sal (3°).
77,57	Arenisca gris.
78,05	Marga roja.
78,20	Marga roja.
78,36	Marga gris.
78,40	Arenisca gris.
79,84	Marga roja.
80	Arenisca gris.
81	Marga roja con nódulos de anhidrita.
82	Marga roja con grietas rellenas de sal y nódulos de anhidrita.
83	Arenisca.
84,11	Marga roja.
84,32	Arenisca gris.
88,10	Marga roja con anhidrita y grietas rellenas de sal.
91,25	Marga roja con anhidrita.
91,35	Marga gris.
92,10	Marga roja con anhidrita.
92,25	Marga gris.
93,75	Marga roja.
94,20	Arenisca gris.

De 594,20 a 598,32	Marga roja con nódulos de anhidrita y grietas rellenas de sal.
98,45	Arenisca gris con grietas de sal (60 a 75°).
620	Marga gris y roja con caliza y grietas de sal.
20,25	Marga gris.
20,80	Marga roja con nódulos de anhidrita.
21,80	Marga gris.
22,28	Marga roja.
22,47	Marga gris.
22,91	Marga roja.
27,60	Marga gris con anhidrita y grietas rellenas de sal.
27,90	Marga roja.
30,50	Marga gris.
32,30	Arenisca gris.
32,45	Marga gris.
39,70	Arenisca gris con grietas de sal.
41,15	Arenisca gris con grietas de sal casi verticales.
46,15	Arenisca gris con grietas de sal; menor inclinación.
49,20	Arenisca gris con caliza y anhidrita.
52	Caliza y arenisca mezcladas.
55,70	Marga y anhidrita en capas estrechas.
56,35	Arenisca gris con anhidrita y mica.
69	Marga gris con caliza mezclada y marga con anhidrita en capas de 1 centímetro.
71,05	Arenisca gris con grietas de sal.
71,35	Marga gris con capas de anhidrita.
72,15	Marga gris en capas de 0,5 a 1 centímetro con capas de anhidrita clara de 0,2 a 0,5 centímetros y algo de sal.
74,55	Sal blanco sucio (fein cristalin) en capas de 1 a 3 milímetros, con capas de anhidrita de 0,5 centímetros.
77	Carnalita con silvinita (80 por 100).
77,85	Sal blanca y rojiza con capas y trozos de marga (fein y zucker); un ojo de carnalita.
78,09	Carnalita con algo de silvinita (80 por 100).
78,15	Sal blanca con marga.
78,42	Carnalita con sal en capas de 3 a 5 cms. (70 por 100).
79,19	Sal blanca y roja (zucker) con marga en capas delgadas y rojas.
79,25	Carnalita con silvinita blanca, sal y marga.
80	Sal blanca (zucker) en capas de 1 a 3 centímetros, y marga en capas de 1 centímetro.
81,15	Sal y marga 90° con cristales de carnalita.
83	Sal blanca y amarillo oscuro (fein) con capas de marga.
84,45	Igual que el anterior, con capas de carnalita y silvinita de 2 a 20 milímetros, con ángulos variables.
84,77	Silvinita transparente con sal y marga en capas delgadas (40 por 100).

De 684,77 a 692,75	Sal, amarillo oscuro, con marga en capas y algunos ojos y capas de carnalita y silvinita con ángulos variables.
94,78	Carnalita con mucha inclinación.
95,05	Sal.
95,23	Sal con algo de potasa.
95,69	Carnalita (80 por 100).
95,80	Sal, amarillo oscuro, con marga en capas de 1 a 2 centímetros, con algo de potasa e inclinaciones muy variables.
96,30	Carnalita con sal y marga en capas de 3 a 5 centímetros, con gran inclinación.
705,44	Sal amarillo oscuro y marga en capas, con algunas capas estrechas de carnalita; inclinaciones variables, llegando a la vertical.
8,86	Carnalita (45°), (90 por 100).
9,85	Sal con marga en capas de 30 a 40".
11,75	Carnalita pura cerca de 25°.
12,10	Sal con carnalita el 10 por 100.
12,75	Sal amarillo oscuro en capas de 2 a 3 centímetros, con capas de marga de 3 a 7 milímetros, con inclinación variable.
13,05	Carnalita roja y blanca con ojos de silvinita, mezclada con sal y anhidrita.
20,05	Sal amarillo oscuro en capas de 2 a 5 centímetros, con capas de marga de 0,2 a 0,5 centímetros; inclinaciones de 8 a 15°.
20,45	Sal con carnalita (25 por 100).
20,95	Carnalita (80 por 100).
21,95	Carnalita con algunas capas de sal 12" (60 por 100).
24,68	Carnalita, al principio roja y al fin blanca, de 3 a 7".
24,90	Silvinita roja en capas de 0,5 a 2 centímetros, con capas de sal de 3 a 7 centímetros (la sal roja y grob cristalín) (45 por 100).
25,40	Sal roja (grob) con algunos ojos de silvinita.
26,35	Silvinita roja en capas de 0,5 a 3 centímetros, con sal roja en capas de 5 a 8 centímetros (45 por 100).
28,30	Sal roja (grob).
81	Sal blanca sucia (grob y gross) mezclada con anhidrita.

MES DE MARZO DE 1922

Días	Perforado y manobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Falta agua Horas	Entubar Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	»	»	»	»	»	»	»	»
2	»	»	»	»	»	»	»	»
3	12	»	»	»	»	3,75	»	380
4	24	»	»	»	»	7,70	»	»
5	»	»	»	»	»	»	»	»
6	12-30	9-30	24	»	»	5,45	»	350
7	12	12	»	»	»	4,40	»	312
8	24	»	»	»	»	9,60	»	»
9	24	»	»	»	»	13,35	»	»
10	24	»	»	»	»	10,45	»	»
11	»	24	»	»	»	»	»	»
12	»	»	24	»	»	»	»	»
13	»	24	»	»	»	»	»	»
14	»	24	»	»	»	»	»	»
15	»	24	»	»	»	»	»	»
16	15	9	»	»	»	»	»	»
17	24	»	»	»	»	13,35	68,05	»
18	10	»	»	»	14	10,60	78,65	»
19	»	»	»	»	»	2,85	81,50	»
20	»	»	»	»	»	»	»	»
21	10	»	»	»	»	11,40	92,90	»
22	7	14	»	»	»	7,55	100,45	»
23	24	17	»	»	»	6,10	106,55	»
24	24	»	»	»	»	15,75	122,30	»
25	»	»	»	»	»	12,95	135,25	»
26	»	»	24	»	»	»	»	»
27	24	»	24	»	»	11,55	146,80	»
28	»	24	»	»	»	»	»	»
29	14	10	»	»	»	12,20	159	»
30	24	»	»	»	»	11,20	170,20	»
31	8	16	»	»	»	6,35	176,55	»
	340-30	207-30	120	2	14	176,55		



MES DE ABRIL DE 1922

Días	Perforado y manioobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Falta agua Horas	Entubar Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros	Díametro Milímetros
1	»	12	12	»	»	»	»	»
2	»	»	24	»	»	»	»	»
3	»	»	»	24	»	»	»	»
4	»	»	»	24	»	»	»	»
5	12	»	»	12	»	5	181,55	276
6	24	»	»	»	»	11,55	193,10	»
7	24	»	»	»	»	9,90	203	»
8	10-30	13-30	»	»	»	5	208	»
9	3	»	24	»	»	»	»	»
10	5-45	18-15	»	»	21	1,10	209,10	211
11	»	12	12	»	»	3,80	212,90	»
12	»	12	12	»	»	»	»	»
13	»	24	»	»	»	»	»	»
14	»	24	»	»	»	»	»	»
15	»	24	»	»	»	»	»	»
16	»	24	24	»	»	»	»	»
17	»	24	»	»	»	»	»	»
18	»	24	»	»	»	»	»	»
19	»	24	»	»	»	»	»	»
20	»	24	»	»	»	»	»	»
21	»	24	»	»	»	»	»	»
22	»	24	»	»	»	»	»	»
23	»	24	24	»	»	»	»	»
24	»	24	»	»	»	»	»	»
25	»	24	»	»	»	»	»	»
26	»	24	»	»	»	»	»	»
27	16	8	»	»	»	»	»	»
28	24	»	»	»	»	13,10	226	»
29	18-15	5-45	»	»	»	16,30	242,30	»
30	»	»	24	»	»	11,75	254,05	»
31	»	»	»	»	»	»	»	»
	137-30	345-30	156	60	21	77,50		

MES DE MAYO DE 1922

Días	Perforado y manioobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Falta agua Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros	Díametro Milímetros
1	24	»	»	»	12,30	266,35	211
2	23	1	»	»	10,75	277,10	»
3	24	»	»	»	9,10	286,20	»
4	15-30	»	»	8-30	8	294,20	»
5	»	»	»	24	»	»	»
6	24	»	»	»	10,30	304,50	»
7	»	»	24	»	»	»	»
8	24	»	»	»	10,30	315,30	»
9	9	15	»	»	5	320,30	»
10	24	»	»	»	8	328,30	»
11	24	»	»	»	11,40	339,70	»
12	24	»	»	»	7,55	347,25	»
13	24	»	»	»	»	»	»
14	»	24	24	»	»	»	»
15	24	»	»	»	9,90	357,15	»
16	12	12	»	»	4,40	361,55	»
17	24	»	»	»	8,65	370,20	»
18	24	»	»	»	8,10	378,30	»
19	24	»	»	»	8,80	387,10	»
20	24	»	»	»	8,65	395,75	»
21	24	»	»	»	7,50	403,25	»
22	»	2	»	»	9,60	412,85	»
23	»	24	»	»	»	»	»
24	»	24	»	»	»	»	»
25	»	24	»	»	»	»	»
26	24	»	»	»	9,70	422,55	»
27	24	»	»	»	8,70	431,25	»
28	»	»	24	»	»	»	»
29	18-30	5-30	»	»	5,85	437,10	»
30	24	»	»	»	7,90	445	»
31	24	»	»	»	6,70	451,70	»
	508-00	131-30	72	32-30	197,65		

MES DE JUNIO DE 1922

Días	Perforado y maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Entubar Horas	Preparar rotación e inyección Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	23	1	>	>	>	10,30	>	462	211
2	24	>	>	>	>	11,25	>	473,25	>
3	24	>	>	>	>	12	>	485,25	>
4	>	>	>	24	>	>	>	>	>
5	>	>	>	24	>	>	>	>	>
6	>	>	>	24	>	5,30	>	490,55	160
7	12	>	>	12	>	9,30	>	500,35	>
8	24	15	>	>	>	7,30	>	567,65	>
9	9	>	12	>	12	>	>	>	>
10	>	>	24	>	>	>	>	>	>
11	>	>	>	>	>	6,70	4,85	514,35	156
12	19	5	>	>	>	13,75	8,45	528,10	>
13	24	>	>	>	>	10,30	17,95	538,90	>
14	24	>	>	>	>	>	>	>	>
15	>	>	24	>	>	10	>	548,90	>
16	12	12	>	>	>	9,65	>	558,55	>
17	24	>	>	>	>	>	>	>	>
18	>	>	24	>	>	10,30	10	568,35	>
19	24	>	>	>	>	12,75	9,55	582,10	>
20	24	>	>	>	>	13,50	10,05	595,60	>
21	24	>	>	>	>	11,25	10	604,35	>
22	24	>	>	>	>	9,50	8,55	616,35	>
23	24	>	>	>	>	9,70	19,30	636,05	>
24	24	>	24	>	>	>	>	>	>
25	>	>	>	>	>	13,65	10	639,70	>
26	24	>	>	>	>	6,30	8,50	646	>
27	24	>	>	>	>	6,40	7,85	652,40	>
28	24	>	>	>	4-45	8,75	3,15	661,35	>
29	19-15	>	>	>	>	11,55	15,55	672,80	>
30	24	>	>	>	>	>	>	>	>
	478-15	33	108	84	16-45	221,00	163,40		

MES DE JULIO DE 1922

Días	Perforado y maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Preparar rotación e inyección Horas	Taponar Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	>	>	24	>	>	>	>	>	>
2	>	>	24	>	>	>	>	>	>
3	>	>	>	24	>	>	>	>	>
4	>	>	>	24	>	>	>	>	>
5	4	>	>	20	>	0,30	>	673	156
6	20-30	3-30	>	>	>	3	1,35	676	>
7	>	18	>	6	>	>	>	>	>
8	>	>	>	24	>	>	>	>	>
9	>	>	24	>	>	>	>	>	>
10	>	>	>	24	>	>	>	>	>
11	>	>	>	24	>	>	>	>	>
12	>	>	>	24	>	>	>	>	>
13	>	>	>	24	>	>	>	>	>
14	>	>	>	24	>	>	>	>	>
15	15-45	7-15	>	1	>	>	>	>	>
16	>	24	>	>	>	4,75	4	680,75	132
17	>	24	>	>	>	0,40	>	681,15	>
18	12	12	>	>	>	3,30	0,55	684,45	>
19	24	>	>	>	>	10,25	3,40	694,70	>
20	24	>	>	>	>	19,35	19,90	714,05	>
21	14	>	>	10	>	15,85	19,30	729,90	>
22	>	>	>	24	>	>	>	>	>
23	>	>	>	24	>	30,10	>	750	>
24	16	>	>	8	>	>	>	>	>
25	>	>	24	>	>	30,40	>	780,40	>
26	24	>	>	>	>	0,60	20,25	781	>
27	12	>	12	>	>	>	10,30	>	>
28	>	>	>	>	24	>	>	>	>
29	>	>	>	>	24	>	>	>	>
30	>	>	24	>	>	>	>	>	>
31	>	>	>	>	24	>	>	>	>
	166-15	88-45	132	285	72	108,20	104,65		

MES DE AGOSTO DE 1922

Días	Taponar — Horas	Averías — Horas	Fiestas — Horas	Desentubar — Horas	Sacar inyección — Horas
1	»	»	»	»	»
2	8-30	»	»	»	15-30
3	5-00	»	»	19-00	»
4	»	»	»	24-00	»
5	»	»	»	12-00	»
6	»	24-00	24-00	»	»
7	»	»	»	24-00	»
8	»	»	»	24-00	»
9	»	»	»	24-00	»
10	17-00	»	»	7-00	»
11	3-30	12-00	12-00	8-30	»
12	3-00	»	»	21-00	»
13	»	»	»	»	»
14	2-30	»	»	9-30	»
15	»	»	»	»	»
	39-30	48-00	36-00	173-00	15-30

SONDEO DE BALSARENY

MESES	Perforado y manipobra Horas	Averías y reparaciones Horas	Fiestas y guardias Horas	Entubado y desentubado Horas	Reparación, rotación e inyección Horas	Falta agua — Horas	Taponar y sacar inyección Horas	Avances — Metros	Testigos — Metros
Marzo	340-30	207-30	120	14		2		174,55	
Abril	137-30	345-30	156	21		60		77,50	
Mayo	508	131-30	72			32-30		197,65	
Junio	478-15	38	108	84	16-45			221	163,40
Julio	168-15	88-45	132		285		72	108,20	104,65
Agosto		48	36	173			55		
Sumas	1.632-30	854-15	624	292	301-45	94-30	127	778,90	288,05
Diferencia								2,10	5,30
TOTAL								781,00	273,35

## Sondeo de Torá.

*Emplazamiento y trabajos preliminares.*—Situado el sondeo en el término de Llanera de Segarra, provincia de Lérida, entre la villa de Torá y el lugar de Fontanet, se comenzó a arreglar el camino de carro, echando grava y abriéndose un trozo nuevo para dar entrada a la plaza, en la que sólo hubo necesidad de hacer una pequeña nivelación para el asiento de las vigas.

Se arrendó el agua del manantial de casa Porta, instalándose una tubería hasta la plaza. Este agua sólo se pudo aprovechar para la inyección, por tener demasiado yeso para la caldera, habiendo necesidad de tomar agua del arroyo, en una presa que hay a unos 700 metros aguas arriba, teniendo muchas dificultades con los regantes y el propietario de la presa, pudiéndose, después de muchos trabajos, solucionar todas satisfactoriamente.

*Ejecución del sondeo.*—Se hizo un pozo a mano de 5 metros el día 21 de Marzo de 1922, pero hasta el día 15 de Abril no se pudo empezar a trabajar, por no estar transportado todo el material. Se hacen otros 5 metros con trépano de 350 milímetros, y se entuba el pozo con tubos de 13,5 pulgadas. Se continúa el 18 con trépano de 276, bajándose otros 3,5 metros de tubos de 13,5 pulgadas; se continúa normalmente con pequeñas averías y reparaciones en la caldera, hasta el 6 de Mayo, a los 192,25 metros, en que hay que hacer una reparación de más importancia en la caldera. El 8 por la tarde se vuelve a sondear, cambiándose el 15, a los 223,50 metros, el trépano por otro de 244, con el que se trabaja con regularidad hasta los 302,90 el día 30, en que se pone el de 211. El día 2 de Junio, a los 314,60, se para para entubar el pozo en toda su profundidad, con tubos de

8 pulgadas. Se continúa el día 6 con trépano de 182, hasta el 10 a los 333,30, en que se para para poner la rotación, por haber subido la densidad de inyección.

Se empieza a trabajar el 14 con corona de 156, y después de perforar 1,30, se parte la corona, quedándose la mitad en el pozo; se trabaja hasta el 19 en esta avería, en la que se pierden casi todos los diamantes, pues los que se sacaron estaban rotos, calculándose la pérdida de diamantes en unas 15.000 pesetas.

Hasta el 30 de Junio se perfora normalmente, llegando hasta los 409,50 metros. Del 30 al 4 de Julio hay que parar por falta de carbón, aprovechándose este tiempo para hacer reparaciones y limpieza en la maquinaria. El 24 de Julio se para a los 524,10 para fundir sal para la inyección, que ha habido necesidad de cambiar por tener demasiado barro en suspensión. Se perfora el 28, parándose el 1.º de Agosto por la tarde para arreglar la tubería del agua. El día 4 se vuelve a perforar, y con algunas reparaciones en la maquinaria, principalmente en la caldera, se hacen grandes avances diarios, llegándose el 15 de Septiembre a los 867,45 metros.

Se cambia la máquina, que está en muy mal estado, por otra recientemente reparada.

El 19 se vuelve a sondear con el mismo diámetro de corona y grandes avances diarios, hasta el 11 de Octubre, en que por romperse un engrane del cabestrante hay que parar la sonda. El 16 se vuelve a trabajar, hasta el 20, en que se limpia la caldera. Se perfora de nuevo el día 23, parándose el sondeo definitivamente el día 9 de Noviembre, a la profundidad de 1.215,45 metros, sin haber ninguna contraindicación para la potasa; pero por poderse continuar en igual terreno un número de metros indefinido y estar ya en el límite del contrato, no hubo más remedio que parar el son-



deo. El día 10 se colocaron los termómetros, sacándose el 12 y empezándose en seguida el taponado.

*Percusión.*—El avance total por este sistema fué de 333,30 metros, siendo el máximo en veinticuatro horas 20,10 metros, y el medio 7,57 metros.

*Rotación.*—El avance total fué de 882,15 metros, siendo el máximo en veinticuatro horas 18,90 metros, y el medio 8,41 metros.

*Testigos.*—Se han sacado 850,65 metros, perdiéndose 31,40, o sea el 3,56 por 100.

### Corte del sondeo de Torá.

De 0 a	5,50	Arena.
	8	Arcilla con arena.
	10	Caliza.
	91,45	Arcilla con cantos rodados.
	165,80	Arcilla roja dura con cantos rodados.
	223,50	Marga azul y roja con vetas de yeso.
	253,15	Marga roja con bancos de arenisca.
	300,90	Marga gris con bancos de caliza.
	15,10	Marga azul.
	33,30	Marga dura.
	33,40	Sal.
	35	Marga con sal.
	37	Anhidrita y sal.
	47,45	Marga y sal. Las capas de sal de 0,5 a 20 centímetros.
	65,53	Sal, marga y anhidrita.
	67,15	Marga negra dura.
	67,80	Marga y anhidrita.
	68,10	Marga negra dura.
	68,20	Marga y anhidrita.
	68,33	Marga negra dura.
	68,50	Marga y anhidrita.
	72,05	Marga con algo de anhidrita.
	73,35	Marga roja.
	74,90	Marga con anhidrita.
	75,70	Marga negra dura.
	79,30	Marga roja.
	87,95	Marga roja y arenisca.
	88,15	Marga roja.
	88,38	Marga gris.
	88,78	Marga roja.
	89,45	Marga gris clara.
	91,70	Marga roja.
	92,50	Marga gris clara.
	93,65	Marga roja.
	96,05	Arenisca roja.
	97	Marga roja.
400,40		Marga roja y arenisca.
	2,55	Arenisca gris.
	4,30	Marga roja muy dura.
	5,05	Marga gris muy dura.
	6,60	Marga roja muy dura.
	8,35	Marga gris muy dura.
	9,50	Marga roja muy dura.
	16,10	Marga roja y gris (5 a 10°).
	19,40	Marga roja oscura.
	25,90	Marga pizarrosa.

De 425,90 a 426,70	Anhidrita.
28,70	Marga gris oscura.
33,90	Marga gris con vetas de anhidrita.
35,90	Marga roja con arenisca.
37,40	Marga gris oscura.
40,60	Marga roja oscura.
41,80	Marga clara.
42,25	Marga roja.
44,40	Arenisca gris.
49,30	Marga gris con nódulos de anhidrita.
49,75	Arenisca clara.
51,55	Marga gris con nódulos de anhidrita.
51,70	Arenisca clara.
52,40	Marga negra muy dura.
52,55	Arenisca clara.
55,65	Marga negra muy dura.
56,45	Marga gris con nódulos de anhidrita.
59,30	Marga roja con nódulos de anhidrita.
60	Arenisca.
62,75	Marga gris.
63	Arenisca.
65,55	Marga roja con nódulos de anhidrita.
67,25	Marga roja.
67,55	Arenisca.
71,35	Marga roja.
72	Arenisca.
74,35	Marga gris.
75,15	Arenisca.
76,40	Marga gris.
77,25	Marga roja.
79,40	Marga gris.
80,40	Marga con vetas de anhidrita.
81,40	Marga gris.
83,30	Marga con vetas de anhidrita.
83,80	Marga gris.
84,10	Marga con nódulos de anhidrita.
85,95	Marga roja.
86,15	Arenisca.
86,95	Marga roja.
87,70	Marga gris.
87,90	Marga roja.
88,35	Arenisca.
90,35	Marga gris.
90,65	Marga gris con vetas de anhidrita.
91,65	Marga gris.
94,15	Marga roja con algo de anhidrita.
94,35	Arenisca.
96,65	Marga roja.
97,55	Arenisca.
97,80	Marga roja.
99,05	Arenisca.

De 499,05 a 499,40	Arenisca con una laja de sal, 5 milímetros y 70°.
500,10	Marga gris (15°).
0,75	Marga con anhidrita y caliza.
0,85	Marga gris.
1	Marga con caliza.
2,17	Marga gris.
3,55	Marga con anhidrita.
3,95	Marga con caliza.
5,30	Marga gris.
6,20	Marga con caliza.
6,28	Arenisca.
7,14	Marga gris.
7,18	Arenisca.
7,60	Marga con caliza.
8,35	Marga gris.
8,70	Marga oscura con anhidrita.
8,90	Anhidrita con marga.
9,55	Marga gris con algo de anhidrita.
10,85	Marga oscura.
11,85	Marga gris con algo de anhidrita.
12,15	Laja de sal 1 milímetro y 80°.
13	Marga con anhidrita.
14	Marga gris con algo de anhidrita.
14,45	Arenisca.
15,70	Marga con anhidrita.
16,70	Marga gris.
16,90	Arenisca.
17,55	Marga gris.
24,10	Marga con anhidrita.
25,45	Anhidrita.
25,80	Sal con capas de anhidrita.
26,15	Anhidrita.
26,35	Sal.
26,75	Anhidrita.
27,03	Capas de sal y anhidrita.
27,26	Sal.
27,44	Anhidrita.
27,43	Sal y anhidrita.
37,23	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
38,35	Sal con anhidrita en capas de 5 centímetros.
38,55	Anhidrita con algo de sal.
40,25	Sal con anhidrita en capas de 5 centímetros.
55,45	Anhidrita y sal en capas y mezcladas.
55,55	Marga y anhidrita.
56,10	Marga.
56,75	Anhidrita y sal.
58,15	Marga.
58,60	Anhidrita con una laja de sal.
61,10	Sal y anhidrita en capas de 5 a 15 centímetros.
61,20	Marga con algo de anhidrita.
63,07	Sal y anhidrita.

De 563,07 a 563,12	Marga.
63,57	Sal con anhidrita.
64,22	Anhidrita.
64,15	Sal y anhidrita.
67,90	Sal y anhidrita en capas de 6 a 8 centímetros.
68,60	Sal y anhidrita.
69,65	Sal y anhidrita en capas de 10 centímetros.
70,25	Sal y anhidrita.
90,45	Marga gris.
90,85	Anhidrita y sal.
91	Marga gris.
91,60	Anhidrita.
91,88	Anhidrita con algo de sal.
95,40	Sal y anhidrita en capas de 10 a 20 centímetros la sal, y de 2 a 6 la anhidrita.
97	Anhidrita y sal.
98,80	Marga gris.
99,45	Marga gris con algo de sal.
600	Arenisca.
40	Marga gris.
80	Marga gris con nódulos de anhidrita.
5,25	Marga gris.
5,75	Marga gris con vetas de anhidrita de 1 a 4 centímetros.
6,20	Marga gris.
7,25	Marga gris con capas de anhidrita de 1 a 10 centímetros.
7,42	Arenisca.
7,75	Marga gris.
8,12	Arenisca.
11	Marga gris.
12	Marga gris con capas de anhidrita.
13	Marga con capas y nódulos de anhidrita.
13,45	Marga y anhidrita.
14,40	Sal y capas de anhidrita.
14,60	Anhidrita con algo de sal.
14,82	Anhidrita.
14,95	Marga.
15,85	Anhidrita.
16,60	Anhidrita y algo de sal.
16,90	Sal con algo de anhidrita.
17,28	Anhidrita.
17,41	Sal con algo de anhidrita.
18,50	Anhidrita con algo de sal.
20	Sal cristalizada con capas de 3 a 5 cms. de anhidrita.
20,45	Anhidrita y algo de sal.
22,45	Sal, anhidrita y marga en capas de 2 a 20 centímetros.
23,10	Anhidrita y algo de marga.
24,46	Sal y anhidrita, con capas de marga de 1 a 10 centímetros.

De 624,46 a 624,63	Anhidrita y marga.
26,33	Sal y anhidrita.
26,87	Anhidrita.
27,63	Anhidrita y sal.
30,20	Sal cristalizada con capas de anhidrita de 2 a 20 centímetros.
30,92	Anhidrita.
31,40	Anhidrita y sal.
32,30	Anhidrita con algo de sal.
32,53	Marga gris.
32,90	Anhidrita.
33,74	Sal y capas de anhidrita de 3 a 4 centímetros.
33,99	Anhidrita.
34,62	Anhidrita y sal.
34,80	Anhidrita.
35,75	Sal cristalizada con algo de anhidrita.
37,55	Anhidrita y marga mezclada.
38,43	Arenisca con nódulos de anhidrita y vetas de 1/4 de milímetro de mica.
38,95	Arenisca con algo de marga.
45,70	Marga y anhidrita.
45,95	Marga y anhidrita con una laja de sal de 1 centímetro (70°).
46,25	Marga y anhidrita.
47	Marga.
47,90	Marga con capas y nódulos de anhidrita.
48,40	Marga.
49,75	Anhidrita con capas de 2 a 10 centímetros de marga.
51,10	Sal cristalizada con capas de 1 a 5 centímetros de anhidrita.
51,60	Anhidrita.
52,20	Marga con nódulos de anhidrita.
52,40	Anhidrita.
52,70	Marga con algo de arenisca.
53,25	Marga.
53,35	Anhidrita.
53,65	Marga.
53,75	Anhidrita.
54	Marga.
55	Anhidrita.
55,20	Marga.
56	Anhidrita.
56,08	Sal y anhidrita.
56,40	Anhidrita.
56,80	Marga con algo de sal.
57,35	Anhidrita con marga.
59	Marga y anhidrita con laja de sal de 2 centímetros (70°).
59,80	Anhidrita con algo de sal.
64,25	Sal con capas de 2 a 10 centímetros de anhidrita.

De 664,25 a	665,95	Anhidrita con algo de marga.
	66,25	Sal y anhidrita.
	66,50	Anhidrita.
	67	Sal con algo de anhidrita.
	67,50	Sal y anhidrita.
	68,40	Anhidrita y sal en capas de 4 a 8 centímetros.
	71	Anhidrita con algo de sal.
	72,95	Sal con capas de 2 a 8 centímetros de anhidrita.
	73,25	Anhidrita.
	76,80	Sal y anhidrita en capas de 1 a 6 centímetros.
	77,45	Sal y anhidrita.
	81,65	Anhidrita con algo de sal.
	83	Sal con capas de 2 a 6 centímetros de anhidrita.
	84,75	Sal con capas de 1 a 5 centímetros de anhidrita.
	86,20	Anhidrita y marga.
	86,75	Sal con capas de 8 centímetros de anhidrita.
	87,35	Anhidrita.
	88,55	Sal con capas de 10 centímetros de anhidrita.
	89,05	Anhidrita.
	89,60	Sal con algo de anhidrita.
	89,85	Anhidrita.
	90,50	Sal con capas de 1 a 10 centímetros de anhidrita.
	90,75	Anhidrita.
	91	Sal morena.
	91,20	Anhidrita.
	93,70	Sal con algo de anhidrita.
	93,75	Sal coloreada.
	94	Anhidrita.
	95,90	Sal en capas de 5 a 25 centímetros, y anhidrita en capas de 3 a 8.
	96,70	Sal y anhidrita.
	97	Anhidrita (30 a 40°).
	97,70	Marga.
	98	Anhidrita.
	99,10	Sal con capas de anhidrita de 5 centímetros.
	99,85	Anhidrita.
	700,55	Sal en capas de 5 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 5.
	1,05	Anhidrita.
	6	Sal en capas de 5 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 2 a 15.
	6,50	Anhidrita con marga.
	7,35	Sal con capas de 2 a 5 centímetros de anhidrita.
	7,55	Anhidrita y marga.
	8	Sal en capas de 20 centímetros, y anhidrita en capas de 5.
	9,10	Anhidrita y marga.
	9,60	Sal y anhidrita.
	9,85	Anhidrita.
	10,70	Sal y anhidrita.
	11,25	Anhidrita.

De 711,25 a	713,35	Sal y anhidrita.
	13,80	Marga.
	14,20	Sal y anhidrita.
	14,60	Anhidrita y marga, y una laja de sal de 3 centímetros (40°).
	15,30	Anhidrita y marga.
	16,50	Marga negra pizarrosa.
	16,70	Marga negra pizarrosa con anhidrita.
	17	Marga negra pizarrosa.
	18	Marga gris con anhidrita y algo de sal.
	20,30	Sal y anhidrita en capas de 3 a 20 centímetros las dos cosas.
	20,85	Anhidrita y marga.
	22,25	Sal con capas de 1 a 5 centímetros de anhidrita.
	22,50	Anhidrita y marga.
	22,99	Sal y anhidrita.
	23,30	Anhidrita y algo de sal.
	23,50	Sal.
	23,90	Sal y anhidrita.
	24,05	Anhidrita con algo de marga.
	24,30	Anhidrita.
	24,45	Sal.
	25,75	Anhidrita y sal.
	25,95	Sal.
	27,15	Anhidrita.
	27,25	Sal y anhidrita.
	28,15	Anhidrita.
	30,10	Sal con algo de anhidrita.
	30,30	Anhidrita.
	31	Sal en capas de 15 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 5 a 7.
	31,50	Anhidrita.
	31,65	Anhidrita y sal.
	33	Anhidrita.
	33,35	Sal y anhidrita.
	36,65	Anhidrita y sal mezcladas.
	36,75	Sal.
	37,30	Sal y anhidrita.
	37,50	Sal.
	37,78	Anhidrita y sal.
	37,83	Sal.
	38,13	Sal y anhidrita.
	38,38	Anhidrita.
	39,40	Sal y anhidrita mezcladas.
	40,50	Sal en capas de 5 a 15 centímetros, y anhidrita en capas de 2 a 5.
	41	Anhidrita con una capa de sal de 1,5 centímetros de 18 a 20°.
	41,70	Sal con poca anhidrita.
	41,90	Anhidrita.
	42,10	Sal y anhidrita.



De 742,10 a 742,35	Marga gris con algo de anhidrita.
74,60	Sal y anhidrita.
49,60	Sal con capas onduladas de anhidritas.
51,50	Anhidrita, marga y algo de sal (88°).
52,90	Anhidrita y sal.
53,50	Sal.
55,10	Sal y anhidrita.
55,35	Anhidrita.
55,60	Sal y anhidrita.
55,90	Anhidrita.
58,50	Sal con capas de anhidrita de 2 a 10 centímetros.
58,90	Anhidrita (40°).
61,60	Sal y anhidrita.
62,20	Anhidrita y marga.
62,60	Sal y anhidrita.
63,40	Sal, anhidrita y algo de marga.
64,10	Sal y anhidrita mezcladas.
66,70	Sal con capas de 6 a 20 centímetros, y anhidrita con capas de 1 a 10.
67,10	Anhidrita y sal.
69,75	Anhidrita y sal en capas onduladas.
71,25	Sal en capas de 10 a 15 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 10.
71,75	Anhidrita con algo de sal.
72,20	Sal.
72,85	Sal y anhidrita.
73,35	Sal con algo de anhidrita.
76,20	Sal en capas de 10 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 10.
76,60	Anhidrita con algo de sal.
76,80	Sal y anhidrita mezcladas.
77,10	Anhidrita con algo de sal.
79,25	Sal y anhidrita en capas de 10 a 15 centímetros las dos cosas.
83,40	Sal en capas de 6 a 15 centímetros, y anhidrita de 3 a 20.
83,75	Anhidrita.
84,35	Sal y anhidrita en capas de 15 centímetros las dos cosas.
84,90	Anhidrita.
86,60	Anhidrita con algo de sal.
88,60	Anhidrita con muy poca sal.
88,85	Sal.
89,05	Sal con anhidrita.
89,30	Anhidrita.
90,75	Sal con anhidrita mezcladas y en capas.
91,35	Anhidrita con poca sal.
92,55	Anhidrita.
92,80	Sal.
93,55	Anhidrita y marga con algo de sal.
95,30	Sal con anhidrita.

De 795,30 a 795,48	Anhidrita.
95,63	Sal oscurecida por marga negra.
95,73	Anhidrita (45°).
96,08	Sal.
97,80	Anhidrita en vetas onduladas con algo de marga y sal.
98	Sal y anhidrita.
99,50	Anhidrita con capas de marga de 1 a 3 centímetros (45°).
99,83	Sal y anhidrita.
800,18	Anhidrita con algo de sal.
68	Anhidrita y sal mezcladas.
1,48	Sal en capas de 2 a 2,5 centímetros, y anhidrita en capas de 2.
1,98	Anhidrita.
2,78	Sal en capas de 3 a 10 centímetros de anhidrita.
4,65	Anhidrita y sal mezcladas.
5,70	Anhidrita con algo de marga gris.
6,10	Marga pizarrosa.
6,40	Marga pizarrosa con anhidrita.
7,60	Marga pizarrosa.
8,70	Anhidrita con capas de 8 a 20 centímetros de marga gris.
9	Anhidrita.
9,15	Sal.
9,40	Anhidrita con algo de marga.
10,10	Sal en capas de 5 a 15 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 15.
12,75	Sal con capas de anhidrita de 1 a 5 centímetros.
13	Anhidrita con algo de marga.
13,60	Sal con capas de anhidrita de 2 centímetros.
14,05	Anhidrita con algo de marga.
14,55	Anhidrita con marga.
14,90	Sal con anhidrita.
15,15	Anhidrita.
15,70	Sal con capas de 5 centímetros de anhidrita.
16,20	Anhidrita.
17,10	Sal y anhidrita.
17,70	Anhidrita.
18,40	Sal.
19,05	Anhidrita y sal.
19,30	Anhidrita.
20,05	Sal.
21,10	Anhidrita.
25,90	Sal y anhidrita.
26,25	Anhidrita.
27	Sal y anhidrita.
29,75	Anhidrita con algo de sal.
30,95	Sal con algo de anhidrita.
31	Sal rosada.
31,18	Anhidrita.

De 831,18 a 836,15	Sal en capas de 10 a 40 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 15.
37,55	Anhidrita con algo de sal.
38	Anhidrita y sal en capas y mezcladas.
39,15	Anhidrita.
39,90	Anhidrita y marga (terreno roto en trozos unidos con sal).
43,35	Marga y anhidrita en capas estrechas de 2 a 5 milímetros.
43,55	Sal y anhidrita mezcladas.
43,60	Sal cristalizada.
44	Sal con dos capas de anhidrita de 3 centímetros.
44,70	Sal cristalizada.
47,20	Sal con capas de anhidrita (40°).
47,95	Sal teñida de negro por marga y anhidrita.
48,35	Anhidrita.
48,65	Sal y anhidrita.
49,05	Anhidrita y marga.
50,05	Sal y anhidrita en capas de 1 a 2 centímetros.
52,75	Anhidrita con sal mezclada y en capas (inclinaciones de 25 a 90°).
57	Sal con anhidrita.
57,30	Anhidrita con algo de sal.
57,90	Anhidrita.
58,30	Sal con anhidrita.
59	Anhidrita.
59,10	Sal con algo de anhidrita.
61,95	Anhidrita con capas de marga de 1 a 5 milímetros.
62,10	Anhidrita y sal.
63,60	Anhidrita con algo de sal.
64,50	Anhidrita con algo de sal y capas de marga gris de 1 a 5 milímetros (60°).
65,40	Anhidrita y algo de sal.
67	Anhidrita.
67,45	Sal.
71,15	Sal con algo de anhidrita.
72,60	Sal cristalizada y algo de anhidrita.
72,78	Anhidrita con algo de sal y capas de marga de 1 a 10 milímetros (40°).
73,28	Sal cristalizada.
73,60	Anhidrita con algo de sal y capas de marga de 1 a 15 milímetros (40°).
80	Sal cristalizada con algo de anhidrita.
82,05	Anhidrita y algo de sal (50°).
85,35	Sal con poca anhidrita.
85,95	Anhidrita.
86,60	Sal y anhidrita.
87,10	Anhidrita.
87,25	Sal y anhidrita.
88	Anhidrita (90°).
88,05	Sal.

De 888,05 a 888,95	Anhidrita (50°).
89,25	Sal con poca anhidrita.
89,60	Anhidrita (35°).
89,80	Sal con poca anhidrita.
90,50	Anhidrita.
92,25	Sal y anhidrita.
93	Anhidrita.
93,35	Sal y anhidrita mezclada.
93,70	Anhidrita.
96,90	Sal y anhidrita mezclada y en capas.
97,80	Anhidrita de 8 a 10°.
98,20	Sal y anhidrita mezclada.
98,90	Anhidrita.
900,40	Sal y anhidrita.
55	Anhidrita (55°).
95	Sal y anhidrita mezcladas.
1,50	Anhidrita (10°).
3,50	Sal y anhidrita mezclada.
4,35	Anhidrita de 20 a 60°.
4,90	Sal.
5	Anhidrita.
6	Sal y poca anhidrita (10°).
6,10	Anhidrita.
6,25	Sal con capa de anhidrita de 1 a 2 centímetros.
7	Anhidrita.
7,30	Sal y anhidrita mezcladas.
7,35	Anhidrita.
7,90	Sal y anhidrita mezcladas.
8,10	Anhidrita.
10,85	Sal y anhidrita en capas.
11	Anhidrita.
11,50	Sal y anhidrita mezcladas.
13,20	Sal con poca anhidrita.
15,90	Anhidrita y marga en capas estrechas.
16,70	Sal y anhidrita.
17,10	Anhidrita.
17,55	Sal con poca anhidrita.
17,80	Anhidrita con una capa de 4 centímetros de sal.
20	Sal en capas de 5 a 20 centímetros, y anhidrita de de 1 a 10°.
22,55	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
22,80	Sal.
23,90	Marga y anhidrita mezcladas.
24,90	Sal en capas de 5 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 3 (10 a 15°).
25,25	Marga y anhidrita.
26,20	Sal y anhidrita.
26,30	Sal.
27,75	Sal en capas de 5 a 10 centímetros, y anhidrita en capas de 1.
28,10	Anhidrita.

De 928,10 a 931,40	Sal con poca anhidrita (35°).
31,60	Anhidrita con algo de sal.
32	Sal y anhidrita.
32,30	Anhidrita.
32,50	Sal con poca anhidrita mezclada.
32,65	Anhidrita con marga.
33	Sal con algo de anhidrita.
33,25	Anhidrita y marga en capas estrechas.
33,55	Sal con anhidrita.
34,10	Sal con anhidrita (30°).
34,95	Anhidrita y marga en capas estrechas.
35,30	Anhidrita.
35,80	Sal con poca anhidrita.
36	Anhidrita con algo de marga.
36,45	Sal en capas de 3 a 5 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 3 (30°).
37,90	Sal con capas de 1 centímetro de anhidrita.
38,05	Anhidrita con algo de marga.
38,85	Sal con anhidrita y marga.
39,40	Anhidrita y marga con algo de sal.
40,25	Marga y anhidrita con algo de sal.
41,60	Marga pizarrosa.
42,80	Marga con anhidrita en capas y mezclada.
43,65	Sal y anhidrita.
45,30	Sal con capas de anhidrita de 3 a 5 centímetros.
45,85	Anhidrita y algo de sal.
47,25	Sal con poca anhidrita.
47,70	Sal con unas capas de anhidrita (50°).
48,05	Anhidrita con algo de sal y marga.
48,80	Sal y anhidrita en capas de 1 centímetro.
49,20	Anhidrita con algo de sal.
49,35	Sal y anhidrita mezclada.
49,85	Sal con una capa de 2 centímetros de anhidrita.
49,90	Sal y anhidrita.
50,40	Anhidrita con algo de sal.
50,70	Sal.
51,15	Sal y anhidrita en capas de 6 cms. las dos cosas.
51,40	Anhidrita.
51,85	Sal y anhidrita mezclada.
53,20	Anhidrita.
53,30	Sal.
53,90	Anhidrita con algo de sal.
54,05	Sal y anhidrita mezcladas.
56,55	Anhidrita con algo de sal.
56,85	Sal y anhidrita.
56,95	Anhidrita.
57,25	Sal y anhidrita mezcladas.
57,60	Sal y anhidrita en capas de 1 centímetro.
58,40	Anhidrita con algo de sal.
58,60	Sal.
59,05	Sal y anhidrita mezcladas.

De 959,05 a 959,40	Anhidrita y sal.
60,20	Sal y anhidrita en capas y mezclada.
60,40	Sal con algo de anhidrita.
61	Anhidrita y sal mezclada, y capas de sal de 3 centímetros.
61,80	Sal y anhidrita.
63,10	Anhidrita y algo de sal.
63,30	Sal.
63,55	Anhidrita.
64,40	Sal con tres capas de anhidrita de 3 cms. (20°).
64,75	Anhidrita con algo de sal.
65,45	Sal y algo de anhidrita.
65,65	Anhidrita (45°).
66,65	Sal y anhidrita en capas y mezclada.
66,75	Anhidrita.
66,95	Sal con poca anhidrita.
68,55	Sal con capas estrechas de anhidrita.
72	Anhidrita con algo de sal, y marga en capas (25°).
75,45	Sal con capas estrechas de anhidrita.
75,80	Anhidrita y sal con algo de marga.
80,85	Sal con capas estrechas de anhidrita (55°).
81	Anhidrita con marga.
82,05	Sal con capas estrechas de anhidrita.
82,55	Anhidrita y marga en capas estrechas (25°).
82,75	Sal cristalizada.
82,90	Anhidrita.
83	Sal oscura.
83,55	Sal.
83,80	Anhidrita y marga en capas estrechas.
84,05	Sal en capas estrechas de anhidrita.
84,90	Anhidrita con algo de sal (80°).
85,58	Sal y anhidrita en capas.
86,40	Sal con algo de anhidrita.
87,55	Anhidrita y sal en capas y mezclada.
88,70	Sal con poca anhidrita.
89,25	Sal mezclada con anhidrita, y capas de anhidrita de 1 centímetro (45°).
91,25	Sal con capas de anhidrita de 1 a 5 centímetros (40°).
91,35	Anhidrita.
91,85	Sal.
92,05	Anhidrita.
93,05	Sal y anhidrita en capas.
93,12	Anhidrita.
94	Sal y anhidrita en capas y mezclada.
96,10	Anhidrita con algo de sal (30 a 70°).
99,95	Anhidrita y sal mezclada, y capas de anhidrita de 1 a 5 centímetros.
1.000,50	Sal con capas de anhidrita.
1,50	Sal con una capa de anhidrita de 20 centímetros.
3,05	Anhidrita con capas estrechas de marga (25 a 40°).
3,50	Sal y anhidrita mezcladas.

De 1.003,50 a 1.003,75	Anhidrita con algo de sal en capas.
4,15	Sal y anhidrita mezclada.
4,40	Sal y anhidrita.
4,55	Sal y anhidrita en capas de 2 a 4 centímetros.
4,75	Anhidrita.
5,20	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
5,50	Anhidrita con algo de sal.
5,55	Sal.
6,35	Anhidrita.
6,50	Sal.
8,05	Anhidrita.
8,50	Sal en capas de 3 a 10 centímetros, y anhidrita en capas de 1.
8,85	Anhidrita.
9,90	Sal con capas de 1 centímetro de anhidrita.
10	Anhidrita.
10,50	Sal y anhidrita en capas.
10,90	Sal.
11,75	Sal y anhidrita.
13,20	Sal con algo de anhidrita mezcladas.
13,65	Sal con capas de anhidrita (45°).
13,90	Anhidrita.
15,25	Sal con capas de anhidrita.
15,40	Anhidrita.
16	Sal con anhidrita mezclada y capas de 1 a 2 centímetros.
16,75	Sal.
17,30	Anhidrita con algo de marga.
17,45	Sal.
17,75	Anhidrita.
18,75	Sal con capas de 1 centímetro de anhidrita.
19,05	Anhidrita con algo de marga y sal.
21,65	Sal con capas de anhidrita de 1 a 3 centímetros (40°).
22,50	Anhidrita con capas de sal de 3 a 5 centímetros.
22,85	Anhidrita y marga.
27,15	Marga pizarreña negra floja (a los 24,65 hay una laja de sal rojiza cristalizada en agujas).
27,45	Anhidrita con una capa de sal (50°).
27,65	Sal.
29,40	Sal y anhidrita mezcladas y en capas de 1 a 6 centímetros (50°).
31	Sal.
31,50	Sal con capas de anhidrita de 1 a 10 centímetros.
31,70	Sal y anhidrita mezcladas.
32,60	Anhidrita con marga y una laja de sal rosada de 2 centímetros.
33	Anhidrita.
34,30	Sal y anhidrita mezcladas y en capas de 1 a 3 centímetros (50°).
34,60	Anhidrita y sal.

De 1.034,60 a 1.037,25	Sal con capas de anhidrita de 1 a 8 centímetros, y una capa de marga de 1 milímetro (45°).
38,25	Anhidrita, marga y sal en todas inclinaciones; la sal es rojiza.
39,05	Marga con nódulos de anhidrita y una laja de sal roja cristalizada en agujas (90°).
39,40	Marga y nódulos de anhidrita.
40,10	Marga y anhidrita.
40,35	Marga y nódulos de anhidrita.
40,60	Marga.
42,60	Anhidrita.
42,70	Sal.
42,90	Anhidrita.
43,10	Sal.
43,70	Anhidrita y sal mezcladas.
44,10	Sal.
44,30	Anhidrita con algo de sal.
44,90	Anhidrita con marga.
45,90	Sal rosada y una laja de marga de 3 cms. (90°).
46,10	Marga.
46,80	Anhidrita.
48,40	Sal en capas de 8 a 20 centímetros, con capas de anhidrita de 3 a 20 (70°).
51,70	Marga.
53,90	Anhidrita con capas estrechas de marga.
56,40	Sal con capas de anhidrita de 1 a 6 cms. (50°).
56,65	Anhidrita con marga.
59	Sal con capas estrechas de anhidrita.
59,30	Anhidrita con capas estrechas de marga.
60,90	Sal y anhidrita mezcladas y en capas estrechas.
61,25	Sal.
61,90	Anhidrita y marga en capas estrechas.
62,60	Marga con algo de anhidrita.
63	Marga con nódulos de anhidrita.
66	Marga con algo de anhidrita, con una laja de sal roja cristalizada en agujas (90°).
67,50	Marga.
68,35	Marga con nódulos de anhidrita.
69,15	Marga.
69,90	Anhidrita con algo de marga.
70,80	Sal con capas estrechas de anhidrita.
71	Anhidrita con algo de sal.
73,90	Sal en capas de 3 a 20 centímetros, y anhidrita en capas de 1 a 3 (45°).
74,45	Anhidrita con algo de sal.
74,65	Sal.
74,80	Anhidrita.
75,20	Sal.
75,40	Anhidrita.
75,50	Sal.
76	Anhidrita con algo de sal y marga.



De 1.076 a 1.077,50	Sal y anhidrita mezcladas y en capas de 2 a 4 centímetros.
77,80	Anhidrita.
78,80	Marga.
80,10	Marga con nódulos de anhidrita (45°).
80,50	Marga con una capa de sal rosada de 1 cm. (45°).
81,40	Marga.
81,60	Marga con nódulos de anhidrita.
82,20	Marga con una laja de sal rosada.
85,70	Marga pizarrosa.
86,20	Marga gris.
87,50	Marga con anhidrita.
87,80	Marga con sal rosada cristalizada en agujas.
88,50	Anhidrita.
89,25	Sal, marga y anhidrita en capas de 1 a 2 centímetros.
90,25	Anhidrita y algo de sal.
90,55	Sal.
90,90	Anhidrita.
91,10	Sal.
92,20	Anhidrita con algo de sal.
93,15	Sal y anhidrita.
94,20	Anhidrita y sal.
97,25	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
97,40	Anhidrita.
99,25	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
99,65	Sal.
100,35	Anhidrita y sal.
0,90	Sal y anhidrita.
1,40	Anhidrita.
1,50	Sal.
1,85	Anhidrita.
4,20	Sal y anhidrita.
5,35	Sal y una capa de anhidrita de 1 centímetro (60°).
5,90	Anhidrita.
7,50	Sal y anhidrita.
8,25	Anhidrita y sal.
9	Sal y anhidrita.
9,70	Marga, anhidrita y sal en capas onduladas.
10,40	Sal y anhidrita.
12,10	Anhidrita con capas estrechas de sal.
12,55	Sal con capas estrechas de anhidrita.
12,75	Anhidrita (50°).
13,80	Anhidrita con sal en capas.
14,05	Sal.
14,35	Anhidrita con capas delgadas de marga.
14,95	Sal en capas de 4 a 15 centímetros, y anhidrita en capas de 3 a 8.
15,85	Marga pizarrosa con capas estrechas de anhidrita, y una laja de sal roja (85°).
16,15	Anhidrita.
18,15	Sal y anhidrita en capas estrechas.

De 1.018,15 a 1.018,35	Anhidrita.
19,15	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
20,05	Anhidrita con poca sal.
20,25	Sal con algo de anhidrita.
20,55	Anhidrita y marga en capas.
22,30	Sal y anhidrita en capas estrechas (50 a 90°).
23	Anhidrita y marga en capas estrechas (75°).
23,50	Sal y anhidrita en capas y mezcladas.
23,90	Anhidrita (65°).
24,70	Sal con capas estrechas de anhidrita.
25	Anhidrita.
27	Sal con anhidrita mezclada y en capas estrechas.
27,20	Anhidrita con algo de sal.
27,60	Sal con capas de anhidrita de 2 a 6 centímetros (20 a 25°).
27,90	Marga con capas estrechas de anhidrita.
28,30	Sal rosada con marga y anhidrita.
28,60	Anhidrita con capas estrechas de marga.
28,95	Anhidrita con sal rosada.
29,15	Sal.
29,45	Anhidrita.
29,95	Sal con capas estrechas de anhidrita.
30,30	Anhidrita.
30,55	Sal y anhidrita mezcladas.
30,75	Anhidrita con algo de sal.
31,05	Sal.
31,40	Anhidrita con algo de sal (40°).
33,05	Sal cristalizada con capas estrechas de anhidrita (20°).
33,55	Sal cristalizada.
33,85	Anhidrita con algo de sal.
35,15	Sal cristalizada con capas estrechas de anhidrita (50°).
35,55	Anhidrita con algo de sal (50°).
35,85	Sal cristalizada, una capa estrecha de anhidrita (70°).
36,20	Sal con anhidrita (70°).
37,20	Anhidrita con algo de sal.
38,30	Anhidrita y sal cristalizada (70°).
45	Marga gris con anhidrita en rayas onduladas y blancas y algunos ojos de sal (90°).
47,30	Sal con poca anhidrita (85°).
48,15	Anhidrita con algunos ojos de anhidrita blanca.
48,60	Anhidrita con una capa de anhidrita blanca.
49,20	Sal cristalizada con anhidrita (70°).
49,70	Anhidrita y sal.
52,60	Sal cristalizada.
55,95	Anhidrita.
59,20	Sal cristalizada.
63,65	Sal cristalizada con una capa de 2 milímetros de anhidrita (80°).

De 1.163,65 a 1.164,20	Sal cristalizada y anhidrita (80°).
65,10	Sal morena con una capa de 1 centímetro de anhidrita (70°).
68,95	Sal cristalizada con una capa de anhidrita (60°).
73,40	Anhidrita con algo de sal (80°).
73,75	Sal con anhidrita.
77,35	Sal con dos capas de anhidrita (60°).
83,60	Sal cristalizada con capas estrechas de anhidrita (85°).
85,10	Sal con anhidrita en capas estrechas (85°).
85,40	Sal.
85,70	Sal con una capa de anhidrita de 2 centímetros (70°).
85,78	Sal con dos capas de anhidrita (15°).
87,90	Sal con anhidrita en capas onduladas.
88,10	Sal.
89,05	Sal con una capa de anhidrita (85°).
91,35	Sal con una capa de anhidrita (60°).
92	Sal cristalizada (85°).
94,20	Sal con anhidrita en capas onduladas.
95	Sal cristalizada (90°).
95,15	Sal con anhidrita en capas y mezcladas (15°).
95,35	Anhidrita (15°).
95,50	Sal con capas estrechas de anhidrita (15°).
95,65	Sal.
96	Anhidrita (5°).
96,65	Sal cristalizada con algo de anhidrita.
96,75	Anhidrita horizontal.
96,85	Sal.
97,45	Sal con anhidrita (40 a 60°).
98	Sal con una capa de anhidrita (60°).
99,35	Sal con una capa de anhidrita que no es seguida.
204,20	Sal cristalizada con capas de anhidrita de 1 centímetro (60°).
5,25	Sal cristalizada con capas de anhidrita (60°).
6,05	Sal con capas de anhidrita de 1 a 3 centímetros (40°).
6,90	Anhidrita y marga en capas estrechas con algo de sal.
7,05	Sal cristalizada.
8,45	Marga pizarrosa gris con una capa de sal rosada de 0,5 centímetros (40°).
8,80	Anhidrita con capas estrechas de marga (40°).
9,05	Marga con algo de anhidrita.
9,40	Anhidrita (40°).
9,50	Anhidrita y marga en capas estrechas (40°).
9,80	Sal cristalizada.
10,10	Anhidrita con capas estrechas de marga (40°).
15,45	Sal cristalizada con capas de anhidrita de 3 centímetros (40°).

## Estudio del grado geotérmico en el sondeo de Torá.

Se utilizaron para tomar las temperaturas termómetros de máxima fija, de columna quebrada, de varilla maciza, divididos en medios grados hasta 110 grados.

Para preservar a los termómetros de las fuertes presiones a que tenían que estar sometidos, iban dentro de unas cajas de varilla de acero, taladradas, cerradas en sus dos extremos por tapas roscadas.

El diámetro de las cajas era tal, que permitía su paso por el interior de las barras de la sonda, pero no por las entalladuras que tienen para el ajuste de las llaves. Dentro del manguito que une dos barras, y entre sus entalladuras, van colocadas las cajas. Para evitar el movimiento de éstas dentro de las barras, se pusieron unos tacos de madera metidos a presión.

Con objeto de disminuir la presión del agua en el interior de la sonda al bajarla al pozo, se pusieron algunos manguitos taladrados que permitían la salida del agua.

Como comprobación, y no pudiéndose colocar dos termómetros juntos, se pusieron en los extremos de una misma barra, separados los dos primeros 5 metros y los demás 7,50 metros, por ser ésta la longitud de las barras más apropiadas al trabajo.

La separación entre cada dos parejas de termómetros fué aproximadamente de 100 metros.

Como había que dejar la sonda en reposo y sin circulación de agua, fué necesario dejar los últimos metros del pozo para que sedimentaran los barros en suspensión en el agua. El termómetro número 1 quedó a los 1.191,68 metros, dejándose para la sedimentación 23,77 metros.

No se hizo la división del pozo en columnas, por lo difícil y costoso de este trabajo y por considerar que el error por circulación del agua por diferencia de temperatura era seguramente inferior a los debidos al método operatorio.

Se empezaron a colocar los termómetros a las 10,30 de la mañana del día 10 de Noviembre de 1922; se empezaron a sacar a la una de la tarde del 12 de Noviembre, quedando toda la sonda fuera, a las 3,20. Estuvieron, pues, los termómetros colocados en sus niveles cuarenta y ocho horas, tiempo juzgado suficiente para que los termómetros tomasen la temperatura del terreno por conducto del agua de la sonda, de las barras y, por último, de las cajas.

No se pueden explicar las anomalías observadas por corrientes de agua a distinta temperatura, por estar los termómetros colocados en la sal. Tampoco pueden explicarse las diferencias por disoluciones de sal, por estar el agua de la sonda saturada. Podrían explicarse por desprendimientos de gases, pero lo más prudente es considerarlas como errores en la operación, pues una sacudida brusca, inevitable en el manejo de la sonda, puede afectar a los termómetros.

Tomando como buenos los datos de los termómetros 20 - 19, 18 - 17, 10 - 9, el 8 con 45°, el 4 y el 1, y relacionándolos entre sí, dan los siguientes grados geotérmicos:

Número de los termómetros	Grados geotérmicos	Número de los termómetros	Grados geotérmicos	Número de los termómetros	Grados geotérmicos
20 - 17	37,82	20 - 9	26,82	20 - 8	28,63
20 - 4	28,60	20 - 1	29,47	18 - 9	24,85
18 - 8	27,16	18 - 4	27,19	18 - 1	28,92
10 - 8	36,54	10 - 4	29,79	10 - 1	32,35
8 - 4	27,28	8 - 1	31,21	4 - 1	41,76

El grado geotérmico medio es de 30,55 metros.

SONDEO DE TORÁ.—TEMPERATURAS

Número del termómetro	Cotas — Metros	TEMPERATURAS		Diferencia de cotas — Metros	Diferencia de temperatura — Grados	OBSERVACIONES
		Antes — Grados	Después — Grados			
20	189,68	17	22	7,50	25	Comprobada la pareja de termómetros 15-16, marcaban en agua a 25°...25,5 y 24,5, y con agua a 50°, 51° y 48°.
19	197,18	17-50	22-25	107,92	2-75	
18	305,10	16-50	25	7,50	25	
17	312,60	17	25-25	97,10	1-25	
16	409,70	18	26-15	7,50	6-50	
15	417,20	16-50	26-15	110,23	3-50	
14	527,43	17	36-5	7,48	— 1	
13	534,91	16	35-50	96,14	3-50	
12	631,05	16	39	7,50	1-75	
11	638,53	18	40-75	100,16	1-75	
10	738,71	15-50	42	7,50	75	Comprobada la pareja 7-8, dieron para agua a 25° — 26°5 y 25,25, y para agua a 50° — 55° y 49, 26. Se puede tomar como temperatura del 8 — 45°.
9	746,21	17	42-75	102,12	2	
8	848,33	16	44-75	7,50	4-75	
7	855,83	18	49-50	97,81	— 1	
6	953,64	17-50	48-50	7,50	25	
5	961,14	17	48-75	105,25	4,25	
4	1.066,39	16	53	15,05	— 35	
3	1.081,44	18	18	105,23	43	
2	1.186,68	19	61	5	— 5	
1	1.191,68	18-50	56			

MES DE ABRIL DE 1922

202

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Entubar Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	>	>	>	>	>	>	>	>
2	>	>	>	>	>	>	>	>
3	>	>	>	>	>	>	>	>
4	>	>	>	>	>	>	>	>
5	>	>	>	>	>	>	>	>
6	>	>	>	>	>	>	>	>
7	>	>	>	>	>	>	>	>
8	>	>	>	>	>	>	>	>
9	>	>	>	>	>	>	>	>
10	>	>	>	>	>	>	>	>
11	>	>	>	>	>	>	>	>
12	>	>	>	>	>	>	>	>
13	>	>	>	>	>	>	>	>
14	>	>	>	>	>	>	>	>
15	10	>	>	>	>	5	>	>
16	>	>	>	>	>	5	10	350
17	>	>	>	>	>	>	>	>
18	17	1	>	12	>	>	>	>
19	17	3	4	24	6	16,60	26,60	276
20	16	1	7	>	>	20,10	46,70	>
21	17	4	3	>	>	16,05	62,75	>
22	18	6	>	>	>	16,20	78,95	>
23	>	>	12	12	>	12,50	91,45	>
24	14	>	10	>	>	11,35	102,80	>
25	10-45	5	8-15	>	>	10,70	114,50	>
26	6	7	11	>	>	8,60	117,10	>
27	14-30	4-30	9-30	>	>	8,75	125,85	>
28	10-30	2	9	>	>	5,50	131,35	>
29	12	>	10	12	>	9,30	140,65	>
30	>	>	12	>	>	>	>	>
31	162-45	33-30	95-45	84	8	140,65	>	>

MES DE MAYO DE 1922

203

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Falta agua Horas	Avances Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	14	10	>	>	>	10,30	150,95	276
2	17	>	7	>	>	14,85	165,80	>
3	19	>	5	>	>	11,90	177,70	>
4	6	11	7	>	>	4,90	182,60	>
5	17	1	6	>	>	9,65	192,25	>
6	>	>	24	>	>	>	>	>
7	>	>	12	12	>	>	>	>
8	2	6	16	>	>	1,30	193,55	>
9	14	4	>	>	6	7,20	200,75	>
10	10	14	>	>	>	4,60	205,35	>
11	2	22	>	>	>	1,20	206,55	>
12	20	>	>	>	4	12,10	218,65	>
13	11	13	>	>	>	4,85	223,50	>
14	>	>	12	12	>	>	>	>
15	1	19	4	>	>	0,40	223,90	244
16	18	6	>	>	>	10,05	233,95	>
17	13-30	>	10-30	>	>	6,65	240,60	>
18	24	>	>	>	>	12,55	253,15	>
19	8	4	12	>	>	4,45	257,60	>
20	12	7	>	>	5	5,15	262,75	>
21	>	>	12	12	>	>	>	>
22	17	>	7	>	>	6,75	269,50	>
23	16	2	>	>	6	6,15	275,65	>
24	15	4	>	>	5	6,50	282,15	>
25	>	>	12	12	>	>	>	>
26	16	>	>	>	9	8,65	290,80	>
27	6	>	10	>	8	2,90	293,70	>
28	>	>	24	>	>	>	>	>
29	16-50	1-30	1	>	4-40	7,20	300,90	211
30	4	>	20	>	>	2,80	303,10	>
31	13	>	11	>	>	7,30	310,40	>
	312-30	124-30	212-30	48	47-40	169,75	>	>





MES DE AGOSTO DE 1922

206

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averias Horas	Fiestas Horas	Falta agua, carbón, etc. Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Díametro Milímetros
1	8	1	»	»	15	5,05	6	556,20	156
2	»	»	»	»	24	»	»	»	»
3	»	»	»	»	24	»	»	»	»
4	16-30	1	»	»	»	»	»	564,20	»
5	3-30	2-30	18	»	7	0,70	8,70	564,90	»
6	»	»	»	24	»	»	»	»	»
7	16-30	5-30	2	»	»	11,50	9,60	576,40	»
8	19	5	13-30	»	»	5,75	9,75	587,70	»
9	10-30	»	21	»	»	3	7,85	598,45	»
10	3	2	12	»	»	3,75	5,15	596,45	»
11	10	6-30	»	»	»	10,40	14,15	600,20	»
12	17-30	»	»	24	»	»	»	610,60	»
13	»	7	12	»	»	2,10	0,30	»	»
14	5	3	5-30	»	»	7,75	9,50	612,70	»
15	15-30	»	»	24	»	»	»	630,45	»
16	»	5-30	»	»	»	11,80	9,30	632,25	»
17	18-30	7-15	»	»	»	11,75	9	644	»
18	16-45	4	14	»	»	1,95	7,20	645,95	»
19	6	»	»	24	»	»	»	»	»
20	15	9	»	»	»	6,90	6,90	652,85	»
21	17-45	6-15	»	»	»	12,35	5,30	665,10	»
22	17	7	»	»	»	12	18,10	677,10	»
23	20-30	3-30	»	»	»	10	9,40	687,10	»
24	15-15	0-45	8	»	»	6,80	»	693,90	»
25	»	2	22	»	»	»	7,70	»	»
26	»	»	»	24	»	»	»	»	»
27	»	5-30	9-30	»	»	6,70	3,10	700,60	»
28	19-30	4-30	»	»	»	14	17,60	714,60	»
29	11-30	1-30	11	»	»	9,45	9,45	724,05	»
30	18-45	5-15	»	»	»	15,65	9,30	739,70	»
31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	310	95-30	148-30	120	70	188,85	182,85		

MES DE SEPTIEMBRE DE 1922

207

Días	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averias Horas	Fiestas Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Díametro Milímetros
1	3-30	1-30	»	19	2,75	9,10	742,45	156
2	»	»	»	24	»	»	»	»
3	»	»	»	24	»	»	»	»
4	17-15	6-45	»	»	16,75	9,10	759,20	»
5	15 15	8-45	»	»	18,90	18,20	778,10	»
6	13-45	10-15	»	»	10,50	18,85	788,60	»
7	19	5	»	»	11,15	9,20	799,75	»
8	20-15	3-45	»	»	16,55	9,20	816,30	»
9	4	8-30	11-30	»	2,75	12,05	819,05	»
10	»	»	»	24	»	»	»	»
11	19	5	»	»	17,35	9,15	836,40	»
12	2	3	19	»	1,15	9,35	837,55	»
13	12	4-30	7-30	»	10,70	6	848,25	»
14	19-30	4-30	»	»	14,05	9,20	862,30	»
15	6-30	7-30	10	»	5,15	14,70	867,45	»
16	»	»	24	»	»	»	»	»
17	»	»	24	»	»	»	»	»
18	»	»	24	»	»	»	»	»
19	13	4-15	6-45	»	13,60	9	881,05	»
20	19-30	4-30	»	»	11,30	9,10	892,35	»
21	13-30	10-30	»	»	11,65	18,20	904	»
22	20	4	»	»	18,55	9,15	922,55	»
23	16	8	»	»	9,25	18,65	931,80	»
24	9	»	»	24	»	»	»	»
25	9	2	13	»	7,05	16,35	938,85	»
26	16-30	7-30	»	»	16,15	18,35	955	»
27	15	9	»	»	11,50	18,35	966,50	»
28	18	6	»	»	18,40	18,40	984,90	»
29	11	7	6	»	12,70	9,30	997,60	»
30	15	9	»	»	10,45	13,95	1.008,05	»
	318-30	140-45	145-45	115	268,35	274,55		

MES DE OCTUBRE DE 1922

Dias	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías y reparaciones Horas	Fiestas Horas	Preparación e inyección Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	»	»	»	24	»	»	»	»	»
2	15	9	»	»	»	15,35	6,85	1.023,40	»
3	11-30	12-30	»	»	»	7,45	12,70	1.030,85	156
4	4	2	4	»	14	3,45	3,80	1.034,30	»
5	»	»	»	»	24	»	»	»	»
6	8	7	»	»	9	7,30	»	1.041,60	»
7	13	11	»	»	»	12,25	14,55	1.053,85	»
8	3	3	»	18	»	2,15	7,15	1.056	»
9	13	6	5	»	»	14,30	7,50	1.070,90	»
10	13	11	»	»	»	12,75	12,75	1.082,85	»
11	5-30	8	10-30	»	»	6,10	12,80	1.089,05	»
12	»	»	24	»	»	»	»	»	»
13	»	»	24	»	»	»	»	»	»
14	»	»	24	»	»	»	»	»	»
15	»	»	»	24	»	»	»	»	»
16	7-30	»	12	»	»	6,35	»	1.095,40	»
17	4	4-30	20	»	»	4,25	8,15	1.098,65	»
18	17	7	»	»	»	10,75	8,15	1.110,40	»
19	12-30	11-30	»	»	»	7,15	9,05	1.117,55	»
20	4-30	4-30	15	»	»	2,50	5,65	1.120,05	»
21	»	»	24	»	»	»	»	»	»
22	13-30	10-30	»	24	»	»	»	»	»
23	8	»	16	»	»	8,95	6	1.129	»
24	13	11	»	»	»	3	2,45	1.132	»
25	17-15	4	2-45	»	»	6,70	2,55	1.138,70	»
26	19	5	»	»	»	6,10	7	1.144,80	»
27	15	9	»	»	»	9,80	9,15	1.154,60	»
28	»	»	»	»	»	9,60	15,95	1.164,20	»
29	9-30	14-30	»	»	»	»	»	»	»
30	9-30	14-30	»	»	»	7,55	»	1.171,75	»
31	»	»	»	»	»	5,60	9,40	1.177,35	»

MES DE NOVIEMBRE DE 1922

Dias	Perforado Horas	Maniobra Horas	Averías Horas	Fiestas Horas	Temperaturas Grados	Taponado Horas	Avances Metros	Testigos Metros	Profundidad total Metros	Diámetro Milímetros
1	3	»	21	»	»	»	2	3,75	1.179,35	156
2	14	10	»	»	»	»	8,35	3,55	1.187,70	»
3	12-45	11-15	»	»	»	»	8,10	4,15	1.195,80	»
4	4-45	6	13-15	»	»	»	2,95	8,45	1.198,75	»
5	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
6	1	8-30	»	14-30	»	»	1,25	1,25	1.200	»
7	10	14	»	24	»	»	9,65	9,65	1.209,65	»
8	2	22	»	»	»	»	1,80	1,80	1.215,45	»
9	»	»	»	12	12	»	»	»	»	»
10	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
11	»	»	»	12	12	»	»	»	»	»
12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
13	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
14	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
15	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
16	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
17	»	»	»	»	»	24	»	»	»	»
18	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
22	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
26	»	»	»	24	»	»	»	»	»	»
27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
30	47-30	71-45	34-15	158-30	24	384	34,10	32,60	»	»

## SONDEO DE TORÁ

M E S E S	Perforado — Horas	Maniobra — Horas	Averías y reparaciones — Horas	Fiestas — Horas	Entubar — Horas	Falta agua, carbón, etc. — Horas	Preparación, rotación e inyección — Horas	Taponado — Horas	Avances — Metros	Testigos — Metros
Abril.....	162-45	33-30	95-45	84	8	47-40			140,65	
Mayo.....	312-20	124-30	212-30	48	27	2	120		139,75	58,90
Junio.....	194-20	56-40	224	96		49-30	58		99,10	140,15
Julio.....	325-05	88-15	79-10	144		70			141,65	182,85
Agosto.....	310	95-30	148-30	120			47		188,55	274,55
Septiembre.....	318-30	140-45	145-45	115					268,35	161,60
Octubre.....	236-15	165-30	181-15	114				384	169,40	32,60
Noviembre.....	47-30	71-45	34-15	158-30	35	169-10	225		34,10	
<i>Sumas.....</i>	1.906-35	776-25	1.121-10	879-30					1.211,55	880,65
Diferencia.....									3,90	31,40
<b>TOTAL.....</b>									<b>1.215,45</b>	<b>888,15</b>

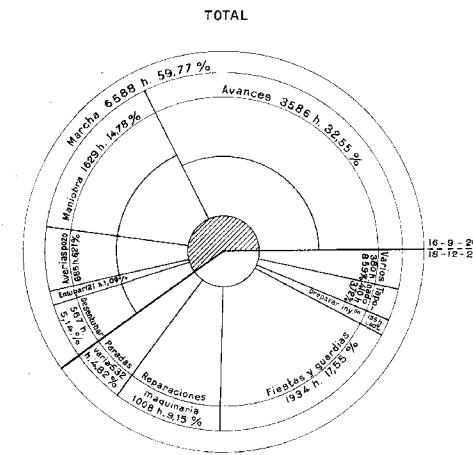
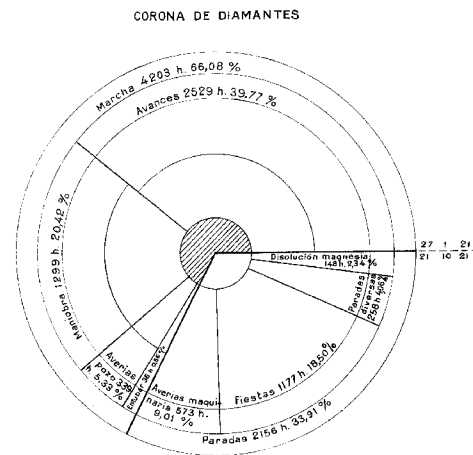
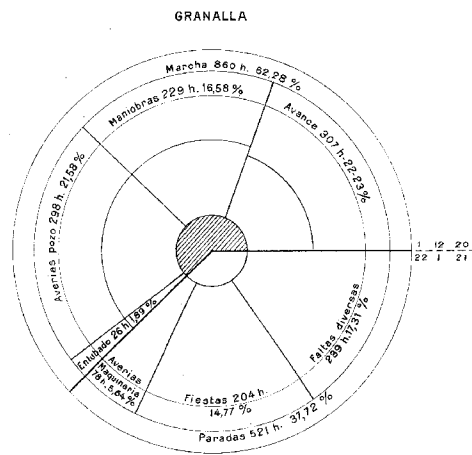
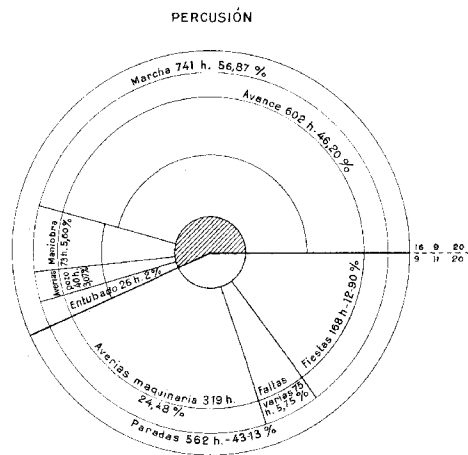




# INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPAÑA.

## SONDEO DE CARDONA.

### DISTRIBUCION DEL TIEMPO EMPLEADO.



# INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

## SONDEO DE CASTELLFULLIT

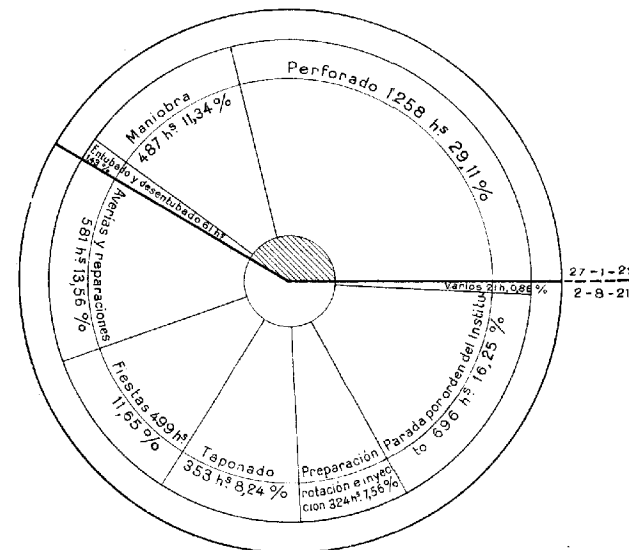
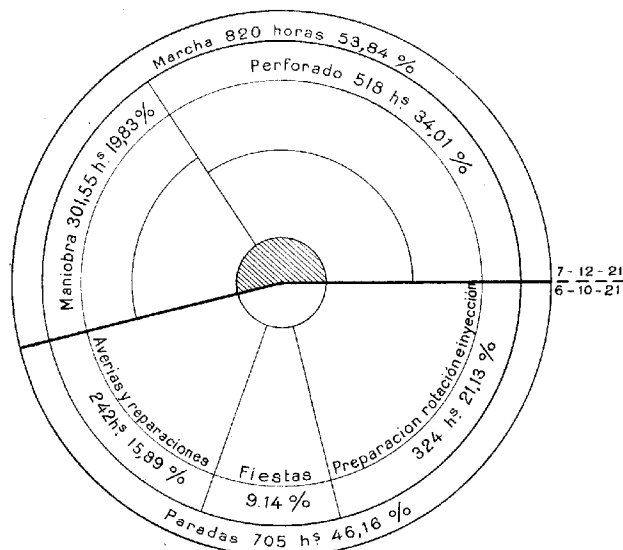
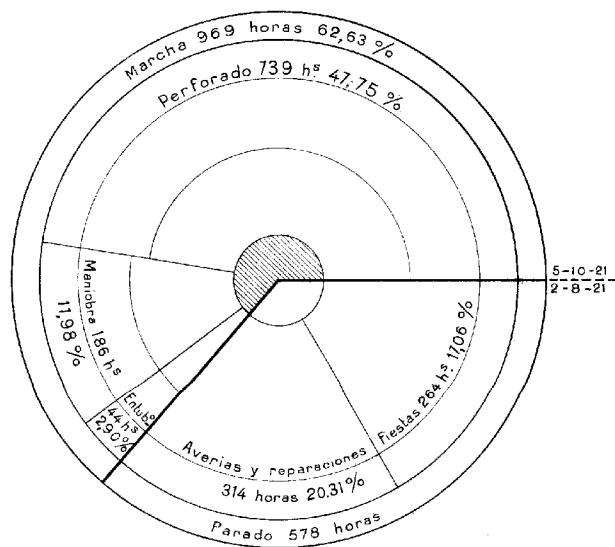
### DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EMPLEADO



PERCUSIÓN

ROTACION

TOTAL



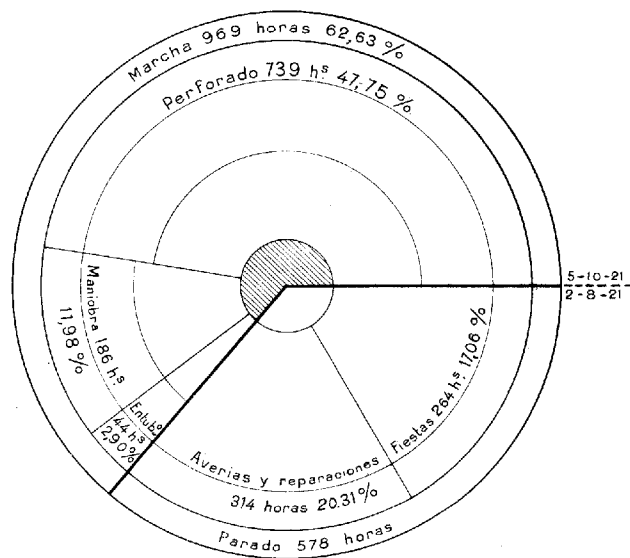
# INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

## SONDEO DE CASTELLFULLIT

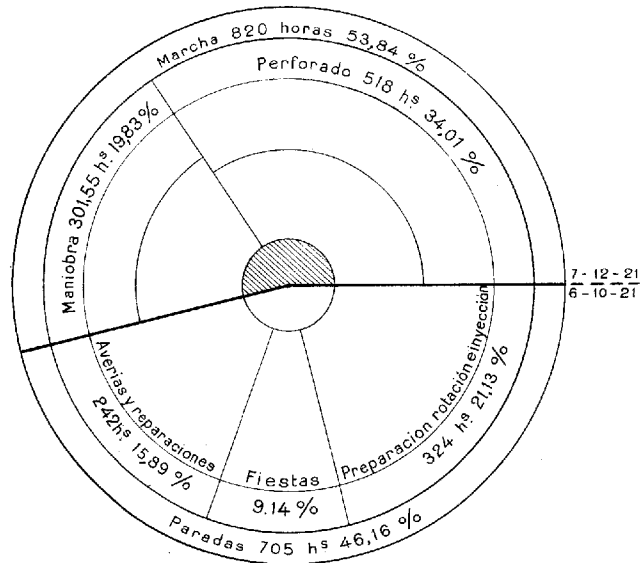
### DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO EMPLEADO



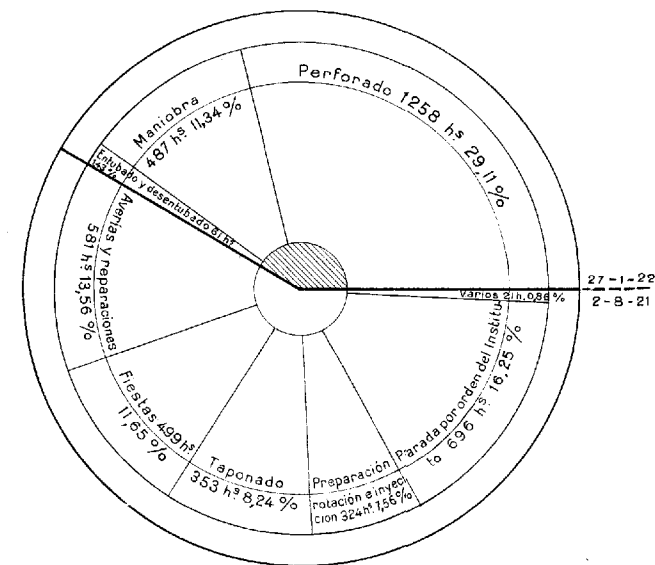
PERCUSIÓN



ROTACIÓN



TOTAL





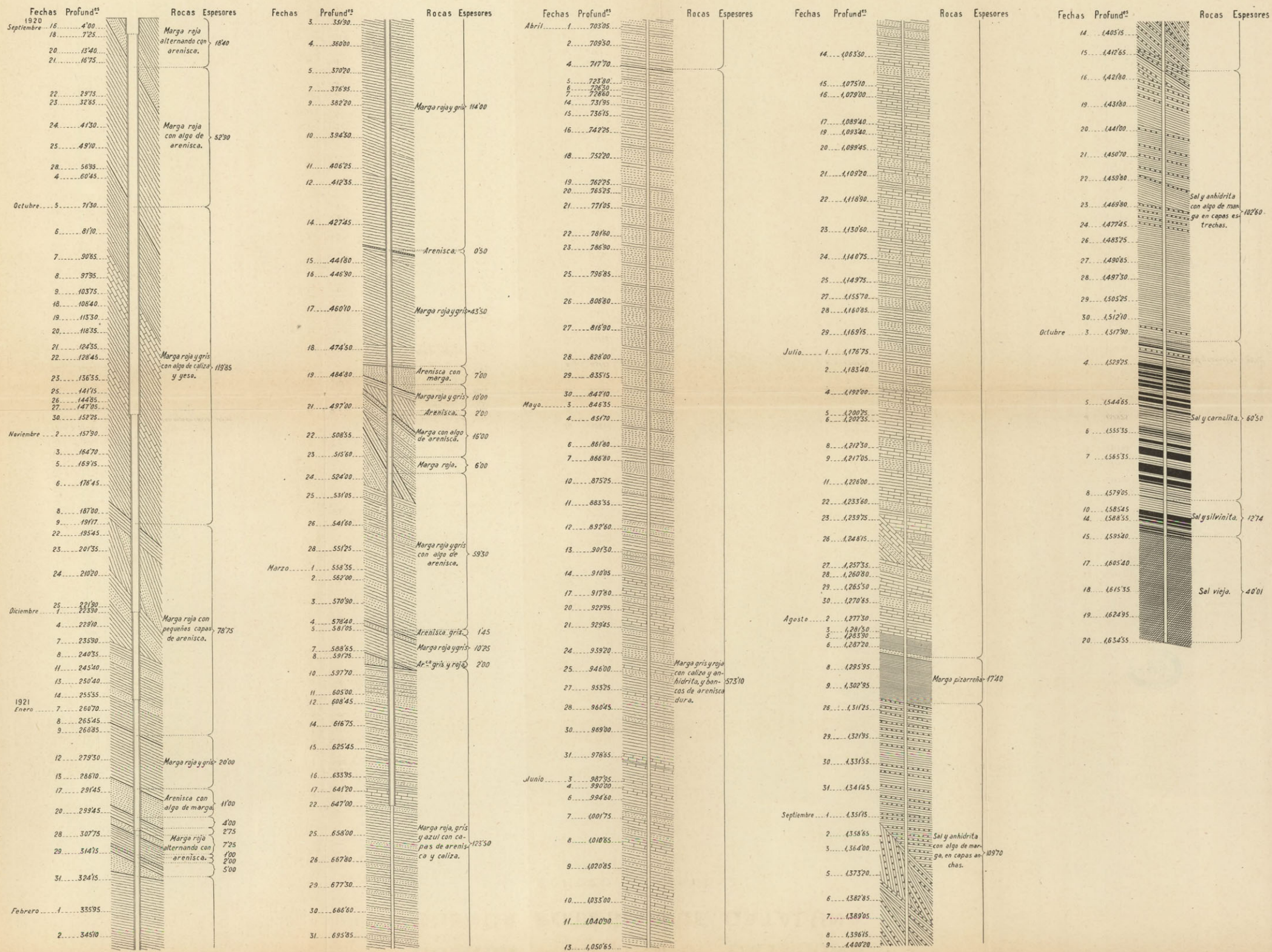


# CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

## SONDEO DE CARDONA



Escala de Alturas 1:1000  
Horizontales 1:100



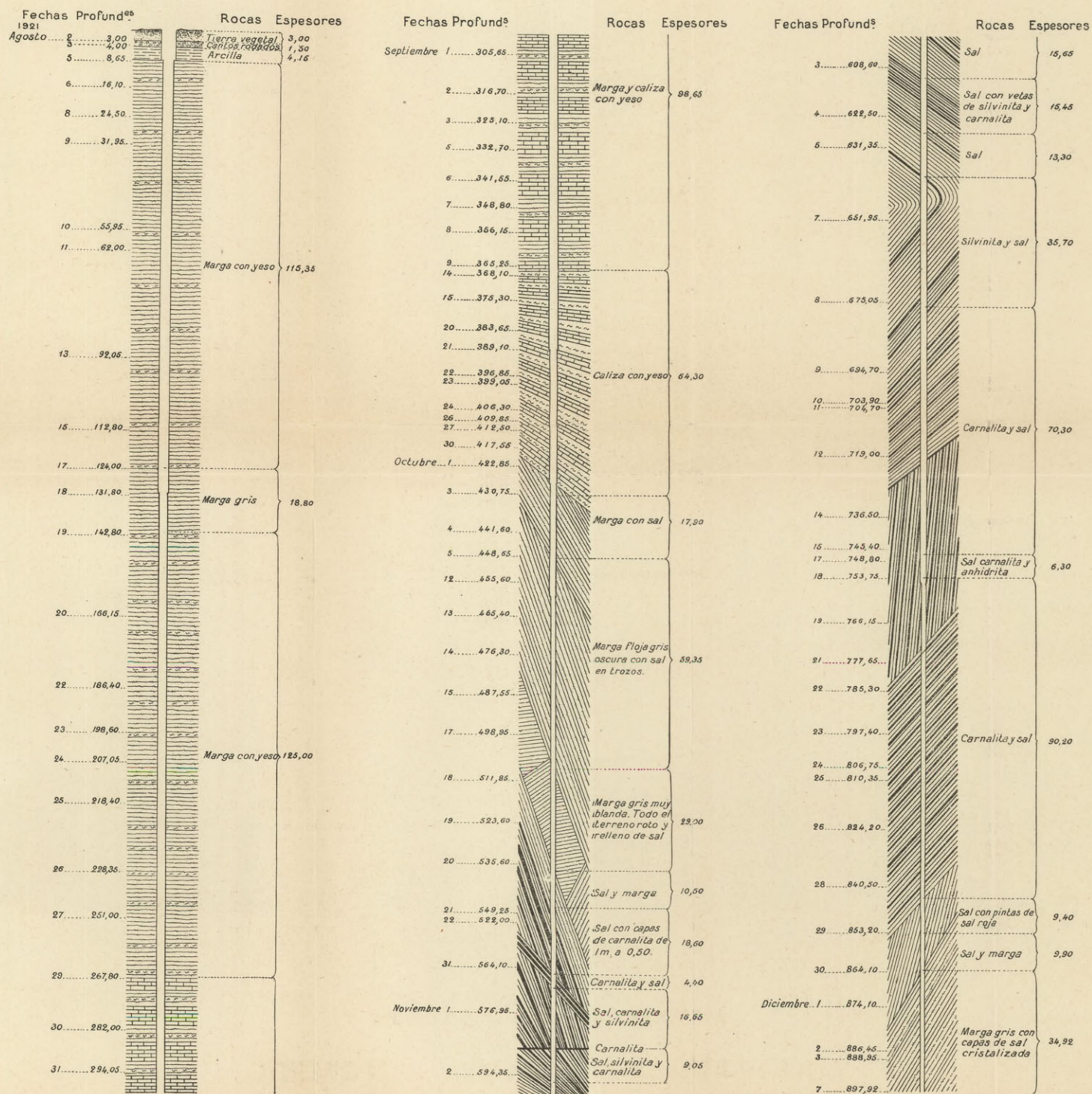


## CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

## SONDEO DE CASTELLFULLIT



Escala de } Alturas 1:1000  
 Horizontales 1:100

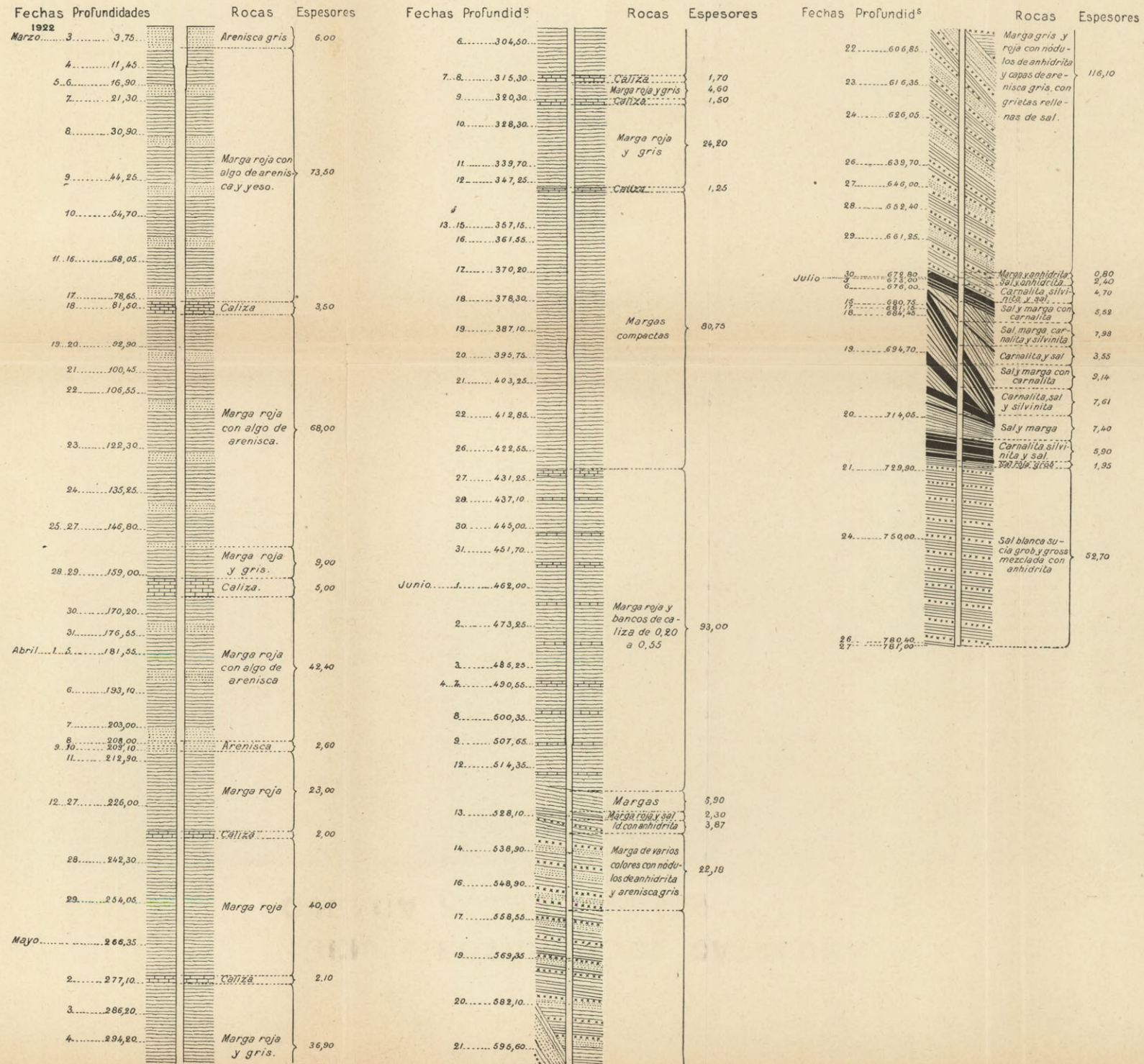




## CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

## SONDEO DE BALSARENY

Escala de  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Alturas} \quad 1:1000 \\ \text{Horizontales} \quad 1:100 \end{array} \right.$









**ANÁLISIS MICROSCÓPICO**  
DE LOS  
**FOSFATOS DEL NORTE DE ÁFRICA**  
**Y DEL LEVANTE DE ESPAÑA**  
POR  
**D. PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO**  
Ingeniero de Minas.

# ANÁLISIS MICROSCÓPICO

DE LOS

## FOSFATOS DEL NORTE DE ÁFRICA Y DEL LEVANTE DE ESPAÑA <sup>(1)</sup>

Al dar a conocer al Congreso estas notas sobre análisis de los fosfatos africanos, nos guían varios propósitos: desde luego, contribuir al bien orientado estudio de los geólogos argelinos y evitar se pierdan en ese concepto observaciones, siquiera sean modestas, sobre material tomado *in situ*. Nos anima también a hacerlo la escasez de literatura sobre datos microscópicos, dentro de la ya abundante bibliografía sobre fosfatos térreos. Por fin, nos mueve en el mismo sentido la conclusión esquemática respecto a la identidad a que nos llevan los restos orgánicos en formaciones que abarcan distintamente del eoceno medio al cretáceo superior, y en depósitos tan separados y repartidos como los de Egipto; Gafsa, en Túnez; Tebessa, Borj-Redir, Boghari, en Argelia, y el Levante de España; bien es verdad que esta sola enumeración dibuja el cordón terrígeno del antiguo mar fosfatífero, sin necesidad de revelaciones micropaleontológicas.

(1) Un extracto de esta nota fué presentado en el Congreso Geológico Internacional de Bruselas. 1922.

## YACIMIENTOS DE GAFSA (TÚNEZ)

**Preparaciones de Redeyef. Gafsa, Túnez. (Fot. 1.<sup>a</sup>).**

Reunión de granos casi en contacto, de aspecto claramente detrítico. Son en su mayoría redondeados, mezclados con otros trocitos muy alargados, restos frecuentemente de huesos y dientes. Las dimensiones de los granos, verdaderos cantos rodados, varían de 2 décimas de milímetro a 1 milímetro, y por excepción llegan a 1,5 y 2 milímetros; las secciones alargadas gruesas, de 1/2 a 1 ó 2 décimas de milímetro, alcanzan varios milímetros de longitud. A la luz transmitida natural, tiene un tono pardo algo acaramelado, no distinguiéndose el tono negro, que macroscópicamente caracteriza este fosfato, más que en algunos cantos gruesos muy cargados de materia orgánica. Con la luz reflejada el tono también es pardo claro, sobre todo en el cemento que enlaza los granos, y muchos de éstos se señalan como manchas blanquecinas.

No se aprecia disposición fluidal, sino que se mezclan de un modo confuso todos los cantos y restos óseos.

Formas completamente redondeadas son más bien escasas, y éstas, lo mismo que otras menos circulares, adoptan o no tendencia oolítica. Esta textura está iniciada en muchos de los granos pequeños, pero en realidad el concentrismo carece de complicación, y dentro del grano pardo acaramelado de fosforita se marcan, cuando más, de una a dos coronas de diferente espesor, y señaladas por el tono sucio de la mayor concentración de materia oscura; en general la parte más clara es exterior, pero se dan muchos casos de ser más confusas y oscuras las coronas o aureolas exteriores. Otros cantos redondeados, entre los que se suelen



Fot. 1

FOSFATO DE METLAUI (GAFSA) TUNEZ.



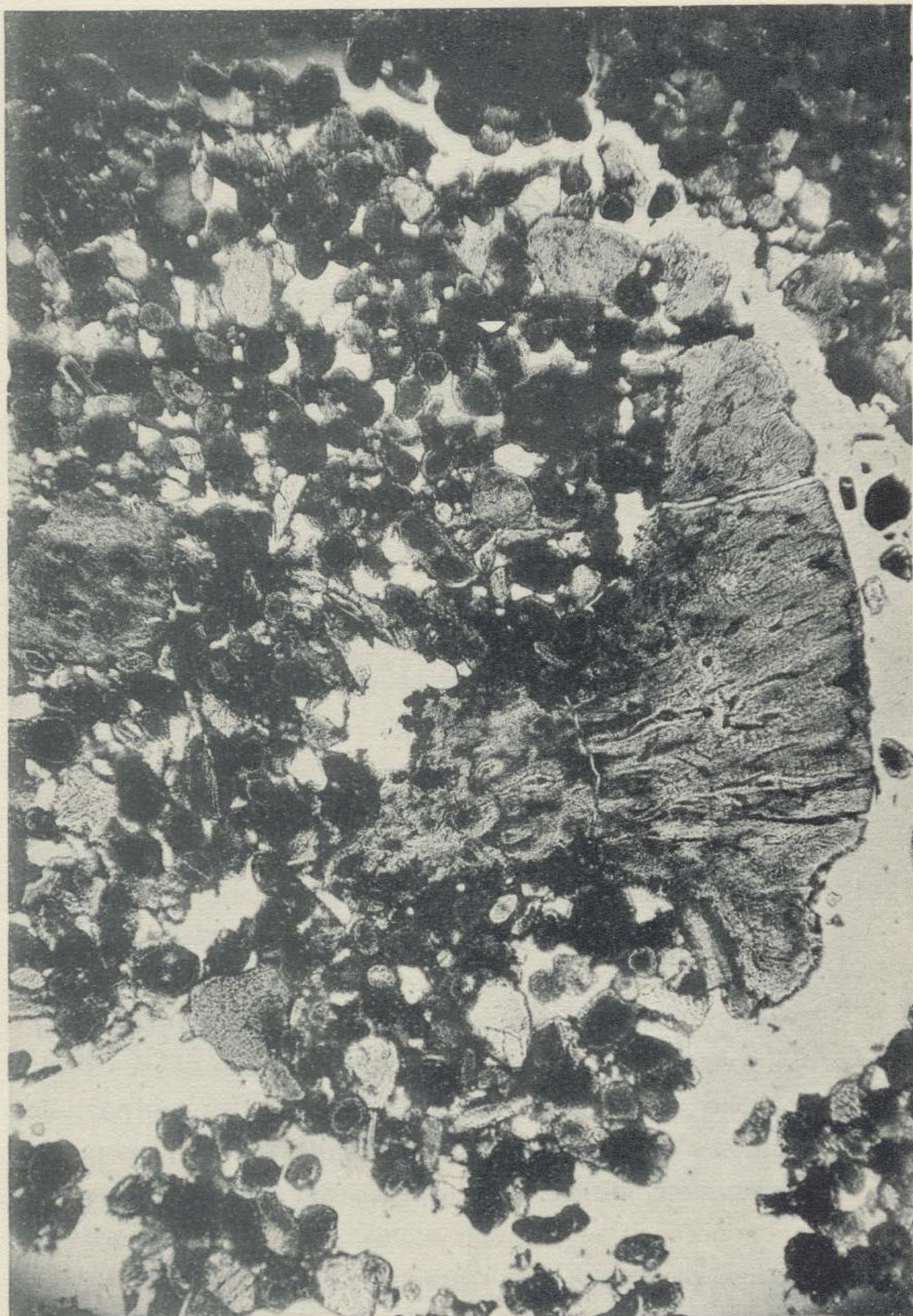
Capa 1.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 45 diámetros.  
 Conjunto de granos fosfatados con alguna tendencia oolítica  
 Un trozo de hueso con osteoblastos.





Fot. 1

FOSFATO DE METLAUI (GAFSA) TUNEZ.



Capa 1.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 45 diámetros.  
Conjunto de granos fosfatados con alguna tendencia oolítica.  
Un trozo de hueso con *osteoblastos*.



encontrar los mayores, son de tono gris negruzco uniforme y a veces casi negros, con algunas líneas como las de concentración producidas por desecación sobre materia uniforme.

Los elementos alargados tienen formas más variadas, entre las que dominan las de limitaciones rectas y paralelas al sentido de longitud y con trozos de materia parda sucia, subrayando enérgicamente en el interior el paralelismo de las superficies laterales; estas disposiciones llegan a ser de estriado muy fino, y aunque por lo general no se distingue en ellas tejido óseo marcado, sí llaman desde luego la atención como restos orgánicos; en su mayoría se trata de dientes, sirviendo de confirmación la escala de tránsitos hasta las puntas agudas de *odontaspis*, otras de *lamnas*, con sus picos exteriores, y algunas de *carcharodon*, con los bordes en forma de sierra.

A la luz polarizada, no da reacción óptica ninguno de los granos redondeados de fosforita, y sobre el fondo casi negro que produce el predominio de esa substancia, se destacan en tonos argentados azulados los restos orgánicos alargados, mineralizados en fosfato y carbonato de cal, que dan una extinción rodante y sedosa en general. Entre los restos detríticos también resaltan por su transparencia algunos granos de cuarzo.

El cemento, que en las luces naturales transmitida y reflejada apenas tenía presentación manifiesta, se ofrece a la polarizada en tonos azulados y amarillentos claros, producidos por los residuos sumamente diminutos en los coprolitos en fosforita y los procedentes de la apatita de las partes orgánicas.

En sitios escasos, el conjunto recuerda por sus tonos y reflejos a la caolinita y hasta alguna calcita. Con aumentos hasta 50 y 100 diámetros, se descubre mayor organización en los restos de apatita, pareciendo muchos de ellos es-

camas con estriado muy fino curviforme, y otros, restos óseos con celdillas. También se encuentran agrupaciones decididamente de calcita.

**Capa 1.<sup>a</sup> de Metloui, Túnez.** (Fot. 2.<sup>a</sup>). — La clase buena de esta capa parece tener los granos de fosfato más unidos unos a otros, y más pequeños que en las otras menas de esta zona. Los granos, siempre redondeados y del mismo tono pardo acaramelado, varían en general de 1 a 3 décimas de milímetro, y, casi en contacto, llenan la superficie de las preparaciones.

Los grandes cantos y cuerpecillos óseos llegan a pasar de 1 milímetro en sus dimensiones.

A la luz natural reflejada, todos los granos son blanco sucios, con el centro más confuso que la corona exterior. Muchos de ellos tienen el aspecto de coprolitos, como puede comprobarse en los de mayor tamaño, de forma cilindroide alargada, con las inflexiones poco marcadas propias de estos cuerpos. En ninguna de las preparaciones examinadas hemos apreciado el aspecto fluidal. Aunque no faltan, escasean mucho más los cuerpecillos alargados, dominando los redondos casi esféricos; en cuanto a los restos óseos, tienen formas completamente arbitrarias. Es de notar que muchos de los granos, aunque redondos ligeramente alargados, tienen una especie de canal o zona recta más clara en el sentido de su longitud; después de examinar muchas de estas secciones, nos decidimos por suponer que se trata de dientes desgastados y reducidos al mínimo de su eje. La tendencia a la textura oolítica es muy elemental, y se reduce a la corona exterior en los granos redondeados, marcada por menor concentración de materia.

Entre los restos organizados vemos algunos con un punteado sumamente fino y uniforme en su interior, que



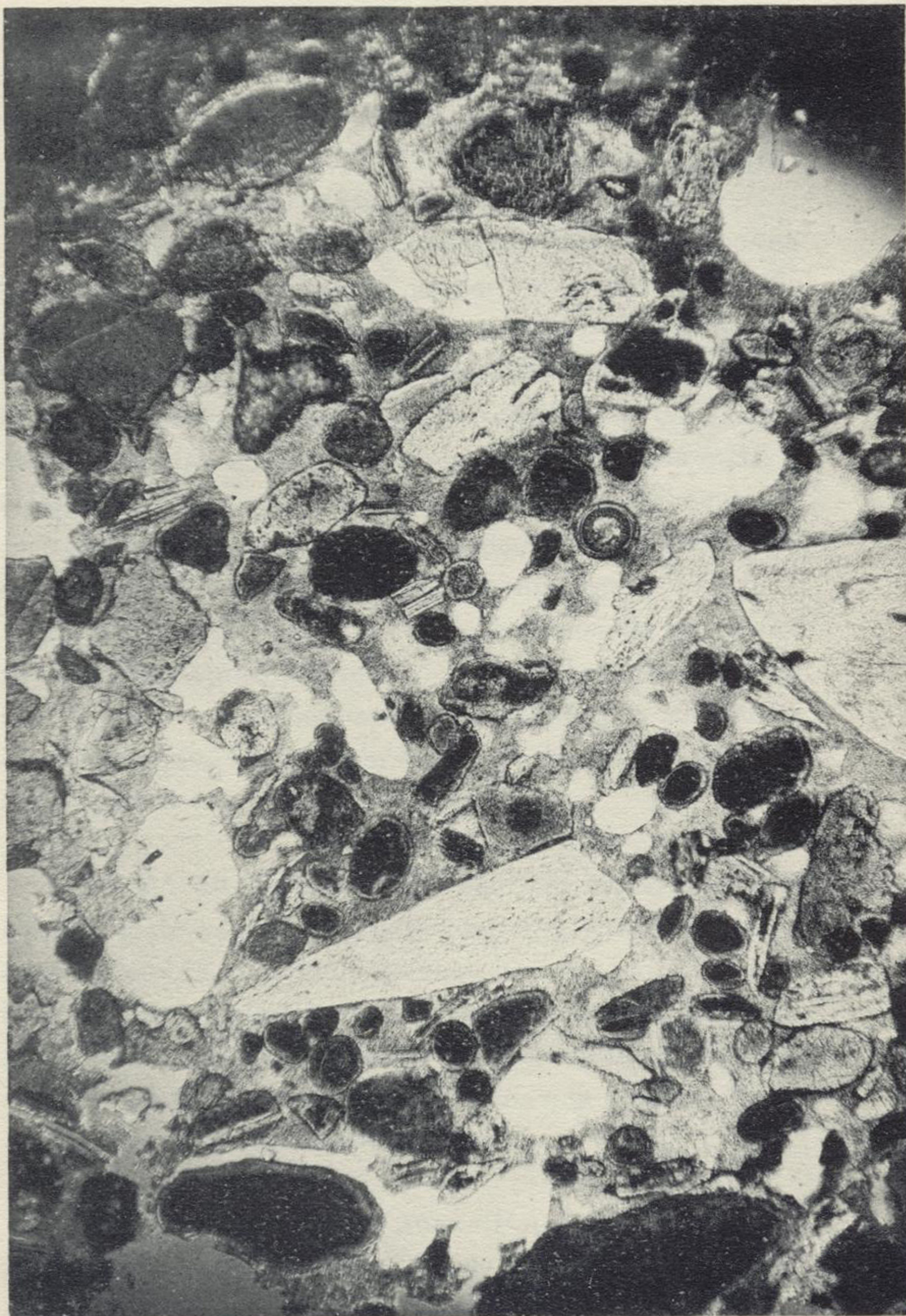
Luz natural. Aumento 45 diámetros.

Conjunto de granos fosfatados (negros y grises). Coprolitos (gris claro uniformes) y restos orgánicos de los cuales se destaca una sección de diente.



Fot. 2

FOSFATO DE REDEYEF. (METLAUI) TUNEZ.



Luz natural. Aumento 45 diámetros.

Conjunto de granos fosfatados (negros y grises). Coprolitos (gris claro uniformes) y restos orgánicos de los cuales se destaca una sección de diente.



parece recordar a la superficie de ciertas *diatomeas*; de acuerdo con esta idea de fondo profundo, encuentro figuras parecidas a *radiolarios* en alguna preparación.

En un trozo óseo grande (de 1,5 milímetros) se ven perfectamente las células óseas. (Véase fot. 2.<sup>a</sup>)

Con luz polarizada se descubren los trozos orgánicos en los tonos grises de la apatita, granos de cuarzo salpicados y trozos de cemento, con los tonos y reflejos del talco unas veces, y otras, mucho más escasas, con los de la calcita. Merecen señalarse la polarización rodada con cruz negra de las células óseas a que antes hemos hecho referencia, y algunos granos de tono verde yerba sucio, débilmente dicroicos, que por su aspecto recuerdan a los de glauconia, en los depósitos análogos terrígenos modernos.

En una de las preparaciones de la cuenca de esta capa, se identifican como coprolitos los cuerpos grandes de tono blanco sucio y manchados uniformemente por substancia orgánica y que, sin reacción óptica, se presentan como en las preparaciones de Redeyef (pág. 3).

**Capa 2.<sup>a</sup> de Metloui, Túnez.**—Su aspecto es casi idéntico al de las preparaciones anteriores, y conserva como ellas la nota de monotonía, lo cual, por otra parte, era más bien de esperar, pues se trata en ambos casos de menas ricas, y ya es sabido que son los minerales pobres y ordinarios los que ofrecen más variedad y los que con más facilidad muestran la trama de la génesis.

**Capa 3.<sup>a</sup> de Metloui, Túnez.** (Fot. 3.<sup>a</sup>)— Conjunto de granos redondos, casi esféricos, de 1 a 3 décimas de milímetro, por regla general. El tono es pardo acaramelado, algo vivo, muy parecido al de la capa 1.<sup>a</sup> Los granos están casi en contacto, con escasos cementos.



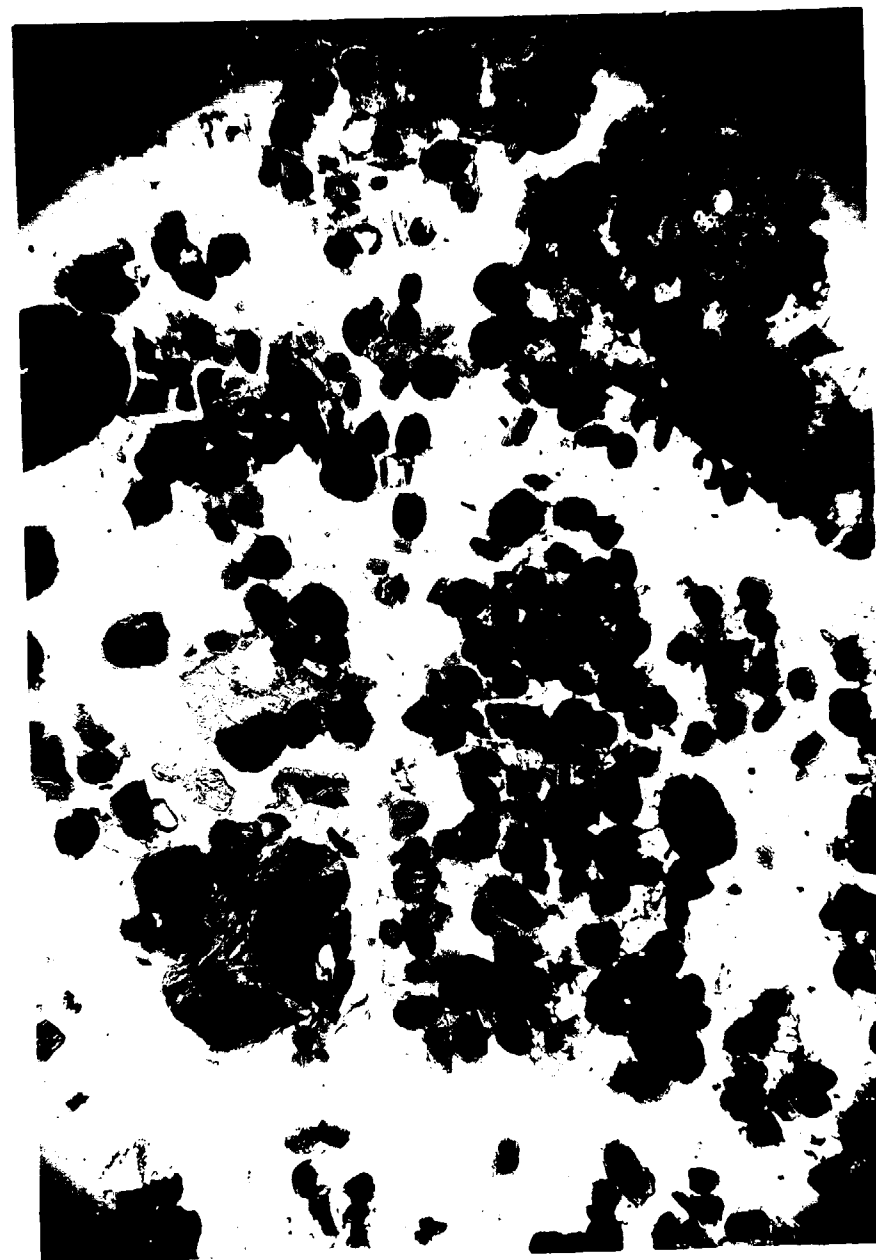
Los cuerpos extraños consisten en coprolitos que, como en las capas anteriores, conservan el tono blanquecino uniforme y alcanzan tamaños hasta de varios milímetros. Los restos óseos, particularmente los dientes, son más bien escasos en las preparaciones que examinamos.

Continúa siendo muy escasa y poco pronunciada la tendencia oolítica, reducida casi siempre a uno, y cuando más, dos anillos exteriores de concentración de materia en forma más bien confusa, y la mayoría de las veces en los granos muy redondos. Los cuerpecillos y los granos alargados con fisura paralela longitudinal, que sin duda provienen del desgaste de dientes, están menos representados. Encontramos un trozo óseo, con las células perpendiculares a la sección estudiada (fot. 3.<sup>a</sup>). En la misma preparación hemos podido ver cómo a veces la trama ósea encierra núcleos fosfatados que no se diferencian en nada de los granos que constituyen el conjunto del depósito, y esto demuestra que gran parte de los granos pueden proceder del desgaste de los restos orgánicos; en los que claramente son coprolitos, parecen señalarse líneas de contracción de la materia por desecación.

A la luz polarizada se destacan los granos de cuarzo, que son escasos, en trozos esquinados de 1 a 3 milímetros, pero en el cemento se presentan hasta de centésima de milímetro, dando agrupaciones con la masa de fosforita más clara y produciendo una reacción óptica en el cemento, que, por grados, pasa a la polarización sedosa, de aspecto calizo, a veces talcoso, ya indicada en la capa anterior.

Por excepción encontramos algún grano de la substancia verde yerba de escasa o nula reacción.

**Fosfato rojo del Danés. Metloui, Túnez.** (Fotografías 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup>) -Las láminas delgadas que hemos hecho de

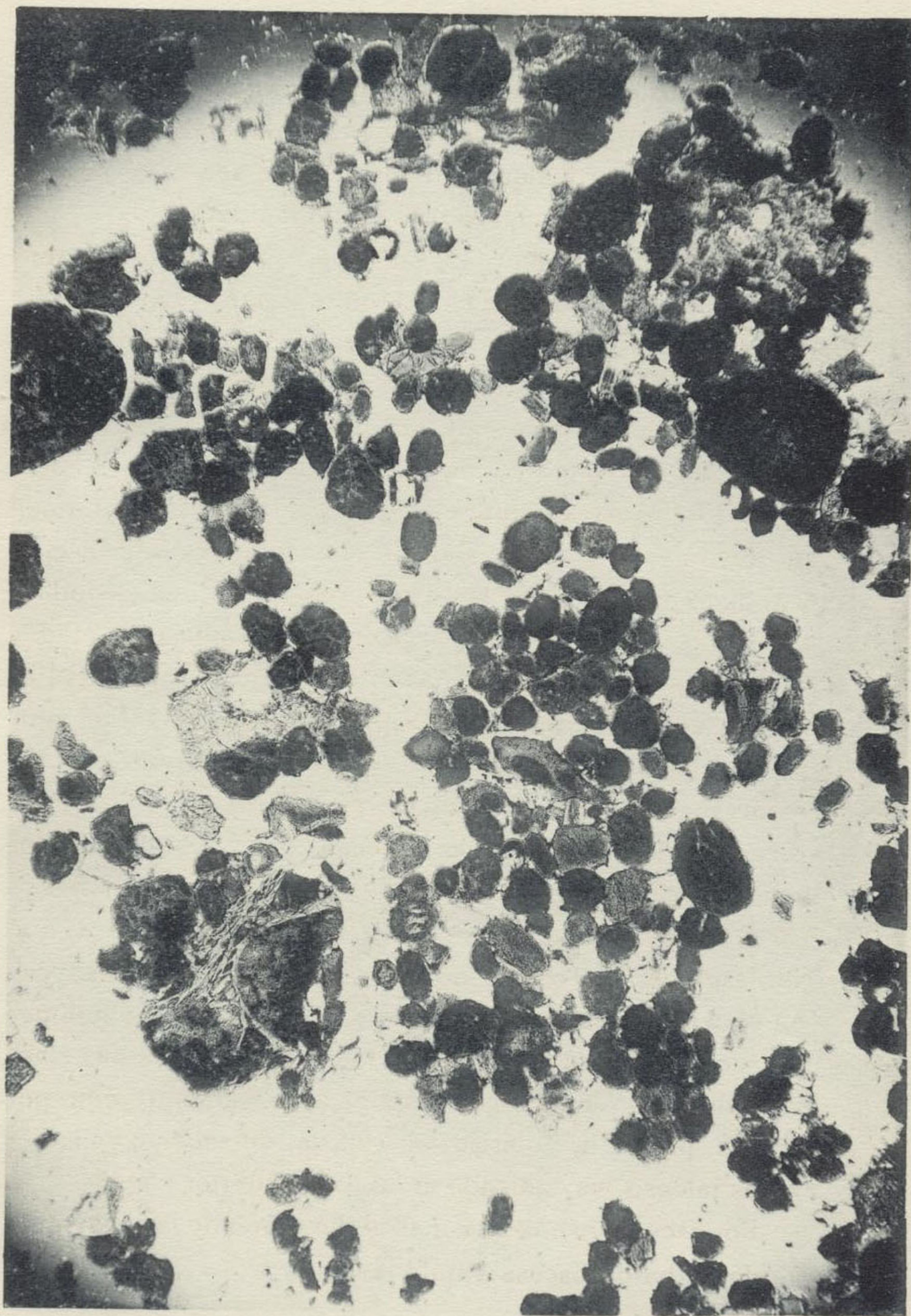


Capa 3.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 28 diámetros.  
Hueso mostrando la transformación interior en granos fosfatados.



Fot. 3

FOSFATO DE METLAUI (GAFSA) TUNEZ.



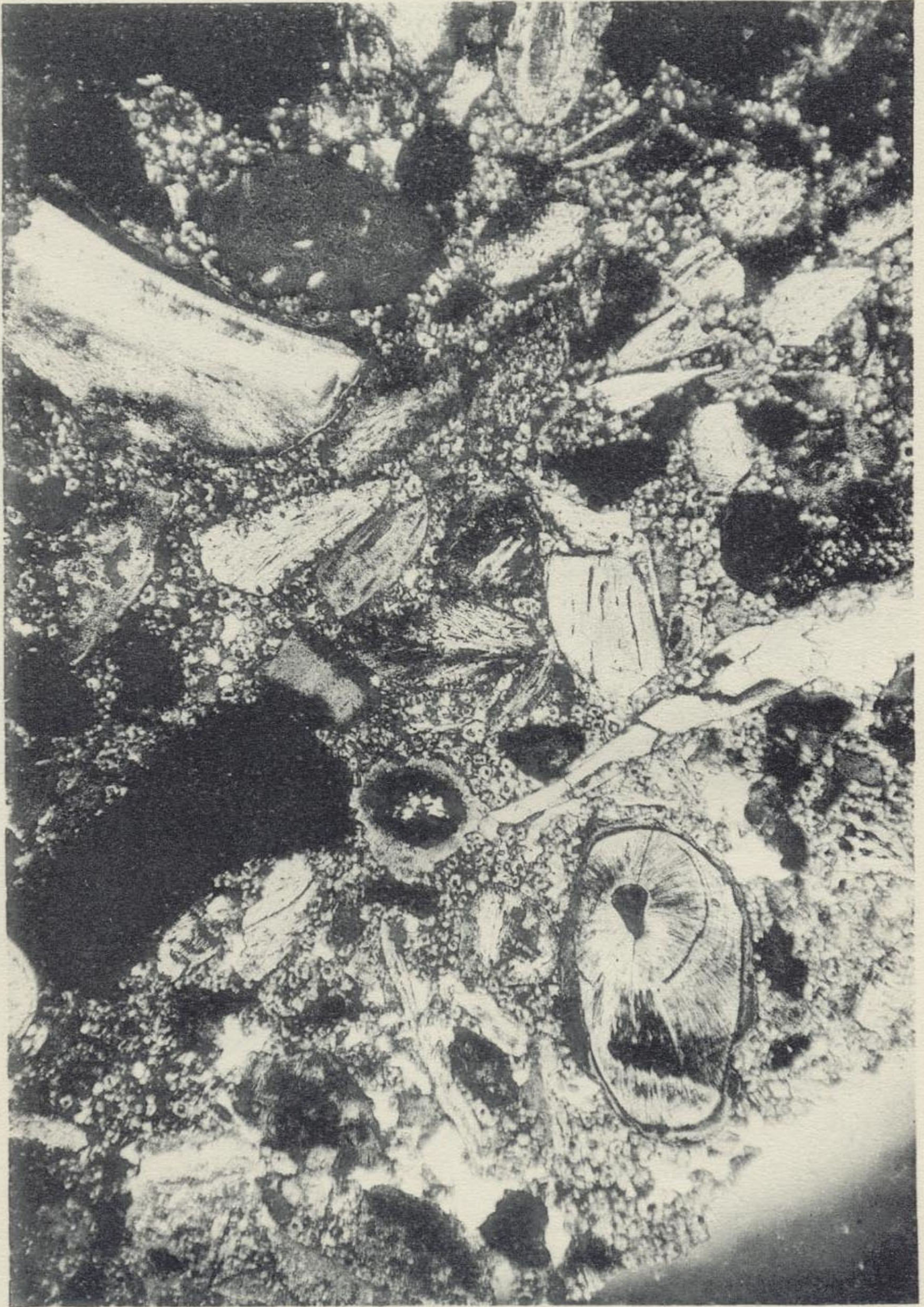
Capa 3.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 28 diámetros.  
Hueso mostrando la transformación interior en granos fosfatados.





Fot. 4

FOSFATO ROJO DE METLAUI. TUNEZ (TERRENO DANÉS)



Luz natural. Aumento 28 diámetros.

Conjunto de trozos orgánicos. Sección de diente mostrando el conducto interior.  
Cimento de pequeños romboedros de calcita.



esta capa, a la que desde luego no le cuadra el nombre de mena, son sumamente instructivas.

El conjunto es una reunión confusa, sin arreglo ninguno ni disposición fluidal, de trozos óseos y granos, demostrando claramente el origen detrítico y batido de su acumulación. El tono general es el de hidróxido pardo de hierro, el mismo de la capa macroscópicamente considerada. Y este tono de mineral hidroxidado de hierro es constante a la luz transmitida y a la reflejada.

Los granos y restos óseos ocuparán próximamente del 70 al 90 por 100 del espacio de la preparación, perteneciendo el resto al cemento, que es muy definido.

Los cuerpos detríticos se pueden dividir claramente en tres clases: granos redondeados pardos, restos óseos y coprolitos. Los granos redondeados son todos de tono más o menos pardo; sus dimensiones varían de 1 a 4 décimas de milímetro, y por todo su aspecto (prescindiendo del tono más encendido) son análogos a los que constituyen la masa principal en las capas 1 y 2 que están explotándose en Metloui. La materia que los forma parece unas veces de fosforita uniforme, pero siempre unida con granos de limonita, y paulatinamente van pasando en los diferentes casos a óxido hidratado de hierro; en cualquiera de las presentaciones, y en el interior de los granos, hay concentraciones y enrarecimientos de la materia confusa y algunos diminutos granos como inclusiones: unas veces son de hematites parda, otras de reflejo calizo y las menos de esquirlas de apatita de los cuerpos orgánicos. La forma y el aspecto de casi todos estos granos pardos es idéntica a la glauconia, que está representada por algunos granos, escasos en número, pero bien definidos. Los cuerpos orgánicos son los elementos detríticos más abundantes en las preparaciones examinadas, y pueden repartirse en tres clases: dientes, escamas y piezas





palatinas, y restos óseos indeterminados. Todos ellos polarizan en los tonos azulado-débiles de esta apatita mezclada con calcita; por los matices podría suponerse apatita de un modo exclusivo, pero cualquiera de los trozos sufre ataque débil por el ácido particularmente conducido por las líneas que marcan conductos y células dentro de la materia ósea.

Los dientes, muy alargados, son compactos y unidos en su parte externa, presentando su tejido óseo hacia el interior, particularmente en su base, donde las células ya se mezclan con parte del cemento. Aunque poco frecuente, se encuentra algún diente cortado perpendicularmente y ofreciendo su conducto interior; algunas piezas que supongo escamas, tienen figuras redondeadas y estriado muy fino y paralelo (fot. 4.<sup>a</sup>); en los trozos óseos de células dispuestas a tresbolillo, ensanchadas en su centro, y por consecuencia muy marcadas, se produce en luz polarizada y con relativa frecuencia la cruz negra del esferolito (fot. 5.<sup>a</sup>); por fin, el punteado y estriado recto y transversal de las piezas palatinas es muy característico, y nos referimos a la fotografía 5.<sup>a</sup>, en luz natural.

La tendencia oolítica es escasa y, como en los casos de mena rica, se reduce a pequeñas coronas exteriores, producidas por concentración confusa de materia en algunos de los granos de fosforita; también se encuentran granos alargados con pequeño conducto interior (vistos en las capas explotadas, páginas 5 y 8).

Los trozos tomados en esta capa inexplorable del Danés, son muy variables en composición, y muchos de ellos tienen el aspecto de los descritos en la capa 2.<sup>a</sup> de Metlauri, es decir, una aglomeración de granos de fosforita, sin espacio apenas para cemento, que queda representado por reflejo calizo. Evitando en lo posible la monotonía, prescindire-

Fot. 5  
FOSFATO ROJO DE METLAUI. (GAFSA) TUNEZ (TERRENO DANÉS.)  
Capa inexplorada.



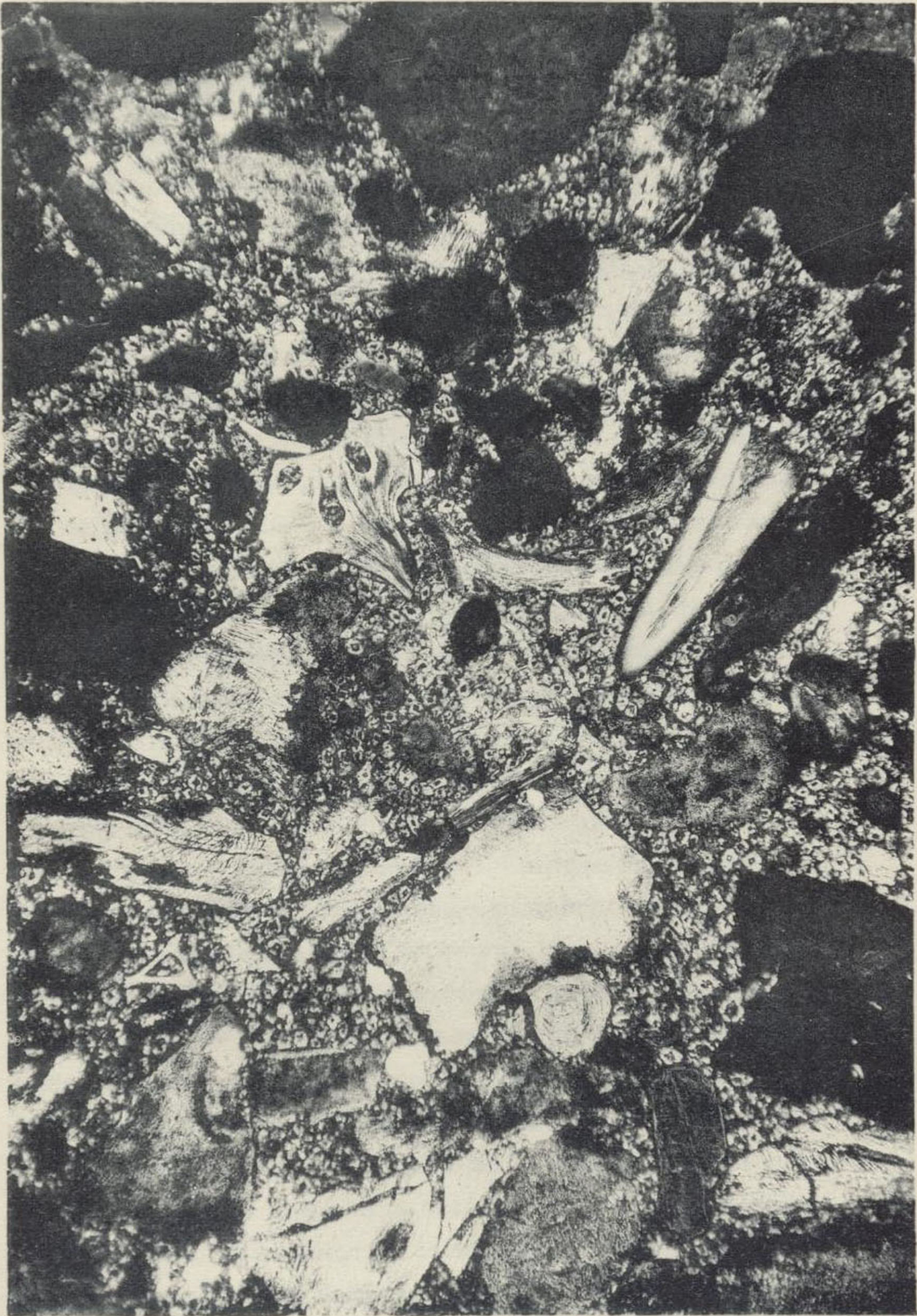
Luz natural. Aumento 24 diámetros.  
Reunión de escamas y huesos, de los cuales un diente bien señalado con granos de fosfato y limonita. Cemento de romboedros de calcita con el centro de hidróxido de hierro.



Fot. 5

FOSFATO ROJO DE METLAUI. (GAFSA) TUNEZ (TERRENO DANÉS.)

Capa inexplorada.



Luz natural. Aumento 24 diámetros.

Reunión de escamas y huesos, de los cuales un diente bien señalado con granos de fosfato y limonita. Cimento de romboedros de calcita con el centro de hidróxido de hierro.



mos de estas presentaciones fijándonos particularmente en los trozos más llamativos y peculiares de este depósito, en los que abundan los restos orgánicos.

El cemento, en muchas de estas porciones, está constituido por romboedros de caliza abundantísimos, y rellenando todos los huecos en su disposición confusa (fots. 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup>), tienen presentación de granos independientes, por guardar cualquier orientación óptica, y son casi calibrados, pues varían de 1 a 4 centésimas de milímetro. Algunos de estos diminutos granos tienen la figura romboédrica, que es la dominante, y es muy particular que casi todos ellos encierran en su interior puntos de hidróxido de hierro, los cuales, en muchos casos y mejor señalados, se resuelven como otros pequeños romboedros dibujados en limonita y de contornos precisamente paralelos y concéntricos con los cristales de calcita que los contienen. Estos granos romboédricos que apelmazados constituyen el cemento, no solamente rellenan todas las huellas e intersticios que dejan los granos fosfatos y los restos orgánicos, sino que también se suelen encontrar, aunque aislados y en número escaso, dentro de los coprolitos y aun de los trozos óseos. La disposición que acabamos de describir para el cemento, demuestra que su origen es debido a cristalizaciones sucesivas, que los romboedros de calcita indican el final de una fase y que su formación se ha cumplido en último lugar, puesto que también ha quedado impresa en el interior de los cuerpos detríticos.

A la luz polarizada se ofrece un bonito contraste entre los romboedros algo nacarados de la calcita, con su subrayado interior de limonita, y el tono azulado sedoso de los restos orgánicos, algunos de ellos con su cruz de esferolito. Los granos de cuarzo son muy raros, y los que atribuyo a la glauconia tienen tonos verdosos poco variables en su refringencia y birefringencia.



## YACIMIENTOS DE TEBESSA (ARGELIA)

**Capa 1.<sup>a</sup> del Kuif.** (Fot. 6.<sup>a</sup>)-- Sobre el fondo claro producido por la aglomeración de romboedros de caliza casi calibrados de 2 a 4 centésimas de milímetro, se destacan granos fosfatados pardos y especialmente coprolitos blancos, ensuciados en gris por las concentraciones tenues de la materia orgánica.

Tanto en luz reflejada como transmitida, el fosfato es más claro que el de las cordilleras de Gafsa, y sobre el gris terroso del fondo se destacan, en blanco hueso, los abundantes coprolitos.

Los granos fosfatados pardos serán de 2 a 5 décimas de milímetro, todos redondeados, y los coprolitos, de 2 décimas hasta 2 y 3 milímetros.

En las secciones que examinamos, calculo que el cemento ocupará del 30 al 50 por 100 de la superficie, y el resto los cuerpos detríticos.

Los granos fosfatados son redondeados, pardos, sin reacción óptica, y encierran puntos y concentraciones oscuras que, cuando se condensan hacia la superficie, producen tendencia a las formas oolíticas, muy escasamente representadas en la capa 1.<sup>a</sup>

Los coprolitos, también redondeados en su sección, tienen figuras más o menos alargadas; su fondo es gris uniforme, con muchas líneas de fractura, y más o menos tenuemente están ensuciadas por substancia pulverulenta gris, que sin duda es de origen orgánico.

Los dientes y trozos óseos son más bien escasos y se ofrecen con los mismos tonos azulados de polarización que



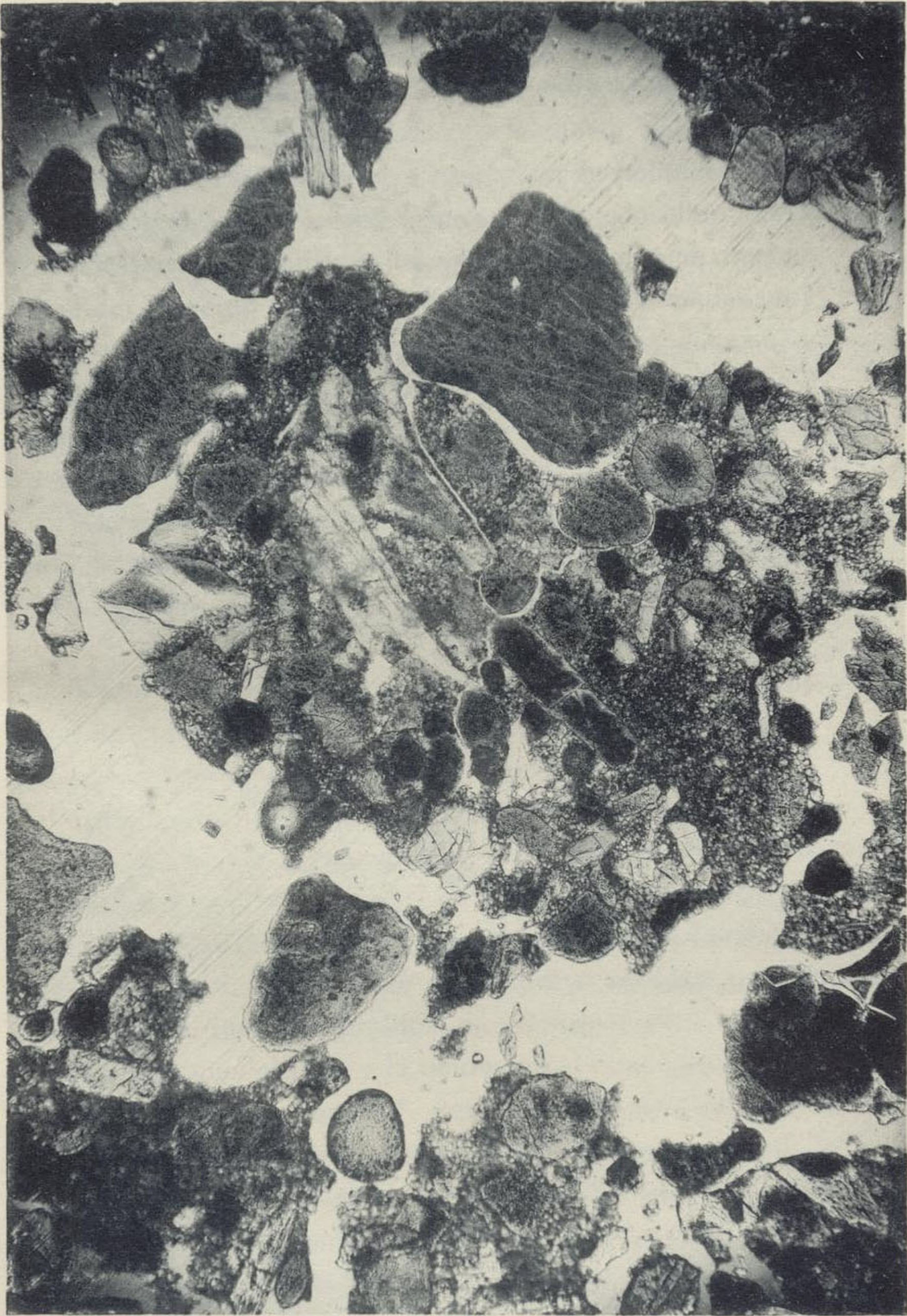
Capa 1.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 35 diámetros.

Granos fosfatados, Cemento y grandes Coprolitos con sus líneas de contracción



Fot. 6

FOSFATO DEL KUÍF (TEBESA) ARGELIA.



Capa 1.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 35 diámetros.

Granos fosfatados, Cimento y grandes Coprolitos con sus líneas de contracción



la apatita; también se encuentran algunas escamas de estriado fino.

A la luz polarizada, todos los romboedros del cemento se revisten de los tonos nacarados de la calcita, sobre los que resaltan los brillantes trozos óseos con su polarización sedosa azulada y las manchas opacas de los coprolitos y granos fosfatados. Muchos de los diminutos e iguales romboedros del cemento tienen un centro de materia condensada, que a veces es de hidróxido de hierro, en una disposición análoga a la vista en la capa del Danés de Metloui (1), y lo mismo que allí, se suelen ver algunos romboedros del cemento en el interior de los granos fosfatados o coprolitos.

Los granos de cuarzo que vemos son muy escasos; también lo son los de glauconia, pero con atención, se encuentran algunos.

**Capa 2.<sup>a</sup> del Kuif.**—Compuesta de coprolitos y granos casi en contacto, de tono claro, como color café con leche, a las luces naturales: reflejada y transmitida.

Casi todos los elementos detríticos representados son coprolitos, la mayoría pequeños, casi redondos, de 2 a 4 décimas de milímetro, es decir, del mismo tamaño y figura de los granos fosfatados pardos que dominaban en los depósitos de Metloui, lo que hace sospechar si aquéllos también en su origen fueron coprolitos en su mayor parte, diferenciando después el tono y la tendencia al concentrismo.

Volviendo a la capa 2.<sup>a</sup>, vemos que, enlazados con los granos fosfatados, hay coprolitos de todos tamaños, hasta de varios milímetros. Todos estos cuerpecillos son de un gris claro con tintes más o menos pardos, según la concentración en grumos de la substancia orgánica, surcada únicamente por líneas que parecen de contracción cuando está muy

(1) Página 8 y siguientes.



concentrada la materia, pero cuando el fondo del cuerpo es gris claro uniforme, entonces las líneas marcadas lo son de fractura sobre la masa igual de la fosforita.

La tendencia oolítica es casi nula, y únicamente en algunos granos encontramos oscurecida la corona exterior por concentración de la sustancia orgánica.

Los restos orgánicos no faltan, pero son escasos, y sólo se distinguen por los tonos azulados que toma su materia a la luz polarizada.

A esta última luz, con los nicoles perpendiculares, se destaca el escaso cemento compuesto de granos romboédricos de calcita, enlazados a veces por diferentes figuras de la misma sustancia y conservando con frecuencia un punto interior de hidróxido de hierro, de un modo análogo al del fosfato rojo del Danés.

Por excepción, se encuentra algún grano de cuarzo y granos de la sustancia verde, escasamente dicroica y con reflejos de polarización también verdes, que hemos supuesto glauconia.

En una de las preparaciones hemos visto varios trocitos que tienen caracteres ópticos muy próximos a los de la turmalina. También hay algunos trozos de limonita.

**Capas 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> del Kuif.** (Fot. 7.<sup>a</sup>)—La disposición y presentación general de los materiales detríticos son las mismas que en la capa 2.<sup>a</sup>, y la característica es el predominio de los coprolitos.

El cemento también adquiere más desarrollo, llegando a ocupar hasta la tercera parte de las superficies, y continúa constituido en su mayor parte por los granillos calizos de 1/2 a 1 centésima de milímetro, fundiéndose en una masa hasta formar un agregado granudo indescernible con los tonos y reflejos irisados de la calcita, y en este conjunto



Fot. 7

FOSFATO DEL KUIF (TEBESSA) ARGELIA.

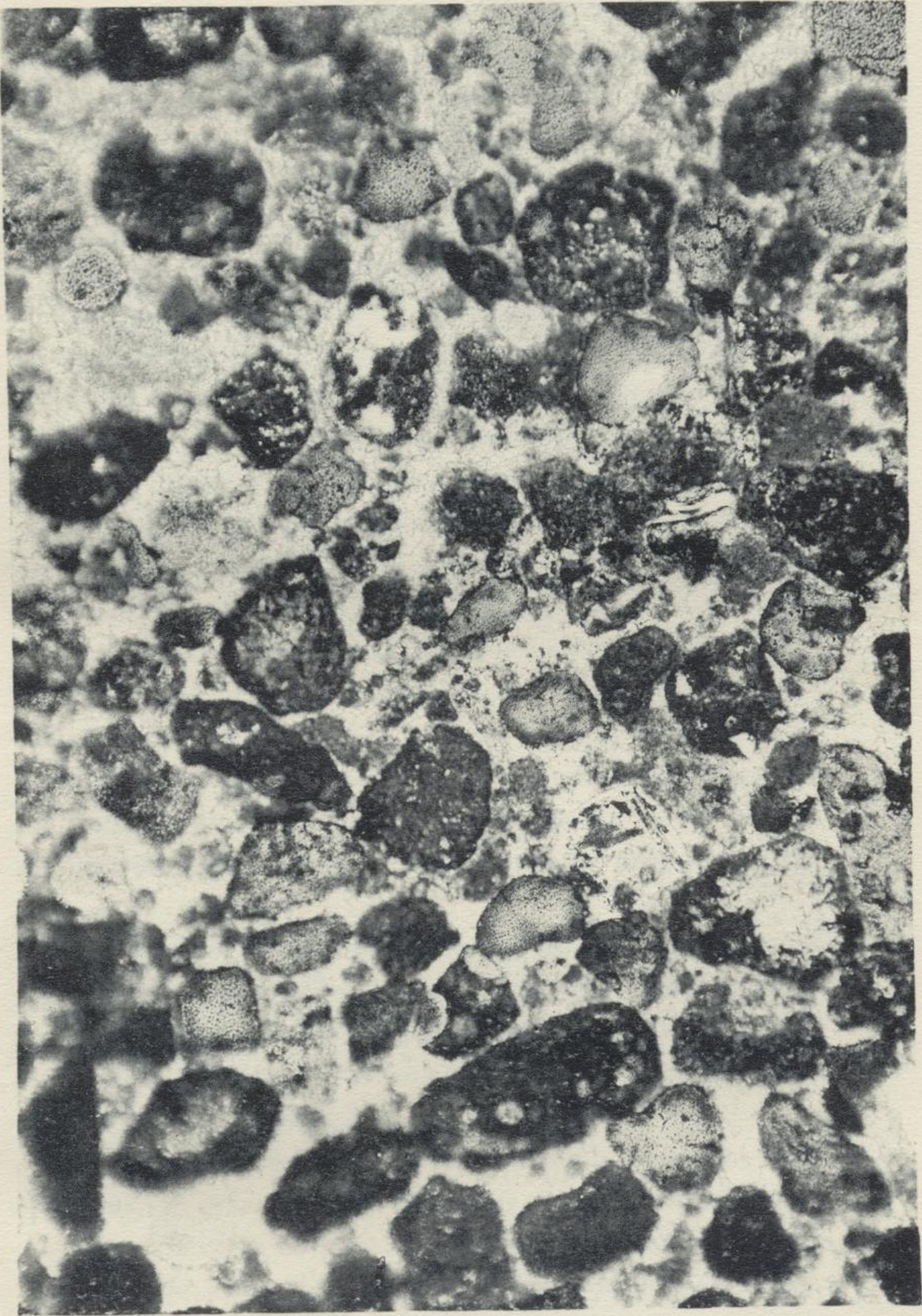
Capa 4.<sup>ª</sup> Luz natural. Aumento 32 diámetros.

Conjunto detrítico de granos fosfatados y pequeños. Coprolitos enlazados por cemento poco desarrollado.



Fot. 7

FOSFATO DEL KUIF (TEBESSA) ARGELIA.



Capa 4.<sup>a</sup> Luz natural. Aumento 32 diámetros.  
Conjunto detrítico de granos fosfatados y pequeños. Coprolitos enlazados  
por cemento poco desarrollado.



se mezclan pajuelas y trocitos de materia ósea que, con su polarización sedosa azulada, contribuyen a hacer más rodada la extinción del cemento. Particularmente en la capa 3.<sup>a</sup>, los granos llegan a romboedros de calcita de 1 a 2 centésimas de milímetro, con su silueta interior de hidróxido de hierro, o al menos un punto de esta especie.

Algunos de estos romboedros microscópicos los hemos encontrado en el interior de algún coprolito, y sobre todo en los restos orgánicos, pareciendo demostrar que su cristalización ha sido representante de una fase final que afecta a todos los elementos del depósito. Para terminar con el cemento, diremos que en varios sitios (preparaciones de la capa 3.<sup>a</sup> del Kuif) hemos visto placas del cemento formadas por la materia verde, y en la cual, con luz polarizada, parecían discernirse los granillos de espato calizo; en otros sitios había pequeñas placas, análogas a esas, pero de hidróxido y hasta con tonos de hematites roja. Rara vez se encuentran en las placas del cemento a modo de figuras de corrosión, con su fino bandeado en costras, contorneando las paredes de los conductos que debieran servir para la circulación, y las cuales, en luz polarizada, producen iriscaciones muy vivas.

Los coprolitos carecen de textura oolítica, y únicamente algunos de ellos tienen una gran concentración de sustancia orgánica oscura en forma de corona difusa hacia la parte externa, llegando, unas veces y otras no, hasta la periferia del grano considerado.

Los cuerpos organizados son muchos y de formas muy variadas, en gran porción alargados, restos positivamente de dientes y otros de huesos más largos y tejido óseo más desarrollado, como se ve por la disposición de las células.

Algunos, que parecen por su aspecto piezas palatinas, tienen un fino punteado de granos fosfatados del mismo



tono de los coprolitos. Las dimensiones de los trozos óseos varían desde 1 centésima de milímetro hasta varios milímetros, y aun centímetros, en trozos macroscópicos.

Como minerales particulares, debemos llamar la atención de los trozos de óxido rojo de hierro, algunos granos de cuarzo hasta de 2 y 3 décimas de milímetro y granos de la sustancia verde con polarización del mismo tono (glauconia?), que a veces se encuentran hasta en el interior de los coprolitos. Aunque escaso también, hay algún grano que parece epidoto en el interior de los restos organizados.

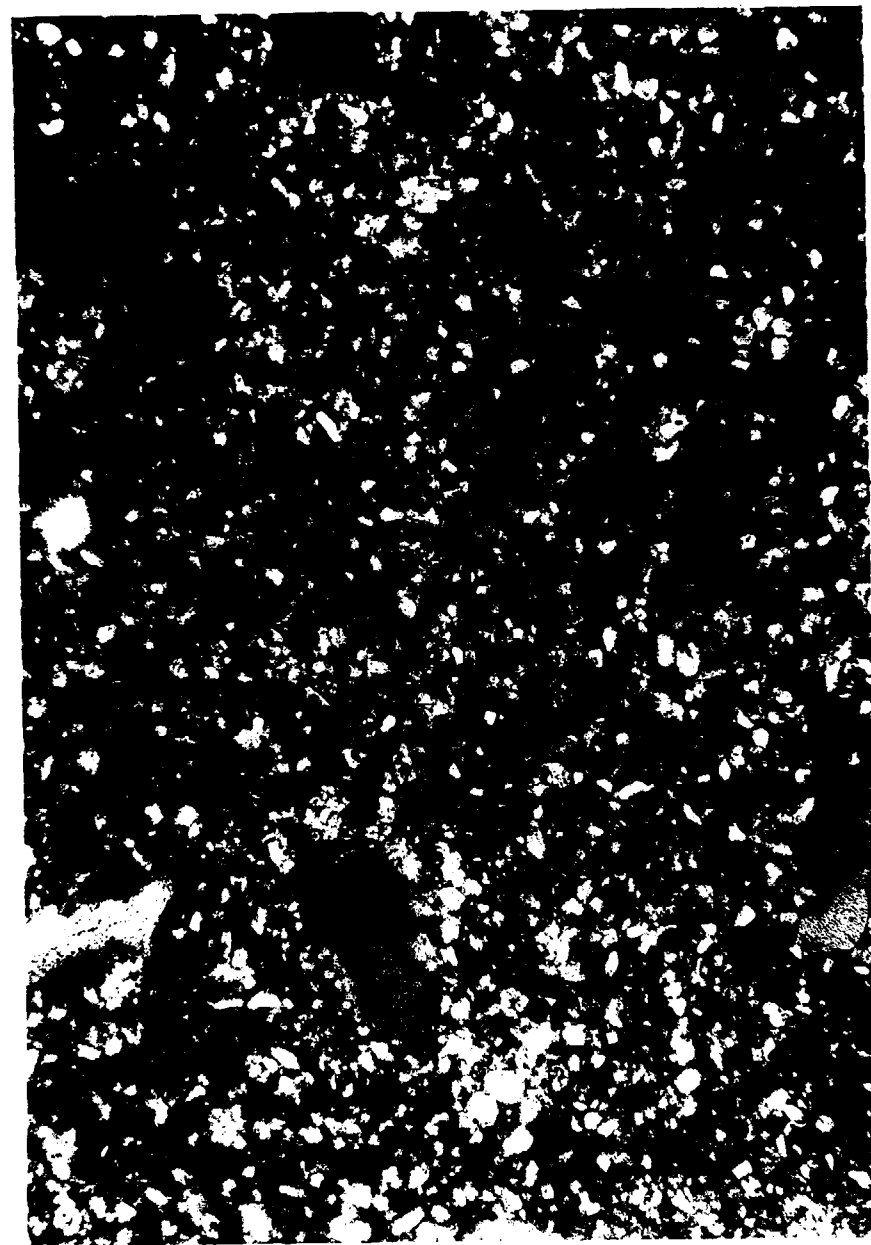
#### YACIMIENTOS DE BOGHARI (ARGELIA)

(Fotografía 8.<sup>a</sup>)—En realidad todo el llamado fosfato de Boghari es tan pobre en su contenido de fosfato de cal, que no puede considerarse mena de esta sustancia, y así se explica cómo se encuentran los depósitos análogos de esta zona, no sólo inexplotados, sino hasta desconocidos por los habitantes de la comarca. Por otra parte, hay que tener en cuenta las dificultades con que se tropieza para lograr láminas delgadas apropiadas con materiales blandos, y como los más ricos son también los más deleznable, resulta que las mejores preparaciones obtenidas corresponden a los ejemplares más ordinarios. No es extraño, según esto, que a una primera ojeada, y con pocos aumentos, percibamos un conjunto de una roca detrítica, el fondo uniforme de la cual es un maciño con granos desde 1 centésima a 1 décima de milímetro, sobre cuyo fondo gris pajizo se destacan granos redondeado fosfatados, coprolitos y grandes cantos rodados procedentes de una formación detrítica anterior. Todos los cuerpos extraños al fondo grande general, se destacan



Fot. 8

ROCA FOSFATADA DE BOGHARI.-ARGELIA.



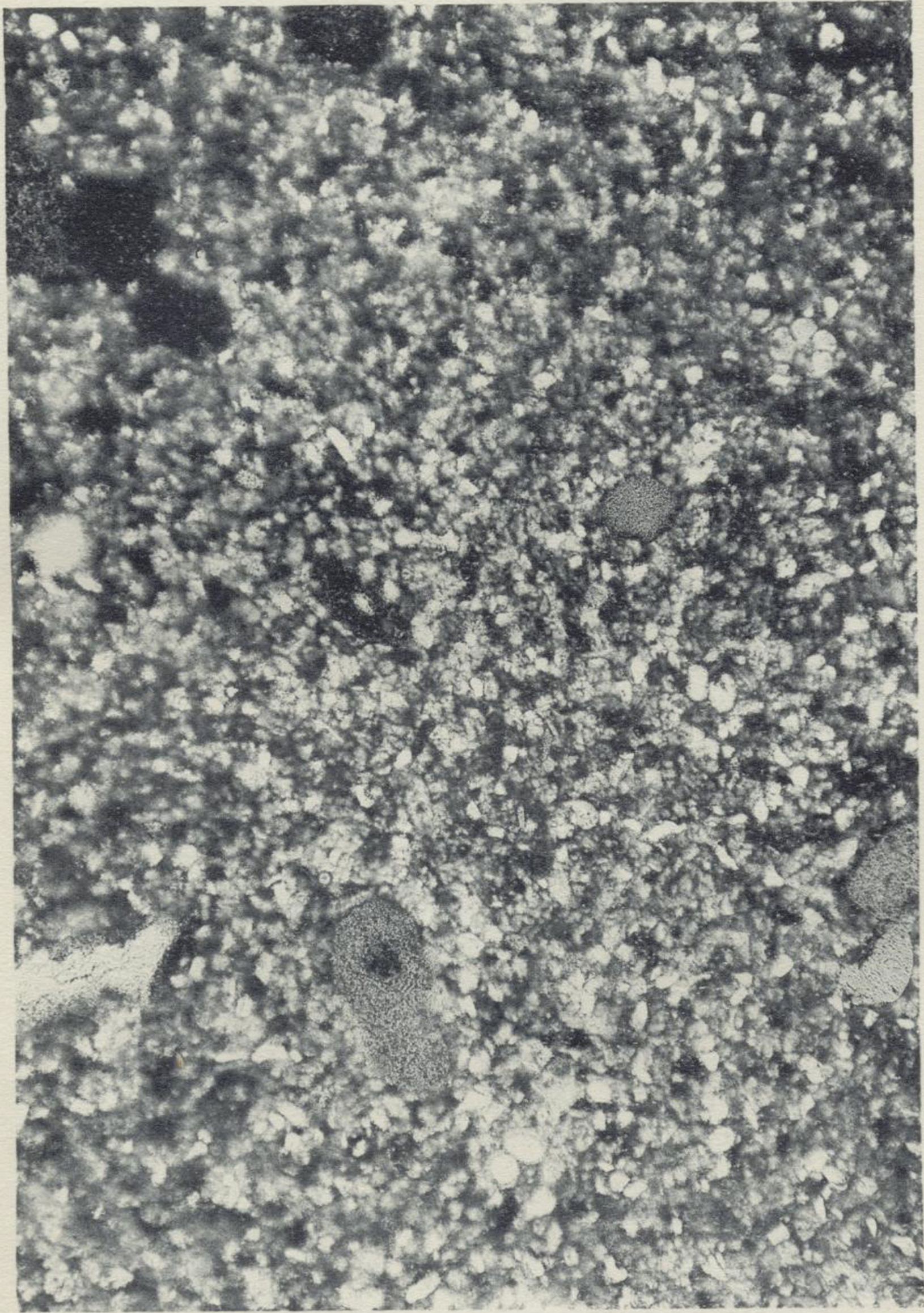
Luz natural. Aumento 28 diámetros.

Roca margoarenosa con granos fosfatados; la mayor parte del cemento está constituido por *foraminíferos* (se ven bien una *globigerina* y varias rotalias)



Fot. 8

ROCA FOSFATADA DE BOGHARI.-ARGELIA.



Luz natural. Aumento 28 diámetros.

Roca margoarenosa con granos fosfatados; la mayor parte del cemento está constituido por *foraminíferos* (se ven bien una *globigerina* y varias rotalias.)

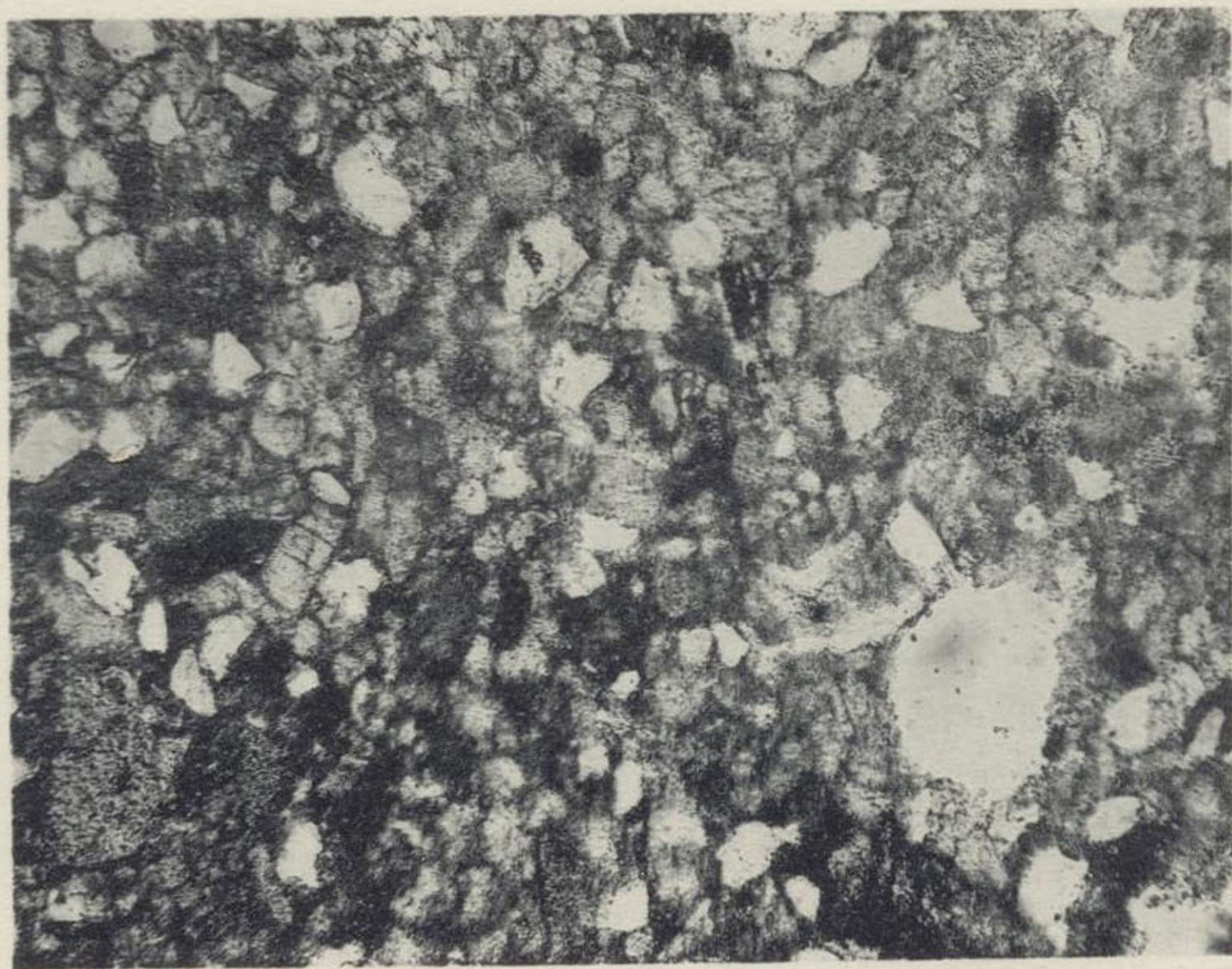




Fot. 9  
ROCAS FOSFATADAS DE BOGHARI  
(CONSTANTINA) ARGELIA.



Luz natural. Aumento 45 diámetros.  
En los restos detríticos del cemento se  
perciben claramente dos bolivinas.



Fot. 10  
ROCA FOSFATADA DE BOGHARI (CONSTANTINA) ARGELIA.

Luz natural. Aumento 45 diámetros.  
Entre los restos detríticos se ven dos bolivinas.



en tono pardo amarillento, que es el general de la roca. Reunidos todos los granos, coprolitos y cantos rodados, no llegan a ocupar en su superficie más de la cuarta a la quinta parte.

Los granos y coprolitos varían en general de 2 décimas de milímetro a 1 milímetro, dimensión que pasan con frecuencia los cantos rodados hasta hacerse de magnitudes macroscópicas. En ninguno de los sitios hemos visto arreglo ni disposición fluidal de los elementos; tampoco ninguno de los cantos ni granos tienen tendencia oolítica, y, en fin, notamos igualmente la total ausencia de los restos óseos en las preparaciones; no obstante, en las capas, y aunque de un modo raro, hemos apreciado la existencia de dientes.

La nota característica y llamativa es la abundancia de foraminíferos, extendidos no sólo en la parte granulada que hace de cemento, sino en el interior de los cantos rodados. Los géneros representados dominantes se reducen a tres: *Textularias*, *Rotalias* y *Globigerinas*. Las *textularias* vistas parecen todas de la especie *incrassata* (Reuss), pero de trenzado estrecho, casi cilíndricas por su perfil exterior; sus dimensiones serán de 2 décimas de milímetro por 1.

Su distribución se localiza en el cemento, no habiéndola encontrado nunca en el interior de los cantos (fotografías 8.<sup>a</sup>, 9.<sup>a</sup>, 10 y 11). Las *rotalias* y demás formas redondeadas, alguna de las cuales parece *heterostegina*, se encuentran lo mismo en el cemento que en los cantos rodados, y así parece que, si no simultáneas, no han de diferir mucho en cuanto a tiempo ambas formaciones; entre estos fósiles, que tendrán de 1 a 2 décimas de milímetro, se descubren ejemplares regularmente conservados que hemos procurado fotografiar (fot. 8.<sup>a</sup>) Parecen estar representadas dos especies: una sola vuelta de cámaras abriéndose muy rápidamente (*Cristelarias?*), y otra de dos vueltas, muy peque-

FOT. 10

ROCA FOSFATADA DE BOGHARI (CONSTANTINA) ARGELIA.

Luz natural. Aumento 45 diámetros.

Entre los restos detríticos se ven dos bolivinas.

ña, como un circulito la interior y otra envolviéndola, de cámaras bastante iguales hasta su final.

Los *globigerinidos* son los que proporcionan más abundantes restos, tanto al cemento como a los cantos; varían en dimensiones de 1/2 a 3 décimas de milímetro. Su forma también es muy diversa, pues desde las *biloculinas* hay realmente dos series, según sus cámaras estén en prolongación longitudinal o aglomeradas; la máxima complicación corresponde a estas últimas (fot. 8.<sup>a</sup>) y tienen hasta cuatro cámaras contenidas por tabiques finamente porosos, propiedad que produce al exterior un aspecto granuloso, y con frecuencia están ornadas por menudas y frágiles espinitas que, aunque de un modo remoto, le dan aspecto de *radiolarios*. Por fin, también se encuentran pequeñas placas que parecen *conchas* de *diatomeas* y *radiolarios*. Todos los restos de *foraminíferos*, así como algunas espigas que sin duda son finales de dientes, mineralizan en caliza.

A la luz polarizada, tanto el cemento como los cantos rodados, se resuelven en conjuntos detríticos. El fondo de los cantos es monorrefringente, como de ópalo, sobre el cual se destacan granillos de cuarzo, de caliza en su mayoría, y buena cantidad de restos *foraminíferos*, mineralizados también en caliza. Algunos de los cantos tienen grumos y puntos de limonita, y en algún caso encontramos un filoncillo de calcita maclada, que corta el que venimos llamando cemento, o sea el fondo relativamente uniforme sobre el que descansan los granos y cantos.

*Cemento*.—Es gris y produce todo él reacción óptica, dominando los granos de calcita, muy mezclados con los de cuarzo y algunos fosfatados de su tamaño, que viene a ser de 1 a 3 centésimas de milímetro, de un modo casi general, a cuyo calibrado es debido la especie de uniformidad que produce este conjunto granudo; una gran parte de este



Fot. 11

ROCA FOSFATADA DE BOGHARI.-ARGELIA.



Luz natural. Aumento 30 diámetros.

Caliza detrítica con *rotalias* y *dentalinas* (algunas incluidas en círculos), granos gruesos fosfatados y de glauconia.





Fot. 11

ROCA FOSFATADA DE BOGHARI, -ARGELIA.



Luz natural. Aumento 30 diámetros.

Caliza detrítica con *rotalias* y *dentalinas* (algunas incluidas en círculos), granos gruesos fosfatados y de glauconia.



cemento está formada por los *foraminíferos* ya descriptos y sus restos.

Como particularidades se encuentran algunos pequeños trozos de mineral verde yerba, escasamente pleocroico, en el mismo tono, algún romboedro pequeño de calcita y escasos filoncillos en los que interviene la calcita maclada.

### FOSFATO DE KOSSEIR (EGIPTO)

(Fotografía 14).—El análisis de esta mena lo damos a título informativo y de curiosidad, por la relación que con los estudiados pueda tener un fosfato del N. de Egipto, y que geológicamente también pertenece a la cuenca mediterránea, pero sin haber visitado el yacimiento.

Se trata de una muestra recogida en un cargamento de un vapor, y como todo el fosfato estaba en disposición pulverulenta, o cedía fácilmente a la presión de los dedos, es decir, era de muy malas condiciones para obtener las láminas delgadas, tuvimos que recurrir para lograrlo a trozos más compactos, por ser más silíceos, y así veremos cómo la muestra examinada tiene tendencia a enlazarse con los sílex clásicos de los fosfatos térreos.

El conjunto es pajizo, muy claro de tono, y únicamente se destacan los coprolitos blanquecinos cuando son grandes.

Con luz natural reflejada se trata de una reunión de granos blancos y de bordes amarillentos sobre la masa más clara y confusa del cemento; tanto el reparto de los granos, casi calibrados, como el del cemento, tiene gran regularidad.

En luz transmitida, los granos redondeados demuestran su origen de coprolitos y su mayor o menor concentración

de materia orgánica, por los copos y grumos oscuros concentrados en ellos.

Los granos, todos redondeados, demostrando su origen de acarreo, son en su mayoría de 2 décimas de milímetro, variando sus límites de 1 a 3. Para apreciar la porción de cemento y granos fosfatados, hay que recurrir a la luz polarizada (en la única que se destaca bien el cemento); los granos ocuparán de un 70 a un 80 por 100 de las superficies examinadas, y el resto lo ocupa el cemento.

Todos los granos y elementos detríticos están confundidos, sin arreglo ninguno. Su forma es redondeada, elipsoidal en la mayoría, pero también hay bastantes alargados. Los granos redondos fosfatados, o son gris uniformes, adquiriendo su mayor semejanza a los coprolitos, o encierran gran cantidad de materia orgánica en forma coposa; es de advertir de pasada, que esta materia oscura, que con frecuencia parece limonita, salpica en punteado finísimo y muy irregular no solamente muchos granos, sino gran parte del cemento. Los granos alargados suelen tener una o varias estrías en el centro y en el mismo sentido longitudinal, del mismo modo que granos análogos en el yacimiento del Marruecos francés y Metloui.

Además de los granos y coprolitos señalados, hay restos orgánicos, casi siempre de forma acicular, que parecen puntas de dientes; otros trozos son más informes, y ninguno se puede identificar. Su origen orgánico, más que por su forma y textura, se decide por los tonos de polarización azulados sedosos que toman a esta luz, de un modo muy parecido a los análogos de apatita en los criaderos ya vistos.

La organización y tendencia oolítica queda reducida a la concentración de materia orgánica en el interior de muchos granos y una corona exterior más clara; en algún caso hay dos coronas de materia confusa.

A la luz polarizada se ofrece el cemento en toda su extensión con tonos claros azulados y extinción algo sedosa. Con grandes aumentos y nicoles cruzados se resuelve la masa del fondo con un fino granulado en que cada granillo tendrá 1 centésima de milímetro, o será inferior a ella.

La mayoría son de cuarzo, pero están entremezcladas íntimamente con pajuelas que parecen de talco, y otras de silicato de alúmina, y es sin duda su unión la que produce la polarización, algo sedosa, parecida a la de los conjuntos talcosos. Como minerales distintos, sólo se ven algunos grandes cristales de cuarzo.

## YACIMIENTOS DEL MARRUECOS FRANCÉS

Las preparaciones que a continuación vamos a describir sobre Marruecos francés, las debemos a la amabilidad de nuestro compañero señor Miláns del Bosch, que nos ha facilitado los ejemplares recogidos en su excursión por esa comarca.

Las describiremos conservando el mismo orden en que fueron visitados los afloramientos del yacimiento (1).

**Preparaciones de la trinchera 1.<sup>a</sup>** (Fot. 12).—Es un conjunto de granos fosfatados y coprolitos enlazados con escaso o nulo cemento y ofreciendo tono pardo, algo pajizo, a las luces naturales, transmitida y reflejada; a esta última luz son más claros y definidos los elementos, señalándose el tinte pardo en sus intersticios y contornos.

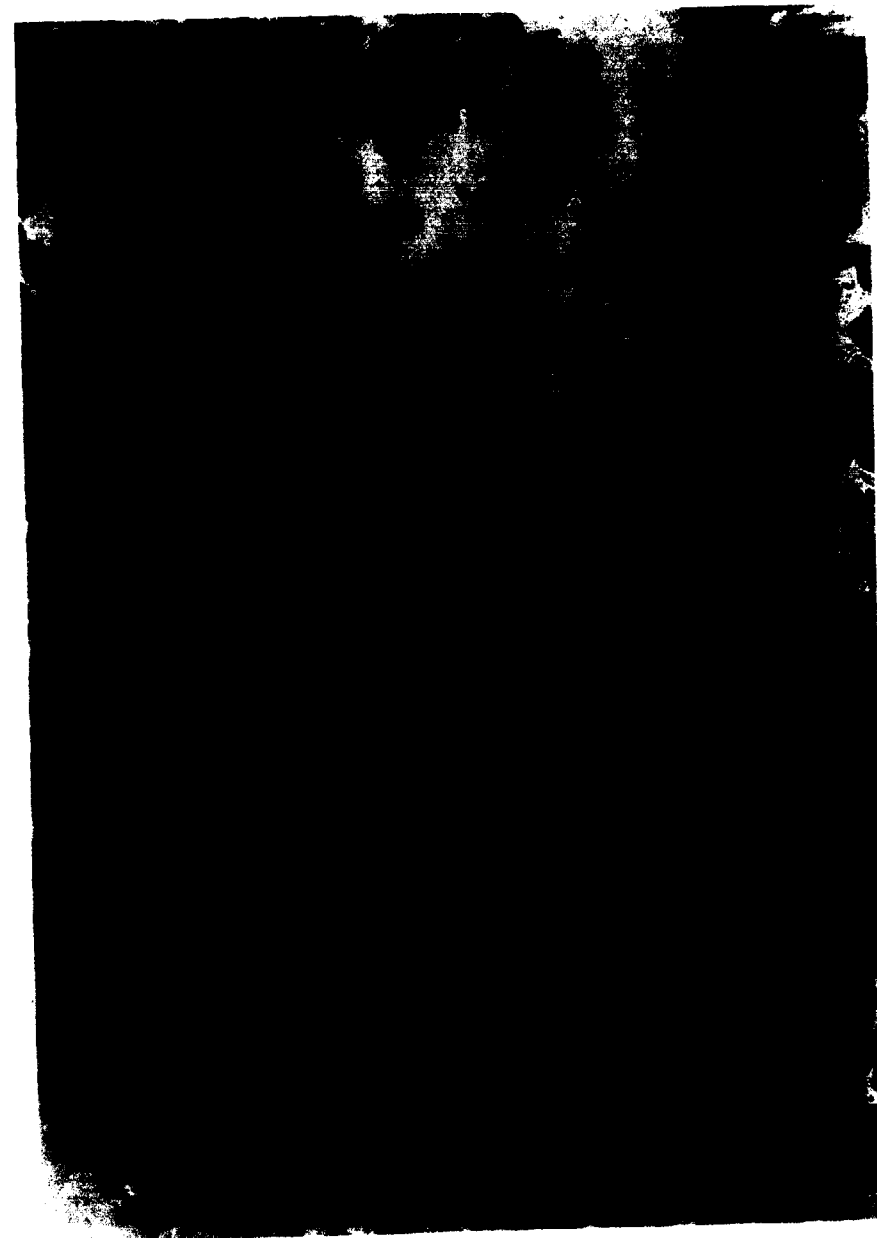
Los granos, bastante uniformes, tendrán 2 décimas de

(1) Véase la descripción publicada por el Instituto Geológico de España en este mismo tomo.

milímetro y límites de 1 a 4 por lo general; los coprolitos llegan a 1 milímetro y toman dimensiones macroscópicas. El aspecto es absolutamente detrítico, sin arreglo ninguno. Todos los granos y coprolitos son redondeados, con escasísima o nula tendencia al concentristo, representada cuando más por algunos granos, el centro de los cuales es más oscuro. Los restos orgánicos son mucho menos frecuentes que en los yacimientos de Túnez y Argelia, a juzgar por la proporcionalidad que acusan las preparaciones; lo más frecuente son trozos alargados equivalentes a residuos de dientes, que más que por su forma se acusan por los reflejos algo argentados y azulados de apatita en la luz polarizada. A esta luz, con nicoles cruzados, los granos fosfatados y coprolitos permanecen sin reacción óptica, y sólo se acusan los restos orgánicos mineralizados en apatita, algunos granos de cuarzo y en escasos sitios reflejos irisados como de calcita, que parecen representar los rudimentos del cemento.

Como minerales extraños, no vemos más que trozos de limonita sin forma precisa; merece también citarse un resto orgánico teniendo en su interior varios granos fosfatados y con tránsito indudable de la materia orgánica a la fosfatada granular marcado por la manera de extinción (fot. 12); este hecho quizá pudiese interpretarse en el sentido de que sólo cristalizan los bordes o partes delgadas del tejido óseo, procediendo una cantidad de granos fosfatados también de los restos orgánicos.

**Trinchera número 2, Ued-Zem. (Fot. 13.)—Fosfato de cemento calizo.**—Representa una reunión detrítica en la que se mezclan granos fosfatados de 2 décimas de milímetro, coprolitos de algún tamaño y algunos residuos orgánicos reunidos por placas espatizadas de carbonato de



Luz natural. Aumento 32 diámetros.

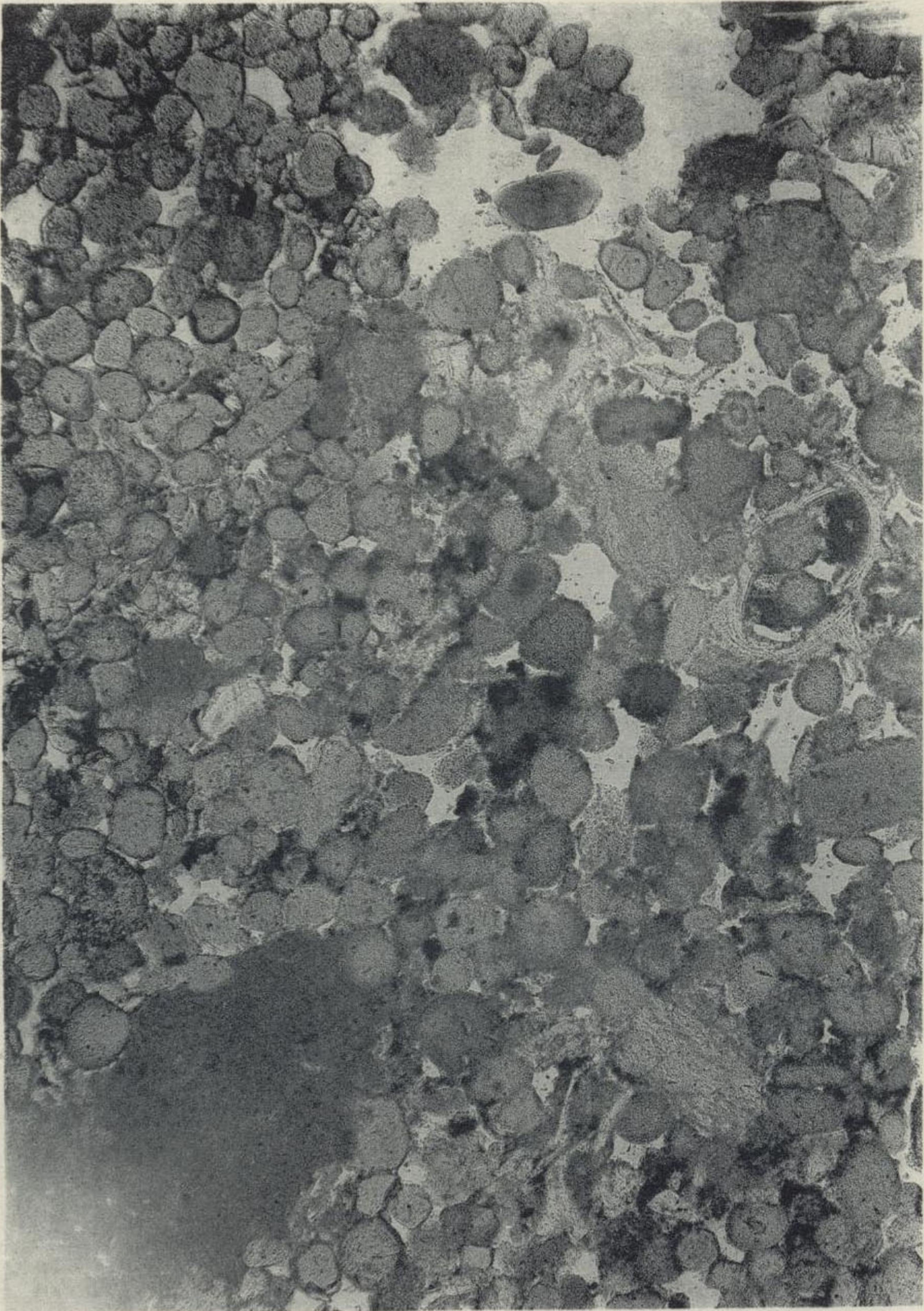
Reunión de granos fosfatados con poco cemento. A la derecha, hacia la mitad un hueso muestra la transformación de sus *osteoblastos* adoptando textura nodular.





Fot. 12

FOSFATO. MARRUECOS FRANCÉS (UED-ZEM).



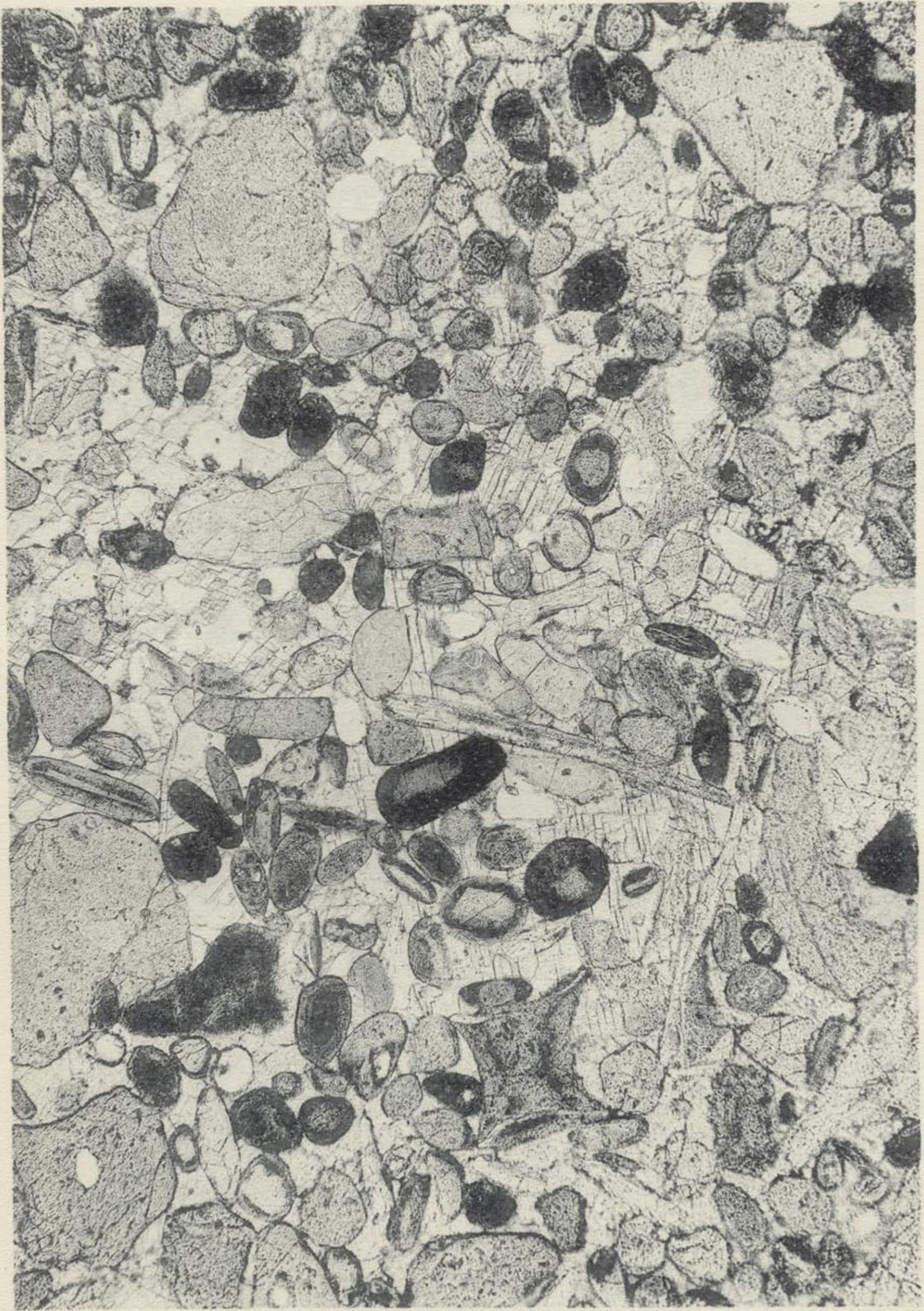
Luz natural. Aumento 32 diámetros.

Reunión de granos fosfatados con poco cemento. A la derecha, hacia la mitad un hueso muestra la transformación de sus *osteoblastos* adoptando textura nodular.



Fot. 13

FOSFATO DEL MARRUECOS FRANCÉS. (UED-ZEM).



Luz natural. Aumento 40 diámetros.

Granos fosfatados con aspecto oolítico (negro). Grandes coprolitos (gris)  
y restos orgánicos alargados.





cal. El tono del conjunto es pardo algo rojizo. A la luz natural reflejada se destacan más en blanco los granos, proporcionalmente a la condensación de materia que contienen, mientras que aparecen menos coloreados los coprolitos uniformes y las placas del cemento.

En luz transmitida, por el contrario, son más oscuros los granos fosfatados, como conteniendo mayor concentración de la materia orgánica, y son más claros y uniformes los coprolitos, acusados especialmente por sus líneas irregulares de fractura y contracción.

Los granos varían de 1 a 4 décimas de milímetro, y los coprolitos de 3 décimas a cerca de 1 milímetro, pasando a dimensiones mayores.

Todos los elementos detriticos representarán del 75 al 80 por 100 de las superficies examinadas, y el resto estará ocupado por las capas del cemento.

*Forma de los elementos.*— Los granos fosfatados son todos ellos redondeados, más o menos elipsoidales, y como regla casi general contienen condensaciones en grumos difusos de materia oscura a la luz transmitida, y son precisamente estas concentraciones poco definidas las que dan lugar a la simulación de oolitos, pues hay granos que tienen hasta dos coronas y el centro en las capas oscuras, acusándose en consecuencia una verdadera organización de concentristo; como caso muy general, la materia orgánica se acumula en la zona media y cortical, quedando el centro y la periferia desprovista de ella, o con más escasez; sin embargo, se dan todos los casos posibles con uno o dos anillos difusos repartidos en las zonas media y cortical, mientras que el centro tiene más o menos concentraciones nubosas. Los casos extremos son el grano pasando a coprolito uniforme, o el totalmente oscurecido.

En este depósito y por las preparaciones vistas de este



sitio, puede decirse que, sin que existan verdaderos oolitos, está manifestada claramente la tendencia hacia esa textura.

Los coprolitos son de tamaño mucho mayor que los granos, tono más uniforme, y con frecuencia contienen líneas indicando fractura concoidea por sus direcciones algo flexuosas y cortándose en ángulos muy abiertos propios de la contracción o fractura de las sustancias muy uniformes y compactas. La forma, aunque redondeada, es muy a menudo alargada e irregular.

Los trozos de organismos se distinguen en su mayoría merced a la luz polarizada y nicoles cruzados, en cuyas condiciones se produce extinción rodante y tonos argentado-azulados de la apatita, que recuerdan algunas veces a los del sanidino. Casi todos los trozos son alargados y ligeramente fibrosos en ese sentido, positivamente residuos de dientes, la forma de los cuales se ve completa en algunos casos; no he visto en las preparaciones ni trozos de células óseas bien marcadas ni escamas estriadas; el interior de algunos cuerpecillos orgánicos está relleno de calcita.

El cemento únicamente se destaca con brillantez a la luz polarizada; sus tonos son nacarados de irisaciones bastante llamativas; la extinción se produce por grandes placas que abarcan de 10 a 30 granos fosfatados. Estas placas tienen dos maneras algo distintas de ofrecerse: en placas de tendencia espatizada, y en placas con figuras de corrosión. La división en romboedros es más clara en luz natural transmitida que en polarizada, y nunca es muy perfecta, pues la mayoría de las veces las líneas que atraviesan y limitan las placas cristalinas son irregulares y sólo de un modo remoto remedan la división en columnas de romboedros (fot. 13).

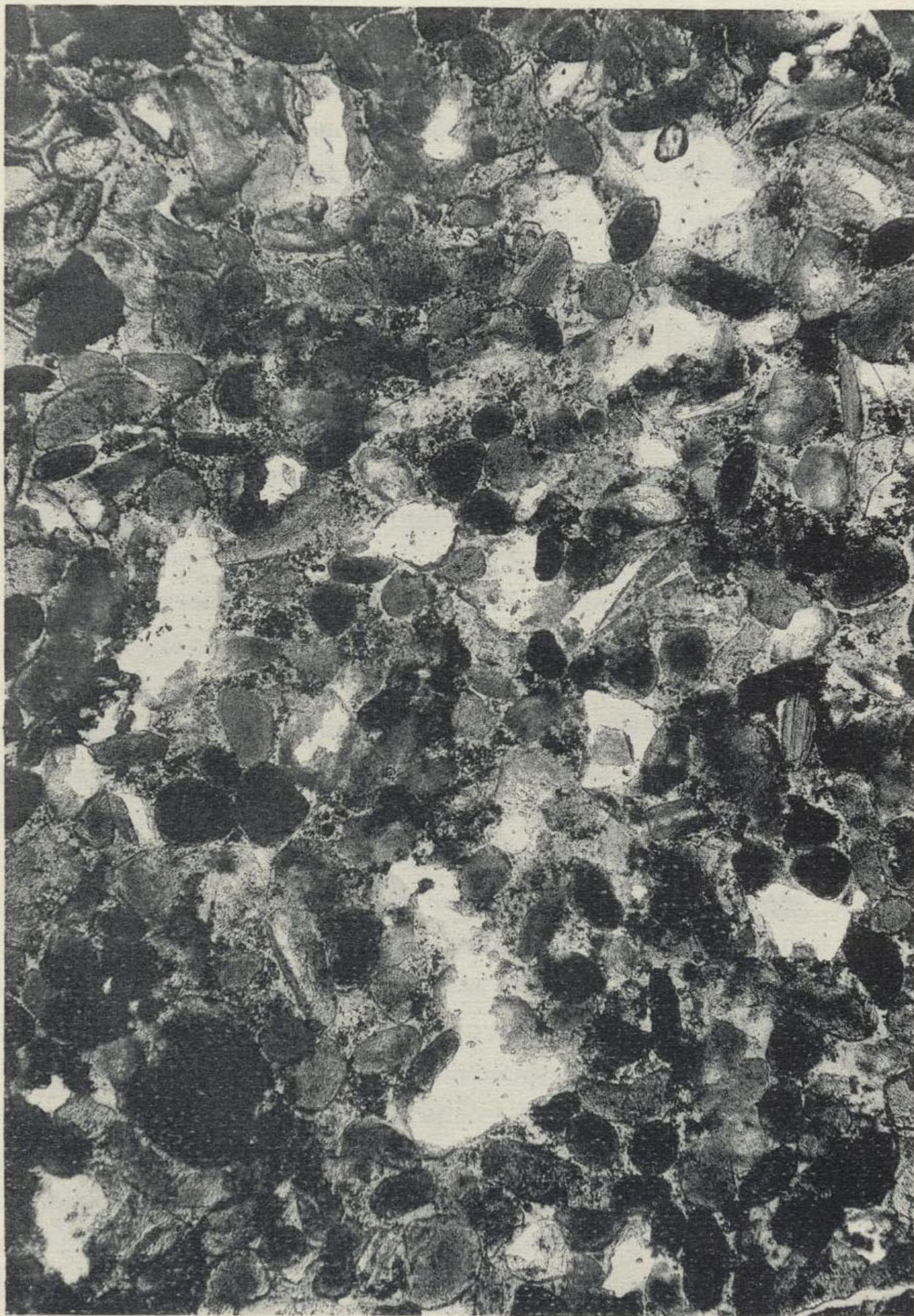
Las figuras de corrosión en las placas cristalinas no se pueden discernir en cambio más que por medio de los nicoles cruzados, que demuestran los conductos de acceso de



Luz natural. Aumento 36 diámetros.  
Conjunto de granos fosfatados con cemento muy silicificado.



Fot. 14  
FOSFATO.-KOSSEIR.-EGIPTO.



Luz natural. Aumento 36 diámetros.  
Conjunto de granos fosfatados con cemento muy silicificado.



las disoluciones, bandeados finamente por costas irisadas paralelas y a lo largo del conducto, por lo que se hacen patentes en los cortes perpendiculares a ellos. Estos encostrados de depósito químico deben estar muy próximos y a veces coinciden con los extremos de los granos fosfatados. En el interior de los restos orgánicos y hasta de los coprolitos y granos, se encuentran conductos y trozos de calcita cristalizada como los de cemento, demostrando el metamorfismo final afectando a toda la formación.

### **Ued-Zem. Trinchera núm. 3. Tercer afloramiento.**

Con ligeras variaciones, puede decirse que el conjunto detrítico demostrado por estas preparaciones es idéntico al de las anteriores.

Debemos señalar aquí, por no haberlo hecho en la descripción anterior y por ser en este depósito mucho más dominante, un punteado de hidróxido y materia orgánica que, sin caracteres de regularidad, tienen muchos de los granos fosfatados y que se destacan siempre sobre la concentración de materia que hemos descrito en el caso anterior.

También es de notar que la división en romboedros de las placas del cemento rudimentario en las láminas anteriores está aquí bastante grabada, siendo los cristalillos que constituyen la división de las placas de 2 a 3 centésimas de milímetro. Por fin, entre los cuerpos de origen orgánico, siempre manifestados por la polarización de la apatita, encontramos dos de ellos en que se ven los granos fosfatados no sólo iniciados, sino bien definidos en luz polarizada, dentro de los contornos del resto orgánico, hecho que viene a confirmar el origen de muchos de los granos, y en segundo lugar, a demostrar que la cristalización del fosfato no se produce más que en los extremos de los restos orgánicos, por condiciones especiales de la materia ósea.



También hay granos con canal longitudinal, procedentes de dientes como los descritos en los depósitos de Gafsa.

**Preparación del kilómetro 93. (Salida de Ued-Zem).**—Es del mismo tipo este depósito que los descritos anteriormente. La composición de granos, de 2 a 3 décimas de milímetro, es casi exclusiva, y el cemento que los enlaza es calizo, siendo la proporción aproximada de 70 a 80 por 100 de cantos redondeados fosfatados, y el resto cemento calizo.

Las únicas modalidades algo diferentes y dignas de mención, son las que se refieren al punteado de los granos y a las figuras de corrosión.

Los puntos y corpúsculos que motean son absolutamente generales a todos los granos; son negros y sus tamaños varían desde la materia pulverulenta hasta 1 centésima de milímetro, y es la mayor o menor condensación de este punteado de substancia orgánica la que produce el centro oscuro o los anillos difusos de los granos fosfatados.

En cuanto al mejor aprecio de las figuras de corrosión, estriba principalmente en que la roca es más granuda en su cemento y más porosa.

La caliza, por lo general, ya no se presenta en placas grandes, sino en granos cristalinos, lo cual contribuye a aumentar el desarreglo característico en las figuras de disolución. No se distinguen bien más que a la luz polarizada, y la manera más frecuente de ofrecerse consiste en poros de 1/2 a 1 décima de milímetro, bandeados en líneas finas, irisadas y paralelas a la figura irregular que tienen, atestiguando las sucesivas incrustaciones producidas en el conducto del poro por el paso de las disoluciones. Estos poros de circulación abarcan en general dos o más placas o granos cristalinos de diferente orientación óptica, con lo cual se

comprueba que la circulación y redisolución de parte del cemento representan un fenómeno cumplido hasta el último momento.

Deben señalarse también varios trozos orgánicos con su polarización característica, encerrando granos fosfatados, como si se produjese en el interior de los cuerpecillos óseos una división nodular de la materia concentrada por afinidad, deducción bastante lógica que ya hemos visto iniciada en varias preparaciones de diferentes depósitos. (Págs. 8 y 22).

#### **Preparaciones de la trinchera núm. 6. Ued-Zem.**

Al examinarlas, vemos dos tipos completamente distintos. Unas presentaciones son análogas, casi idénticas, a las láminas descritas en las trincheras últimas y otras de cemento más granudo y desarreglado conteniendo *foraminíferos*. En las preparaciones el cemento en placas romboidales no ocupará éste más del 20 por 100, con romboides hasta de media décima de milímetro; los elementos detríticos son siempre los mismos: granos fosfatados de 2 a 4 décimas con punteado de materia orgánica, que suele dar tendencia oolítica; coprolitos que llegan y pasan de 1 milímetro, enlazándose a las dimensiones macroscópicas, de fondo bastante uniforme y líneas de fractura o contracción, y por fin, restos orgánicos en alguna abundancia, que son dientes unos, otros esquirolas con células óseas bien marcadas, y algunos con el estriado fino que parece propio de las escamas. En las relaciones de estos cuerpecillos orgánicos con el cemento es donde deben hacerse algunas ligeras indicaciones: el contorno de estos restos lo encontramos con alguna frecuencia bandeado por las incrustaciones paralelas de circulación de disoluciones descritas en las figuras de disolución de preparaciones anteriores, y como en ellas, llegamos a encontrar en el interior

de algunos trozos granos o núcleos fosfatados de concentración e inclusiones del cemento cristalizado.

Los tonos de polarización, más argento-azulados que en los demás casos, parecen justificar la sospecha de una especie mineralógica, quizás afin a la odontolita.

En las preparaciones de cemento granudo, que con luz natural tienen el mismo tono amarillento pajizo, debido a los granos fosfatados y coprolitos contenidos, el conjunto es muy distinto, pues sobre el fondo de granos cristalinos de calcita, de 2 a 3 centésimas de milímetro, sin forma definida y de distinta orientación óptica, se encuentran los elementos detríticos, que en general no llegan a la tercera parte, empezando a establecerse el tránsito a las calizas. Los cuerpecillos que sobre el fondo granudo dan lugar a un conglomerado poligénico, son de las mismas clases que siempre: granos fosfatados, coprolitos y restos orgánicos. Los granos, de 1 a 4 décimas, contienen mucha concentración en punteado o grumos de la materia orgánica parda, teñida con frecuencia de hidróxido de hierro; el centro suele estar más oscurecido que la corona periférica y, aunque remota, se inicia en algunos granos la tendencia oolítica. Los coprolitos son grandes, pues llegan hasta un milímetro y tienen fondo bastante uniforme, con líneas de contracción en materia oscura o hidroxidada; las figuras de estos cuerpos, dentro de ser redondeadas, son algo alargadas y flexuosas. En cuanto a los restos orgánicos, son raros los polarizados en los tonos azulados de extinción rodada, que hemos supuesto podrían referirse siempre a los trozos óseos. La nota curiosa de las preparaciones granudas está dada por la abundancia de foraminíferos; en general estos fósiles varían en sus dimensiones de 2 a 5 décimas de milímetro y llegan hasta 8; lo más frecuente es verlos mineralizados en la calcita del cemento, más o menos teñida de hidróxido de hierro, y en la

mayor parte de los casos tienen sus celdillas rellenas de materia fosfatada idéntica a la de los granos y demostrando que, aunque la concha haya sido siempre en su origen de calcita, debió estar colmada en su interior en una substancia que produjese en su alteración limonita y fosfato de cal. Los géneros encontrados han sido *globigerinidos* y *rotalinidos*. Entre los primeros encontramos una especie de gruesa *dentalina* hasta de 8 décimas de milímetro; los más frecuentes son las *globigerinas*; encuentro también restos que parecen de *textularias*, la presencia de los cuales sería de un gran interés, pues serviría para sincronizar estos depósitos con los de Boghari, avalorándose esta coincidencia por el hecho de encontrar también las *bolivinas* en las calizas que contienen las capas fosfatadas de la Sierra de la Espuña, en Murcia. Vemos también un *rotalido* con 12 cámaras, que supongo sea de aspecto muy parecido a los vistos también en los yacimientos de Espuña. Por fin, encontramos restos con un punteado de celdillas alternadas.

El final de la serie representada por esas preparaciones son las calizas de fondo granudo o en placas con tendencia espática, conteniendo en cualquiera de los dos casos rarísimos granos fosfatados, de 2 a 4 décimas, alargados en su forma redondeada. También suelen estar representados algunos restos orgánicos y las figuras de disolución formadas en los poros por depósito químico.

#### **Preparación de fosfato negro. Marruecos francés.**

Muy parecido en aspecto al de la trinchera número 1. La mayoría de los granos, redondos y de 2 a 4 décimas, son coprolitos pegados entre sí por muy escaso cemento, el cual está constituido por materia confusa negra algo verdosa, que es la que produce el tono macroscópico; la reacción óptica de esta substancia, aunque escasa, recuerda las fibras

de algunas cloritas. Entre los granos se encuentran también coprolitos que pasan de un milímetro.

A la luz polarizada, con nicoles cruzados, no se destacan más que algunos granos de cuarzo y restos de apatita, en dos tonos, procedente de los residuos óseos.

### ROCAS FOSFATADAS DE LA REGIÓN DE LEVANTE (ESPAÑA)

Las rocas fosfatadas de esta zona, conocidas antes de la visita a los yacimientos franceses a que se han referido las preparaciones anteriores, son unas margas fosfatadas muy glauconiosas que por su alteración producen arenas verdes, al reunirse los granos de aquel silicato férrico potásico. En posteriores análisis realizados en el Instituto Geológico, se ha visto que algunos bancos de calizas margosas eran más fosfatados que los peculiarmente glauconiosos, y por esta razón insertamos el examen de las rocas que constituyen el haz fosfatado, para que puedan servir sus indicaciones en las investigaciones sucesivas. El tramo que contiene los niveles fosfatíferos se encuentra arrumbado próximamente N. 70° O., buzando al S-O., y lo hemos reconocido ocupando geográficamente el puerto que en la Sierra de Espuña divide las aguas de Alhama y las de Priego, desde 300 metros al E. de Prado Mayor, en unos 3.000 metros y paralelamente al barranco de Malvariche, en parte de cuya ladera izquierda se encuentran los afloramientos.

Las cimbras están ocupadas por calizas del titónico, muy rosáceas y enhiestas en esta zona, mientras que el fondo del banco se excava en calizas tan colmadas de *nummulites*, que uno de los barrancos, derivación del de Malvariche, se llama



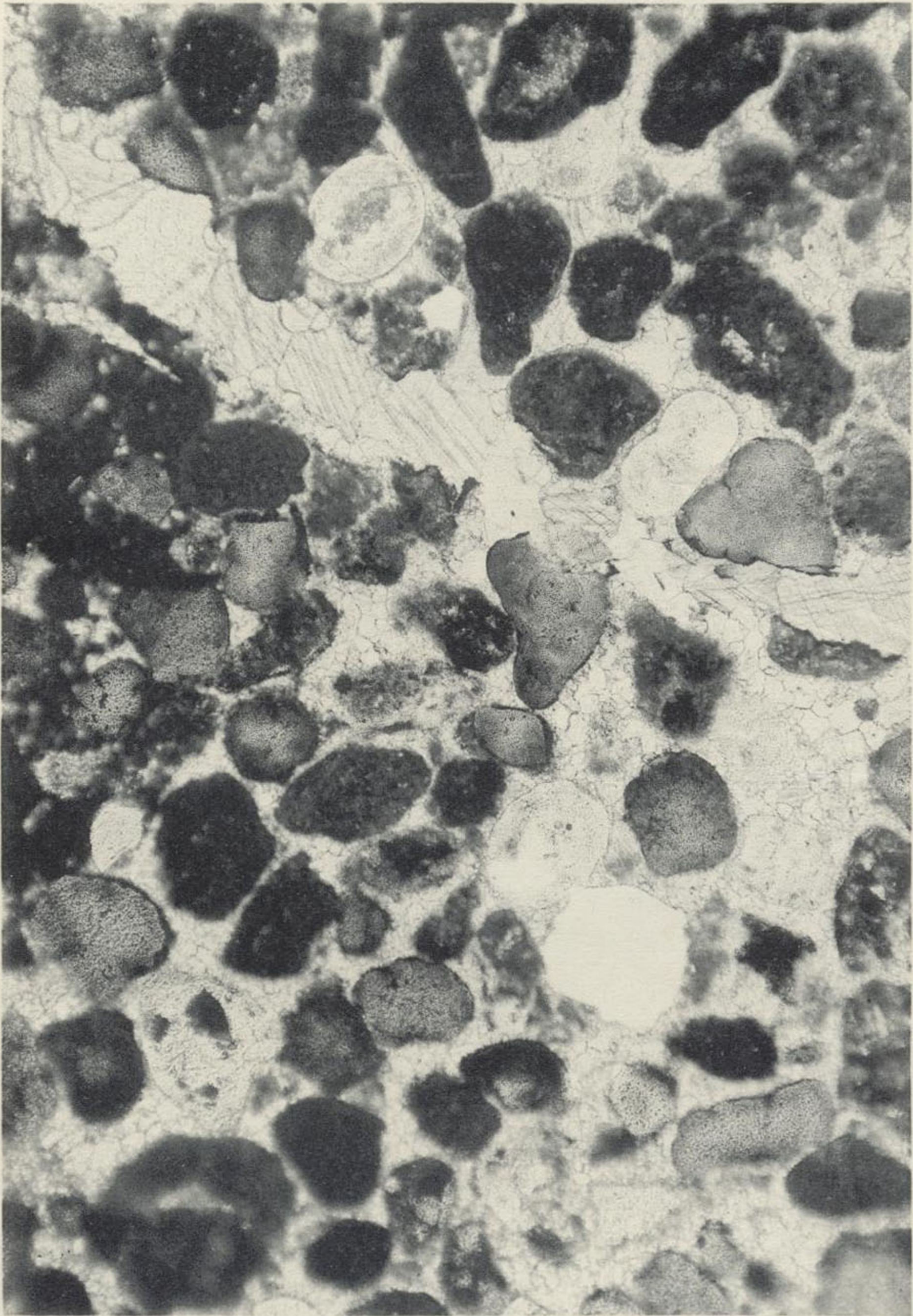
Luz natural. Aumento 35 diámetros.

Granos gris oscuros de glauconia y fosfato, los negros están muy avanzados en el proceso de transformación a limonita. La preparación está cruzada por un filón de caliza espática.



Fot. 15

ROCA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA. (MURCIA) ESPAÑA.



Luz natural. Aumento 35 diámetros.

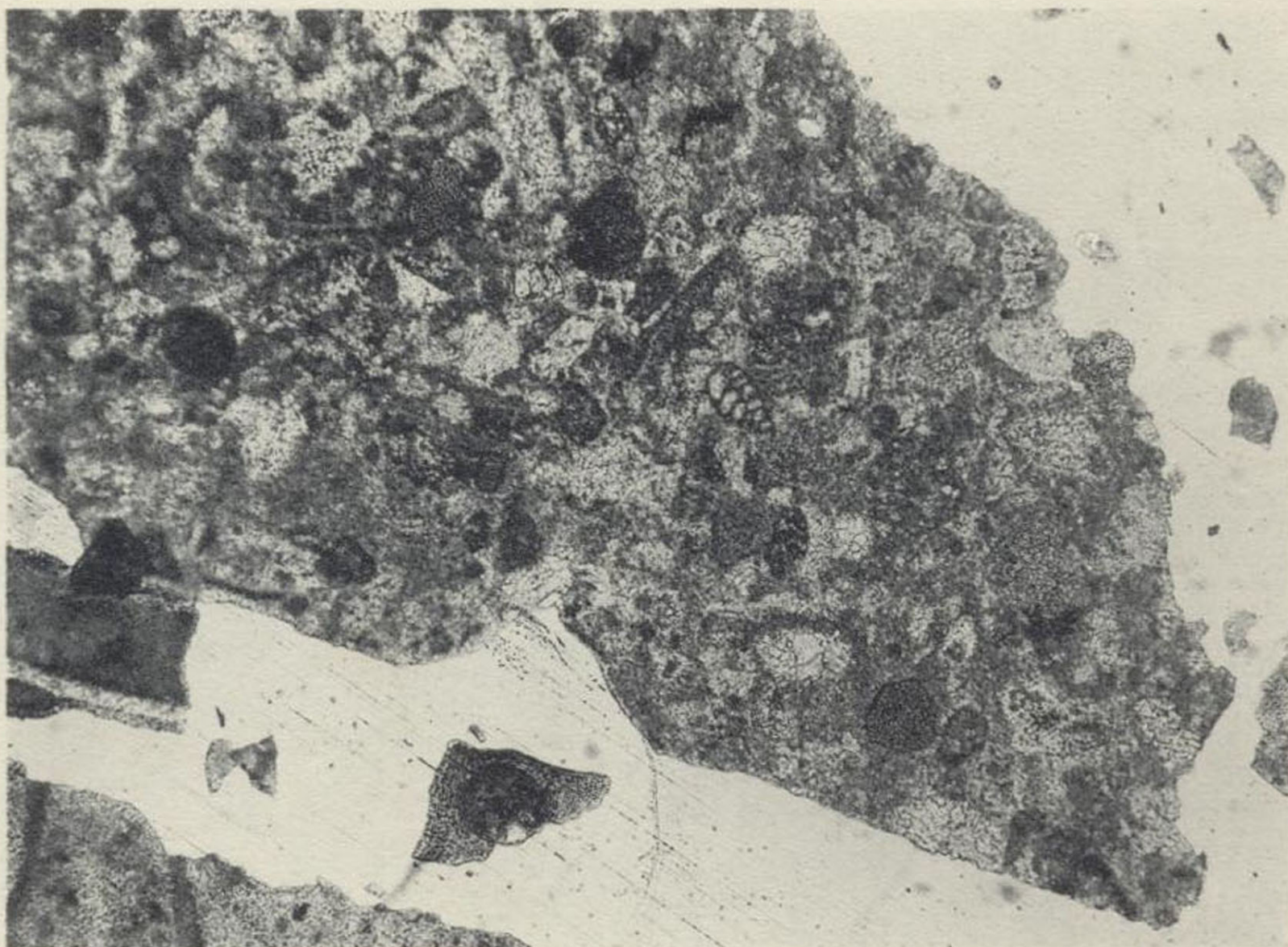
Granos gris oscuros de glauconia y fosfato, los negros están muy avanzados en el proceso de transformación a limonita. La preparación está cruzada por un filón de caliza espática.





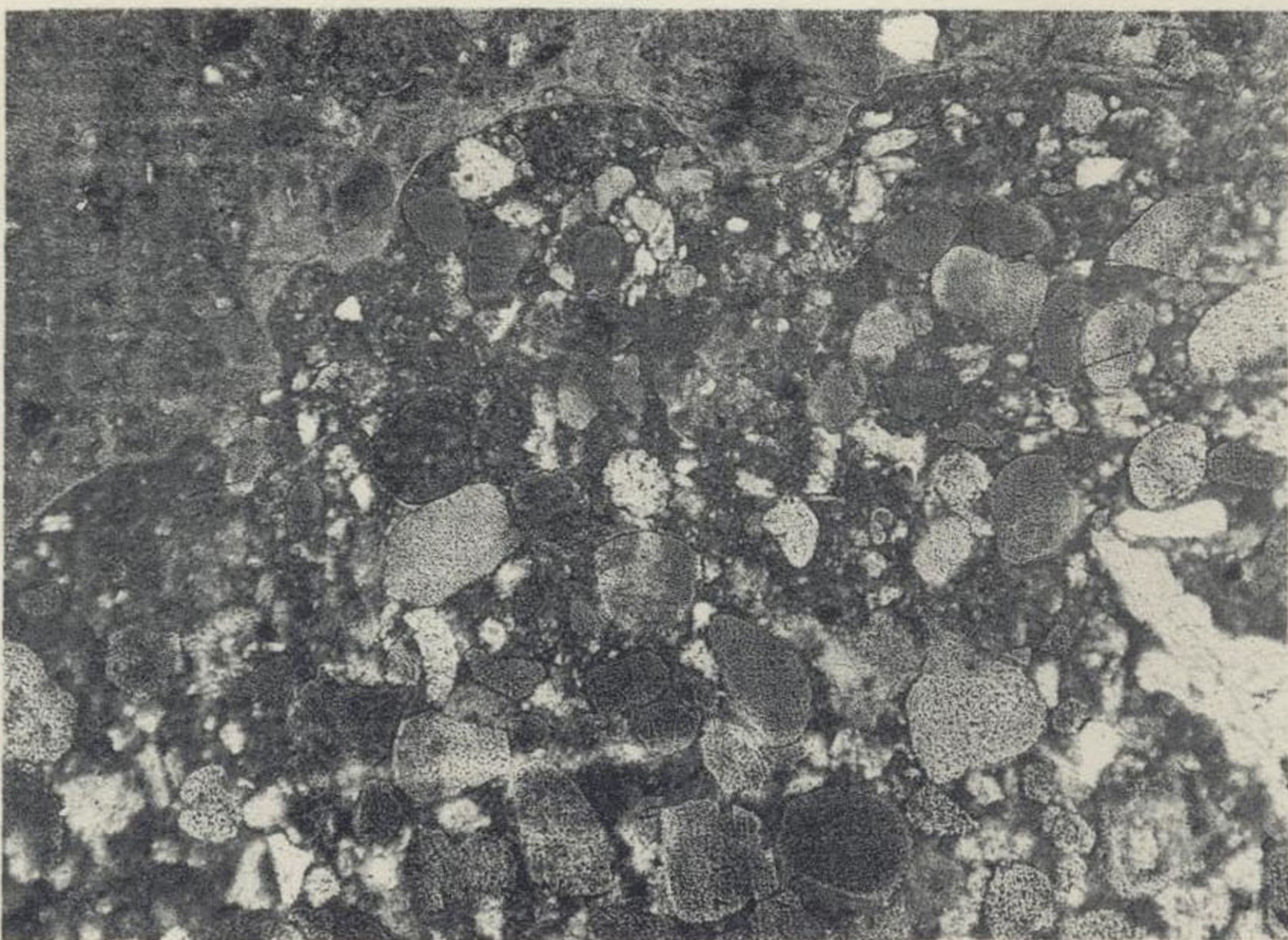
Fot. 17

CALIZA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA (MURCIA) ESPAÑA.



Luz natural. Aumento 80 diámetros.

En el centro una *textularia* igual a las de Boghari (Fot. 9.<sup>a</sup>) marcando el lazo de unión.



Fot. 16

ROCA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA (MURCIA) ESPAÑA

Luz natural. Aumento 20 diámetros.

Granos redondos de glauconia y fosfato. Cimento granos de caliza cristalina. Una esquina oscura en caliza margosa.



el de las *Lentejas*, pues en tal cantidad se encuentran desprendidos estos fósiles, que justifican su nombre. La colocación de los horizontes fosfatados parece, pues, referirse al cretáceo, y así tienden a confirmarlo los *scaphites* encontrados en unas margas carbonosas inmediatamente inferiores a las glauconiosas, y que quizá puedan representar los horizontes lignitíferos, tan propios de las capas más altas del cretáceo y principios del eoceno.

En el barranco llamado el «Rincón de las Zorras», que afluye también al de Malvariche, hemos encontrado de N. a S. el siguiente corte:

Calizas titónicas con amonites; margas glauconiosas (tres niveles con equínidos); margas carbonosas con señales de plantas en lignito, *amonitidos* y *scaphites*; margas tableadas blancas, con un ejemplar de *inoceramus* que parece *Cripsi* y restos de *hippurites* (Senonense) y, por fin, las capas colmadas de *nummulites* del barranco de las Lentejas.

Como todo el conjunto de capas tiene igualdad de buzamiento y en un sentido contrario a la colocación natural estratigráfica, suponemos que se trata de un pliegue invertido. Los detalles referentes a la descripción del yacimiento visto, así como a los restos fósiles y caracteres geológicos, aparecerán en una publicación próxima del *Boletín del Instituto Geológico*. (Fotografías 15, 16 y 17).

Más recientemente se ha descubierto por nuestro compañero el Ingeniero de Minas Sr. Gorostíza otro centro de margas fosfatadas próximo al señalado, pero cuyas relaciones geológicas no parecen tan claras con las rocas cretáceas, lo cual marca cierta contradicción con la fauna microscópica que señalaremos. Este es un punto importantísimo para aclarar en el próximo estudio.

Como el tallado en micropreparación de las arenas glau-



coniosas de Malvariche era más difícil de conseguir, y resultaba de una gran monotonía de presentación por reducirse a granos casi calibrados glauconioso-fosfatados y algunas puntas de dientes, hemos realizado la mayoría de las preparaciones sobre las rocas más duras del segundo centro de margas fosfatadas.

**Caliza parda rosácea con granos verdes.** — Tiene ese aspecto macroscópicamente, y lo mismo en el microscopio a la luz natural transmitida; en cambio, a la luz reflejada se aprecia, sobre el blanco algo sucio de la caliza, granos bastante próximos y calibrados de dos clases: unos en verde muy oscuro, que suponemos de glauconia, y otros pardo rojizos de tonos algo distintos que llegan, al parecer, a establecer su tránsito con los verdes, y así se ven también con luz transmitida y pocos aumentos, siempre redondeados y sueltos, los granos sobre el fondo de la caliza margosa. Su tamaño es de 3 a 5 décimas de milímetro, y repartidos con uniformidad sobre la superficie, la ocuparán en un 40 a un 60 por 100, correspondiendo el resto al cemento calizo.

En luz transmitida las diferencias que establecíamos en la reflejada se hacen menores y se percibe claramente el tránsito de los granos verdes a los pardos, que son los que en las rocas de estas preparaciones parecen dominar; en la descripción haremos la separación como facilidad expositiva. Los granos verdes tienen un tinte verde guisante, pero en general tirando a hoja seca, es decir, con su alteración más o menos iniciada, pues a juzgar por el aspecto de las transformaciones, parece la limonita uno de los términos finales. Ninguno tiene un tono uniforme, sino que todos están más o menos oscurecidos en los bordes, por acumulación en ellos de la misma materia verde en forma algo confusa, como de grumos sucios; el borde exterior está perfec-

tamente marcado y a veces subrayado por trozos de hidróxido de hierro. Los grumos verdes del interior, haciéndose más frecuentes, llegan a constituir una especie de punteado sobre la superficie del grano, ofreciendo un aspecto orgánico.

La hidroxidación paulatina de los corpúsculos y grumos de la materia verde va produciendo paralelamente el paso a los granos pardos hasta los escasos limonitizados por completo, con vestigios verdes, que constituyen el extremo de la serie; los estados intermedios de alteración, que son los más frecuentemente representados, ofrecen cierta complejidad dentro de la constante confusión producida por el desarreglo interior de materia. Las concentraciones hidroxidadas de hierro se disponen en forma de puntos o trazos algo flexuosos, por bajo de cuya trama se descubre el fondo verde del grano origen con tono más amarillento; además de estas dos substancias, amarillenta o verde, e hidroxidada, y en el mismo estado de confusión, pero con disposición todavía más finamente corpuscular, aparece una tercera materia de tono gris, recordando en bastantes casos las presentaciones arcilloso-calizas; en varios granos es ésta la que les da aspecto más fosfatado, sin que se pueda identificar como especie mineralógica. En alguno de los granos pardos, el punteado es tan definitivo, que no se puede dudar de su origen organizado; los puntos de limonita, de 1 centésima de milímetro aproximadamente, están separados por espacios de la misma dimensión y repartidos en largas columnas que estrían toda la longitud del grano; otras veces las líneas son unidas, flexuosas, paralelas y con el mismo aspecto de organización.

El conjunto detrítico que ofrecen los granos, sean pardos o verdes, nunca tienen disposición fluidal ni arreglo determinado. La forma de los elementos, aunque siempre redondeada, suele ser algo alargada y hasta con inflexiones,

es decir, recordando la silueta externa de los coprolitos de los depósitos fosfatados; pero carecen de su materia gris uniforme y de sus características líneas de contracción.

En ninguno de los casos, ni granos verdes ni pardos, ofrecen tendencia a la textura oolítica.

Respecto a restos orgánicos, encontramos los granos punteados o estriados ya descritos, que alcanzan hasta cerca de 1 milímetro, y que son sin duda residuos de conchas de foraminíferos o diatomeas y, aunque de menor tamaño, algunos *globigerinidos* bien determinados; restos óseos son muy escasos, y en un solo caso vemos uno de unas 2 décimas, que podría referirse a un diente de escualo, no sólo por la forma, sino por los tonos y aspectos de polarización, casi idénticos a los vistos para restos análogos en los depósitos africanos (pág. 22).

A la luz polarizada, toda la placa, hasta los granos verdes o pardos, producen la extinción sedosa de la calcita, más o menos marcada, según los casos; el fondo del cemento es granudo, de calcita cristalina. Los granos verdes toman un tono verde yerba al cual da tonos dorados el amarillo de la luz natural, que no desaparece por completo; en resumen, la materia verde tiene muy escasa reacción óptica, no acusa policroísmo y es poco birrefringente; por la forma de sus granos, los tonos verdes y por la potasa acusada en los análisis, parece tratarse de glauconia, pero no son suficientes los caracteres ópticos para atestiguarlo. Sin embargo, en la alteración hemos visto que la parte verde se desdobra en otras tres: amarillenta, limonita, y parda gris, y como por otra parte el análisis de los granos revela fosfato de cal, nos inclinamos a suponer que desde el principio esta substancia verde, relleno probable de las conchas vacías de foraminíferos, contuvo parte fosfatada y parte glauconiosa, que es el manantial de la producción de limonita.

Sobre el cemento de granos cristalinos hasta de 3 centésimas, se señalan muchas pequeñas concentraciones margosas, que son las que contienen más foraminíferos, principalmente *globigerinas*.

Algunos de los granos de calcita están mezclados, y casi todos ellos tienen extinciones individuales. Como particularidades, pueden indicarse los filoncillos de calcita que cruzan la roca y que se ofrecen cristalizados en placas grandes de división romboédrica y casi siempre macladas polisintéticamente, o según los ejes ternarios. En las partes más grandes y desarregladas del cemento parecen estar representadas figuras de corrosión por circulación de disoluciones.

**Pudinga caliza, margoso fosfatada.**—Es verde granulosa, conteniendo nódulos blancos abundantes que llegan a 1 centímetro.

Al microscopio, y con luz natural, se aprecia que no es tan esencial esa diferencia: las porciones verdes que en el trozo que examinamos hacen veces de cemento del conglomerado, son casi idénticos a la roca número 1, por lo cual referimos a ella su descripción. Los granos de glauconia ocupan quizá la mitad de la superficie y son redondeados, y de la misma forma y tamaño; la masa margo-caliza que los enlaza contiene foraminíferos de una o varias décimas de milímetro, en los que claramente se distinguen los *globigerinidos*. En la parte verde son frecuentes los filoncillos de espato calizo.

La porción blanca que representa los nódulos grandes, se ofrece macroscópicamente de tono mucho más ceniciento a la luz natural transmitida. La materia de los nódulos, cuya separación con la caliza verdosa está dada por una línea perfectamente definida, es desde luego margosa, según se desprende de su aspecto sucio y confuso. A la luz polariza-

da se confirma este supuesto viéndose la masa blanca como un compuesto detrítico a su vez, en el cual elementos de varias centésimas a 1 décima de milímetro, mineralizados en calcita, están enlazados por una masa de más escasa reacción óptica, como ocurre en las masas arcillosas o algo caolinizadas; la mayoría de los detritus de esta marga son foraminíferos o restos suyos, entre los que figuran con abundancia los finamente moteados descritos en la roca anterior y que parecen representar la superficie de cuerpos mayores; también son frecuentes secciones de conchas muy estrechas y de varios milímetros de longitud. Aquí, lo mismo que en las porciones verdes de la roca que servían de cemento, son las *globigerinas* y las *dentalinas* las dominantes. También en esta masa margosa se encuentran granos verdes de glauconia. Vemos, pues, que a juzgar por los restos orgánicos, tanto la porción verde como la blanca se han formado en el mismo medio, hecho demostrado también por el factor común de la glauconia. Parece consecuencia que las aguas batientes han debido de actuar de un modo prolongado arrancando al final trozos de roca ya consolidada que venían a proporcionar los nuevos elementos poligénicos para las idénticas formaciones detríticas finales.

**Pudínga caliza fosfatada.** (Fot. 18).—Es la capa caliza que viene a formar el techo del yacimiento, y es sencillamente de la misma masa que la descrita en las preparaciones anteriores, como formando el cemento; desde luego se aprecia su constitución exclusivamente detrítica y orgánica. Constituye un verdadero fondo de foraminíferos cuyos restos, casi en contacto, varían de tamaño desde una centésima a varias décimas de milímetro.

A la luz polarizada se distinguen dos porciones diferentes en la roca: una con más reflejos de calcita, más blanca,

y otra, de aspecto más confuso y arcilloso, ligeramente teñida de hidróxido, que suele formar el límite de las dos distintas clases; son caracteres comunes en ambas la abundancia de foraminíferos y la presencia de granos de glauconia de 2 a 3 décimas próximamente y que por su forma y análoga situación demuestran la identidad de clase respecto a formación, entre esta roca y las expuestas anteriormente, sin más diferencia que la menor proporción en la existencia de glauconia y sus alteraciones.

Lo instructivo de la roca que examinamos consiste en los restos orgánicos y su presentación. Son en una gran parte trocitos redondeados o acuminados, con el punteado característico ya descrito; bastantes *globigerinidos*, *dentalinas* de una o varias cámaras, alguna *rotalina*, una *cornuspira* y varias *bolivinas* idénticas a las vistas en Boghari; por fin, como fósiles macroscópicos, hay abundancia de *amonitidos perisphinctidos*, cuyas conchas señalan con líneas espatizadas sus contornos redondeados, siendo en general más arcilloso y finamente granulado su relleno de caliza, que es, desde luego, mucho menos fosilífera.

Los foraminíferos se ofrecen muchas veces mineralizados en glauconia, y este hecho es de una importancia decisiva en cuanto a las ideas sobre la formación, pues examinando con esta prevención los diferentes granos de glauconia, sorprende ver que muchos de ellos han correspondido al relleno de *globigerinas*, de los fósiles punteados y de alguna *rotalia*; ahora bien, como estos granos glauconiosos son los que hemos visto alterarse en parte hidroxidada y fosfatada, parece poderse deducir que los foraminíferos de este fondo litoral han sido los verdaderos centros de atracción de las materias fosfatada y glauconiosa, depositadas juntas en un principio y disociadas paulatinamente en el curso de alteración de la roca.



En el cemento de la roca caliza que hemos descrito, y aparte de los filoncillos cristalizados, hay granos y placa de calcita maclada en líneas polisintéticas.

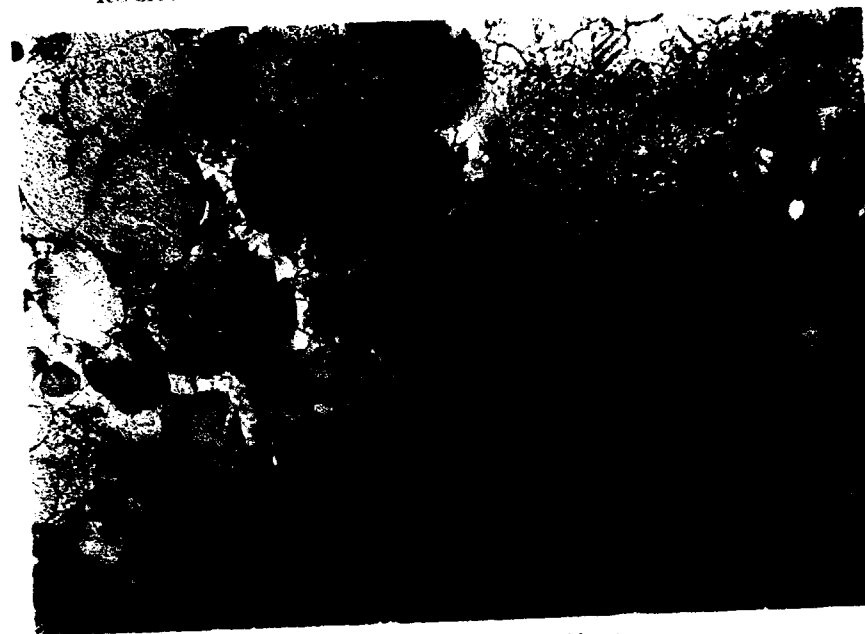
**Pudinga caliza, glauconioso fosfatada. (Roca número 4).**—Es granuda, verde, con nódulos de caliza blanca, por lo cual, en conjunto, se parece a la examinada con el número 2. Es difícil de tallar por su escasa dureza, pero los trozos que gracias a su cocimiento en bálsamo pueden pasar a lámina delgada, se ofrecen como la roca 1 y 2, es decir, concentraciones de granos de glauconia de 1 a 4 décimas de milímetro sobre fondo calizo, formado por aglomeración de restos de *foraminíferos*, y de los cuales dominan las *globigerinas*, las *dentalinas* y particularmente los trozos punteados. Del mismo modo se comprueba la ocupación de las cámaras por la glauconia y parte fosfatada, así como la descomposición de este silicato en hidróxido de hierro.

Debe citarse como hecho muy curioso, que en las tierras verdes originadas por la alteración de esta roca, se encuentran puntas muy finas y afiladas de dientes que parecen de *odontospis*; en realidad no he podido encontrar ninguno clasificable, pero su presencia, relativamente bastante repetida, viene en apoyo de la hipótesis de cordones terrígenos litorales respecto a su formación.

**Pudinga margoso fosfatada. Roca número 5.** (Fotografía 19).—Es una caliza margosa de detritus orgánicos que varían de 1 centésima a 2 décimas de milímetro, sobre el fondo de la cual se destacan en agrupaciones muy irregulares los granos de glauconia de tono verde yerba muy marcado, con escasa refringencia y tintes también verdes, algo más oscuros, de polarización. En cuanto al fondo, está

Fot. 19

ROCA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA (MURCIA) ESPAÑA.



Luz natural. Aumento 30 diámetros.  
Granos de glauconia y fosfato, otros gruesos semejantes a cropolitos.  
Foraminíferos en la parte margosa.



Fot. 18

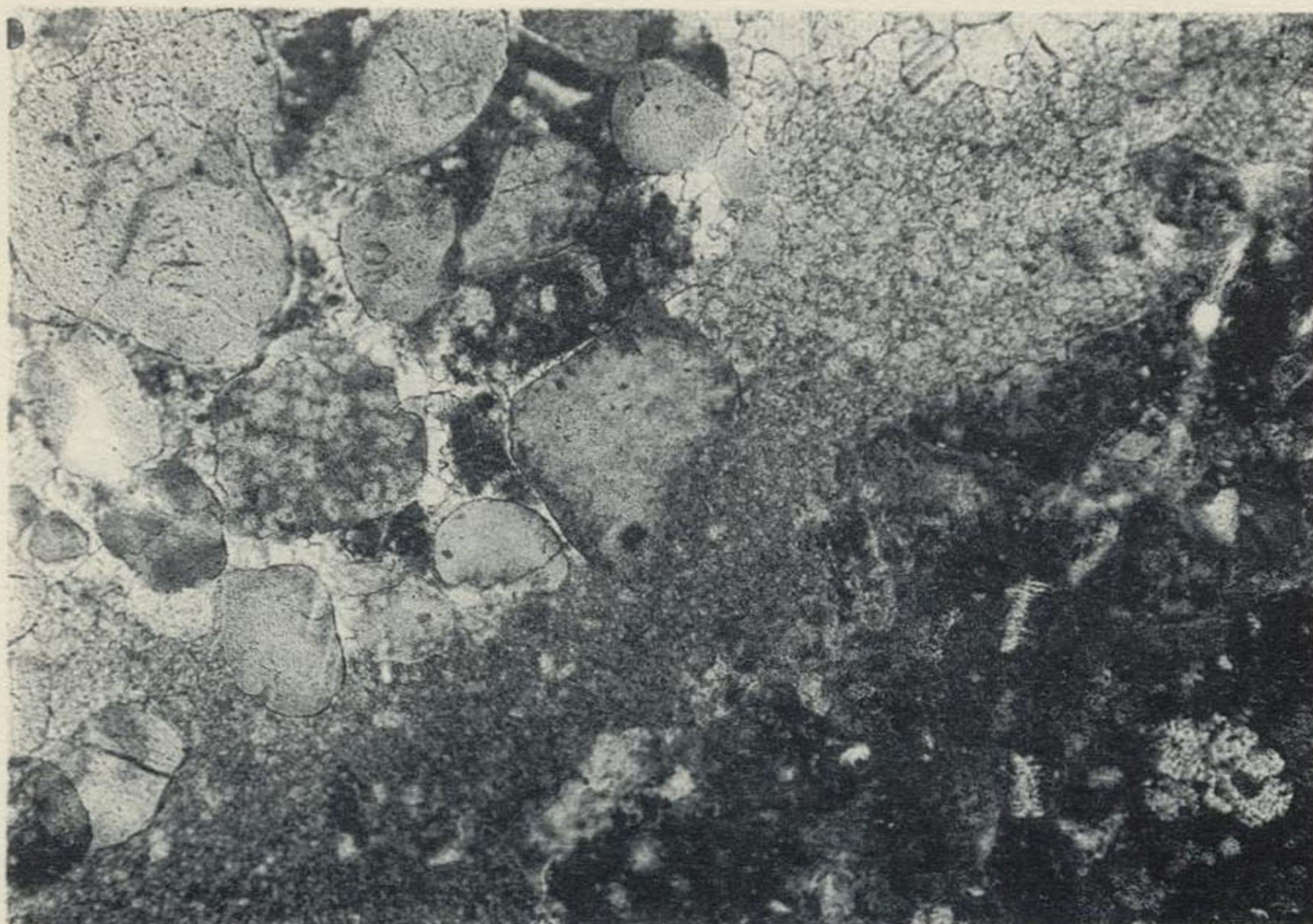
CALIZA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA (MURCIA) ESPAÑA.

Luz natural. Aumento 70 diámetros.  
Se ven *rotalínidos* y *globigerinas* semejantes a los de Boghari.  
Sección de *Cornuspira*.

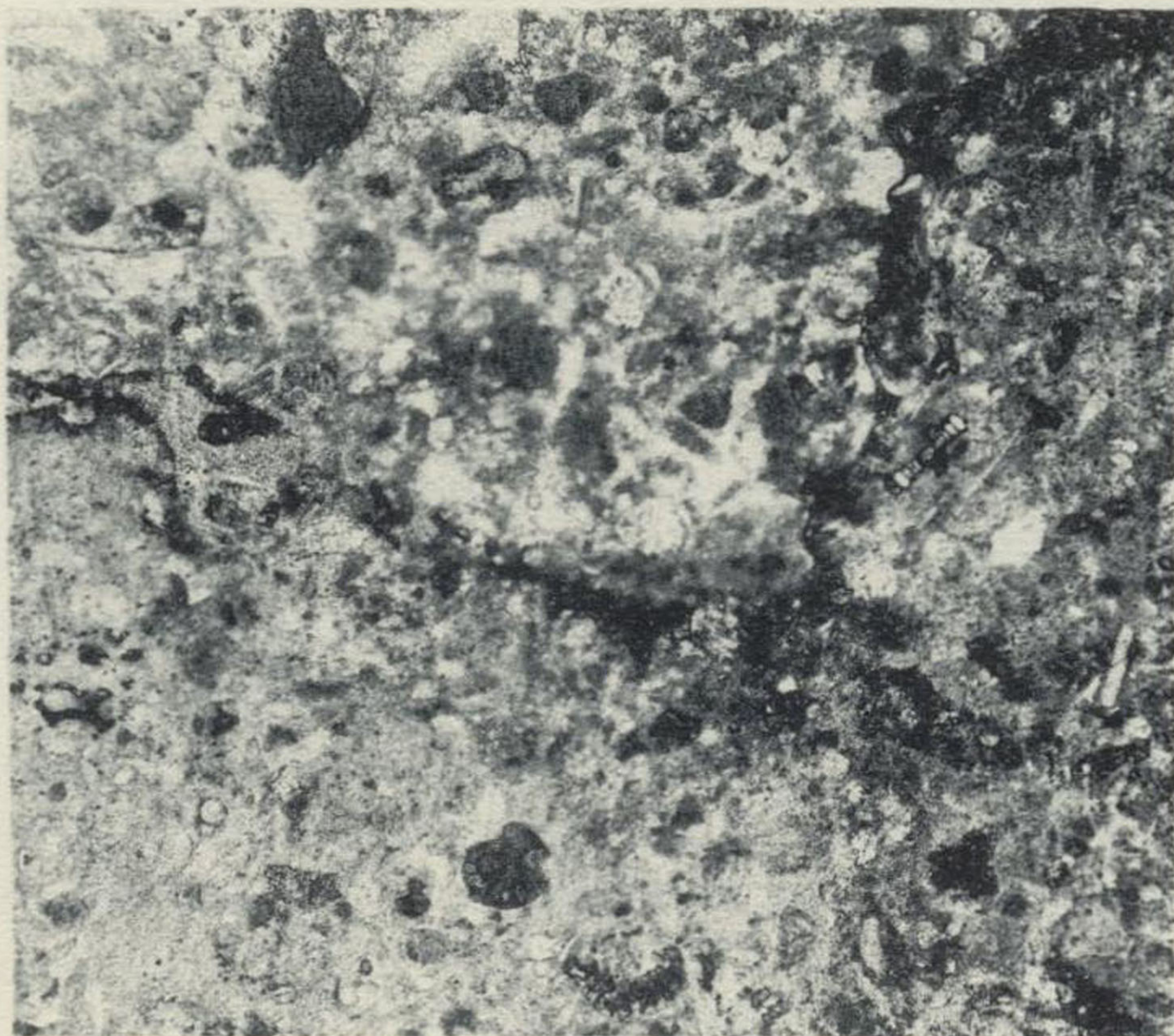


Fot. 19

ROCA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA (MURCIA) ESPAÑA.



Luz natural. Aumento 30 diámetros.  
Granos de glauconia y fosfato, otros gruesos semejantes a cropolitos.  
Foraminíferos en la parte margosa.



Fot. 18

CALIZA FOSFATADA. SIERRA DE ESPUÑA (MURCIA) ESPAÑA.

Luz natural. Aumento 70 diámetros.  
Se ven *rotalinidos* y *globigerinas* semejantes a los de Boghari.  
Sección de *Cornuspira*.





formado por dos clases de caliza que hemos indicado ya en los números 1, 2 y 3: uno finamente granudo, algo margoso, y el otro mucho más fosilífero y de mayor reacción óptica. También en esta roca se encuentran los *amonites* rellenos de alguna de las clases de caliza indicadas, demostrándose con ello que el depósito original se formaba de los lodos que rellenaron a las conchas grandes caídas posteriormente.

Los restos fósiles más discernibles son *globigerinas*, *dentalinas* y *nodosarias* y alguna *bolivina*.

Los filoncillos que cruzan esta roca son de calcita, dispuesta en gruesos granos cristalinos con frecuentes maclas.

### Análisis microscópico de los sílex.

Proponemos este apartado por las repetidas relaciones paragenéticas que existen entre los fosfatos térreos y los cordones nodulares u horizontes de nódulos silíceos que suelen acompañarlos. Y son tanto más dignos de aprecio estos núcleos de sílice, porque su gran dureza los hace resaltar unidos a las capas del terreno, y cuando sueltos, permanecen en el suelo como testigos indestructibles, pudiendo suministrar datos de importancia en una prospección, hasta con mayor probabilidad que la misma mena.

Hemos examinado las series de sílex en los yacimientos en que dominaba más la sílice, y han sido estos los de Tebessa y Marruecos francés, llegando a deducir consecuencias casi idénticas.

**Sílex del Kuif.** (Fots. 20 y 21).--Al microscopio y a las luces naturales reflejada y transmitida, el aspecto de



conjunto es como el de la mena correspondiente a su criadero y a cuya descripción, en esas condiciones ópticas, referimos al lector. Los mismos granos pardos fosfatados de 2 a 3 décimas, escasos restos óseos y algunos coprolitos grandes hasta de varios milímetros. El cemento está escasamente representado y es el que acusa el verdadero distintivo de esta roca. Está constituido por dos clases de materia: una, la más abundante, es parda y tiene aspecto uniformemente coloidal; no se distingue en ella granulación ninguna y se comporta en su aspecto monorrefringente, como el ópalo.

En muchos espacios, particularmente interoolíticos, esta substancia se desvanece, y entonces se pasa, con nicoles cruzados, a una agrupación de pequeñas palmas y pajuelas inferiores a 1 centésima de milímetro y que en su conjunto produce una polarización rodante de esferolito en cruz negra y acusando en cada agrupación de pajuelas reacciones individuales muy divididas, pero que unidas acusan una extinción sedosa y rodante; los tonos de polarización son azulados y con frecuencia argentados como las fibras de serpiente o antigorita. Analizada con atención esta substancia birrefringente en diferentes sitios, resulta ser idéntica al talco, cuyas palmas se mezclan en algunos sitios con granos cristalinos de cuarzo y fibras que parecen de silicatos de alúmina; en otras partes se trata sin duda de cuarzo con extinción rodante en disposiciones que identifican las análogas microcristalinas y palmeadas de otras preparaciones de los distintos criaderos (págs. 8 y 21). Este conjunto fibroso silicatado es de muy escaso relieve y no acusa pleocroísmo; su evolución es curiosa, pues paulatimamente se le ve introducirse en la materia monorrefringente y hasta desvanecer los granos fosfatados que quedan confusamente corroídos en su contacto impreciso. Hay otro motivo para

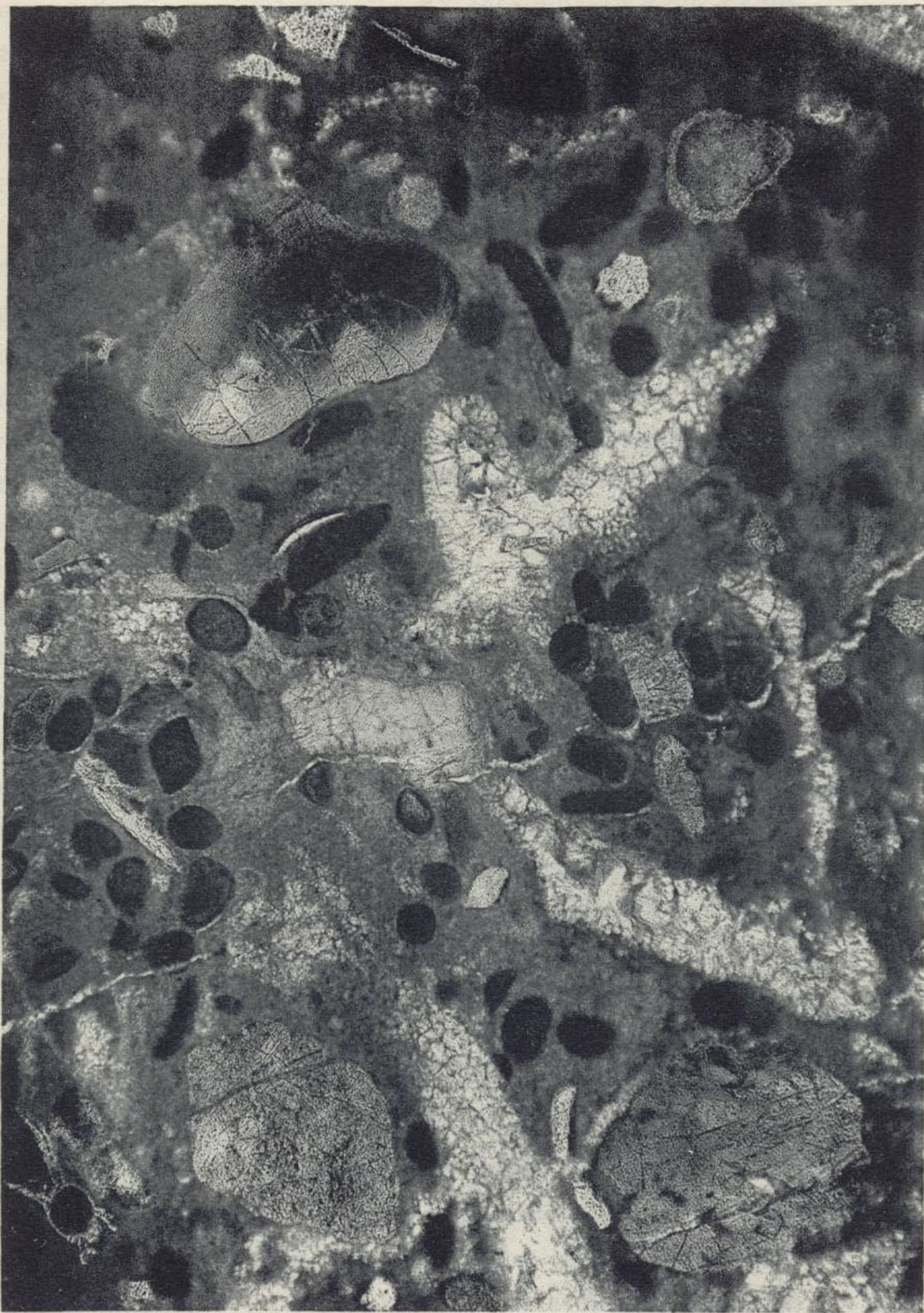


Luz natural. Aumento 28 diámetros.  
Granos fosfatados en negro y gris. Figuras de corrosión formadas en caliza cristalina blanca.



Fot. 20

SILEX DEL SUESSONIENSE PRODUCTIVO DEL KUIF  
(TEBESSA) ARGELIA.



Luz natural. Aumento 28 diámetros.

Granos fosfatados en negro y gris. Figuras de corrosión formadas en caliza cristalina (blanco).



que atribuyamos el desarrollo de este silicato a las disoluciones circulando entre los granos fosfatados, y es que las palmas de pajuelas se alinean en bandas paralelas a los conductos alargados en los estados avanzados en su alteración y quedan enlazados de este modo a verdaderas figuras de corrosión inexplicables fuera de los procesos de redisolución; en los casos mejor representados, los haces palmeados de un lado del conducto llegan a ponerse en contacto con los del otro mediante una línea de sutura muy fina, alcanzando hasta 2 décimas de milímetro, mientras que en los espacios mayores las palmas disminuyen de tamaño hasta las hojuelas de menos de una centésima y disposición confusa. No siempre las aguas de disolución que han circulado entre los granos y coprolitos han dado lugar a los agregados fibrosos, sino que en muchos sitios los filoncillos que quedan rellenando los conductos son de calcita, cuyos granos cristalinos y con frecuencia maclados, se disponen en láminas paralelas a los lados del canal circulatorio hasta su contacto en el centro; estos filoncillos bandeados de calcita se enlazan en sitios con las pajuelas de extinción y aspecto talcoso descritas anteriormente, y con granos de cuarzo, estableciéndose de este modo el tipo de enlace entre los nódulos silíceos de las tres clases: de cemento cuarzoso, de ópalo y de calcita.

**Silex del criadero del Dyr (Tebessa).**—En los silex del yacimiento del Dyr, que en general es mucho más silíceo que el del Kuif, hasta el extremo de haber tenido que suspender su explotación por el predominio de esta substancia, encontramos la misma serie establecida en el Kuif con gran predominio de las formas palmeadas; en realidad, la descripción sería una reproducción de la hecha para aquel criadero, y no señalaremos como caso especial más que el esta-



blecimiento de la evolución de la mena por la escasez de granos fosfatados y el predominio de las pajuelas talcosas y de cuarzo, que con dimensiones inferiores a 1 centésima de milímetro llegan a invadir con aspecto desvanecido las masas monorrefringentes de ópalo y silex compacto; los canales y figuras de corrosión son escasos. En silex *A* hay *foraminíferos* y *rotalias* punteadas.

**Silex del Marruecos francés.** (Fot. 22.)—Preparaciones que ofrecen el mismo aspecto de la mena a la luz natural, con granos fosfatados de 2 a 3 décimas, coprolitos mayores y algunos restos orgánicos; en cuanto al cemento, que es la parte interesante, está formado por una masa microcristalina de tonos azules débiles de polarización, y la dimensión de los cuales es inferior a 1 centésima de milímetro, con extinciones individuales, por lo cual no se aprecia bien el conjunto, que en su mayoría parece formado de diminutos granos de cuarzo, unidos a pajuelas talcosas, ofreciendo un estado de los tránsitos ya indicados. Lo curioso en las preparaciones de Ued-Zem, es que esta especie de finísima cuarcita que constituye el cemento, pasa por condensación a masas de materia parda confusa y casi monorrefringentes, muy parecidas a la substancia del cemento que hemos considerado como opalina en las láminas delgadas de los criaderos de Tebessa.

**Consecuencias.**—Del examen de los silex parece justificadas dos deducciones importantes: afecta la primera a la prospección de las menas fosfatadas, pues conservándose de un modo ostensible los silex por su dureza *in situ*, o en acarreo, y teniendo a la luz natural el aspecto correspondiente a la mena investigada, se puede comprender la estimación del dato que puede aportar su análisis micrográfico. Se



Luz natural. Aumento 30 diámetros.  
Conjunto de granos fosfatados y coprolitos con algunos restos orgánicos.  
Cemento muy silificado según el grado de su transformación.



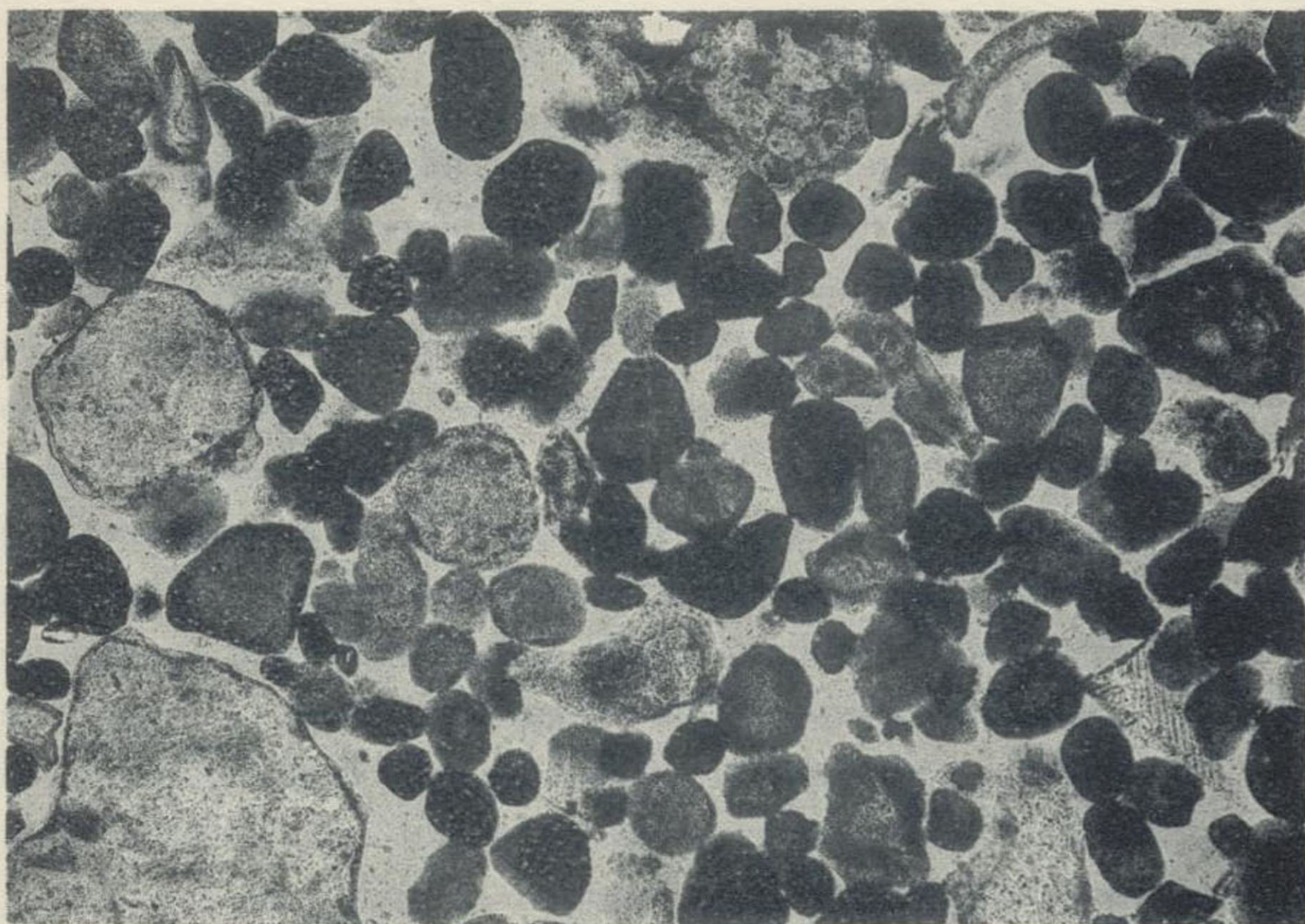
Fot. 21  
SILEX DEL SUËSSONIENSE PRODUCTIVO DEL KUF  
(TEBESSA - ARGELIA).

Luz natural. Aumento 22 diámetros.  
Granos y coprolitos en negro y gris. Cemento muy silificado con talco

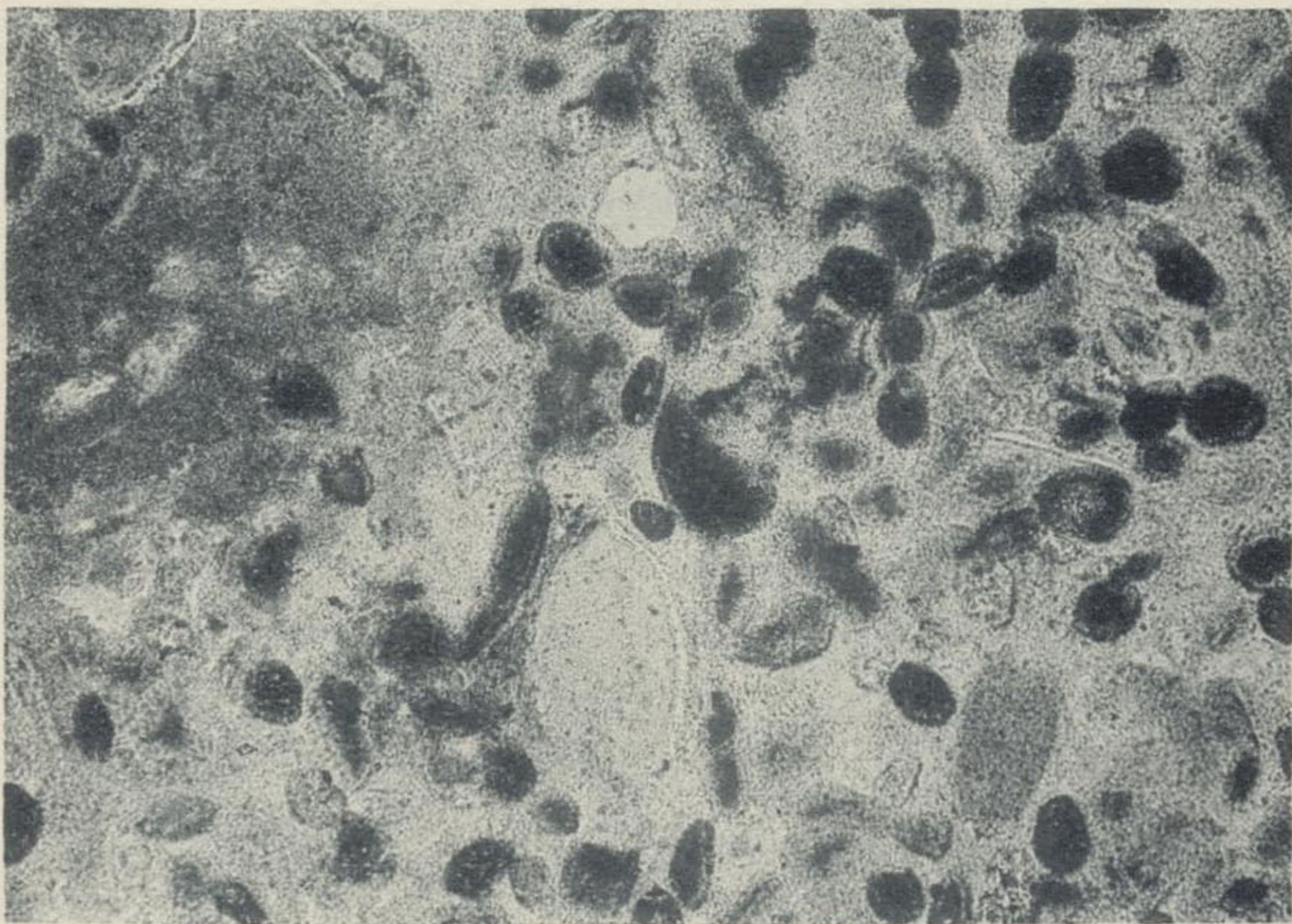




SILEX DEL SUESSONIENSE PRODUCTIVO DEL MARRUECOS  
FRANCÉS. (UAD-ZEM).



Luz natural. Aumento 30 diámetros.  
Conjunto de granos fosfatados y coprolitos con algunos restos orgánicos.  
Cemento muy silicificado segun el grado de su transformación.



SILEX DEL SUESSONIENSE PRODUCTIVO DEL KUIF  
(TEBESSA) ARGELIA.

Luz natural. Aumento 22 diámetros.  
Granos y coprolitos en negro y gris. Cemento muy silicificado con talco





refiere la segunda deducción al modo de formación de estos curiosos nódulos, la transformación paulatina de los cuales se observa desde su origen como mena por corrosiones y redisoluciones realizadas por la circulación de las aguas; y como por otra parte ocupan los riñones de sílex horizontes o hiladas bien determinadas en cada criadero, sería justo presumir que las aguas cargadas de sílice coloide y filtradas, por decirlo así, al descender al través de la masa granuda del fosfato, irían abonando la sílice tomada de la disolución de espículas y restos orgánicos donde la saturación impediría el arrastre por el vehículo líquido, fenómeno que como es natural debería producirse a una misma profundidad en yacimiento homogéneo en potencia y composición; esta hipótesis se ajusta bien a la realidad, teniendo en cuenta la atracción microquímica de materia similar, con la presencia en las capas fosfatadas de las hiladas de sílex nodulares.

Como apoyo de esta hipótesis podemos recordar la frecuencia con que el hidróxido de hierro se deposita en niveles fijos dentro de las areniscas y formaciones de loes, por precipitación de las disoluciones de sales orgánicas cargadas de sales ferrosas.



**VISITA A LOS YACIMIENTOS DE FOSFATO DE CAL**  
**SITUADOS EN LA**  
**ZONA DE PROTECTORADO FRANCÉS EN MARRUECOS**

POR

**JAVIER MILANS DEL BOSCH**  
Ingeniero de Minas.

## PRÓLOGO

Habiendo sido comisionados el Ingeniero D. Juan Gavalá y el que esto escribe por el Ministerio de Fomento, en Febrero de 1921, para estudiar los criaderos de fosfato de cal y los yacimientos petrolíferos de la zona de protectorado francés en Marruecos, como punto de partida de ulteriores reconocimientos y estudios comparativos que contribuyan a despejar la incógnita de la existencia de tan importantes substancias minerales en España y en nuestra zona marroquí, expongo a continuación el resultado de nuestra visita a aquellos territorios en cuanto a los fosfatos se refiere, empezando por una ligera descripción física de la región estudiada, ya que se trata de una comarca poco conocida en España.

En ausencia del Residente general, fuimos recibidos cordialmente en Rabat por el Secretario general de la Residencia, quien nos puso en relación con el personal afecto a la oficina de fosfatos. Sin duda, por estar este personal ocupado en estudios preliminares de los criaderos, se mostró francamente hostil a nuestros propósitos de visitar las minas y se negó a proporcionarnos planos, muestras del mineral y todos aquellos datos que hubiesen podido facilitar nuestro cometido. Tanto por esta causa como por no contar

en las regiones de las minas con alguien que nos acompañara, aunque sólo fuera a título de guía del terreno, nuestro trabajo se vió entorpecido repetidas veces, y hubimos de necesitar para desempeñar nuestra comisión mucho más tiempo del que hubiésemos empleado si el personal francés nos hubiera recibido como nuestra representación se merecía y como es costumbre tratar en España a toda comisión extranjera.

### Visita a los yacimientos de fosfato de cal situados en la zona de protectorado francés en Marruecos.

**Descripción física de la zona.—Orografía.**— Los yacimientos de fosfato están enclavados en la altiplanicie de Marruecos, que geológicamente y por su analogía con la meseta Ibérica se designa con el nombre de meseta marroquí. Tiene esta región unos 60.000 kilómetros cuadrados de superficie, y queda limitada al N. por la depresión que ocupa el valle del río Sebú, al O. por la costa atlántica y al S. y al E. por el extremo occidental de la cadena del Gran Atlas y por la cordillera del Atlas Medio respectivamente. Y ya que nos referimos a esta importante región montañosa, creemos conveniente, a pesar de que queda fuera del perímetro citado, describirla a grandes rasgos, recordando la división en tres partes aceptada ya de antiguo, a saber: el Gran Atlas, el Pequeño Atlas o Anti-Atlas, y el Atlas Medio.

El Gran Atlas corre con dirección general de E.-NE. a O.-SO. desde la región del Alto Guir, en los confines con Argelia, hasta el N. de Agadir, en la costa atlántica. Constituye el relieve más importante del sistema orográfico de Marruecos, y sus crestas más elevadas alcanzan alturas de 4.500 metros sobre el nivel del mar.

El Pequeño Atlas es la rama o estribo meridional del Gran Atlas, que se separa de él próximamente a los dos tercios de su recorrido; partiendo de Argelia y con dirección



exacta de NE. a SO., va a morir en la región de Tazerualt, a la altura de la posesión costera española de Ifní. Sus alturas son menores que las del Gran Atlas, alcanzando la máxima de 3.300 metros en su unión con éste y disminuyendo gradualmente hacia el mar.

Entre el Grande y Pequeño Atlas queda comprendido el valle del Sus.

El Atlas Medio está constituido por una rama del Gran Atlas, que se separa de él en la región de Demnat y que con dirección de NE. a SO. llega hasta el S. de Taza, en la región de los Beni-Uarain. Su altura máxima, de 4.000 metros, corresponde casi a su extremo NE. Entre el Gran Atlas y el Atlas Medio corre el Muluya en la mitad meridional de su curso.

Prescindiendo por ahora de la región montañosa de Mequínez y Fez, y volviendo a la meseta marroquí propiamente dicha, podemos decir, por lo que se refiere al relieve topográfico, que su aspecto es el de una inmensa llanura constituida por terrenos antiguos, sobre la que se han depositado, formando mesetas de poca altura, las capas del Secundario y del Terciario, que han conservado, sin variaciones sensibles, su primitiva posición horizontal.

El primer escalón de esas mesetas, el más bajo, corresponde a la zona litoral. Comprende las fértiles llanuras de la Chauia, Dukala, Abda y Chiadma, con altitud variable entre 150 y 250 metros, constituidas por sedimentos de los terrenos Mioceno y Plioceno, que con muy poco espesor se apoyan sobre el Primario.

Sigue a la faja litoral la parte central de Melgú, meseta ya bastante más elevada, alrededor de 700 metros, formada por la superposición del Trías, el Cretáceo y el Nummulítico, y a ésta, la colindante con la cordillera del Atlas, integrada por las llanuras del Hautz de Marrakech y de Tadla,

de subsuelo cretáceo generalmente y con una altitud media de 500 metros.

Interrumpen la continuidad de las formaciones Secundaria y Terciaria, en la parte central de la meseta marroquí, promontorios aislados de terrenos antiguos, que pudieron resistir a la intensa denudación que arrasó la comarca hasta convertirla en dilatada llanura. El más importante de los asomos antiguos es el que constituye el Yebel Lakhadar, situado en el centro de la meseta y que tiene 800 metros de altura; los demás no pasan de 400 a 500 metros.

En el extremo N. existen los macizos montañosos de la región de Zaer y Zaian, y en la parte S. el de Rehamna. Las montañas de Zaer y Zaian separan la meseta marroquí de la depresión del Sebú; están formadas por varias crestas diversamente orientadas, y sus vertientes están surcadas por multitud de torrentes y riachuelos de laderas abruptas, que vierten sus aguas en el río bu-Regreg. Estas alturas, alguna de cuyas cumbres alcanzan 1.300 metros de altitud, forman parte de las primeras estribaciones occidentales del Atlas Medio.

Los montes más meridionales de Rehamna constituyen la cordillera de Yebilet, situada al N. de Marrakech. Es sensiblemente paralela a la del Gran Atlas; tiene una longitud de unos 140 kilómetros y su altura máxima no pasa de los 1.000 metros.

La depresión del Sebú, por donde en tiempo no muy remoto comunicaron el Mediterráneo y el Atlántico, constituyendo el estrecho Sur Rifeño, se presenta como un enorme surco orientado de E. a O., de unos 400 kilómetros de longitud y de anchuras variables, correspondiendo la parte más estrecha a la región de Taza, y la más ancha a la desembocadura en el Atlántico.

Las zonas montañosas de Mequínez y Fez forman el lí-

mite meridional de esta región y separan las llanuras del Charb y Beni-Ahsen, situadas al NO. de las de Beni-Mtir y Sais, que lo están al SE. Al N. de Mequínez, en la región de Muley Idris, existen las sierras de Utita y Zerhun; más al E., la de Tselfat, y ya en término de Fez, la de Zalarh. Tienen direcciones varias, y sus alturas máximas están comprendidas entre 900 y 1.300 metros.

Al S. de las llanuras de Mtir y Sais, las calizas jurásicas constituyen una región tabular que se apoya en el Atlas Medio.

**Los ríos y la costa.**—Los ríos de esta parte de Marruecos occidental desembocan en el Atlántico, y enumerados de N. a S., son los siguientes: el Sebú, el bu-Regreg, el Ikem, el Cherrat, el Nefifik, el Melah, el Oum-er-Rbia, el Tensif y el Ksob. De estos, cuatro solamente merecen especial mención, y son: el Sebú, el bu-Regreg, el Oum-er-Rbia y el Tensif.

El Sebú es el más importante de todos ellos y el único navegable. Recoge las aguas de la vertiente septentrional del Atlas Medio, y por conducto del río Uarga, que es el principal de sus numerosos afluentes, las de la meridional de la cordillera del Rif. Hasta llegar cerca de Fez, su curso atraviesa una zona montañosa, siendo por ello su cauce estrecho y su régimen torrencial; pero desde Fez se convierte en un río de llanura con cauce que en ciertos puntos tiene hasta 300 metros de anchura, y con muy débil pendiente, desembocando en el Atlántico, en Mehedía, al N. de Rabat y a 17 kilómetros aguas abajo del nuevo puerto fluvial de Kenitra. Su caudal medio es de 300 a 400 metros cúbicos por segundo, pero se eleva en las grandes crecidas hasta 4.000 metros cúbicos por segundo, produciendo grandes inundaciones, por crecer su nivel más de 10 metros en pocas horas.

El río bu-Regreg nace al pie de la meseta de Ulmés, situada en los contrafuertes septentrionales del extremo O. del Atlas Medio, y desemboca en el Atlántico, separando con su estuario las ciudades de Rabat y Salé, a lo que debe su relativa importancia. Su afluente principal es el Uad Gru, que se le une por la izquierda y contribuye mucho a aumentar su gasto.

El Uad Um-er-Rbia desciende del Atlas Medio, y, describiendo una gran curva, desemboca en Azemmur, al N. de Mazagán. Este río atraviesa toda la meseta marroquí, y su cauce corre en general por valles estrechos, pero llega a alcanzar 100 metros de anchura en algunos sitios, y su caudal varía de 40 a 1.600 metros cúbicos por segundo. Pasa por Azemmur, a 4 kilómetros de su desembocadura, y su afluente principal es el Uad Abid, que corre por el valle que separa el Gran Atlas del Atlas Medio.

El Tensif desciende de la vertiente septentrional del Gran Atlas, y después de atravesar la llanura de Hauz de Marrakech, vierte sus aguas al mar, entre Safi y Mogador, a 30 kilómetros al S. del primer punto. Recibe varios afluentes por su margen izquierda, alimentados en parte por la fusión de las nieves del Gran Atlas.

Además de los citados, existen otra porción de ríos de menor importancia, de los cuales hay algunos cuyas aguas antes de llegar al mar se filtran en las llanuras arenosas de Chauia y Dukala, y después de un recorrido subterráneo, brotan de nuevo a la superficie, cerca ya de la costa, contribuyendo a la fertilidad de la zona de tierras húmedas que los indígenas llaman «Ulya».

La costa, de una longitud aproximada de 500 kilómetros desde el límite de la zona española hasta Mogador, es en general de escaso relieve, sin salientes pronunciados, golfos profundos ni altas escarpas; está constituida en la parte

sumergida por débiles arrecifes y grandes playas arenosas, poco a propósito para el establecimiento de buenos puertos. De Azemmur hacia el N., predomina más la roca desnuda, afloramientos de terrenos antiguos y secundarios, mientras que en la parte S., hasta Mogador, abundan más las dunas y playas arenosas. Expuesta la costa a los fuertes y frecuentes vientos del O. y del SO., avanza el mar en su labor mecánica de denudación ganando terreno al litoral, constituyendo ya la parte sumergida, según los datos conocidos, una meseta submarina de 100 kilómetros de anchura y 200 metros de profundidad máxima, que desciende luego bruscamente a los 1.000 metros y se eleva de nuevo más al O. para formar la base donde se asientan las islas Canarias y las Azores.

El acceso a tierra por mar resulta difícil a causa de las barras de arena que se forman en las desembocaduras de los ríos como consecuencia del choque de las dos corrientes marítima y fluvial. En la actualidad sólo existe abierto al comercio el puerto de Casablanca, aun en construcción, puerto que tiene un espléndido porvenir, dada la enorme riqueza agrícola y minera a que tendrá que dar salida. Más al S., existe el puerto de Agadir, que cuando se publiquen estas notas también estará abierto al tráfico. Al N., en Kenitra, presta bastante buen servicio el pequeño puerto fluvial sobre el Sebú, pero es sólo utilizable por barcos de pequeño tonelaje: 1.500 toneladas a lo sumo.

**El clima y la agricultura.**—Desde el punto de vista climatológico, cabe dividir esta parte de Marruecos en dos regiones distintas: una faja litoral de 60 a 70 metros de anchura, y la zona interior.

Reina en el litoral una temperatura moderada, con débiles variaciones diurnas de una estación a otra, debido a la

proximidad del Atlántico y a que la cordillera del Atlas, haciendo las veces de una gran pantalla, se opone al paso de los abrasadores vientos del desierto. Rara vez la temperatura desciende a 0°, y si alguna vez se acerca a los 50°, es coincidiendo con los días asfixiantes, en que sopla el viento del E., llamado en el país «Siroco». Las temperaturas medias mínimas y máximas oscilan entre 12° y 14°, y 22° y 24° respectivamente, lo que da una media absoluta comprendida entre 17° y 20°. De estas cifras, corresponden las más elevadas a la región occidental del Sebú, pues debido a la orientación de la hondonada que formó el valle de este río, tiene fácil acceso a la misma el viento cálido llamado «Chergui».

La intensidad de las lluvias y su duración disminuyen gradualmente de N. a S. En la región del Sebú llueve por término medio cerca de 60 centímetros, y la duración de los períodos lluviosos suman unos noventa días, cifras que se reducen en Mogador a 25 centímetros y cuarenta y dos días respectivamente. Las tormentas en la región costera son poco frecuentes.

En el interior, el clima sufre notables modificaciones, sobre todo desde el punto de vista de las oscilaciones diurnas y de las diferencias observadas de unas estaciones a otras. Así, en la región de Fez y Mequinez, la temperatura oscila de 2° ó 3° bajo cero a 44° y 45°; en Tiflet, de 0° a 42°; en Settat, de 2° a 47°; en el Borouj, de 0° a 47°, señalándose como una excepción, debida a la influencia del «Siroco», una máxima de 58° observada en Mexera-ben-Abú el año 1915. Pero las cifras extremas no son comunes: las temperaturas medias mínimas oscilan entre 11° y 13°; las máximas entre 24° y 28° y, por consiguiente, las medias absolutas entre 17,5° y 20,5°, de manera que en la región interior que queda al N. de Uad Tensif, todavía se conserva el régimen templado. En cambio, al S. de este río, el clima se aproxima



ma más al régimen desértico; las lluvias en el Hauz de Marrakech no pasan de 25 a 28 centímetros, y las diferencias de temperaturas varían mucho de una estación a otra. Es frecuente que en invierno descienda el termómetro por debajo de 0° y que en verano pase de los 40° y aun llegue en ocasiones a los 50°. El «Siroco» deja sentir sus efectos más frecuentemente que al N. de Tensif, y además no existe en esta comarca la compensación de las frescas brisas del Atlántico, que quedan detenidas en su camino por las cordilleras de Rehamna y Yebilet.

La presión atmosférica, en líneas generales, alcanza su máximo en invierno, para disminuir en verano, y aumenta sensiblemente desde la costa hacia el interior.

Los vientos que dominan en la costa durante el invierno son los procedentes del O. y del SO., y en verano los que soplan del NE. y del N.-NE. Los vientos del S. y SE. son poco frecuentes. Mogador es el punto de la costa donde azotan los vientos con más frecuencia, y la mayor parte del año vienen del continente.

Por lo que se refiere a la humedad atmosférica, también la zona litoral se diferencia notablemente del resto de la meseta marroquí, pues reina en ella una humedad relativamente grande, que se traduce en nieblas y fuertes rocíos. En la parte S., como en Mogador, el máximo de humedad corresponde al verano, con un 88 por 100, y el mínimo al invierno, sucediendo lo contrario en la parte N.: así, en Tánger, se acusa un mínimo de 77,5 por 100 en Julio. Hacia el interior, el grado de humedad disminuye mucho.

Resumiendo, vemos que en la meseta marroquí existe una marcada diferencia de las condiciones térmicas y de humedad atmosférica entre la zona litoral y su *hinterland*, debido tanto a la corriente marina fría como a la de los vientos alisios del NE. que bordean la costa atlántica.

La vegetación de Marruecos está en consonancia con esa variedad de climas, con su relieve pronunciado y con la diversidad de su constitución geológica.

Refiriéndonos a la Agricultura, la región rica por excelencia es la del Sebú. Por abundar en ella las fértiles tierras negras, que los indígenas designan con el nombre de «Tirs» (1), y las arcillosas llamadas «dahs», las llanuras del Charb y Beni-Ahsen se prestan con gran éxito al cultivo de cereales de todas clases, y en los valles, ricos en pastos, se dan muy bien las leguminosas. Con el oportuno empleo de abonos—sobre todo los fosfatados—y un orden metódico en las cosechas, podría conseguirse un espléndido rendimiento. En calidad, es comparable esta región a las vegas más ricas de nuestra Andalucía. La zona litoral hasta Mogador, es también muy fértil, sobre todo en las comarcas de Chauia, Dukala y Abda. Abundan los «tirs» y las tierras rojas llamadas «hamri», y también en los fondos húmedos se dan muy bien varias especies de leguminosas. Al O., en la región de Tadla, también sucede lo propio; en cambio escasean mucho los árboles: apenas se ven algunos olivos, higueras y almendros. Actualmente se empieza a cultivar la viña con buen resultado.

La parte central de la meseta es árida y está en su mayor parte dedicada sólo al pastoreo. El agua falta por ahora, y sólo se encuentra, en invierno, en unas depresiones de fondo impermeable llamadas «Doys», donde abrevan los ganados. Esta parte árida, como luego veremos, corresponde a las mesetas calizas del Cretáceo y del Nummulítico.

La zona del Hauz de Marrakech, a pesar de la escasez de lluvias, se cultiva en parte porque gracias a la proximidad del Atlas puede en cierto modo regarse. Actualmente hay una serie de pozos que captan el agua de un manto

(1) *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*. T. 1, pág. 115.

acuifero situado a diferentes profundidades, que es distribuida por un sistema de canalizaciones bastante bien hecho.

La vegetación forestal, además del monte bajo de retamas, palmitos, jaras, etc., está principalmente constituida por el cedro, la encina, el alcornoque, el olivo, las palmeras, el thuya y el argan. El cedro es por excelencia el árbol de las montañas de Marruecos. Según referencias, existe en la parte central del Rif y está muy extendido en el Atlas Medio. Al S. de Fez existe un magnífico bosque de esta especie de árbol, cuya madera se aprovecha mucho en la industria. Estos bosques de cedros de Marruecos tienen la particularidad de ser los únicos del mundo en los que la especie se reproduce.

La encina, el alcornoque, el olivo y el thuya, se encuentran bastante diseminados por todo el territorio. El bosque de Mamora es un inmenso alcornocal, situado al E. de Rabat, en terreno de Beni-Zemur y entre las llanuras de Beni-Ahsen y Tiflet. Ocupa una extensión de 25 por 70 kilómetros. Como los indígenas lo han maltratado sin piedad, los árboles son jóvenes y delgados; el corcho casi no se aprovecha, explotándose solamente el tanino.

En la región de Fez, y sobre todo en la llanura de Marrakech, es donde el olivo crece con preferencia, dando hermosas cosechas. En esta última ciudad hay varios olivares, que son verdaderos jardines primorosamente cuidados.

El thuya brota preferentemente en terrenos calizos; produce una resina (goma sandaraca) que se explota y que ofrece buen porvenir. También en la llanura de Marrakech abunda mucho la palmera, de cuyo árbol se cruza un extenso bosque al entrar en la ciudad. Se encuentra por lo general en todas las comarcas de clima seco donde circulan corrientes de agua. Dan fruto, pero es de mediana calidad.

Merecen particular mención el argan, que es un árbol

privativo del Marruecos meridional, pues su existencia está limitada casi exclusivamente a la región del Sus y cubre al lado de Mogador, en territorio de los Chiadma, una extensión considerable. El árbol es parecido al olivo, pero se diferencia de él en que las ramas, sobre todo las más jóvenes, tienen púas, su hoja es lanceada, verde por la parte superior y grisácea por la inferior. Es de mediana altura, y las ramas más bajas crecen ya a 1 metro del suelo. El tronco tiene corteza gris, y el árbol florece de Mayo a Junio, dando un fruto que parece una aceituna, pero que contiene dentro una almendra de cáscara dura, muy lisa y de un color parduzco. Todo se aprovecha en este curioso árbol: la madera, para carbón; sus hojas, para pasto de rumiantes; la cáscara del fruto, también para este fin, y la almendra, para la producción de un aceite que sirve de alimento a los habitantes del país y al mismo tiempo de medicina.

Diez ciudades principales comprende el territorio descrito, que en tiempos estuvo dividido en dos reinos distintos: el de Fez y el de Marrakech; las dos más importantes llevan estos mismos nombres y cuenta cada una con más de 100.000 habitantes. Siguen en orden de importancia las poblaciones costeras de Casablanca, con 83.000 almas; Rabat-Salé, con 60.000; Mogador, Safí y Mazagán, con más de 20.000 cada una; Fedalah, con 3.000, y por último las interiores de Mequínez, con 37.000, y Kenitra, sobre el Sebú, con 3.500.

## Geología.

**Orogenia.**—Antes de entrar en el estudio descriptivo de los diversos terrenos que integran la zona que nos ocupa, creemos conveniente dar una ligera idea sobre las cau-

sas que han contribuido a modelar el actual relieve de la misma.

Los geólogos que han estudiado los terrenos antiguos de Marruecos, no han podido aun precisar si algún movimiento caledoniano, o por lo menos anterior al del final del Paleozoico, conmovió esta parte del continente africano, y como la misión que llevábamos no nos permitía extender nuestro estudio a esta interesante cuestión, nada podemos añadir a lo que sobre el particular aparece consignado en trabajos ya publicados.

En la zona española se presentan en la base del Siluriano grandes bancos de un conglomerado cuarzoso (1) que hace pensar en la posibilidad de que un movimiento anterior al Herciniano hubiera recorrido los terrenos del estrato-cristalino y del Cambriano. Por otra parte, el ilustre geólogo francés Louis Gentil (2), señala también la presencia repetida de un conglomerado en la base de los depósitos devonianos que le induce a creer en la existencia de un gran movimiento ocurrido al final de la época siluriana; pero ninguna de estas dos razones bastan para hacer afirmaciones categóricas, que habrán de asentarse en su día en pruebas más concluyentes.

Por el contrario, el movimiento herciniano está bien determinado, como se comprueba en la zona de nuestro protectorado. El origen de Marruecos data, pues, indudablemente de la época en que se formó esa antigua cordillera, y a la combinación de los dos movimientos, herciniano y alpino, debe su estructura actual. Esta cordillera herciniana, con enormes alturas y dirigida aproximadamente en sentido paralelo al de la actual costa atlántica, empezó a sufrir bien pronto los efectos de una denudación que varió por

(1) *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*, II, páginas 6 y 76.

(2) *Le Maroc physique*.

completo su fisonomía, dando a la masa continental el aspecto de una penellanura que abarcaba las mesetas del Sahara y de los confines con Argelia, por Oriente, y las de Abda Dukala, Chauia y Ulmes, por Occidente, al mismo tiempo que del otro lado del mar quedaban dibujadas la meseta Ibérica y el macizo central de Francia. Con la denominación de meseta marroquí, hemos abarcado todas esas llanuras de la parte occidental de Marruecos situadas al N. del Atlas.

Resulta difícil fijar la época en que se formó esa penellanura, pero el hecho de estar cubierta su parte Norte por capas horizontales del Trías superior, permite suponer que el período de denudación duró como máximo hasta el principio de la época secundaria. Los materiales resultantes de esta denudación, extendiéndose por toda la región, principalmente por los alrededores de la antigua cordillera, rellenaron los valles que la surcaban, dando origen a los conglomerados y arcillas del Permiano y del Trías inferior.

A la formación de esa gran penellanura herciniana, sucedieron una serie de dislocaciones y fracturas que produjeron múltiples hundimientos y dieron origen a extensas fosas submarinas, siendo la principal de entre ellas la que separó la meseta marroquí del Sahara y de Argelia, y en la que más tarde habían de depositarse los sedimentos constitutivos de la actual cordillera del Atlas.

En relación con estos hundimientos, se suscitaron violentas erupciones volcánicas, principalmente de andesitas, traquitas y labradoritas, de cuyas erupciones quedan numerosos vestigios en la cordillera del Atlas y más al N., en la sierra de Yebilet y en los valles de la Chauia.

Sobrevino la invasión de esas regiones hundidas por las aguas de los mares Liásico y Jurásico, cuyos depósitos alcanzaron grandes espesores.

No podemos precisar si ocurrieron o no movimientos se-



cundarios además de los de báscula, que luego citaremos; en nuestros trabajos de reconocimiento no hemos tocado en ningún punto al Jurásico, pero en la zona española hay motivo para suponer que, posteriormente a la formación de los depósitos jurásicos, tuvieron lugar movimientos de la corteza que originaron pliegues anteterciarios (1).

A este largo período de plegamientos y grandes movimientos orogénicos, sucedió otro de absoluta tranquilidad, turbada sólo por algún movimiento epirogénico, y durante él, se depositaron en la meseta marroquí el Cretáceo, el Nummulítico, el Mioceno y el Plioceno. De estos terrenos, el Cretáceo es el que presenta mayor extensión y potencia; del Eoceno hay varios isleos de poco espesor, pero de considerable extensión, en donde radican los yacimientos de fosfato, y por último, el Mioceno y Plioceno se presentan en el litoral con muy débiles potencias, descansando sobre el Paleozoico. Las capas de todos estos terrenos conservan casi invariable su primitiva posición horizontal, lo que nos corrobora la idea de que esta zona, a partir de la época primaria, no ha sufrido ningún esfuerzo orogénico capaz de producir grandes pliegues, y que sólo ha experimentado ligeros movimientos de báscula alternativamente positivos y negativos con relación al nivel de los mares secundarios y terciarios. Constituye, por consiguiente, la meseta marroquí una zona o escudo rígido de la corteza terrestre, que durante un inmenso espacio de tiempo ha desempeñado el papel de un «horst».

Al otro lado de la cordillera del Atlas, y contrapuesta a la meseta marroquí, existe otra región comparable en un todo a ésta. Nos referimos a la meseta del Sahara, y que constituye otro «horst» o zona resistente de la corteza terrestre. Ambos formaron las dos orillas del geosinclinal,

(1) *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*, T. I., pág. 17, y T. II., pág. 8.  
272

donde se sedimentaron los terrenos que habían de dar origen al Atlas actual, al levantarse y plegarse las capas allí depositadas, obedeciendo al empuje tangencial originado por la aproximación de las dos mesetas.

El levantamiento del Atlas data, pues, de la edad terciaria, y corresponde por lo tanto a la serie de movimientos orogénicos que hicieron surgir la cordillera alpina; no quiere decir esto que se equiparen aquellas causas a las formidables que produjeron el plegamiento de los Alpes, sino únicamente que los pliegues de aquella parte del continente africano están comprendidos en los de la edad terciaria que, en sentido puramente geológico, se designan con el nombre común de Cordillera alpina. Estos movimientos trajeron consigo varias erupciones volcánicas de diferente naturaleza, que se han prolongado hasta época bien reciente, como lo atestiguan los volcanes del Atlas Medio y el célebre Sirua, que levanta su cráter en el punto de unión del Pequeño Atlas con el Grande.

Posteriormente a estos fenómenos citados, ocurrieron otros, entre ellos los que ocasionaron el cierre del estrecho Sur Rifeño, la apertura del de Gibraltar y el hundimiento de la costa africana entre el Atlas y las Islas Canarias, que han sido las últimas modificaciones que ha sufrido esta parte del Globo y que han impreso a Marruecos los rasgos característicos de su actual constitución y relieve.

### Estratigrafía.

Atravesando la meseta marroquí de NO. a SE., es decir, siguiendo la dirección de Casablanca a Uad-Zem, se cruza primeramente una zona de más de 50 kilómetros de

anchura, en la que los depósitos neogenos, con débiles espesores, se apoyan sobre el Cambriano y el Siluriano, quedando a su vez cubiertos en grandes extensiones por capas de travertinos y tierras aluviales que enmascaran la naturaleza del subsuelo. En algunos puntos, como sucede en las proximidades de los kilómetros 10 y 11, aparecen los terrenos antiguos constituídos por pizarras satinadas y micáceas, alternando con bancos de cuarcita; lo mismo ocurre en casi todo el trayecto entre Casablanca y Rabat, donde exceptuando las manchas neogenas próximas a las dos ciudades, corre la carretera casi constantemente sobre el Primario, constituido en su mayor parte por pizarras y cuarcitas rojizas del Siluriano, cuyos bancos están muy dislocados, variando la inclinación de sus buzamientos desde 0° a 90°. Los cuatro ríos Mellah, Nefifik, Cherrat y Krellata que la carretera cruza, están abiertos en el Siluriano; en el primero se presentan las pizarras horizontales, en el segundo buzan unos 30° al SE., y en unos arroyos profundos que se cruzan entre los kilómetros 49 y 52, están verticales. Además de la pizarra, hay también asomos de una caliza cristalina, que puede ser cambriana o del estrato-cristalino.

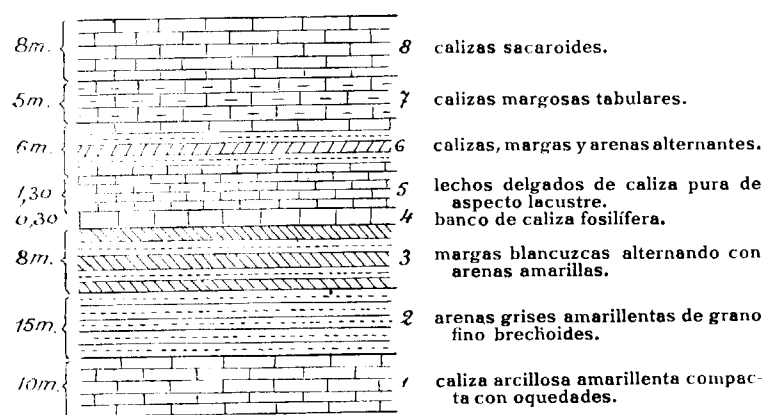
En otros sitios donde la costra-cuaternaria ha desaparecido, queda al descubierto el Mioceno, en el que hay una hermosa cantera junto al kilómetro 8, y después afloramientos importantes en los kilómetros 12 al 15, 66, 67, 73 al 76 y 84 al 88 de la carretera de Casablanca a Rabat, y entre el kilómetro 13 y Mediuna, en la carretera de Uad-Zem. El material que lo constituye es siempre una caliza tosca de grano grueso, casi un maciño, que se presenta en capas horizontales y creemos corresponde al tramo Helvético. En esta dirección continúa el mismo terreno oculto por Cuaternario, hasta pasados 2 kilómetros después de Ber Rechid, circunstancia que demuestra la existencia de un mar

mioceno que, además de constituir el estrecho Sur Rifeño, cubrió grandes extensiones de terreno. En cambio, durante el período Plioceno, hubo una regresión, hasta el punto de que las costas de aquel mar debieron diferenciarse muy poco de las actuales, pues sólo se encuentra una estrecha faja pliocena costera que es la prolongación de la que casi sin interrupción viene desde Tánger. Hay una cantera en la caliza pliocena en el kilómetro 4,500, a Levante de la carretera, y es la roca tosca con cantos rodados de cuarcita, muy parecida a la del Astiense de la provincia de Cádiz. Las capas están horizontales y quedan al descubierto en un espesor de 10 metros.

Al terminar la faja de Neogeno, se sube un primer escalón de la meseta, y tanto en los fondos de los barrancos que surcan sus bordes como entre los mogotes ya desgajados de aquélla y que forman pequeñas colinas aisladas, aparecen las cuarcitas silurianas, rojizas, con buzamiento de unos 12° hacia el SO., formando el substratum de la serie de capas secundarias que, casi horizontales o a lo sumo con una pequeña inclinación hacia el llano, forman en su total altura tanto las colinas ya citadas como la falda de acceso a la meseta. Descansan sucesivamente sobre el Primario las margas y arcillas grises y moradas del Keuper, con intercalaciones de arenas verdes micáceas y arcillas rojas y amarillas, y unos bancos de calizas y areniscas amarillentas, que pertenecen ya al Cretáceo. Resulta, pues, que el Triás está constituido en su parte inferior por el Keuper, distinguiéndose en ciertos puntos dos niveles de margas de diferente coloración, grises las superiores y moradas las inferiores, y en la parte alta por un tramo de unos 100 metros de potencia, compuesto de arenas y arcillas de color rojizo y algunos lechos de caliza. La zona de transición entre el borde de los depósitos neogenos en la llanura y el comienzo del Cretá-

ceo en lo alto de la meseta, tiene unos 10 kilómetro de anchura.

Una vez alcanzado el borde superior de la meseta, se recorren unos 30 kilómetros marchando constantemente sobre el Cretáceo, que, sobre todo a Levante, ocupa una gran extensión. Los materiales que lo constituyen son calizas, arenas, margas y arcillas, con tono de color amarillento, que se presentan alternantes, predominando el elemento calizo en sus múltiples variedades. Hay calizas sacaroides en lechos de 0,30 metros a 0,50 metros de espesor; otras margosas tabulares; otras muy puras y de aspecto lacustre, cuajadas de pequeñas oquedades, y sólo un banco delgado fosilífero y muy duro que contiene multitud de restos de Equínidos, Isocardia, Turritella, etc. El Cretáceo, interrumpido por el Eoceno en el kilómetro 99, sufre nueva interrupción en el 103, para presentarse de nuevo en el 109, cerca de Uad-Zem, siempre con los mismos caracteres. Tiene una potencia total aproximada de 55 metros. El siguiente corte



muestra la sucesión de las capas del Cretáceo, tal como se presentan siguiendo la carretera, entre Uad-Zem y el kilómetro 109, donde aparece el Eoceno.

El Eoceno es el terreno en que radican los yacimientos de fosfato de cal; sus estratos son sensiblemente horizontales, por lo que se presenta en la región formando mesetas de diferentes extensiones y aisladas unas de otras por hondonadas, en donde la denudación arrasó sus capas, dejando el Cretáceo al descubierto. Por esta razón no es fácil describir con precisión sus límites, limitándonos a consignar que son dos manchas principales las que en conjunto existen: una de gran extensión, situada al SE. de Settat y que comprende la importante zona fosfatífera de Uad-Zem y el Borouj; y otra, muy fraccionada, comprendida entre Marrakech y Mogador. En el nuevo plano geológico de L. Gentil, recién publicado, existe una tercera mancha eocena y fosfatífera al S. de Ben Guerir que forma una faja estrecha orientada de E. a O. Nosotros, sinceramente confesamos que al pasar por la carretera de Marrakech, único sitio donde podríamos haber comprobado su existencia, no hemos advertido ningún rasgo especial que nos llevase a esa conclusión, si bien no negamos la posibilidad de que exista.

Tiene ese terreno una potencia aproximada de 60 metros y puede distinguirse en él, con bastante claridad y constancia, tres niveles distintos: el inferior, constituido por unas capas alternantes de margas grises y rojizas, areniscas descompuestas y arenas rojas y amarillas y algún lecho de arcilla gris y caliza amarilla; el medio, fosfatífero, que luego estudiaremos con detenimiento y que adelantamos consta de una o varias capas del mineral interpuestas entre capas de caliza fosfatada, calizas con nódulos de sílex o sílex puro y algún lecho delgado de arenas y arcillas; y el superior, compuesto casi exclusivamente de una caliza cristalina blanca, sin fósiles, que llega a veces a tener hasta 15 metros de potencia. En algunos sitios, en vez de esta caliza hay, coronando el Eoceno, una caliza más o menos silíceo,



con lumaquelas ostreanas constituidas por diversas variedades de ostrea difícilmente determinables.

Estos tres niveles que acabamos de enumerar, corresponden en conjunto al tramo inferior del Eoceno o Suessoniense, al que pertenecen todos los yacimientos de fosfato del Eoceno de Argelia y Túnez y en general todos los del mundo. Como antes decimos, el Eoceno aparece en la carretera de Casablanca a Uad-Zem, entre los kilómetros 60 y 97, 103 y 109. En el trayecto de Uad-Zem a El Borouj se cortan ambos terrenos Cretáceo y Eoceno, según puede verse en el plano.

Yendo de Casablanca a Marrakech, y pasado Ber Rechid, continúa el Mioceno recubierto por el Cuaternario en grandes extensiones. Hacia el kilómetro 48 hay una cantera que permite ver muy bien la caliza tosca estratificada casi horizontalmente, y al llegar al kilómetro 66 se empieza a subir y se entra en la región de las colinas, que aquí son también miocenas, continuando el mismo terreno hasta llegar a Settat; frente al kilómetro 68, a la derecha de la carretera, quedan al descubierto las capas de la caliza tosca buzando un poco hacia el llano. En Settat asoma el Cretáceo, representado por unas calizas arcillosas amarillentas y rojizas de grano fino, que quedan ocultas bajo una gruesa costra de Travertino y tierra vegetal en la antiplanicie que se extiende hasta el kilómetro 110, donde empieza la meseta a desgajarse en colinas aisladas, cuyas cumbres están coronadas por capas horizontales de caliza. Bajo éstas, hacia el kilómetro 114, aparece el Trías inferior con un color rojo fuerte y constituido por margas y carniolas que buzan al SE. En las proximidades del río Oum-er-Rbia, que se cruza en el kilómetro 117, y pasado éste, hay un conglomerado que a primera vista podría tomarse por las hiladas de la base del Trías; pero fijándose bien, se observa que tiene muy poca

consistencia y en ocasiones mucha tierra entre los trozos de roca, por lo que lo clasificamos como un depósito diluvial.

La carretera entra al poco tiempo en terrenos antiguos; la grava de los acopios es de caliza blanca marmórea del estrato-cristalino, y a uno y otro lado se ven asomar en pequeñas colinas aisladas capas muy levantadas de pizarras cuarzosas del Primario. Por la izquierda, y en lontananza, se ven todavía algunas lomas coronadas por capas horizontales de la caliza cretácea. Entre los kilómetros 128 y 129, la carretera coincide con el eje de un anticlinal que forman las capas de pizarras antiguas orientadas de NE. a SO. Continúa el mismo terreno en los 5 kilómetros siguientes; pero después, las capas cretáceas que cada vez se acercan más a la carretera, la cruzan y pasan al lado derecho, quedando el trazado comprendido entre colinas cretáceas hasta el kilómetro 140,300, donde se alcanzan las primeras estribaciones de una pequeña sierra constituida por terrenos primarios, con sus capas en anticlinal orientado de NO. a SE. Hasta rebasar Ben Guerir, en un par de kilómetros, no hay variación sensible; sigue el Primario con algunos asomos de rocas que tal vez pertenezcan al estrato-cristalino, como, por ejemplo, unas pizarras muy satinadas y micáceas, y también se ven grandes trozos sueltos de granito. Desde este punto hasta el kilómetro 207, se extiende una inmensa llanura constituida por terrenos antiguos y recubierta de travertino cuaternario o tierras arenosas aluviales, con cantos rodados y peñascos sueltos procedentes del manto travertínico. En el kilómetro 208 empiezan las primeras estribaciones de la sierra paleozoica de Yebilet, de unos 20 kilómetros de anchura, pasada la cual se cae de nuevo en la llanura cuaternaria donde se asienta Marrakech, y que continúa hasta el pie del Gran Atlas. Esta sierra de Yebilet está constituida en

su base por unas pizarras verdes lustrosas, y en su parte alta, por pizarras muy duras y cuarcitas, que creemos pertenecen al Precambiano y al Cambriano o Siluriano. Sus capas, orientadas en la dirección de la carretera, o sea de E.-NE. a O.-SO., forman un anticlinal de ramas muy inclinadas, llegando los buzamientos en algunos puntos hasta la vertical, como sucede en el kilómetro 223.

Hay en algunos sitios asomos de rocas hipogénicas, siendo estos muy numerosos y variados en todo Marruecos, porque ha sido una comarca de gran actividad volcánica en todas edades.

Ya en las mismas puertas de la ciudad, un poco hacia el NO., está el pequeño monte Guelitz, que es un mogote aislado de la Sierra de Yebilet, constituido principalmente por una caliza del estrato-cristalino, muy empleada como piedra de construcción en Marrakech. En este monte están edificados los cuarteles franceses y todas las dependencias militares.

Si seguimos después la carretera que conduce de Marrakech a Mogador, atravesamos primero, durante más de 40 kilómetros, la llanura cuaternaria, que es muy arenosa y de aspecto desértico, siendo muy raro ver en ella algunos trozos labrados y con vestigios de vegetación; pasados los primeros 40 kilómetros, se destacan al S. de la carretera unas lomas de poca altura que empiezan a cruzarse en el kilómetro 130,200, pudiendo apreciarse que están formadas por terrenos antiguos y cubiertas de diluvial. Limitando el horizonte en la dirección que sigue la carretera, se presenta más tarde una altiplanicie en la que la vista alcanza a percibir desde gran distancia las líneas de separación de sus estratos horizontales; la carretera alcanza el borde de la misma, hacia el kilómetro 125, pudiéndose comprobar fácilmente que es el Cretáceo el terreno que la forma, pues aparecen

bien manifiestos los caracteres típicos del mismo, ya descritos en las páginas que anteceden.

Sobre la altiplanicie en cuestión y a unos 2.000 metros a la izquierda de la carretera, se destacan lomas aisladas formadas por el Eoceno y coronadas por capas horizontales de caliza; en el kilómetro 107 y sucesivos, cruza la carretera por entre estas lomas, pudiendo entonces ver cómo está integrado este terreno también en esta región por los tres mismos niveles ya descritos al tratar de la zona de Uad-Zem. El Eoceno continúa hasta el kilómetro 89, con una pequeña interrupción entre los kilómetros 103 y 100. En el kilómetro 89 se oculta el Eoceno bajo depósitos diluviales, que ocultan la verdadera naturaleza del subsuelo, hasta el kilómetro 65, donde aparecen las calizas cretáceas buzando ligeramente hacia el S.

Hasta allí, el terreno es ligeramente ondulado, pero desde el mencionado kilómetro 65 empieza a descender la carretera con bastante rapidez hasta pasar el poblado de Chiatta, cortándose en este trayecto la serie de margas y calizas amarillentas del Cretáceo; se cruzan luego dos líneas de alturas formadas todavía por el Cretáceo, y en el kilómetro 37 se entra en la faja miocena costera, terreno que en esta región está casi exclusivamente constituido por una molasa estratificada horizontalmente en bancos de bastante espesor. Tan pronto como se penetra en el Mioceno, se empieza el descenso lento y constante hasta el mar. A partir del kilómetro 12, la formación miocena queda oculta por los depósitos travertínicos cuaternarios, y desde el kilómetro 7, por las dunas del litoral.

En el kilómetro 35,400 de esta carretera, arranca una que con dirección N.-NE. conduce a Mazagán, pasando 20 kilómetros al E. de Safi. Siguiéndola, se atraviesa en los primeros 60 kilómetros de su recorrido un terreno quebrado

constituído por la extremidad O. de la faja de terrenos secundarios que cruzamos yendo de Casablanca a Marrakeck, y más tarde recorre las fértiles mesetas de Abda y Dukala, que forman la parte más meridional de la gran mancha miocena que a lo largo de la costa se extiende hasta Rabat.

Corre en sus comienzos por el fondo de un valle diluvial de dirección paralela a la de la costa, teniendo, en términos generales, el Mioceno a Poniente y el Cretáceo a Levante, que son los terrenos que forman la serie de alturas y escarpes de las márgenes del valle. Bordea después por el E. una sierra de bastante altura orientada de N.-NE. a S.-SO., formada por capas de caliza jurásica muy plegadas, apoyadas sobre el Trías que asoma en la base, hasta que una vez pasado el kilómetro 162, donde el valle se estrecha mucho, desaparece el Mioceno, que es substituído por el Triásico. Al llegar al kilómetro 160, el valle se ensancha de nuevo y adquiere el Diluvial mayor extensión, formando sus depósitos de conglomerados y arenas una serie de pequeñas colinas, pobladas de arganes, que recubren el Trías. Poco a poco el borde de la meseta cretácea se va separando de la carretera hacia Levante, alejándose de ella definitivamente en el kilómetro 154, ocupando su lugar el Cuaternario.

Sin notables variaciones, continúa el mismo terreno hasta entrar de lleno en el Trías, en el kilómetro 143, representado por el tramo de las margas irisadas. La carretera entonces empieza a descender, y el Trías va paulatinamente extendiéndose, abarcando al llegar al río Tensif una gran superficie por ambos lados. Más a la izquierda, se observa que continúa la faja jurásica, de cuyo terreno se conservan sobre el Trías algunas chapas aisladas de caliza, y recién pasado dicho río, al subir de nuevo a la meseta, se corta una gran masa de yeso blanco estratificado en lechos que buzan unos 30° al S. Sin grandes desniveles, pero muy quebrado,

sigue el Trías a ambos lados, en todo lo que se alcanza con la vista durante 7 kilómetros, empezando después a ocultarse a trechos bajo una costra de travertino que, convertida más tarde en un Diluvial terroso y rojo, acaba por cubrir completamente el suelo de una amplia meseta ondulada que se extiende hasta 10 kilómetros después del cruce con la carretera que va de Marrakech a Safi. Empiezan entonces a presentarse vestigios del Mioceno, que sin duda forma el subsuelo, como se comprueba al llegar al Yemá Sahin, donde hay una caliza tosca arrancada de una cantera próxima que es claramente miocena; se sube un pequeño escalón de 15 metros y continúa por ambos lados la llanura miocena, a trozos cubierta por el Diluvial, hasta llegar cerca de Sidi Smain, donde el Mioceno, constituido por calizas y molasas, queda completamente al descubierto, formando pequeñas lomas aisladas que son restos de la meseta así recortados por la denudación.

En este punto está el empalme con la carretera que viene directamente de Marrakech a Mazagán, y desde aquí hasta este último punto, el terreno casi no varía; pero desde el kilómetro 15, el Diluvial, terroso y muy rojizo, mezclado con arenas de duna, empieza de nuevo a cubrir el Mioceno.

Está la población de Mazagán edificada sobre las capas horizontales de una caliza cretácea amarillenta, muy compacta y fosilífera, que afloran en el cabo donde está el faro. En la playa del N. de la ciudad donde asoman, en marea baja, las capas de caliza tosca del Mioceno, recogimos varias especies vivientes de la misma fauna que la existente en las playas de la provincia de Cádiz, con la sola diferencia de que los ejemplares son, en general, de mayor tamaño.

Es muy interesante el recorrido de la costa entre Mazagán y Casablanca, por presentarse en primer término la formación cuaternaria más potente y variada que en ninguna



otra parte, y en segundo lugar, porque se comprueba que la faja costera de terrenos arcaicos que hemos descrito entre Casablanca y Rabat, rebasa de la primera de estas ciudades por lo menos en unos 40 kilómetros. Hasta llegar al pueblo de Azemur, el cordón de arenas de duna cubre casi completamente el terreno, viéndose raramente lentejones de travertino y algún asomo de la caliza helvética. Azemur está situado en lo alto del acantilado que en la margen izquierda forma la cortadura del río Um-er-Rbia en su desembocadura. Este acantilado, de más de 20 metros de altura, está formado por un conglomerado cuaternario muy duro y de cantos gruesos, bajo el cual, ya casi en el lecho del río, descansan los estratos de la caliza miocena. Cruzado éste, la carretera se aleja hasta 3 kilómetros del mar y se sube lentamente a una meseta ondulada cuya superficie queda en grandes extensiones cubierta por el Diluvial, que se manifiesta, además de por el travertino ya conocido, por unas arenas rojizas que ocultan los terrenos infrayacentes. Los afloramientos de la caliza miocena se suceden cada vez con más frecuencia hasta cerca de Casablanca; los hay en los kilómetros 63, 51, 49, 47, 43, y a partir de éste, casi no se deja de ver este terreno hasta llegar al kilómetro 7, donde ya el Diluvial lo cubre todo.

Como antes indicamos, en el kilómetro 40 aparece por primera vez el terreno primario representado por un pequeño asomo de cuarcitas silurianas, que es la misma roca que forma los grandes bancos que, orientados del NO. a SE., se ven entre los kilómetros 33 al 30. Tienen estos bancos un buzamiento de 30° al NE. y constituyen la manifestación más importante del terreno arcaico en este trozo de costa, del cual ya solamente se ven testigos entre los kilómetros 9,800 y 8.

## Descripción del criadero.

Dado el corto plazo de tiempo de que disponíamos para recorrer la extensa zona de terreno donde radican los criaderos de fosfatos y la escasez de labores útiles de reconocimiento efectuadas, era punto menos que imposible hacer un estudio completo y detallado de aquéllos; por eso nos detuvimos principalmente y concentramos nuestra atención en aquella parte que, siendo más conocida y accesible, ofrecía mayores facilidades para conseguir nuestro objeto, y la única además en la que dichas labores de investigación habían dado comienzo.

Es esta zona la comprendida dentro de la primera mancha eocena antes mencionada, situada entre Uad-Zem y El Borouj. Sin incurrir en serio error, puede afirmarse que sus límites coinciden con los de aquel terreno, es decir, que allí donde se presenta el Eoceno, existe el 99 por 100 de probabilidades de que se encuentre también el mineral. La carretera número 13, que va de Ber Rechid a Uad-Zem, corta la zona fosfatada en su parte más oriental entre los kilómetros 60 y 92 primero, y luego entre los 103 y 109.

El criadero, de indiscutible origen sedimentario, es bastante irregular por lo que se refiere al número de capas y potencia de éstas, variando aquél de una a cuatro, y los espesores entre menos de medio metro y cerca de cuatro. El aspecto del mineral es de una arena oolítica de grano muy fino y elementos esféricos, de color por lo común amarillento, encontrándose en su masa multitud de dientes de *Squalus*, otros restos inclasificables de peces y pequeños coprolitos cilíndricos de ley muy elevada.

Algunas veces están apelmazadas las arenas y parecen

una molasa, pero raro es el ejemplar que no se deshace entre los dedos. Examinado el mineral al microscopio, presenta el aspecto de un aglomerado por presión, es decir, conglomerado sin cemento de los granos del fosfato de cal más o menos redondeados, y algunos, los menos, angulosos. Estos granos son amorfos, y algunas veces tienen un núcleo de hidróxido de hierro. En algunos de ellos se distinguen claramente uno o más anillos que denotan otros tantos períodos de crecimiento, y también algunas veces presentan una aureola irisada que puede inducir a error y lleva al ánimo la duda de si se trata o no de un mineral isótropo; sin embargo, esa aureola se debe únicamente a que estando en algunos casos los bordes del oolito algo rotos y pulverizados, se forma un conjunto de elementos de diversas orientaciones ópticas. Generalmente, las capas del fosfato reposan sobre bancos de caliza fosfatada de variable espesor y están cubiertos por lechos de margas y calizas con nódulos de sílex, por capitas delgadas de sílex o por alternancias de unos y otros.

Inferiormente al criadero, hay unas capas alternantes de arenas amarillas y rojizas, arenisca amarillenta descompuesta, arcillas grises hojosas y algún lecho delgado de caliza. Las arcillas y arenas también se encuentran interestratificadas en las capas del mineral y de la caliza fosfatada con sílex. Encima de las capas fosfatadas vienen, como ya hemos dicho, las calizas con lumaquelas ostreanas y las cristalinas o espatizadas.

Por consiguiente, en estos yacimientos las capas fosfatadas son de dos clases, a saber: arenosas y calizas. Las primeras son las más ricas en general, pero su riqueza varía según las capas y los sitios, si bien dentro de la misma zona y en las mismas capas hay bastante constancia en la ley. Por ejemplo: en las capas más ricas, que son por lo general

las inferiores, oscila la proporción de anhídrido fosfórico entre 30 por 100 y 35 por 100, lo que equivale en fosfato tricálcico a riquezas de 65 por 100 a 77,75 por 100. La riqueza de las capas superiores varía aun más, pues se encuentra el mineral muy desigualmente mezclado con arenas silíceas, y en los afloramientos con tierra vegetal, influyendo mucho el sitio donde se tome la muestra. De todas maneras, ninguna de las cogidas por nosotros, a no ser las que a sabiendas tomamos en partes casi estériles, acusan menos de 31 por 100 de fosfato tricálcico.

La caliza fosfatada es por lo común muy silícea, siendo raro encontrar alguna variedad que no lo sea, y entre ésta y el sílex puro existen infinidad de variedades correspondientes a otros tantos grados distintos de silificación. Este fenómeno se produce de tres maneras distintas, según que la transformación sea homogénea y comprenda toda la masa de la roca, o bien ocurra que los primitivos nódulos o vetas que contuviera vayan aumentando de tamaño y espesor invadiendo la roca.

El fosfato se presenta en la caliza en forma de granos generalmente esféricos, que se distinguen perfectamente a simple vista, dando a la roca un aspecto oolítico. Sus tamaños varían, pero son siempre reducidos, 2 milímetros como máximo. Examinada al microscopio, se observa perfectamente la masa de calcita cristalizada, que es la que en este caso forma el cemento y que es de posterior formación al mineral de fósforo, es decir, que el mineral en granos, después de un período de arrastre, sufrió la invasión de las aguas cargadas de cal que, cimentándolo, formó la roca. La calcita se presenta al microscopio con sus típicos colores vivos, y se ven perfectamente los cruceros romboédricos característicos. En algunos ejemplares abunda bastante la limonita en nódulos, no viéndose nada de oligisto. Como impurezas,

existen arcillas, kaolin y algo de clorita. Cuando la roca es silíceo, la pasta es de silix, pero también hay cristales de calcita, siendo entonces este mineral de formación anterior al cemento silíceo.

Las calizas son siempre menos ricas en fósforo que las arenas, y su proporción en anhídrido fosfórico está en razón inversa con la cantidad de sílice que contienen; así, por ejemplo, de los ejemplares analizados, el menos silíceo contiene 22,70 por 100 de anhídrido fosfórico, que corresponde a 49,57 del fosfato tricálcico, y el que lo es más, sólo 15,28 por 100 y 33,37 por 100 respectivamente.

Dada la enorme cantidad que hay del mineral arenoso rico, nos parece que por mucho tiempo esta caliza será objeto de escasa atención.

De las otras rocas que entran en el criadero, las margas suelen contener siempre algo de fosfato, pero en proporciones que no exceden nunca del 20 por 100, y las arcillas, cuando son puras, no contienen absolutamente nada.

Los análisis que damos a continuación han sido efectuados en el Laboratorio del Instituto por el Ingeniero D. Laureano Menéndez Puget.

### Fosfatos de Marruecos.

Número 1.—Pozo en la carretera de Uad-Zem a Casablanca, kilómetro 63,500:

Sílice . . . . .	5,70	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	14,65	—
— carbónico . . . . .	28,10	—
Fosfato tricálcico correspondiente . .	32,00	—

Número 2.—Pozo en la carretera de Uad-Zem a Casablanca, kilómetro 86,500:

Sílice . . . . .	2,00	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	29,94	—
— carbónico . . . . .	13,42	—
Fosfato tricálcico correspondiente . .	65,38	—

Número 3. Pozo en la carretera de Uad-Zem a Casablanca, kilómetro 75,300:

Sílice . . . . .	1,60	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	35,50	—
— carbónico . . . . .	9,24	—
Fosfato tricálcico correspondiente . .	77,75	—

Número 4.—Pozo en la carretera de Uad-Zem a Casablanca, kilómetro 79,500:

Sílice . . . . .	1,40	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	31,98	—
— carbónico . . . . .	12,40	—
Fosfato tricálcico correspondiente . .	69,84	—

Número 5.—Uad-Zem. Trinchera B.:

Sílice . . . . .	1,70	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	35,18	—
— carbónico . . . . .	9,70	—
Fosfato tricálcico correspondiente . .	76,73	—

Número 6.—Uad-Zem:

Sílice . . . . .	1,10	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	34,86	—
— carbónico . . . . .	10,12	—
Fosfato tricálcico correspondiente . .	76,13	—



## Número 7.—Caliza fosfatada. Uad-Zem:

Sílice . . . . .	0,50	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	20,20	—
— carbónico . . . . .	16,00	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	44,11	—

## Número 8.—Trinchera Uad-Zem. Caliza:

Sílice . . . . .	0,70	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	22,70	—
— carbónico . . . . .	15,80	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	49,57	—

## Número 9.—Caliza muy silícea. Trinchera de Uad-Zem:

Sílice. . . . .	50,50	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	15,28	—
— carbónico . . . . .	7,04	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	33,37	—

## Número 10.—Trinchera Snei-Fassis:

Sílice . . . . .	0,40	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	34,48	—
— carbónico . . . . .	10,56	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	75,30	—

Número 11.—a) Trancada en la trinchera de Snei-Fassis.  
Uad-Zem:

Sílice . . . . .	10,50	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	22,71	—
— carbónico . . . . .	14,96	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	49,62	—

Número 12.—b) Trancada en la trinchera de Snei-Fassis-  
Uad-Zem:

Sílice . . . . .	20,70	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	19,20	—
— carbónico . . . . .	16,72	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	41,93	—

## Número 13.—c) Trancada en la trinchera de Snei-Fassis:

Sílice . . . . .	17,30	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	7,90	—
— carbónico . . . . .	17,70	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	17,25	—

## Número 14.—d) Trancada en la trinchera de Snei-Fassis:

Sílice . . . . .	7,60	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	5,24	—
— carbónico . . . . .	14,80	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	11,44	—

## Número 15.—e) Trancada en la trinchera de Snei-Fassis:

Sílice . . . . .	9,00	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	4,40	—
— carbónico . . . . .	22,00	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	20,52	—

## Número 16.—f) Trancada en la trinchera de Snei-Fassis:

Sílice. . . . .	1,10	por 100.
Anhídrido fosfórico. . . . .	34,00	—
— carbónico . . . . .	11,00	—
Fosfato tricálcico correspondiente. .	74,25	—

## Número 17. Trinchera de Snei-Fassis. Uad-Zem (6):

Sílice . . . . .	10,80	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	1,47	—
— carbónico . . . . .	24,00	—
Fosfato tricálcico correspondiente. . . . .	3,21	

## Número 18. Trinchera de Snei-Fassis (6):

Sílice . . . . .	0,50	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	22,58	—
— carbónico . . . . .	14,74	—
Fosfato tricálcico correspondiente. . . . .	49,31	—

## Número 19. Pozo a la derecha de la carretera de Marrakech a Mogador:

Sílice . . . . .	9,20	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	26,40	
— carbónico . . . . .	12,90	—
Fosfato tricálcico correspondiente. . . . .	57,65	—

## Número 20. Kilómetro 100 de la carretera de Marrakech a Mogador:

Sílice . . . . .	48,30	por 100.
Anhídrido fosfórico . . . . .	14,26	—
— carbónico . . . . .	9,24	—
Fosfato tricálcico correspondiente. . . . .	31,14	—

Los trabajos de reconocimiento existentes en la parte de criadero que visitamos con detenimiento, son ocho pozos, una galería y seis trincheras. De los pozos numerados en el plano P.-1 a P.-8, obtuvimos muy pocos datos; están ejecuta-

dos hace bastante tiempo, en su mayoría medio cegados, y la alteración de sus paredes no deja distinguir claramente las rocas que con ellos se atravesaron; los más importantes son los números 2 y 5. El primero tiene 20 metros de profundidad; atraviesa primeramente unas capas de calizas blancas espatizadas y luego varias de caliza fosfatada alternando con las de arenas fosfatadas y lechos de arcilla blanca y arenisca descompuesta. Estas capas del mineral, que son las más altas del criadero, dan solamente un 32 por 100 de fosfato tricálcico.

El pozo número 5 tuvo 40 metros de profundidad, pero en 20 se ha vuelto a rellenar. Con él se debió atravesar todo el criadero, pues en la escombrera se encuentran unas arenas amarillas que corresponden a la base del Eoceno. En los 12 primeros metros sólo se cortaron las calizas cristalinas y fosfatadas con sílex, y en los ocho restantes que quedan al descubierto, vienen las arenas ricas fosfatadas con lechos delgados de sílex y muchos dientes de *Squalus* y coprolitos.

La muestra del pozo número 4, que acusa la riqueza máxima de todas las analizadas, alcanza ya las capas ricas inferiores del mineral.

El pozo número 7 se perforó en la base del Eoceno. Tiene 10 metros de profundidad y atraviesa primero las arenas amarillas con pequeños fósiles que parecen *lingulas* y que pertenecen a las últimas capas de este terreno, y después unas arcillas moradas que no se descubren más que en el Cretáceo.

La galería que antes citamos, está situada en el kilómetro 93,200, a la derecha y a unos 8 metros por debajo de la carretera; está emboquillada en derrubios, tiene 25 metros de longitud y sigue una capa de caliza fosfatada descompuesta.

Las obras más importantes y que más ayudan a desentrañar la composición del criadero, son las trincheras. Las seis visitadas por nosotros las hemos señalado en el plano con los números de T.-1 a T.-6, y de ellas damos un corte detallado que muestra claramente la sucesión de las capas del terreno. La 5 y 6 son idénticas.

Examinando los análisis de muestras tomadas a diferentes profundidades (*a - b - c - d - e* y *f*) en la trinchera T.-3, todos ellos de arenas más o menos arcillosas, se ve cómo a medida que se alejan las capas de la rica número 5 van perdiendo ley hasta llegar a la más pobre *d*, y luego empiezan a enriquecerse ante la proximidad de una que indudablemente existirá a mayor profundidad que la alcanzada.

Sigue en importancia al manchón fosfatífero de Uad-Zem el situado en territorio de los Chiadma, entre Marrakech y Mogador. Allí está el Eoceno más denudado, y por consiguiente las mesetas terciarias son de extensión más reducida, siendo en realidad lo dibujado en el plano como una sola mancha, una agrupación de otras más pequeñas. La más importante de todas es la que atraviesa la carretera entre los kilómetros 60 y 107.

El aspecto del terreno y los caracteres de los materiales que lo forman es el ya descrito al tratar de Uad-Zem. Sin embargo, nos pareció que el mineral no era tan rico en esta región de Mogador, idea que se confirmó por el resultado de los análisis de las dos muestras números 19 y 20 tomadas en lugares considerados como ricos.

El pozo donde tomamos la muestra número 19 es la única obra de reconocimiento que vimos en esta región. Tiene 5 metros de profundidad. En el fondo actual hay una capa de fosfato arenoso analizado de 1,50 metros; luego vienen 2,50 metros de margas rojizas con pintas blanqueci-

nas, y después el diluvial, pero como el terreno sigue subiendo en dirección de la carretera, en la trinchera de ésta se pueden ir observando la sucesión de las nuevas capas que se presentan, por el siguiente orden: calizas de aspecto lacustre con grandes nódulos de sílex; margas arcillosas blanquecinas; otra capa de la misma caliza; margas blancas muy arcillosas; capa de fosfato endurecido de 0,80; lecho de sílex de 0,20; otra de 1,50 de arcilla blanca; capa de fosfato arenoso de 0,40; margas blancas con mucho sílex, y por último, el Diluvial. Todavía sobre todas estas capas, en las cumbres de las mesetas, descansan los lechos más gruesos de la caliza superior común a todo el Eoceno.

Es curiosa una falla que existe hacia la mitad de la trinchera descrita y que interrumpe todas las capas enumeradas, encontrándose en el borde aparente de la fractura un conjunto de lechos muy delgados de arcillas blancas con manchas rojizas, que por su color hace el efecto del barro cocido. A 20 metros más al O. aparece otra vez la serie de capas interrumpidas por la falla.

En la actualidad, los trabajos se llevan con gran intensidad, y a pesar de ser provisionales la mayoría de las instalaciones y de no contar más que con un ferrocarril de 0,60 metros, se están embarcando en Casablanca más de 100.000 toneladas por año.

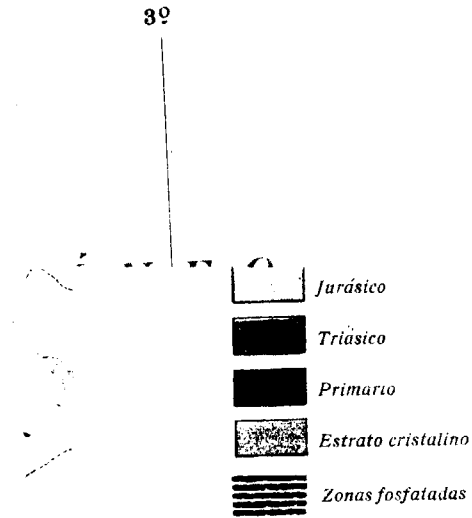
Para cumplir con el fin que se perseguía al visitar estos yacimientos fosfatíferos, se han hecho más tarde por el personal de este Instituto Geográfico exploraciones en diversas regiones de España y de nuestra zona de Protectorado en Marruecos. Del estado y resultado de las primeras se ocupa detalladamente el Sr. Hernández Sampelayo en este mismo tomo. En cuanto a las segundas, he de manifestar, con gran sentimiento, que la improbabilidad de la existencia de criaderos de esta naturaleza en nuestra zona de Protectorado,



crece a medida que se extiende la ocupación y ponemos el pie sobre el Eoceno aun desconocido y hasta ese momento objeto de nuestras esperanzas.

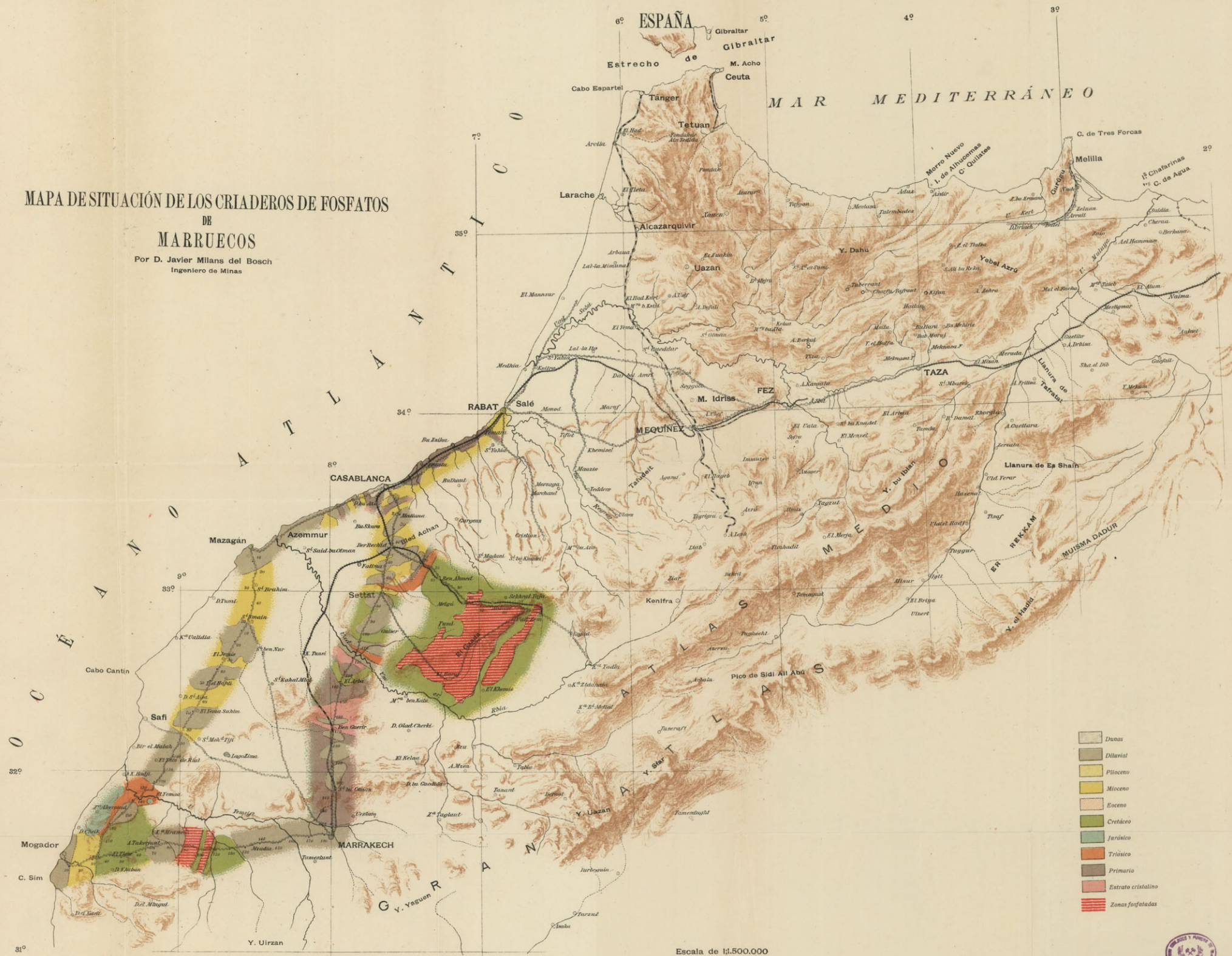
Dicho terreno pertenece en toda su extensión a los pisos medio y superior del sistema, dominando marcadamente el Flysch-Eoceno. La facie del Eoceno marroquí es análoga a la del mismo terreno del S. de Andalucía, siendo puramente nummulítico todo el Eoceno que queda al N. del río Sebú y de la depresión que señala lo que fué estrecho Sur Rifeño.

Es general la ausencia de los estratos del Eoceno inferior, pues hemos visto a este terreno apoyarse directamente sobre el Cretáceo, el Jurásico, el Triásico y los terrenos más antiguos, sin que apareciese en ningún sitio el tramo Suessoniense con los caracteres típicos que le acompañan en la región de Uad-Zem. Sin embargo, ni toda la zona está ocupada, ni en todo el terreno ocupado hemos terminado las investigaciones desde el punto de vista fosfatífero; mucho desearíamos, para bien de España, que algún día nos sorprendiera el feliz hallazgo y hubiéramos de rectificar nuestra opinión.



# MAPA DE SITUACIÓN DE LOS CRIADEROS DE FOSFATOS DE MARRUECOS

Por D. Javier Milans del Bosch  
Ingeniero de Minas



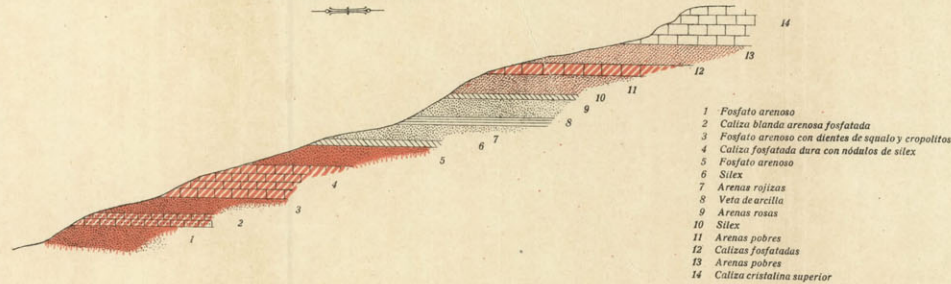
Escala de 1:500,000



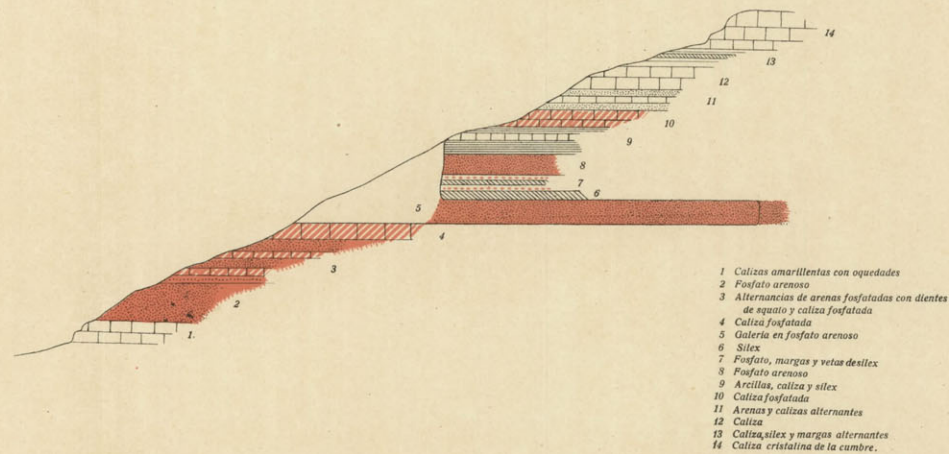




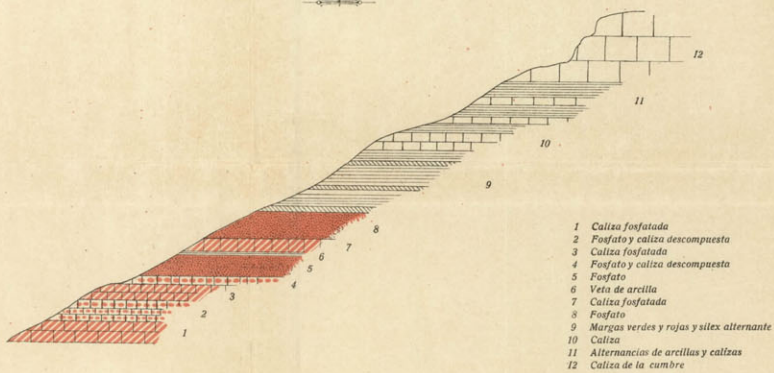
CORTE NÚM. 1



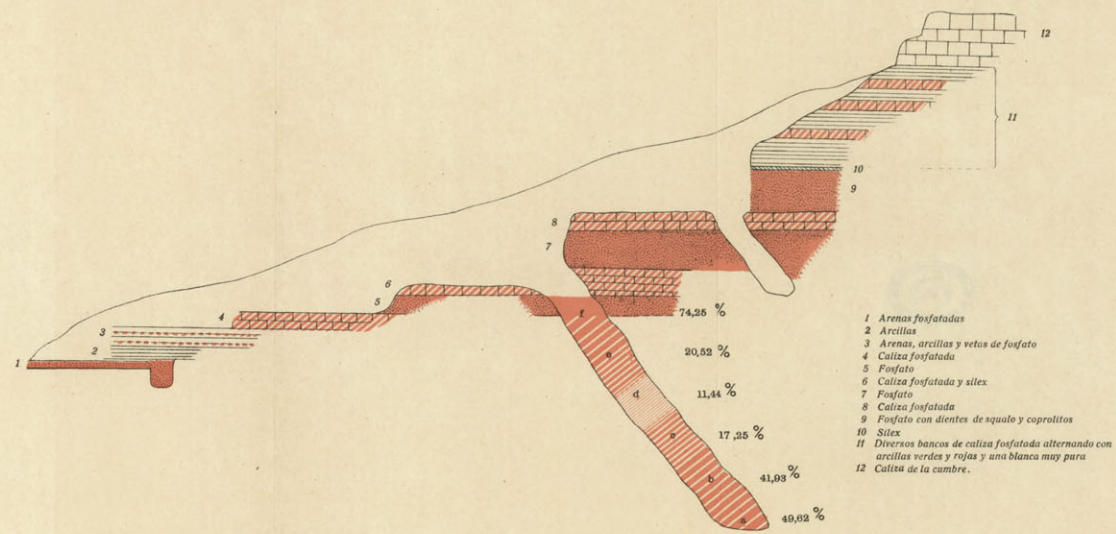
CORTE NÚM. 2



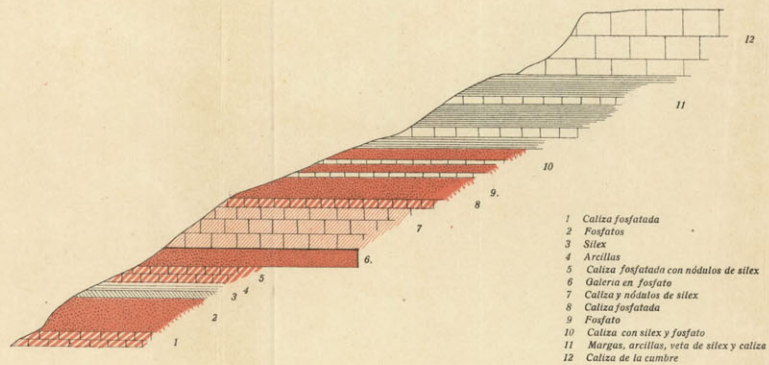
CORTE NÚM. 4



CORTE NÚM. 3



CORTE NÚM. 5



ESCALA { HORIZONTAL 1:400  
 VERTICAL 1:200



**REGIÓN ESTE DE SIERRA MORENA**

**DATOS REFERENTES A TECTÓNICA  
Y FORMACIONES FILONIANAS DE PLOMO**

POR

**ALFONSO DE ALVARADO**

Ingeniero de Minas.

## I

### **Consideraciones acerca de la estructura de la Meseta Ibérica. Noticia topográfica sobre el sistema montañoso de Sierra Morena.**

Se distinguen fácilmente en la Península Ibérica tres regiones componentes netamente diferenciadas, que son de N. a S.: la Cadena Pirenáica; la Meseta Ibérica, constituida principalmente por rocas antiguas, y la Cordillera Bética, cuyos plegamientos están estrechamente ligados a los del N. de Africa.

La Meseta Ibérica se compone realmente de dos mesetas escalonadas: la del N. a Castilla la Vieja tiene una altitud media de 700 metros sobre el nivel del Mediterráneo, en Alicante, y la de Castilla la Nueva excede de 600 metros de altitud, constituyendo juntas una de las comarcas más elevadas de Europa. Las dos grandes llanuras están separadas entre sí por el alto relieve de la cordillera Carpeto-Vetónica, dirigida aproximadamente de E. a O., como casi todas las cadenas montañosas españolas, y que divide la cuenca del Duero, al N. de las cuencas gemelas de los ríos Guadiana y Tajo. En su extremidad oriental, la cordillera se presenta aplanada, pero bien pronto masas imponentes de estratos paleozoicos muy inclinados se levantan como barrera entre las dos cuencas citadas, ofreciendo pendientes rápidas hacia el valle del Tajo, mientras que las vertientes septentrionales descienden suavemente hacia las vastas llanuras que forman la mayor parte de la cuenca del Duero.

Al observar los accidentes tectónicos que dibujan los lí-

mites de la Meseta Ibérica, con excepción de los Pirineos límite N., encontramos al NE. las altas llanuras celtibéricas; hacia el E. la meseta está limitada por llanuras cortadas abruptamente sobre el Mediterráneo, más bien que por verdaderas montañas, y el borde S. de la meseta es una gran fractura con desprendimiento del macizo.

Coincide el pie de esta fractura con la falla tan discutida del Guadalquivir, mientras que son las cumbres de Sierra Morena las que forman la cabeza del borde fracturado; la línea divisoria de aguas del Guadiana y del Guadalquivir se encuentra muy cerca del borde S., frecuentemente a débil altitud sobre el nivel del mar. Hacia el O., la meseta se extiende a una altitud de casi 800 metros, formando escalón sobre la llanura de Cáceres, y al correr el Duero en el fondo de una garganta de fractura entre Portugal y Salamanca, forma una barrera que separa los dos países ibéricos.

El sistema hidrográfico de la meseta se encuentra naturalmente determinado por los caracteres orográficos que acabamos de indicar: los cursos de agua rápidos, de caudal en general escaso, atraviesan las llanuras centrales, cortan las cordilleras que las rodean y se precipitan al exterior excavando gargantas profundas. Este sistema hidrográfico de la España central puede ser considerado, siguiendo a S. Calderón, como una serie de corrientes de agua irradiando de algunos núcleos elevados muy poco numerosos.

#### **Serie de formaciones y alineamiento de las capas.**

Encontramos por lo pronto que los terrenos estrato-cristalino y granítico, representado el primero casi exclusivamente por el gneis, se elevan formando masas potentes en la cordillera Carpeto-Vetónica, que constituye el núcleo de la meseta y al mismo tiempo de toda la Península Ibérica. El granito predomina en vastas extensiones al N. de la cadena

central, tales como la Paramera de Avila, mientras que el gneis predomina a su vez en otras comarcas, y es frecuente en otras que se presenten alternadas ambas rocas.

A los dos lados de la cordillera, adaptándose al granito y gneis, afloran los estratos paleozoicos que se extienden muy probablemente bajo las vastas llanuras ocupadas por el terciario lacustre, cuya superficie alcanza casi 140,000 kilómetros cuadrados; estas llanuras terciarias son a veces atravesadas por *ojales* en que afloran los estratos antiguos subyacentes. Las dos vertientes de la cadena del Guadarrama muestran curiosas penetraciones del mar cretáceo, formando bandas estrechas al S., o bien otras más anchas en Castilla la Vieja, donde ellas ocupan una zona de 40 kilómetros de ancho por 100 kilómetros de longitud aproximada.

Las ideas expuestas por E. Suess (25) haciendo notar que en un gran número de montañas de Europa la mayor parte de los pliegues muestran sus ramas N. más desviadas de la horizontal que las ramas meridionales, llegando a veces a una verdadera inversión de las capas, como si todo el sistema tuviera una tendencia a acostarse hacia el N., a consecuencia de un enérgico empuje tangencial, actuando sobre una gran parte de la masa continental, han sido adoptadas por J. Macpherson (16), quien encuentra de acuerdo con estas ideas las características de los plegamientos pirenaicos, mientras que considera muy distintos los rasgos que caracterizan otras cordilleras españolas.

Se ha comprobado en muchas regiones esta tendencia general a caer en masa hacia el N., y una de las consecuencias que se derivan de ella es que los terrenos antiguos que forman la cabeza de muchas cordilleras europeas avanzan hacia el N. cabalgando sobre terrenos más modernos.

Aunque Macpherson admitía como exclusiva la inclinación septentrional de los pliegues pirenaicos, teniendo en su



apoyo la opinión de M. M. Magnan, Leymeric y otros geólogos, conviene tener en cuenta que el profesor Dalloni, en extenso estudio de esta cordillera, sostiene la tesis contraria, mientras que, en discusión que tuve el honor de sostener en Bruselas, durante el último Congreso Geológico Internacional, con el profesor L. Bertrand, mantuvo este geólogo que debe tenerse en cuenta la existencia de pliegues hercinianos estudiados por él en numerosos parajes de los Pirineos orientales; pero que en cuanto al plegamiento de edad terciaria, que es el más importante en dicha cordillera, debe admitirse la tendencia a inclinación septentrional.

Si desde esta región fronteriza descendemos hacia el S. examinando la estructura de las otras cordilleras que accidentan el suelo ibérico, comprobamos hechos en general opuestos. Desde el principio del Paleozoico, la mayor parte de nuestro territorio se encontraba emergido con alineaciones y contornos sin duda muy diferentes de los actuales, pero constituyendo ya vastas extensiones de terrenos elevados sobre la mar de los geosinclinales norte-europeo y Mediterráneo, entre los cuales el promontorio ibérico se encontraba colocado, experimentando esfuerzos tangenciales de origen y dirección diversas. Resulta, por tanto, natural que a compás del progreso de la contracción de la corteza solidificada se hayan producido pliegues y fallas cuyas direcciones e inclinaciones obedecieron al sistema norte-europeo en la región cántabro-pirenaica, y al sistema africano los del centro y S. de la meseta, así como los otros accidentes orogénicos que más tarde se produjeron en Andalucía.

**Noticia topográfica sobre el sistema de la Sierra Morena.**—La dirección predominante de los alineamientos de esta cadena, llamada también Mariánica, es casi siempre de NO. a SE., bien que algunos trozos se alinien de O. a E.,

y aun en casos muy raros lleguen a tomar la dirección O.-SO. a E.-NE. Según Macpherson (18), los movimientos más importantes se han producido durante la edad paleozoica, y es más tarde, al comienzo del Trías, cuando tuvo lugar el fenómeno de fractura del borde S. de la Meseta, llamado falla del Guadalquivir por el citado autor, atendiendo a que coincide en largo recorrido con el lecho del gran río.

Esta fractura ha dado como resultado el hecho extraño de que siendo la dirección NO. a SE. la de casi todos los eslabones de la cordillera, sin embargo la divisoria de aguas corta en ángulo abierto a la línea de vértices de estos accidentes tectónicos y se encuentra casi invariablemente al borde de las grandes llanuras de Extremadura y de la Mancha, de donde el terreno desciende al valle del Guadalquivir por quebradas de rápida pendiente.

Teniendo en cuenta esta especial estructura, puede considerarse la Sierra Morena como el borde desprendido de la Meseta Ibérica que, gracias a la gran fractura, deja actualmente apercibir sobre las vertientes del valle del Guadalquivir la constitución interna de esta «ruina de cordillera», totalmente distinta de su prolongación en Extremadura, verdadera penellanura donde las montañas se muestran deprimidas y ocultas en parte bajo formaciones más modernas.

En la provincia de Huelva es donde se encuentra la extremidad occidental de la Cordillera Mariánica (o Sierra Morena), constituida no por verdaderas montañas de relieve considerable, sino solamente por colinas de altitud muy limitada, tan pronto aisladas, tan pronto entrecruzándose, para formar cadenas aplastadas, pero de estructura muy complicada, sobre todo en la región de Sierra Alta, cuya parte septentrional establece la unión con la divisoria de aguas del Guadiana, que continúa hacia el E. la cadena principal mariánica; la dirección y altitud de los elementos

de esta divisoria es muy variable desde el límite de Badajoz a la cumbre de Sierra Tentudia, que alcanza 1.104 metros de altitud. Las cumbres se alinean hacia el O. en la Sierra de Robledo, que separa las provincias de Huelva y Badajoz; se inflexiona un poco al N. en los montes de Toba y del Moral; cambia hacia el S. en las Sierras de Fuentes y del Castro, al SO. en la Dehesa de Arriba; continúa al S. en la Sierra de la Serrana y se termina en el puerto de Lanchar, que es el extremo más occidental de la cordillera.

Según J. Gonzalo Tarín (8), que ha hecho un estudio notable y muy detallado de la zona O. de Sierra Morena, las alturas que accidentan el suelo de la parte meridional de Huelva no pertenecen al sistema mariánico.

En la parte NE. de Huelva, la dirección general de los pliegues es la de E. a O., pero aproximándose al límite, su rumbo cambia al SE., sufriendo una desviación verosímelmente originada por la masa granítica de Cala-Santa Olla. Tomando después la dirección O.-SO. a E.-NE., la Sierra Morena atraviesa la provincia de Badajoz y toda la zona N. de la de Sevilla, donde la dirección de los eslabones es variable y la cordillera aparece de tal modo monótona y deprimida, que se creería a primera vista que sólo las acciones exteriores habían modelado el relieve del suelo, y sólo después de estudio más atento se llega a comprobar la importancia de los movimientos orogénicos allí desarrollados.

Si se desciende de las llanuras de Extremadura y de la Mancha hacia Andalucía, se comprueba en seguida que no es una verdadera cordillera la que separa estas regiones; son montes aislados que no forman la divisoria de aguas entre Guadiana y Guadalquivir, pues ocurre con frecuencia que una parte de las aguas precipitadas en las llanuras superiores, en vez de correr al Guadiana, se dirige al S. y, abriéndose paso a través de la cordillera en ruinas, corre por el

fondo de profundas gargantas hasta el valle del Guadalquivir. Uno de sus afluentes, el río Fresneda, ofrece un curso en extremo interesante desde este punto de vista, pues atraviesa sucesivamente cuatro ramificaciones casi paralelas del sistema montañoso estudiado, y después de haber atravesado la Sierra Madrona por una garganta estrecha y profunda de considerable longitud, toma el nombre de Jándula y atraviesa de N. a S. toda la provincia de Jaén antes de verter sus aguas al gran río bético. Los torrentes y ríos Biar, Huezna, Guadiato, Despeñaperros y Guadalén atraviesan también las montañas siguiendo fracturas parecidas a la del Jándula, normales en general a las líneas de cumbres.

En el S. de Badajoz, las dos cadenas más importantes comprendidas en la provincia (Sierras de los Santos y de la Peraleda) se cortan casi en ángulo recto, pues la primera está arrumbada al SE. y la segunda al NE.; al pie de la Sierra de la Peraleda, casi junto al límite de las provincias de Córdoba y Badajoz, corre el Zújar, llevando sus aguas al Guadiana, cuyo lecho describe un gran arco abierto hacia el O. Las alturas de esta comarca raramente exceden de 800 metros sobre el mar.

En la provincia de Sevilla el aspecto de la vertiente S. de la cordillera es también aplanada y monótona, pudiéndose sin embargo diferenciar la zona de las Sierras de Guadalcanal, Padrona y Cazalla, en que la dirección predominante de los pliegues es la de NO. a SE., separada por el Biar de otra zona bastante distinta que se extiende al O. de este río, en que la dirección de los pliegues se hace confusa, pues aun dominando con frecuencia la de E. a O. en otros muchos parajes, las colinas de formas redondeadas no siguen arrumbamientos claramente definidos.

Al penetrar en la provincia de Córdoba, la Sierra de los Santos alinea de NO. a SE. sus estratos-cristalinos, mien-

tras que la cadena central de la Sierra Morena atraviesa la parte septentrional de los distritos de Fuenteovejuna, Hinojosa del Duque y Pozoblanco, orientando sus pliegues de E. a O. Al continuar hacia Oriente, la Sierra Morena alcanza con altitudes de 1.100 a 1.300 metros su relieve principal, extendiéndose por el S. de la provincia de Ciudad Real y N. de Jaén. En la parte occidental de Ciudad Real, la cordillera está compuesta de tres cadenas casi paralelas llamadas Sierras de la Alcudia, Morena y Madrona, cuyas cumbres, arrumbadas de O.-NO. a E.-SE., están formadas por cuarcitas recortadas en agudos dientes.

Las dos ramas septentrionales se unen al O. de Despeñaperros, alcanzando una altitud de 1.300 metros en la cumbre de La Estrella, y más lejos, 35 kilómetros al E. del desfiladero, las cuarcitas, muy inclinadas, se elevan a 1.150 en Cabeza del Buey, provincia de Ciudad Real; más allá, hacia el NE., la línea de las cumbres baja bastante rápidamente, terminando la cordillera cerca del límite occidental de Albacete, mientras que los eslabones meridionales son bruscamente detenidos por la fractura bética, arrumbada, como ya dijimos, de O.-SO. a E.-NE., en ángulo recto por tanto con la dirección media de aquellos montes.

## I I

**Restos de pliegues huronianos y caledonianos.—Predominio de los movimientos hercinianos.—Comprobación de la existencia de la falla del Guadalquivir.**

Si atravesamos la cordillera siguiendo la línea férrea de Almorchón a Bélmez, se observa al llegar a los alrededores de Belalcázar que las cuarcitas tocan al borde de la gran masa granítica, y que ésta, hacia el S., queda oculta bajo una potente formación de pizarras, las cuales a su vez se hunden bajo las cuarcitas silurianas, cerca de Valsequillo. Sobre ellas vienen las pizarras del Carbonífero, tropezando todo este sistema en su extremo meridional con la masa cristalina de la Sierra de los Santos, que a su vez queda cubierta hacia el SO. por las pizarras arcaicas sobre las cuales se apoya la serie cambro-siluriana.

El fenómeno observado en la Sierra de los Santos se repite, según Macpherson, en las orillas del Huezna y del San Pedro, observándose, pues, en esta región de la Península una serie de contactos anormales, más al S. de los cuales las capas se siguen en serie casi normal, y muestra el conjunto del país tendencia a caer en masa hacia el S.

La consideración del enfriamiento del geoide y contracción de la corteza, no es, según el mismo autor, explicación suficiente de la anomalía que representa la tendencia de los Pirineos a caer hacia el N. según el esfuerzo tangencial dominante en Europa, mientras que los sistemas del centro y sur de España muestran tendencia a inclinarse hacia una zona débil de la corteza situada al S. del promontorio paleo-



zoico ibérico; parece preciso, para explicar la anomalía indicada, tener en cuenta la heterogeneidad de la corteza sólida, que tiende a veces a romperse dejando caer radicalmente los segmentos menos resistentes. En sus síntesis célebres, E. Suess (26) admite estas ideas esenciales para el estudio de la orogenia ibérica, y hace notar la semejanza entre la dirección predominante de los pliegues del S. de la Meseta, donde los montes que integran la Sierra Morena se alinean de NO. a SE., y la dirección general de los pliegues béticos más modernos que se levantan enfrente de aquélla, sensiblemente perpendiculares, arrumbados de SO. a NE. Al S. del Guadalquivir, ya no es la dirección de los antiguos pliegues, sino la del borde fracturado de la Meseta, quien determina la marcha del plegamiento siguiente.

Al atravesar la provincia de Sevilla en su parte N., según una línea orientada aproximadamente de NE. a SO., entre San Nicolás del Puerto y Villaverde, es fácil notar que en la zona comprendida entre los ríos Huezna y Biar afloran masas endógenas que con frecuencia atraviesan y dislocan las capas paleozoicas, mientras que en la zona del E. del Huezna el granito no forma ya masas, sino que se halla en estado de fragmentos angulosos, ligados por cemento coherente arcillo-silíceo, formando conglomerados y grauwackas pertenecientes a la serie cambriana superior.

Estos hechos establecidos hace largo tiempo por Macpherson y que tuve ocasión de comprobar durante larga estancia en Villanueva de las Minas, prueban que, antes del Cambriano superior, esta parte de la Sierra Morena había sufrido movimientos cuyos efectos bastante borrosos aparecen alineados en general de NO. a SE. y se caracterizan por la inyección de potentes masas de granito que atraviesan las capas del estrato-cristalino. Tras el depósito de los conglomerados cambrianos y la segunda serie de erup-

ciones, parece comenzar para esta región un período de hundimiento, indicando los gruesos cantos de conglomerados, que sirven de base al Cambriano superior, depósito litoral y la existencia de tierras emergidas a nivel considerable; más tarde los fragmentos van siendo más pequeños; luego vienen las grauwackas y, por fin, un potente tramo de pizarras y calizas, indicando sedimentación de mar profunda cuyo suelo debía hundirse gradualmente para permitir la acumulación de sedimentos que han dado lugar a un gran espesor de capas peleozoicas que excede de 1.500 metros en muchos lugares de la región estudiada. Estos fenómenos de hundimiento no parecen haberse limitado a la provincia de Sevilla, sino que debieron extenderse hacia Oriente y Norte, puesto que las formaciones silurianas alcanzan considerable extensión y potencia en las provincias de Badajoz, Córdoba y Jaén.

La fecha del movimiento orogénico o de levantamiento relativo de algunas partes del país que atestiguan los conglomerados, está comprendida entre el estrato-cristalino y los primeros sedimentos paleozoicos, habiendo debido proseguir el hundimiento subsiguiente durante toda la duración del Siluriano, mientras que el restringido desarrollo de los depósitos devonianos parece comprobar que se iniciaba el abandono de la Meseta por las aguas del mar bajo las cuales tan largo tiempo había estado sumergido.

Al pasar a la zona comprendida entre el Biar y el Guadalquivir, encontramos indicios de otros fenómenos que han afectado de modo notable al relieve de la cordillera. Al S. del Triásico que ocupa la cuenca del Biar y de la banda plutoniana arrumbada entre E. a O. y O.-NO., se puede observar que los hechos se han sucedido de modo por completo diferente, puesto que son las pizarras del Carbonífero inferior las que alcanzan inmenso desarrollo, mientras que

las capas de las primeras épocas paleozoicas han quedado al N. de la banda plutónica, y esto es tanto más notable cuanto que los depósitos del Carbonífero inferior están muy poco desarrollados o faltan en el interior de la Meseta Central, mientras que los del Hullero están limitados a pequeñas cuencas situadas hacia la periferia, indicando verosímilmente el litoral de un mar que debía inclinar su fondo al SO., donde las capas del Culm alcanzan gran potencia en una vasta extensión que comprende la zona central de Huelva, el Algarve y el Bajo Alemtejo, en Portugal. Parece también marcarse un cambio sensible en la dirección de los accidentes tectónicos, pues de la NO.-SE. que dominaba en los primeros movimientos, pasa a tomar la O.-NO. a E.-SE., que es la más general para los pliegues de las pizarras del Culm y arrumbamiento de las masas de rocas ígneas.

**Predominio de los pliegues hercinianos** —Al considerar juntamente la distribución de los depósitos paleozoicos y el cambio de dirección de los pliegues, parece legítimo deducir que un nuevo movimiento de la corteza terrestre sobrevenido en la época hullera, hacia su final, ha hecho oscilar estas regiones, y al mismo tiempo que una parte de la Meseta se elevaba sobre el mar, la parte SO., por el contrario, quedaba sumergida. Conviene tener en cuenta, como apoyo de estas ideas, que las pequeñas cuencas hulleras de Villanueva, San Nicolás del Puerto, Llerena, Zafra, etc., cuya edad es posterior a las pizarras del Culm, ofrecen características que indican haberse depositado en tierras bajas y lagunas alineadas, probablemente a lo largo de un estuario que se extendía hasta las inmediaciones de Zafra; y es también muy importante para fijar épocas de movimientos orogénicos y hacer resaltar la importancia del

herciniano, que mientras la formación hullera estefaniense de Puertollano se presenta casi horizontal y ofrece capas de notable regularidad que, reconocidas en grandes extensiones por las labores de las minas «Asdrúbal», «Calatrava», «Extranjera» y otras personalmente visitadas por nosotros, no presentan pliegues ni trastornos de importancia aparte de los puramente locales debidos a inyecciones porfídicas, por el contrario, en Bélmez, son muy numerosos y violentos los plegamientos sufridos por la caliza de montaña y las capas westfalienses, llegando algunas capas de hulla de moderada potencia media a alcanzar localmente espesores enormes, como el reconocido en «Santa Elisa», consecuencia de un pliegue múltiple.

La edad de las diversas erupciones que han atravesado la banda principal granítica más meridional, es otro problema muy ligado a lo que acabamos de indicar. Las pizarras del Carbonífero inferior, caracterizadas por la *posidonomya becheri*, han sido atravesadas por rocas eruptivas que, según J. G. Tarin (8), deben ser consideradas como prolongación de las de Sevilla; y por otro lado, se observa que estas erupciones no han atravesado las capas triásicas de la cuenca del Biar, de donde se deduce que las últimas erupciones se han producido entre el Carbonífero y el Triás, mientras que el límite anterior queda muy incierto, puesto que desde el Cambriano superior se encuentran lechos de diabasa interestratificados con los sedimentos de aquella época. Al considerar el fenómeno eruptivo en conjunto, se llega sin embargo a deducir que, aun no pudiendo precisar la época exacta de cada erupción, resulta claro que el máximo de manifestaciones de la actividad interna tuvo lugar al final del Carbonífero, puesto que las grandes masas de rocas ígneas están orientadas con notable paralelismo a las dislocaciones hercinianas, y debe también tenerse presente la

circunstancia ya indicada de que las pizarras del Culm son atravesadas en la provincia de Huelva por algunos asomos ígneos de la serie citada.

Dando momentáneamente por terminada la enumeración de observaciones referentes a movimientos orogénicos verificados en las provincias de Huelva y Sevilla, vamos ahora a exponer datos referentes a la región de la Sierra Morena que se extiende en las provincias de Badajoz, Ciudad Real, Córdoba y Jaén, es decir, la parte central y oriental de la cordillera.

Se han señalado discordancias de estratificación entre las micacitas alineadas de N. a S. y las pizarras cambrianas alineadas de NO. a SE. en Azuaga, Granja de Torre Hermosa, Hornachuelos, etc., y no lejos de estas localidades, entre Guadalcanal, Azuaga y Malcocinado, encontramos conglomerados y grauwackas cambrianas en que se presentan fragmentos de gneis y micacitas arrancadas sin duda por la erosión a las capas cristalinas que formaban montañas, o al menos tierras elevadas, en las inmediaciones. Tomando como base estas observaciones, así como la existencia que ya hemos citado de los conglomerados cambrianos del NE. de Sevilla, L. Gamboa (7) afirma la existencia de montañas huronianas y señala varias discordancias de edad caledoniana en Codosera, Albuquerque y otras localidades de la provincia de Badajoz. Entre Cabeza del Buey y el Zújar, apunta dicho ingeniero la presencia de areniscas micáceas grises y rojizas arrumbadas al N.-28°-O., en discordancia sensible con las pizarras silurianas arrumbadas al O.-15°-S., y se han hallado en las primeras capas algunos ejemplares fósiles de *Ryuchonella Spirifer* y otros braquiópodos clasificados como devonianos. En las Rañas de Monterrubio y en la orilla derecha del Zújar, otra discordancia ha sido señalada entre las calizas fosilíferas devonianas

orientadas al N.-30°-O. y la estratificación siluriana alineada de NO. a SE.

Sin negar la existencia de los vestigios de pliegues huronianos y caledonianos en estos parajes de la cordillera, creemos oportuno hacer notar que en las localidades de Sevilla, donde los hemos podido estudiar personalmente, se presentan muy confusos y en parte borrados por la erosión, creyendo nosotros que en todo caso su alcance ha sido limitado y han influido muy poco en el actual relieve de Sierra Morena.

Son los movimientos hercinianos los que afectaron sin duda intensamente y de modo general a todas las formaciones anteriores, dando lugar a pliegues alineados según un arco muy abierto que presenta su zona oriental dirigida de E. a O. en la provincia de Ciudad Real, mientras que el resto del arco se alinea de NO. a SE. La edad de este levantamiento principal se determina netamente si tomamos en cuenta no sólo los opuestos datos suministrados por el reconocimiento de las capas en las cuencas hulleras de Bélmez y Puertollano ya citadas, sino también otras observaciones que sucesivamente iremos exponiendo, tales como la sub-horizontalidad de las capas triásicas de Linares, Vilches, etc., alteradas apenas por movimientos poco intensos de edad terciaria.

En el macizo E. de Sierra Morena no hemos observado indicios de ningún movimiento huroniano o caledoniano de importancia real; salvo pequeñas discordancias locales que señalaremos al describir la zona situada al N. del Hoyo de Mestanza, son, como más adelante veremos comprobado, los plegamientos hercinianos quienes determinan los rasgos característicos de la orogenia regional en el N. de Jaén y SE. de Ciudad Real.



**Comprobación de la existencia de la falla del Guadalquivir.**—La gran fractura o sistema de fracturas llamada «falla del Guadalquivir», fué deducida primeramente por Macpherson como hipótesis que explicaba numerosas singularidades de la orografía andaluza, en particular: la rara localización de la divisoria de aguas entre las cuencas del Guadiana y Guadalquivir; la falta de paralelismo entre los serrijones de la Cordillera Mariánica que alcanzan el borde arrumbados de NO. a SE., mientras que la dirección de dicho borde es O.-SO. a E.-NE.; la disimetría notable al encontrarse frente a frente en el valle bético los pliegues hercinianos y alpinos, etc. Esta idea de una fractura colosal limitando al S. la Meseta Ibérica, fué admitida universalmente durante largo tiempo por todos los geólogos; mas ha sido modernamente puesta en duda por los profesores E. Haug y L. Gentil, apoyándose en datos recopilados por J. Groth (9) en el transcurso de varias excursiones a través de parte de Andalucía.

Para reforzar su tesis, cita este geólogo el aspecto topográfico de los alrededores de Córdoba y el hecho, a primera vista impresionante, de que las cuarcitas de los anticlinales de Retamalejo, Calvario de Villafranca, Alcolea, etcétera, atraviesan el lecho del Guadalquivir y se destacan hacia el SE. formando salientes en la llanura terciaria.

Considera J. Groth que las Sierras Madrona, Morena y de Almadén son murallas casi verticales de arenisca armoricana, separada por valles profundamente excavados en las pizarras con *Calymene* y *Goniatites*. Toda esta región sufre un régimen de pliegues isoclinales afectados solamente por accidentes locales, y después del plegamiento herciniano la región ha jugado el papel de un «horst» o pilar resistente, sufriendo simples movimientos epirogénicos; los pliegues se hundían gradual y suavemente (*ennoyage*) bajo el valle

del Guadalquivir. Más tarde, muy modernamente, la erosión ha sido rejuvenecida por un levantamiento que llevó los depósitos terciarios a altitudes a veces bastante considerables sobre el nivel del río.

Debemos hacer constar que nuestras observaciones personales difieren sensiblemente de las consignadas respecto a casi todos los puntos por el citado geólogo francés; por ejemplo: al atravesar repetidamente las Sierras Morena y Madrona en la región de El Hoyo (Ciudad Real), hemos tenido ocasión de comprobar, según más adelante detallamos, que allí el relieve de las montañas no está determinado por los plegamientos, sino por fracturas que cortan a veces perpendicularmente la dirección de los estratos.

Asimismo observamos que en los sitios en que se menciona el paso de las cuarcitas a la orilla izquierda del Guadalquivir, tal como anticlinal del Calvario de Villafranca, Alcolea, etc., no se trata de que importantes bancos de rocas paleozoicas se destaquen en la llanura terciaria, al S. y SE. del río, siguiendo una larga corrida no alterada por una falla que se supone no existente. Muy al contrario, se trata de «pasos» a nuestro juicio insignificantes que cruzan sólo algunos, muy escasos, metros a la orilla izquierda del lecho menor del río. Creemos que para admitir la realidad de dichos cruces a la orilla S. oriental o izquierda, hay que tomar estas palabras en sentido estricto, o sea aplicándolas «a un elemento de las curvas del río», pues tomando la dirección media del Guadalquivir en una longitud de varios kilómetros, resulta que los supuestos «cruces» de rocas paleozoicas a la margen S. oriental quedan siempre en la orilla N. (o paleozoica) respecto a dicha «dirección media del río», que es la verosímelmente coincidente con la falla discutida.

En las inmediaciones de Montoro, hacia el N. y O., las

rocas paleozoicas que predominan son pizarras cuarzosas de color pardo o azul oscuro en gruesos bancos muy inclinados, alternando con algunas capas de cuarcita y pizarras silíceas pardo rojizas; el arrumbamiento general de los estratos es O.-30°-N. magnéticos con buzamiento de unos 80° al N., y siguiendo el curso del río hacia Adamuz, he podido observar que a unos 500 metros aguas abajo del puente de Montoro las rocas antiguas cruzan el río; pero siguiéndolas en una longitud de pocos metros al SE., desaparecen bajo una formación triásica que está integrada por un banco de conglomerados cuyos cantos de cuarcita de forma redondeada y tamaño variable de 20 a menos de 2 centímetros, están ligados por un cemento arcilloso rojizo poco coherente.

Este conglomerado se apoya junto al río sobre las pizarras antiguas discordantes, que forman un escarpe de 30 a 40 metros de altura, y la parte culminante de las colinas, encima del conglomerado, está formado por arenas groseras y margas sabulosas rojizas con algunas irisaciones que también hemos visto aflorar en los desmontes de una calle de Montoro. A 1 kilómetro aguas arriba del citado pueblo, en dirección a Villa del Río, hemos observado otro cruce de las pizarras antiguas hasta algunos metros más al S. de la margen izquierda del actual lecho del Guadalquivir.

Para interpretar debidamente estos hechos, conviene tener en cuenta que en aquella localidad el río describe curvas repetidas que, aun sin alcanzar el gran desarrollo de los lazos de El Carpio y Alcolea entre otros, constituyen un curso muy sinuoso, cambiando el rumbo de la corriente varias veces al O., S., O. y N. en recorrido de 4 y 5 kilómetros alrededor de Montoro, hasta volver a tomar aguas abajo el rumbo occidental que es el dominante.

Aguas arriba de El Carpio, junto a la gran presa de la hi-

dro-eléctrica Mengemor, en la margen derecha del río, aflora el Culm formado por pizarras pardas hojosas, muy características de este terreno, ofreciendo múltiples pliegues de pequeño radio; allí observamos dos diques eruptivos que cortan la estratificación casi verticalmente, arrumbados al N.-30°-O. magnéticos y cruzan el río, así como también lo hacen bancos de calizas y pizarras paleozoicas, bastante potentes, en el cerro del Alcurrucén, orilla S., pero dando la impresión de no continuar en considerable corrida. La roca ígnea de los diques mencionados es granuda, de color verdoso, y a juzgar por un primer examen micrográfico, debe clasificarse como dolerita cuarcífera de textura holocristalina ofítica muy definida; dominan en ella el labrador y la dialaga, asociados a la anortita, augita y raros cristales de cuarzo.

En un montículo sito entre la carretera y el ferrocarril de Córdoba a Sevilla, en la margen izquierda, muy cerca del lecho actual y a unos 2 kilómetros aguas abajo de Villafranca, afloran otras masas de roca ígnea de textura aparentemente granitoide, y en el puente famoso de Alcolea, junto a sus pilares, se ven aflorar bancos de una interesante puddinga conteniendo cantos de cuarcita, caliza y roca eruptiva, que también cruzan algunos metros más allá de la actual margen izquierda del lecho menor. En ninguno de estos parajes hemos encontrado indicios de hundimiento gradual del eje de los pliegues hacia el valle bético, ni aun siquiera en la cresta anticlinal del Calvario de Villafranca, que merece estudio más detallado, por ser allí muy difícil la distinción entre cuarcitas silurianas y areniscas metamórficas del Culm.

M. J. Groth (9) atribuye al profesor L. Gentil la afirmación de que en la cuenca hullera de Villanueva del Río se puede ver, según los sondeos, que los pliegues hercinianos se hundían gradualmente bajo el Mioceno y Plioceno trans-

gresivos; según él no hay allí ningún indicio de la pretendida falla del Guadalquivir, sino que, por el contrario, se observa manifiestamente el descenso gradual (*ennoyage des plis*) de los pliegues carboníferos bajo el «estrecho Nordbético», ocurriendo los hechos de modo análogo a lo que él ha observado en el Atlas Medio y macizo de Beni-Snassen. A continuación exponemos algunos datos referentes a tectónica de las cuencas hulleras cordobesas más próximas al borde del país paleozoico, y luego las observaciones muy detalladas reunidas por nosotros en la provincia de Sevilla, que difieren sensiblemente de lo indicado por dichos geólogos franceses y de las cuales deducimos consecuencias distintas.

Según A. Carbonell (3), las cuencas hulleras andaluzas corresponden a una serie de estuarios establecidos en el fondo de un mar dinantiense, que experimentó una emersión indicada por las moles de caliza que en varios parajes rompen los estratos westfalienses, como se observa notoriamente en Bélmez. Mediada la época carbonífera, continúa la emersión y los sedimentos se depositan en tres depresiones principales o estuarios (de la provincia de Córdoba), que son: la de Bélmez, otra relacionada con la mancha de los Hatillos y Valeinfierno, y una tercera que desde el término de Alanis, en Sevilla, corría según el actual cauce del Guadalera.

En el Estefaniense se acentúa el movimiento de emersión, y así sucede que si bien los estratos del Hullero medio ocupan extensiones más reducidas que las del inferior, las del superior quedan limitadas a Puertollano y Villanueva de las Minas. Los esfuerzos de torsión que experimentó en el final del Paleozoico la serie de formaciones que cubría el suelo andaluz, determinaron otras líneas de fractura transversales cuya manifestación más importante es la gran falla del Guadalquivir.

La dirección de los estratos en el actual escarpe de Sie-

rra Morena y su frecuente buzamiento al NO., son indicio de que en aquel momento actuó la mole de formaciones antiguas como país frontero o zona resistente, recibiendo el empuje de un país zaguero que descendió y sustenta actualmente los depósitos secundarios y terciarios.

Según Carbonell, el Culm de la provincia de Córdoba se prolonga con considerable anchura desde el pantano del Guadalmellato hasta Alcolea, y en la margen izquierda del Guadalquivir, junto a una presa de riego propiedad del Conde de Torres Cabrera, asoma un islote calizo paleozoico bajo las hiladas del Helvético, habiéndose reconocido en aquél numerosos restos de *Ortoceras* que determinan su edad carbonífera. Cita también dicho Ingeniero la presencia entre Posadas y Hornachuelos de una banda de calizas impuras conteniendo *Ortoceras*, que deben clasificarse como caliza de montaña y sirven como eslabón para relacionar la cuenca hullera de Villanueva de las Minas con las cordobesas; considera muy interesantes las investigaciones hulleras por sondeos en la prolongación ideal de las cuencas más allá de la margen izquierda del Guadalquivir, suponiendo probable que los tramos de las antracitas y de Santa Elisa que faltan en la mayor parte de la cuenca de Bélmez, por haberlos hecho desaparecer la erosión, han podido conservarse en la izquierda del río libres de la erosión por yacer resguardados bajo formaciones modernas.

Durante una estancia relativamente larga en Villanueva de las Minas y en varios recorridos por sus alrededores, he podido reunir personalmente datos suficientes para afirmar que las características tectónicas de esta cuenca son distintas de lo atribuido al profesor L. Gentil, y que ha existido algún error de información en los datos sobre sondeos que le han llevado a formular conclusiones no fundadas, en nuestra opinión, sobre bases suficientemente exactas.



La formación hullera de estas minas parece corresponder a sedimentos depositados a lo largo de un estuario, como indica la ausencia de fósiles marinos; la presencia de conglomerados y areniscas de grano grueso, debidas probablemente a arrastre por aguas torrenciales; el escaso número de capas y su potencia considerable, etc., a juzgar por los fósiles vegetales encontrados; los depósitos de la zona inferior en que abundan *Sigilaria elegans* y varias *Neuropteris*, corresponden a la zona media del Westfaliense, mientras que la presencia de *Sfenopteris obtusiloba*, *Pecopteris arborescens*, *Calamites suckowi*, *Walchia*, *Sfenofillum cuneifolium* y otros fósiles característicos del Estefaniense, indican que a esta época pertenece parte muy importante del yacimiento. Las capas de hulla explotadas son tres, relativamente regulares, cuya potencia media es de 1,80 metros, 4 metros y 0,90 metros, si bien presentan tendencia a aumentar su espesor hacia la línea de vaguada de cada cubeta y sensibles adelgazamientos o roturas en los dinteles que las separaron.

Dejando a un lado los datos referentes a estratigrafía y a características de las capas de hulla, insistiremos sólo en los que se refieren a tectónica de los estratos cambrianos y carboníferos en esta región vecina al eje del gran valle.

El tramo hullero productivo de Villanueva se apoya en parte directamente sobre las pizarras cambrianas, muy plegadas, y en otros sitios sobre un conglomerado de elementos bastantes gruesos y poco redondeados. Estas pizarras cambrianas afloran formando alturas de moderado relieve, generalmente colinas redondeadas, en diversos parajes de la vecina comarca, y se hundén con buzamientos concurrentes, dando lugar a las varias cubetas en que se acumularon los restos vegetales.

Según indica la lámina I (tomada de una Memoria del In-

geniero A. Tombelaine), a juzgar por los datos recogidos en la explotación subterránea, el Hullero se ha depositado en cuatro cubetas, siendo la dirección media de la línea de thalweg N.-NE. a S.-SE. aproximadamente; las capas de hulla que aumentan notablemente de potencia al aproximarse al fondo de cada depresión, como se comprobó sobre todo en la zona explotada por contra-pozo entre los niveles 13 y 14 de la mina, en cuyos trabajos tomé parte como Ingeniero del interior, se adelgazan, estiran y a veces rompen en los dinteles o levantamientos cambrianos que separan entre sí las depresiones. Al parecer, un primer plegamiento de época caledoniana afectó a las pizarras más antiguas, viniendo el esfuerzo del S. y dando lugar a una primera formación de sinclinales de pendiente bastante moderada, para que en la época carbonífera se depositaran hasta cerca de los bordes de las depresiones los conglomerados de elementos gruesos y medianos. Más tarde, los movimientos orogénicos hercinianos más importantes y que debieron continuar hasta el Permiano, afectaron al yacimiento hullero recién depositado, plegando las capas, aunque sin dar lugar a grandes trastornos, puesto que no se han reconocido venidas eruptivas a través de ellas ni fallas importantes.

Sin embargo, bajo la acción de esta segunda serie de esfuerzos orogénicos, el yacimiento fué comprimido contra la formación cambro-siluriana más resistente, que se apoyaba a su vez sobre el granito, sirviendo éste de pilar resistente; como consecuencia, se originaron diaclasas en las pudingas, estiramiento de las capas plásticas y desplazamiento de éstas al exceder las presiones el límite de elasticidad en los bordes de las cubetas, mientras que en las laderas aumenta la pendiente de las capas hulleras, llegando a un límite de 40° en el flanco E. y de 42° en el opuesto. Algunas venidas eruptivas se han abierto paso a través de las fracturas pro-

ducidas en las capas ante-carboníferas por el plegamiento de época hercíniana, y entre ellas son las diabásicas las más extendidas.

La línea del fondo de los valles hulleros muestra una ligera pendiente hacia el Guadalquivir, pero no en modo alguno una inclinación regular y continua, sino más bien discontinua y mostrando, como indica el corte número 2, un fuerte levantamiento de los estratos antiguos muy cerca de la margen derecha del gran río, que no concuerda en modo alguno con la idea del *ennoyage*. Una parte de este corte es hipotética, la que media entre el más meridional de los reconocimientos de Villanueva de las Minas y la zona reconocida por múltiples taladros en los alrededores de Villanueva del Río y Tocina, pero los datos recogidos en estas perforaciones son suficientes para que la parte más interesante del corte se funde en hechos comprobados y nos permita hacer deducciones sólidamente fundadas.

El sondeo *A* de la Hullera Sevillana fué emplazado a unos 500 metros al O. de Villanueva del Río, en la margen derecha del Galapagar, muy cerca de su desembocadura. Cruzó primeramente terrenos modernos, penetrando luego en conglomerados de guijo menudo y pizarrillas gris verdoso algo cloríticas y micáceas de aspecto no hullero, sino más bien de formaciones más antiguas.

A 590 metros al NO. del *A*, fué emplazado el sondeo *B* de la misma Compañía, que según datos de D. Lucas Mallada, muy amablemente facilitados por nuestro compañero A. Benjumea, se obtuvieron los siguientes resultados: Atravesó primero 188 metros de margas y arcillas terciarias, avanzando luego hasta 313,7 metros sin salir del Hullero, compuesto en su tramo superior de pizarras algo cuarzosas color gris claro, y en el tramo inferior por pizarras más arcillosas negruzcas y carbonosas. En los últimos metros se



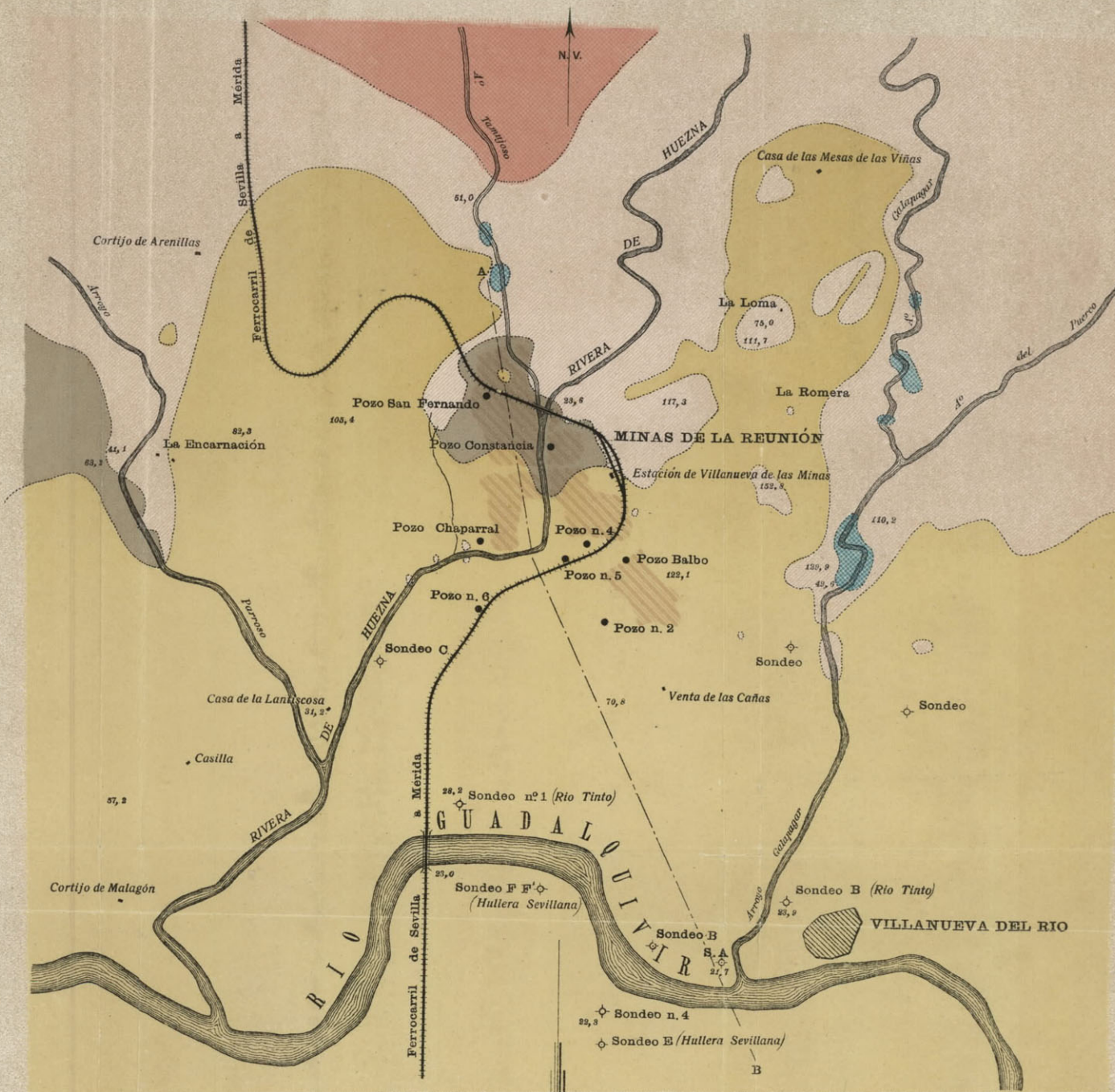




# CROQUIS GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE VILLANUEVA DEL RIO.

Escala de 1:41.666

Segun A. Tombelaine



- Mioceno
- Carbonifera
- Hullero explotado
- Cambriano
- Diabasa
- Granito



encontró una impresión vegetal muy análoga al *Cordaites*, género abundante en el final del hullero medio y principio del Estefaniense; no hay duda, en opinión de Mallada, de que el Hullero continúa a mayores profundidades donde sería probable cortar los conglomerados y areniscas inmediatos a las capas de carbón. Se abandonó esta perforación por dificultades mecánicas.

El sondeo C de la Hullera Sevillana, situado 900 metros al O. del monte Horcaz, cortó al principio 6 metros de terreno pedregoso diluvial y 14 metros de terreno mioceno sobrepuesto directamente al Cambriano, sin encontrar indicios de terreno carbonífero.

El sondeo número 4 de Río Tinto, D de la Hullera, cortó sucesivamente masas rojas diluviales en 16 metros de potencia; arcillas y gredas pliocenas, 110,7 metros; de arenas y calizas miocenas, 56,8 metros; de rocas hulleras, 163,9 metros y, por último, 20 metros de roca dura diabásica. En dicho taladro, al llegar a la profundidad total de 367,4 metros, se inutilizó el trépano después de penetrar 20 metros en la diabasa anfibólica citada, y como fracasaron las maniobras para extraer trépano y varillas, quedó sin resolver si la diabasa anfibólica de color verdoso es base y final del Hullero o, lo que parece más verosímil, se trata sólo de una intrusión lateral, pues en todo caso es lo cierto que no se atravesó la pudinga o brecha que sirve casi siempre de base a las capas hulleras productivas.

También negativo fué el sondeo E de la mencionada Compañía sevillana, emplazado 27 metros al S. del anterior, pues tras de atravesar 15 metros de terreno diluvial pedregoso y 116 metros de Plioceno, cortó el Cambriano sin encontrar Mioceno ni Hullero.

El sondeo número 3 de Río Tinto, emplazado cerca del pueblo de Tocina, atravesó un espesor de 146 metros de

terreno diluvial y gredas pliocenas; cortó 66 metros de Mioceno, y a continuación, hasta 433 metros de profundidad, atravesó una faja muy potente de areniscas y conglomerados rojos del Triás, terminando en caliza triásica.

Del conjunto de estos datos, resulta que aun siendo diferente la significación de las observaciones hechas en cada taladro en cuanto a prolongación meridional de las capas del Hullero productivo, concuerdan en cambio de modo absoluto los datos arrojados por todos ellos en cuanto a marcha de los pliegues cambrianos en las inmediaciones del Guadalquivir. Resulta, contrariamente a lo indicado, que no existe en esta región ningún indicio importante de descenso gradual de los pliegues (*ennoyage des axes des plis*) hercynianos.

Todo indica más bien que las capas cambrianas cuyo buzamiento general tendía al S. en «La Reunión», se levantan de nuevo al aproximarse al gran río, y cerca de su margen derecha, a profundidad mucho menor que en el fondo de la tercera cubeta de «La Reunión», forman el dintel S. de una cuarta o quinta cubeta. Los taladros C y E de la Hullera Sevillana son singularmente instructivos respecto a este accidente tectónico, y asimismo es de gran interés que el sondeo número 3 de Río Tinto haya cortado en la margen izquierda del río bético una potente formación triásica, mientras que en la margen derecha ningún sondeo ha cortado estratos secundarios.

Es decir, que en la región de Villanueva de las Minas, lejos de encontrarse datos tectónicos que prueben, según se indicaba, la falsedad de «la pretendida falla del Guadalquivir», creemos haber reunido un conjunto de observaciones en extremo afirmativas.

Algo semejante hemos comprobado que ocurre en las inmediaciones de la ciudad de Córdoba, y siguiendo las ob-

LÁ:

S

GU

SCA



o

LÁMINA 2

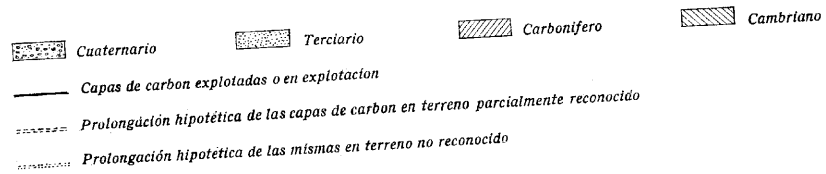
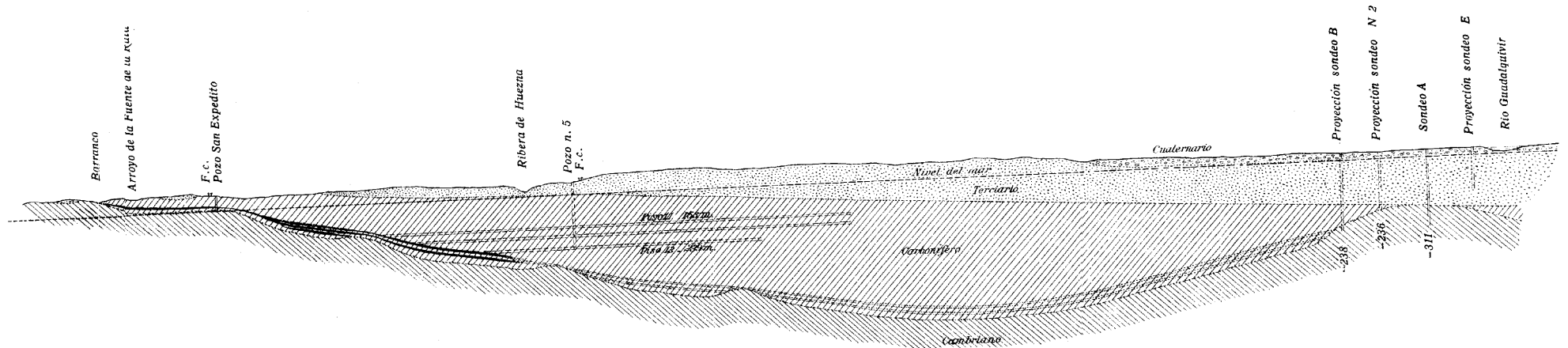
ALFONSO DE ALVARADO

REGIÓN ESTE DE SIERRA MORENA

# CORTE ESQUEMÁTICO

POR LA LINEA DE VAGUADA A-B DE LA LÁMINA 1

ESCALA 1:20.000





servaciones del profesor E. Hernández Pacheco (11), creemos que allí la disposición de los estratos cambrianos cortados bruscamente frente a la llanura y buzando hacia el interior de la Sierra, mientras que el Carbonífero se muestra en nivel inferior al Cambriano, indica sin duda la existencia de la gran falla bética.

En resumen, todo cuanto respecto a este problema hemos estudiado y los numerosos datos personalmente recogidos en los campos del gran valle andaluz, nos parecen indicar que, sin negar la influencia de los plegamientos y la posibilidad de algún descenso gradual de sus ejes de alcance localmente limitado, si existe, son sin duda los fenómenos de contracción, compresión seguida de hundimiento de los segmentos fracturados, las fallas de dirección diversa y las grandes fracturas o sistemas de fracturas, tales como la del Guadalquivir, quienes han determinado esencialmente el relieve de la Sierra Morena.

## III

**Algunos datos sobre geología de la región NO. de Jaén.—Itinerarios de La Carolina a El Hoyo y Venta de Cárdenas. Noticia referente a afloramientos cuarzoso-metalíferos en las zonas de El Hoyo de Mestanza y San Lorenzo.—Nota acerca del grupo «Unión»-«Santa Bárbara».**

La región NO. de la provincia de Jaén, limitada al E. por la línea ideal Linares-Despeñaperros, al S. por la línea Linares-Andújar-Marmolejo, encierra uno de los distritos mineros más importantes de Europa, relacionado hacia el N. y O. con otras zonas filonianas también muy interesantes que comprenden gran parte de las provincias de Ciudad Real y de Córdoba. El borde S. está formado entre Linares y Andújar por colinas miocenas que descienden con pendiente moderada hacia el cauce del Guadalquivir, y más al O. el borde bruscamente cortado de las pizarras paleozoicas coincide con la margen derecha del río.

El límite E., escogido arbitrariamente, coincide de modo aproximado con la carretera general de Madrid a Cádiz, mientras que al O. el límite provincial sigue el curso del río de Las Yeguas, y hacia el N. la línea divisoria con Ciudad Real sigue las cumbres de una de las sierras que componen allí la Cordillera Mariánica.

Entre las corrientes de agua de carácter torrencial que atraviesan esta región, los ríos Jándula, con su afluente Sardinilla, Pinto, Rumblar, de La Cabrera y el curso superior del Río Grande, van dirigidos de N. a S., mientras que el curso inferior del Río Grande y los torrentes de La Campa-

na y El Renegadero están arrumbados de NE. a SO. aproximadamente.

Las colinas vecinas del lecho del gran río y las mesetas de Linares se elevan gradualmente hacia el N., constituyendo escalones sucesivos hasta las cumbres de la Sierra Morena. Estos escalones irregulares son cortados transversalmente por quebradas muy profundas orientadas de N. a S., como la mayor parte de las corrientes de agua, es decir, alineadas casi a ángulo recto con el borde de la Meseta Central, mientras que otras depresiones de orden secundario correspondientes a veces a líneas de fractura están alineadas de NO. a SE., de O. a E., y sobre todo de O.-SO. a E.-NE., o sea paralelamente a la gran línea de fractura.

Las formaciones geológicas representadas en la región son, enumerándolas de S. a N. a partir de Linares: primero, el Mioceno marino del valle del Guadalquivir, extendiéndose hacia el S., donde ocupa vastas superficies y que forma también una banda alargada siguiendo el camino de Bailén a La Carolina; las rocas predominantes son las molasas y las margas de *Clipeaster altus*, *Clipeaster tauricus*, *Ostrea crassissima* y otras varias especies de *Ostrea*, abundantísimas en número de individuos, hasta el punto de formar bancos potentes en diversos parajes, tales como una colina inmediata al camino de Linares-Javalquinto, los alrededores de la estación de El Centenillo y otros; también se encuentran bastantes ejemplares de *Ceritium*, *Conus*, *Cardium*, *Turritella*, etc., mal conservados y difíciles de clasificar por especies, aunque hemos recogido ejemplares y fragmentos numerosísimos en muchos nidos de fósiles, tales como la meseta de La Magdalena de Castro, el borde E. de la meseta inmediata a la estación de Vadollano, las trincheras del ferrocarril de vía estrecha inmediatas al paseo del Molino de Viento en La Carolina y otros varios.

Viene después el Trías, cuyos estratos se extienden mucho hacia el centro y NE. de la provincia, pero que dentro de la región filoniana estudiada no afloran más que al E. y NE. de Linares y formando dos bandas alineadas hacia el SE. y SO. de La Carolina. Estas formaciones miocena y triásica, constituida la última por areniscas rojas, margas y calizas tabulares, tienen poco interés desde los puntos de vista de tectónica de la cordillera y génesis de los yacimientos plumbíferos, pues no han sido afectados por los movimientos orogénicos de época anterior; sus estratos, en que Mallada encontró *Miaforia curvirostris*, *Gervilia polidonta*, *Monotis Alberti*, etc., pertenecientes en gran parte al Muschelkalk, no están plegados en esta región que la falla bética hace independiente de los movimientos alpinos, y el suelo no ofrece cadenas orientadas, sino tan sólo colinas o cerros aislados, alternando con llanuras ligeramente onduladas y mesetas tabulares modeladas por los efectos de la erosión en los estratos casi horizontales.

Las capas paleozoicas y el granito son los que prestan verdadero interés para nuestro estudio. El granito aflora en una ancha banda que forma parte de las inmensas masas, relacionadas con las de Portugal, que desde los alrededores de Don Benito, en Badajoz, atraviesan toda la provincia de Córdoba y se terminan aparentemente en Jaén, cerca de la línea de contacto del Mioceno y Cambriano, a unos 8 kilómetros O.-SO. de Bailén; aflora también formando varios islotes, de los cuales los más interesantes son el de Santa Elena y sobre todo el de Linares, al NO. de la ciudad.

Se encuentran en la región variedades numerosas, tales como el granito normal, el de tipo porfiroide, tránsito a sienitas y pórfidos cuarcíferos.

En el capítulo siguiente trataremos de la textura y características micrográficas de algunas de las variedades graní-

ticas en que encajan los filones más importantes de Linares, y ahora indicaremos tan sólo la relación entre los cambios de textura y la acción de fenómenos eruptivos posteriores que han afectado a las masas graníticas de consolidación más antigua, así como a las capas paleozoicas.

Las erupciones anteriores al fin del Carbonífero han cortado el granito según ángulos diversos, dando lugar a diques, venas y filones que se entrecruzan a veces de modo tan tupido como para llegar casi a ocultar la masa de granito. Dos fenómenos opuestos se han producido como consecuencia, de los cuales uno consiste esencialmente en una disminución de sílice que cambia la roca en sienita y ha sido señalado por Macpherson en la parte N. de Sevilla, mientras que la otra alteración se caracteriza por un fuerte enriquecimiento en sílice que ataca gradualmente los elementos holocristalinos y dan origen a la formación de pórfidos cuarcíferos hipocristalinos, tales como los que he tenido ocasión de estudiar en la zona NO. de La Carolina.

Esta variedad de pórfidos cuarcíferos se encuentra tan pronto formando masas irregulares que cortan el granito y las pizarras paleozoicas como en forma de venas potentes o filones delgados de varios kilómetros de corrida, cruzando aquellos estratos sobre los cuales ha producido acciones metamórficas de bastante intensidad. Su textura hipocristalina muestra un aspecto confuso al microscopio polarizante, y en las muestras de la mina «La Manzana», que hemos estudiado, la destrucción de los cristales por la sílice inyectada en exceso está hasta tal punto avanzada, que, de acuerdo con lo indicado por Rosenbusch para esta clase de pórfidos, la pasta forma una masa homogénea de muy débil acción sobre la luz polarizada, y en esta masa, donde el cuarzo predomina, se hallan diseminados fragmentos de diver-



tos minerales, entre otros calcita, óxido férrico y cristales bien individualizados de feldespato ortosa y cuarzo idiomorfo.

La roca granítica en la proximidad de los otros diques y filones eruptivos que la atraviesan se muestra muy descompuesta, llegando a veces al estado de arenas gruesas. Lejos de estas acciones eruptivas secundarias, el granito no alterado presenta sus caracteres bien marcados, se extiende sobre considerables superficies y parece debe considerársele como roca fundamental de gran parte de la región estudiada.

En cuanto a la acción de las masas graníticas sobre los estratos atravesados, conviene desde luego insistir en que han sido muy limitadas en la gran mayoría de los sitios en que las hemos observado dentro de esta región. Un hecho interesante es que el granito de Santa Elena encierra en su masa fragmentos angulosos bastante gruesos de las pizarras vecinas, evidenciando así que el levantamiento o inyección granítica ha roto, y parcialmente asimilado, las capas cambrianas; es también de interés que, siguiendo el borde del islote granítico, no se observan alteraciones importantes en las capas del contacto. Resulta, pues, evidente que los fenómenos subsiguientes a la inyección del granito entre las pizarras se han desarrollado de modo muy distinto a los casos clásicos señalados por Rosenbusch y otros petrógrafos de la escuela alemana, en que las tan conocidas aureolas concéntricas de rocas metamorfizadas se producían a partir del contacto con la roca endógena intrusiva.

Nos parece verosímil que en varios de los casos observados la masa en estado pastoso se ha introducido a través de las pizarras, actuando de manera semejante a la señalada por Termier en sus estudios sobre el macizo cristalino de Mont Pelvoux, acción limitada que excluye la presencia

de gases químicamente activos e indica que no era muy elevada la temperatura del magma intrusivo. Como es muy sabido, este modo de acción había sido comprobado hace largo tiempo por Michel Levy; fué corroborado por observaciones de otros muchos petrógrafos franceses y ha servido de base a la teoría del origen metamórfico, cierta según todas probabilidades en múltiples casos, pero que tal vez se quiere generalizar con exagerado exclusivismo.

Hemos observado que así como en Santa Elena, Linares y al E. de Andújar el enfriamiento parcial del magma antes de atravesar las pizarras es un hecho que parece fuera de duda y han sido los esfuerzos orogénicos quienes han determinado la ascensión parcial del magma pastoso, en cambio en otros parajes de la región, el granito y, sobre todo, los pórfidos cuarcíferos (N. y NE. de La Carolina) han ejercido en el contacto con las pizarras las enérgicas acciones metamórficas que algunos tratadistas franceses y los de escuela alemana consideran características de la ascensión de rocas ígneas, acompañadas por gases magmáticos a temperatura muy elevada y de intensa acción química.

El sistema Cambriano se extiende en una ancha banda prolongación de la de Córdoba, e igualmente dividida en dos por la gran masa granítica que desde los alrededores de Andújar hacia el O. llega casi ininterrumpida a Portugal. Alcanza el sistema su máxima anchura al N. de Baños; se extiende sobre gran parte de los términos de Andújar y La Carolina; es cortado por el granito de Santa Elena y reúne seguidamente sus dos ramas alineadas de E. a O. en los alrededores de Vilches, de donde se prolonga hacia Levante. Al N. limita con el Siluriano, que se eleva en las crestas del Peñón del Puerto y del Rosalejo, rodeadas por una comarca ondulada a través de la cual corre el Jándula en el fondo de una quebrada estrecha y profunda de unos 10 kilómetros

de longitud. Toda esta formación, cuya edad por falta de fósiles no puede fijarse con exactitud, fué clasificada como cambriana por D. L. Mallada (19), basándose en analogías litológicas, y está integrada por pizarras duras silíceas alternando con filadíos orientados al O.-NO. más blandos y arcillosos, de color verdoso o gris claro característicos; en las orillas del Sardinilla, donde las capas están muy inclinadas, domina el buzamiento meridional. Un tramo de pizarras chistolíticas se presenta al S. de Lugar Nuevo, cerca de un contacto, y el pueblo de Baños está edificado sobre pizarras satinadas azules alineadas al N.-20°-O., con ligera inclinación hacia el E., mientras que más a Poniente, marchando hacia el río Pinto, el buzamiento de las capas varía repetidamente.

Al N. de La Carolina se extienden las pizarras y filadíos cambrianos con inclinaciones moderadas y pliegues muy repetidos; estas capas buzán al SO. en las inmediaciones del río de La Campana, y en los cerros de Martín Amigo, al pie de los cuales pasa el ferrocarril de Madrid a Sevilla, aumenta sensiblemente su inclinación. Junto al isleo endógeno de Santa Elena, las pizarras pasan a ser maclíferas, mostrando pequeños cristales blancos muy alargados entrecruzados en la masa azul oscura. Entre Las Navas de Tolosa y el borde de la masa granítica, la banda meridional del Cambriano está formada por pizarras duras, sobre las cuales alternan filadíos sericiticos verdosos con otros arcillosos magnesianos buzando 40° al SO. y en orientación media O.-NO. La banda septentrional del Cambriano, que la carretera Madrid-Cádiz corta en unos 5 kilómetros de anchura, muestra en cambio sus capas buzando al N.-NE. con 20 a 30° de pendiente.

Otros islotes de esta formación afloran como inclusiones entre las masas eruptivas o entre las capas triásicas,



miocenas o diluviales en el fondo de los valles profundizados por algunos ríos y torrentes.

El sistema Siluriano se extiende sobre enormes superficies del S. y SO. de la Meseta Ibérica, formando en la región que estudiamos la zona montañosa más elevada, que al N. del Cambriano ocupa la parte septentrional de Jaén y S. de Ciudad Real. Las altas crestas están casi siempre formadas por cuarcitas, entre las cuales se intercalan losas o «dalles» menos duros, ricos en bilobites (se han clasificado *Cruziana Ximenezi*, *Cruziana Bronni* y otras). Estas cuarcitas y en otros parajes que luego indicaremos la arenisca armoricana, separan las provincias citadas, y su línea de cumbres coincide en parte con la división de aguas del Guadalquivir y Guadiana.

No siempre es fácil distinguir el Cambriano del Siluriano, pues muchas veces las rocas de los dos sistemas son en extremo semejantes y los fósiles faltan en las capas clasificadas como cambrianas, que ciertamente presentan gran analogía litológica con las capas cambrianas fosilíferas de la Sierra de Córdoba, si bien no se ha encontrado hasta ahora en Jaén ningún ejemplar del grupo característico de los Arqueociátidos descubiertos por Macpherson en el N. de Sevilla y más tarde por el profesor E. Hernández Pacheco en las Ermitas de Córdoba, yacimiento del cual nosotros hemos recogido numerosísimos ejemplares, entre ellos algunos bien conservados.

En algunos parajes de la zona, al N. de La Carolina, los filadíos cambrianos buzán hacia el S. sobrepuestos a las pizarras y cuarcitas del Siluriano que, como más adelante detallaremos, parecen hundirse bajo el país Cambriano; la idea emitida por Mallada, que atribuye a fallas estas anomalías estratigráficas, es muy verosímil, pero no hemos conseguido encontrar trazas indubitables de dichas fallas ni hay bancos

característicos que se destaquen claramente de los otros estratos y permitan precisar el supuesto movimiento vertical o salto de las capas.

### Itinerario de La Carolina a Venta de Cárdenas.

Si seguimos la carretera general de Andalucía después de atravesar una banda formada por arcillas y margas irisadas triásicas, encontramos a 1 kilómetro al N. de las Navas de Tolosa las pizarras antiguas gris azuladas que buzanan unos  $20^\circ$  al SO., y muy cerca del borde septentrional de aquella aldea las trincheras de la carretera cortan el afloramiento de un filón cuyo rumbo es O.- $15^\circ$ -N. y que debe corresponder a la prolongación oriental del gran filón de «El Guindo», reconocido más al O. en una corrida de muchos kilómetros. Al S. de Santa Elena las pizarras están teñidas de rojo por el óxido de hierro y se muestran muy descompuestas en la superficie, ofreciendo de lejos notable analogía con las areniscas abigarradas del Triás; más allá de Santa Elena, a 1,5 kilómetros al N. del pueblo, se observa sensible cambio en la composición de las pizarras, que son allí más silíceas, duras, de color pardo rojizo y se presentan buzando al N. con unos  $15^\circ$  de inclinación.

En el fondo de la quebrada por donde corre el río Guarrizas, cerca del puente de la carretera general, situado al S. de Las Correderas, afloran filadíos gris verdoso y azul oscuro orientados de E. a O. magnético y con buzamiento de  $25^\circ$  al N. Superpuesto a las pizarras en el extremo S. del desfiladero de Despeñaperros, y a la orilla izquierda del torrente, frente al kilómetro 259 de la carretera, vemos destacarse un contrafuerte montañoso alineado de N. a S. magnéticos que lleva el nombre de Collado de los Jardines y está integrado por potentes bancos de cuarcita; la dirección de las cuarcitas es de E. a O., perpendicular a la línea de cum-

bres; buza al S., según indica el adjunto corte número 3; están muy plegadas cerca de la cumbre y afloran rectilíneas, casi verticales, en la base del espolón.

En la parte más profunda del desfiladero, junto al kilómetro 248 de la carretera y el túnel número 2 del ferrocarril, la dirección de las cuarcitas cambia a O.- $20^\circ$ -N., y estas

rocas forman un magnífico tajo de unos 300 metros de altura en que se puede observar muy claramente la estructura de la montaña, constituida allí por bancos espesos separados por anchas juntas verticales, y se pueden relacionar idealmente estos estratos con los que afloran en el mismo contrafuerte, 1 kilómetro más al S., por pliegues repetidos cuyas charnelas, rotas por la intensidad del empuje orogénico, han sido gradualmente destruidas por la erosión.

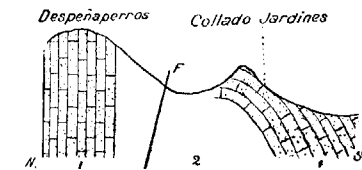


FIG. 3.ª - Corte del borde E. del desfiladero de Despeñaperros.

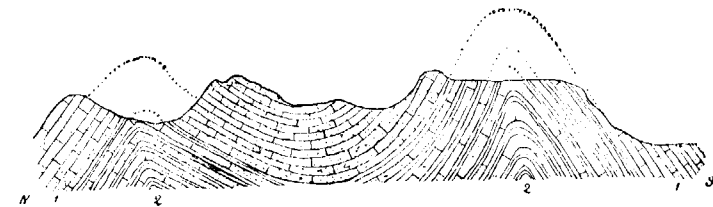


FIG. 4.ª - Corte a través de las alturas situadas al O. de la Venta de Cárdenas.

Cerca de la Venta de Cárdenas, entrando ya en la provincia de Ciudad Real, cambia de nuevo la litología de las capas, pues con las cuarcitas alternan concordantes pizarras silíceas grises que buzanan  $40^\circ$  al S.-SE., mientras que en las colinas situadas a Poniente del caserío, según indica la figura 4.ª, vemos que las cuarcitas forman en las cumbres pliegues anticlinales y sinclinales de corto radio que destacan



netamente en la vertiente oriental de la cadena de colinas; bajo este tramo viene el antes citado de pizarras grises alternadas con bancos delgados de cuarcita.

**Itinerario de La Carolina a El Hoyo de Mestanza, Solanilla del Tamaral, etc.—Noticia sobre afloramiento de filones.** El camino de La Carolina a El Centenillo, siguiendo una dirección general N.-NO., atraviesa primero la banda cambriana, que ofrece allí 10 kilómetros de anchura, y penetra seguidamente en la vasta formación siluriana que se levanta en el centro de la cordillera. El terreno es extremadamente accidentado, alternando serrijones diversamente orientados con depresiones profundas tales como los estrechos valles del Río Grande y río de La Campana, mas numerosas quebradas menos importantes.

Toda la banda, sin fósiles, atribuida al Cambriano, está constituida por algunas pizarras, y sobre todo filadios alineados en general de E. a O. con buzamiento de 15° al S. en las inmediaciones de La Carolina. Los filadios son de color claro, variando sus matices gris verde, azul claro y rosa pálido, y aunque su dirección e inclinación débil sean muy constantes, sin mostrar en general acentuados pliegues, ofrecen sin embargo en varios parajes que atraviesa el camino un aspecto atormentado, viéndose las capas fracturadas y separadas por innumerables fisuras en paquetes de hojas muy delgadas, trituradas y curvadas por compresiones energicas que dieron lugar a pliegues múltiples de muy corto radio.

La extrema fisuración, las delgadas venas de cuarzo que atraviesan estas hojas pizarreñas, su color claro y su brillo satinado, son los caracteres que se tienen por distintivos para diferenciar estos filadios clasificados como cambrianos de otros semejantes intercalados en tramo fosilífero del Si-

luriano; estos últimos son, en general, algo más oscuros, duros y ricos en sílice.

Después de atravesar el Río Grande, al principio de la larga pendiente que sube a El Centenillo, llamada Cuesta del Ranchero, se ve junto al camino aflorar pizarras satinadas de color gris azulado que buzán al S. con 15° de inclinación, mientras que en la margen opuesta de la vecina cañada, en la cumbre del cerro que domina las instalaciones de la mina abandonada «El Ranchero», se levantan crestas de cuarcitas silurianas casi verticales alineadas de N. a S.; más adelante, cerca del final de la subida, el camino atraviesa pizarras pardas hojosas, y en la cumbre de varias colinas que rodean el establecimiento minero de «El Centenillo» destacan por el relieve, debido a su mayor dureza, las cuarcitas en gruesos bancos.

Al NO. de estas minas, siguiendo hacia el límite con la provincia de Ciudad Real, las cuarcitas forman la cresta de casi todas las colinas y cerros, mientras que el fondo de los valles está formado por filadios gris verdoso con abundancia de talco y sericita, muy semejantes a las que en las inmediaciones de La Carolina se han clasificado como cambrianas. Las cuarcitas siguen en general la dirección E. a O. aproximadamente y forman pliegues y cúpulas cuyas charnelas han sido en muchos casos arrastradas por la erosión después de fracturadas; algunos valles por cuyo fondo cruza el camino de El Centenillo al río Esparragones, corresponden a anticlinales hundidos de las cuarcitas que dejan aflorar los filadios inferiores.

En otro valle, distante 2 kilómetros al NO. del cortijo de Navalzás, las cuarcitas muestran mayor potencia, pues-



FIG. 5.ª — Plegamiento de las cuarcitas en las colinas al S. del cortijo de Navalzás.

to que el thalweg también está formado por ellas; este valle es perpendicular a la dirección axial de los pliegues y debe corresponder a un área de descenso de los ejes. Varios anticlinales de muy corto radio destacan, alineados de E. a O., en la ladera de un cerro sito a unos 200 metros al S. del citado cortijo. Estos pliegues presentan su rama más larga suavemente inclinada al N., y la rama S. más pendiente, indicando así el empuje general hacia el Mediterráneo.

Hacia el N. del vado del arroyo Las Tembladeras se levanta una cadena de colinas orientada de NO. a SE., en la cual se destacan claramente los estratos que buzanan  $45^\circ$  al NO. y van dirigidos perpendicularmente a la línea de cumbres donde la estratificación no está trastornada; hacia el SE. de esta cadena de alturas, las capas se hallan fuertemente plegadas y dislocadas. A 1 kilómetro al SE. del arroyo, el sendero corta gruesos bancos de cuarcita que forman crestas salientes muy rectilíneas y destacadas netamente del terreno en larga corrida, que parecen marcar la dirección N.- $15^\circ$ -E. con buzamiento O. como predominante en las capas de esta zona.

Continuando del vado de Las Tembladeras al NO. hacia el límite de Jaén y Ciudad Real, el camino atraviesa siempre los dos mismos horizontes, de los cuales el superior o de las cuarcitas forma en general las cumbres hasta llegar al macizo llamado Collado del Carretón, donde los filadíos sericíticos gris verdoso muestran enorme espesor y alternan más al O.-NO. con pizarras duras silíceas. Desde el collado a la aldea de El Hoyo, los estratos, salvo algunos pequeños trastornos locales, se presentan casi siempre dirigidos de N. a S., muy inclinados y a veces verticales. La aldea está edificada sobre los mismos filadíos, cuya dirección gira algunos grados al NO., y en las inmediaciones septentriona-

les, al seguir el camino de herradura que conduce a El Chorrillo, las capas vuelven a tomar la dirección NO. a SE. que, según observamos, predomina en la región.

Al marchar de El Hoyo hacia el N. se cortan primero los filadíos ya citados, un poco menos inclinados, y bien pronto el sendero cruza el potente afloramiento del filón «Santos Viejos», formados por un crestón de cuarzo de 2 a 3 metros de potencia que se extiende más de 2 kilómetros hacia Levante del camino de El Chorrillo; su dirección O.- $15^\circ$ -N. difiere poco de la de las pizarras, pero es casi vertical y por ello corta los estratos, poco inclinados, bajo ángulo considerable. Más lejos, el sendero sube la orilla N. del torrente de Casarejos, cuyo lecho muy abrupto deja ver netamente la estratificación de las pizarras cubiertas en las dos orillas por cuarcitas con «crucianas», discordantes, según muestra el adjunto corte (fig. 6) del paraje llamado Las Hocecillas, donde las cuarcitas forman un anticlinal dirigido



FIG. 6.ª - Solana del Casarejo o Las Hocecillas.  
Corte longitudinal de la vertiente S.

de NE. a SO. bruscamente plegado y cuyos bancos se separan en «dalles» o losas fosilíferas; este anticlinal se dibuja muy distintamente en la orilla izquierda del torrente, y también se destacan en aquel paraje varios crestones de cuarzo alineados al O.- $10^\circ$ -N., casi verticales, con ligero buzamiento N., sin trazas de metalización.

Al llegar al alto del collado llamado Era Alta, la vista alcanza un amplio panorama de las montañas vecinas, y se distingue al N. el desfiladero de El Chorrillo, por cuyo fon-

do atraviesa la carretera de Mestanza, viéndose como término del horizonte el amplio valle de La Acudia. El eje del desfiladero se dirige de N. a S. atravesando la más septentrional de las cadenas casi paralelas que componen en esta zona la Sierra Morena y cuya línea de cumbres, orientada al O.-20°-N. a Levante del desfiladero y de E. a O. hacia



FIG. 7.ª - Corte según la línea de las cumbres en el desfiladero de El Chorrillo.

Occidente, es aquí exactamente perpendicular a la dirección de los bancos de la arenisca armoricana, plegados hacia el O. del cerro Manzanillo, muy inclinados y destacándose mucho en la ladera por diferencia de dureza entre pizarras y cuarcitas.

En la vertiente O. del Collado de La Era Alta, bajando a la confluencia de los ríos Fresneda y Montoro que forman juntos el Río Frío, atravesamos algunos conglomerados cuarzosos y los filadios gris verdoso orientados al N-10°-O., con inclinación de 50° al E.

A 1 kilómetro aguas abajo de la confluencia aflora, en la orilla derecha del río, el filón «Carmen 2.ª», casi vertical, con 2,50 metros de potencia y cuyo rumbo O.-10°-N. coincide



FIG. 8.ª - Corte vertiente E. de la Era Alta, junto a la confluencia de los ríos Montoro y Fresneda.

con el de las pizarras del techo que buzcan 60° al N., y a las cuales corta el filón por diferencia de inclinación. El muro de este filón está formado por cuarcitas grises atrave-

sadas por venas de cuarzo lechoso, y su relleno se compone de fragmentos de cuarcita fisurados e impregnados de galena, blenda mispíquel y azurita, siendo la galena más abundante que las otras impregnaciones metálicas.

Siguiendo aguas abajo la orilla izquierda del río, observamos pliegues repetidos de las cuarcitas sobrepuestas al tramo pizarreño, y en el desfiladero de los Pontones, las cuarcitas, muy potentes, forman un sinclinal cuyas ramas de brusca pendiente, fracturadas en la charnela, limitan el cauce del Río Frío, que corre encajonado en el fondo de la garganta sobre una delgada capa de conglomerados. En este paraje se ha excavado una galería, emboquillada sobre los con-



FIG. 9.ª - Corte normal al Río Frío. Estrecho de los Pontones.

glomerados, que corta un filón dirigido de E. a O., cuyos afloramientos se siguen más de 1 kilómetro y sobre el cual se han montado labores de investigación que cortaron delgadas venas de galena, así como el relleno corriente en esta zona; es decir: cuarzo, cuarcitas alteradas y piritas; este filón continúa hacia el E. a lo largo del torrente de Los Molinillos, y en él vimos algunos pocillos y galerías de escasa longitud donde se encuentran pintas de galena diseminadas en un relleno de 2,50 a 3 metros de anchura.

No lejos del último filón citado, hallamos otro en la Umbría de San Ildefonso, orientado de NO. a SE., de 0,80 metros de anchura y con trazas de metalización. Hacia el O., este filón se oculta bajo los aluviones del Jándula, pero puede muy bien relacionarse con uno de los que con igual rumbo afloran en la orilla derecha de este último río. Continuando nuestro reconocimiento hacia el SE., pasamos al borde de la aldea de Solanilla del Tamaral, y al bajar al vallejo



del Robledillo, encontré a unos 200 metros O. del molino de La Nava una galería sobre filón alineado de E. a O.

A unos 100 metros al E. del molino, otro filón exactamente paralelo al anterior ofrece su afloramiento de 0,70 metros de potencia, relleno por cuarzo blanco y ferruginoso moteado por la piritita y numerosas pintas de galena. Se presenta alineado normalmente al río y paralelamente a las cuarcitas de la caja que el filón casi vertical corta por diferencia de inclinación, pues estos estratos presentan allí sólo 30° de inclinación con buzamiento al N. El crestón cuarzoso duro forma saliente en el lecho del río Robledillo y, lavado por sus aguas violentamente, deja ver las pintas brillantes de las piritas metálicas.

Junto a la unión del Robledillo con el Jándula he reconocido un tercer filón paralelo a los anteriores que ofrece caracteres idénticos, y algunos centenares de metros al SE., en el cerro de Las Navas, destacan otros crestones de cuarzo con pintas metálicas, entre los cuales el de «Pozo Rico» es notable por la explotación antigua, donde se dice que varios nódulos y vetillas de galena se presentaron en la zona superficial ahora hundida, y que por ello no pudimos visitar.

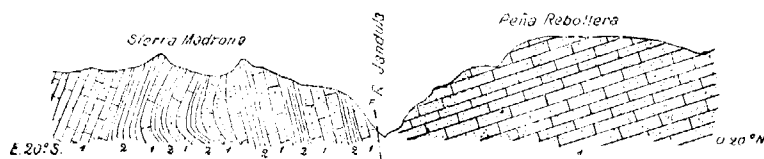


FIG. 10. - Corte normal al borde N. de La Hoz del Jándula.

El desfiladero de la Hoz del Jándula, en su entrada N., separa la masa de cuarcitas y areniscas armoricanas casi verticales que forman los montes del lado E. de la garganta de otros montes situados al lado O. en que las cuarcitas se

presentan mucho menos inclinadas. Esta garganta estrecha y larga, en cuyo fondo corre el río Jándula, permitiendo a esta corriente de agua atravesar perpendicularmente la cadena más meridional del sistema Mariánico, debe su origen sin duda a una falla o serie de fallas cuyos planos muy próximos a la vertical van dirigidos aproximadamente de N. a S. No existe ningún indicio de «ennoyage» del eje de los pliegues, y en la margen E. se ve claramente que la dirección de los estratos es perpendicular a la de la línea de cumbreras de aquellos montes.

En los prados de La Hechicera aflora otro filón semejante al de «Pozo Rico», también con pintas y vetillas de galena, y pasando de allí a la margen E. del río Jándula, a través de la zona situada al S. de la aldea del Hoyo, en las quebradas por donde corren los arroyos de Los Alisillos, El Chupón y La Colmena, reconocimos numerosos y potentes crestones de cuarzo correspondientes a filones verticales, orientados en general de O.-NO. a S.-SE., rectilíneos en larga corrida y que presentan algunas, aunque escasas, pintas de galena y piritas.

Otro campo de fracturas, entre ellas algunas notablemente metalizadas, se extiende por los alrededores de San Lorenzo, en el valle del río Rigüelo.

Los trabajos mineros de las concesiones «Rica Nueva» y «Alegría» permitieron la determinación de dos filones, sobre uno de los cuales se han excavado cuatro pozos, alcanzándose la profundidad máxima de 60 metros. Este filón va encajado en las pizarras silurianas, alineado al O. y O.-15°-N., con inclinación de 80° al N.; corta a las pizarras, cuya dirección es allí O.-40°-N., y su relleno está constituido por cuarzo, galena, carbonatos y óxidos de hierro, a más de fragmentos de la roca de la caja. Un segundo filón paralelo, distante unos 100 metros al N., ha sido reconocido

por medio de dos pozos que alcanzaron 80 metros de profundidad y desde los cuales el filón fué cortado por dos transversales muy cortas; la mineralización se distingue del otro filón por la presencia de la pirita de hierro, y su metalización, variable, alcanza en algunos puntos 40 centímetros de galena, aunque generalmente el espesor reducido no excede de 10 centímetros.

También se presentan numerosos afloramientos de filones bien definidos y con buenos indicios de metalización en diversos parajes de la región vecina, entre ellos Los Bastantes, Arroyo, Las Casas, Solana del Puerto, etc. Algunos de estos afloramientos están orientados de E. a O. y aun de E.-NE. a O.-SO., pero sólo excepcionalmente, pues la gran mayoría de las fracturas filonianas de esta zona siguen rumbo comprendido entre NO. y O.-NO. Son casi verticales y cortan netamente la estratificación.

**Nota acerca del grupo «Unión»-«Santa Bárbara», término de Fuente Ovejuna.**—Aunque bastante alejada esta zona de las que personalmente estudiamos, para ulteriores deducciones respecto a edad de los filones e importancia de las reservas en galena, creemos interesante extractar algunos de los datos referentes a este coto minero que nuestro compañero A. Carbonell consigna en una muy detallada Memoria.

El filón «Dos Amigos», situado fuera del coto, pero en el mismo término, de galena argentífera, reconocido en más de 1 kilómetro de corrida, con potencia variable de 0,80 a 7 metros, sigue una dirección media E. a O., arma en el Carbonífero y corta unas pizarras negras con vetillas de carbón arrumbadas de SE. a NO., que es la dirección general de las capas carboníferas, pero con buzamiento anormal de 45° al NE. La capita de carbón va intercalada en una

arenisca metamórfica gris azulada de unos 2 metros de potencia.

En el grupo «Unión» se han reconocido varios filones muy irregulares y sólo explotados hasta escasa profundidad, por suponerse agotado el yacimiento. El filón «Vieja Unión» sigue rumbo medio E. a O., y otros dos que le cortan van arrumbados de NE. a SO., mientras que al N. del principal reconocido por el pozo «Dolores» se presenta otro filón alineado de N. a S. en gran parte de su corrida, pero que frecuentemente varía de modo notable su dirección y buzamiento, hasta el punto de ser cortado dos veces por un mismo transversal de reconocimiento.

Las labores del grupo «Santa Bárbara» se llevan a cabo en una faja de pizarras cuarzosas que limitan al NE. y SO. los bancos carboníferos orientados al N.-40°-O. con buzamiento de 55° al NE. El filón corta oblicuamente las pizarras silíceas, siguiendo en general rumbo E. a O. con buzamiento de 75° al N., y hacia Poniente se estrella la fractura metalizada en el contacto, marcado por falla, con otras pizarras negras carbonosas que más al O. son cortadas por múltiples fallas menos importantes aproximadamente paralelas a la estratificación.

Este yacimiento, aunque irregular, es muy importante, y más que como filón debe considerarse de impregnación y acción metasomática. La masa casi vertical se arrumba aproximadamente de E. a O., y dentro de ellas las columnas o lentejones metalizados alcanzan a veces potencias excepcionales que hacen preciso explotarlas como capas de carbón. La galena es en general bastante argentífera en la zona superior, si bien las labores romanas, que alcanzaron gran desarrollo, han agotado en muchos puntos las vetas más ricas en plata, dejando sólo para explotación actual las venas pobres. En el nivel 180 metros, la anchura de la

masa impregnada es de 7 a 11 metros, y dentro de ella, al reconocerla en 255 metros de longitud, se ha cortado una columna rica de 185 metros con potencia media reducida de 0,45 metros.

Al levante de este grupo se cortó en 1921 otra columna metalizada muy importante que en el nivel 260 metros ofrecía 0,35 metros de potencia reducida en galena argentífera y que también fué cortada al prolongar las galerías de los pisos superiores; juzgando por analogía con otros puntos del yacimiento, parece probable que esta columna rica se prolongue hasta cerca de la superficie, y en todo caso, como en su vertical no hay labores antiguas, puede contarse ya con un nuevo campo de explotación de importancia extraordinaria.

## IV

**Distrito minero de Linares-Carolina.—Distribución de metalizaciones en «Arrayanes», «San Miguel» y «La Cruz».**  
**Análisis micrográfico de los granitos.**

El islote granítico de forma elipsoidal que aflora a unos 3 kilómetros al NO. de la ciudad de Linares es famoso hace largo tiempo por el número e importancia excepcional de los filones de galena que encierra, conocidos algunos e intensamente explotados desde tiempos muy anteriores a la Era Cristiana, sobre todo por los romanos. Esta zona, que consideramos relacionada con la de La Carolina como formando un solo distrito metalogénico, alcanzó una producción enorme hacia el final del siglo pasado, mas atraviesa desde hace algunos años un período de depresión muy acentuado por la crisis siguiente a la guerra europea.

Un estudio completo comprendiendo la historia tectónica de la región, los caracteres químicos y micrográficos de los minerales y rocas de la caja, sus relaciones mutuas y leyes metalogénicas del relleno de las fracturas, no ha sido aun llevado a cabo; y nosotros, considerándolo tan interesante como complejo y difícil sólo intentamos iniciarlo en estas notas, dejando su completo desarrollo para estudios ulteriores.

En cuanto a la descripción detallada de los filones, refiriéndose sobre todo a sus caracteres externos, dirección, inclinación, distribución de los macizos ricos, gangas más abundantes, etc., el Ingeniero de Minas P. de Mesa (20) la ha llevado a cabo en su notable y conocidísima Memoria



publicada en 1889-90 en la *Revista Minera de Madrid*, que para su época debe considerarse trabajo magistral y meritísimo; en ella se acumulan innumerables datos referentes no sólo a los yacimientos, sino a historia, topografía, comercio y minería de la región.

Como la zona de La Carolina es aun menos conocida y se ha desarrollado mucho en el transcurso de los últimos años, en ella detallaremos más nuestro estudio, limitándonos respecto a Linares a un ligero resumen de los datos y deducciones establecidas por P. de Mesa, complementado en cuanto a algunos filones con los nuevos datos y rectificaciones que las modernas labores mineras nos han permitido reunir.

En su citada Memoria enumera dicho autor 24 filones principales agrupados en dos zonas al S. y N. de Linares, resumiendo sus observaciones, que reproducimos por habernos servido de guía, del modo siguiente:

1.º Todos los filones arman, a excepción de zonas relativamente cortas, en el granito, cuya roca las más de las veces se presenta con una dureza media, habiendo sin embargo regiones poco extensas en que por su exceso de cuarzo la tiene excesiva, y otras en menor número todavía, como ocurre en la mina «Virgen de Chaves», en que teniendo un exceso de mica resulta con gran blandura. Esta roca en casi toda la región N. de la zona que nos ocupa hállase cubierta por estrecha capa de arenisca.

2.º Los filones preséntanse todos con una notable continuidad, afectando las formas de ensanchamientos y estrechamientos de las grietas que les sirven de caja. Estos accidentes hállanse repartidos en toda la corrida de los filones, tanto en longitud como en profundidad, de un modo muy irregular, resultando que a zonas ensanchadas en un punto corresponden en el mismo nivel, en otro filón o a niveles su-

periores o inferiores en el mismo, otras estrechas o de la misma naturaleza, indistintamente.

3.º La inmensa mayoría de ellos son muy sensiblemente paralelos entre sí; están en distancias relativamente cortas unos de otros, y a veces tan próximos que no llega su separación a 100 metros, razón por la cual en aquellos cotos mineros cuyas demarcaciones tienen gran anchura encuéntranse siempre dos o más de los referidos filones.

4.º Las potencias son muy parecidas, y en el cuadro que ponemos en la página 57 pueden verse con claridad representados los términos medios de éstas para cada uno de los filones.

5.º Son frecuentes las ramificaciones, de las cuales no nos hemos ocupado porque generalmente tienen escasa importancia, por más que haya algunas excepciones y éstas queden consignadas en sus correspondientes lugares, pudiendo decirse que vuelven siempre a reunirse a las vetas principales.

6.º Tanto los filones principales como sus ramificaciones, no atraviesan nunca la capa de arenisca, razón por la cual donde ésta se presenta no existen afloramientos; en cambio, en los puntos donde el granito se halla al descubierto, existen casi siempre aquéllos representados por vetas cuarzosas y a veces con piritas y carbonatos de cobre y hierro.

7.º El rumbo de las vetas principales varía entre E.-20 grados N. y NE. a SO., siendo notable su constancia, y en cuanto a buzamiento, como carácter general podemos decir que apenas existe, variando por tanto muy poco de la vertical cuya inclinación toman los filones, a veces en extensiones considerables, tanto en longitud como profundidad. De aquí las variaciones frecuentes en el rumbo del buzamiento que con poca ondulación que forme tiene por

fuerza que cambiar en absoluto de sentido. Sin embargo, puede decirse que el buzamiento general es al N., o mejor dicho, al NO., pudiéndose consignar como siguiente en importancia al inverso, o sea al SE.

8.º Las metalizaciones no están en relación por regla general con la continuidad de los filones; preséntanse con preferencia acumuladas en las bolsadas producidas por los ensanchamientos del filón y repartidas por consiguiente como aquéllas, de un modo muy irregular en toda la longitud y profundidad del mismo, sin que pueda haber reglas fijas que determinen su colocación.

9.º La forma general que afectan las zonas metalizadas es la lenticular, con tendencia a presentarse muy ensanchadas en las regiones superiores y con su mínimo diámetro en el sentido de la profundidad. Sin embargo de esto, hay notables excepciones, siendo las principales algunas de las zonas metalizadas de las minas «Los Arrayanes», «Los Salidos», «Los Alamillos» y «Los Angeles», que como vimos en su lugar se presentan con notabilísima continuidad. En el cuadro anteriormente citado pueden verse también las potencias metalíferas medias de cada uno de los filones y la que se deduce como término medio para el Distrito en la zona que nos ocupa.

10. Las galenas que constituyen la metalización referida son de la misma naturaleza, con muy ligeras variantes en todos los filones, siendo su riqueza media el estado de concentración aquí llevado para el mercado de 76 a 78 por 100 de plomo y 16 a 25 gramos de plata en quintal métrico. Hay que consignar, sin embargo, la existencia del mineral llamado «alcohol de hoja», bastante abundante por lo general, cuya riqueza llega al 85 y 90 por 100 en plomo; en cambio son muy pobres en plata.

11. Las gangas que acompañan a los filones consisten

generalmente en carbonatos de plomo, cuarzo, baritina, espato calizo, arcillas ferruginosas, óxidos de hierro, piritas y carbonatos de cobre y hierro, algo de blenda y fosfatos de plomo (aunque éstas muy escasas) y granito descompuesto, estando este último substituído por pizarras, en el mismo estado de descomposición, en las zonas en que arman los filones en dichas rocas. Estas gangas hállanse indistintamente repartidas en la masa de los filones de un modo muy irregular, a lo cual es debido el hecho de que en el corto trayecto que comprende la demarcación de una mina se observen notables variaciones en cuanto a número y cantidad de estas substancias.

Sin embargo, se nota que por regla general las gangas de base metálica están con preferencia agrupadas en las inmediaciones de las zonas metalizadas, y que los carbonatos de plomo, así como los de cobre y hierro y las piritas de estos dos últimos metales, se encuentran con preferencia en las zonas superficiales de los filones, notándose además una gran abundancia de éstas en determinadas regiones, presentándose a veces como importantes casquetes susceptibles de explotación. También suelen presentarse cantidades insignificantes de blenda y fosfatos de plomo.

Por último, los cuerpos que se hallan cristalizados presentan el carácter general de tener los vértices de sus cristales dirigidos hacia el eje del filón o hacia el centro de las cavidades que revisten.

12. Las fallas que cortan a estos filones, y que se presentan en número bastante considerable, tienen formas y dimensiones muy variables, marchando con rumbos e inclinaciones muy distintas, imposibles de fijar como término medio; sin embargo, el rumbo que más domina es el N. a S., variando la inclinación de cero a 45º la horizontal, siendo algunas muy notables y estando constituídas en su

mayor parte por arcillas ferruginosas, algún cuarzo y granito descompuesto. Existen además filones cruceros constituidos casi siempre por cuarzo como elemento dominante; son muy pobres y en corto número. Por último, hay un ejemplo en esta zona de un filón falla perfectamente caracterizado.

Tales son los caracteres generales de los filones que nos ocupan. Debemos añadir, sin embargo, respecto al modo de ser de las metalizaciones, que en los llanos de «Las Lagunas», esto es, en las zonas centrales de los filones 1 y 2 en los números 11, 12 y 13, se observa que aquéllas en vez de ser compactas se hacen nodulares, con tendencia a tomar sus caracteres normales en profundidad y alternando en algunos puntos con masas también compactas.

Es frecuente además en toda la zona de Linares ver sitios de débil metalización situados a profundidades muy variables, pero que se aproximan a las de 100 y 150 metros, volviendo a normalizarse la mayor parte de las veces a profundidades mayores, y en otras continúa empobrecido el criadero. Lo primero ocurre por regla general en la región S. de la zona, siendo lo segundo más frecuente en la de N.; hay muchas excepciones y no puede considerarse esto carácter general.

Para mayor claridad de todo lo expuesto, se inserta a continuación un cuadro comparativo de los principales caracteres que distinguen los filones, para poder deducir finalmente la potencia, metalización, riqueza, rumbo y buzamiento, medios que pueden considerarse como normales en ella. Ante todo, resalta en el cuadro la regularidad incontestable y notabilísima de la constitución de los filones de esta zona.

CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERES DE LOS FILONES DE LINARES (Según De Mesa).

Número de orden de los filones	Rumbos de medios	Re-corrido en kiló. metros	BUZAMIENTO		Potencias medias	Meta-lizaciones medias	Riquezas medias de los minerales		FALLAS			Naturaleza de la roca	OBSERVACIONES
			Rumbo	Grados			Plomo por 100	Plata granos en 100 kilogrs.	Dirección	Buzamiento	Grados		
1	NE.-SO.	11	NO.	78	1,44	0,08	78	17	N.-S.	E.-NE.	45	granite y piz.	Existe además un filón falla correspondiente al número 2 y otro argenteífero que corresponde al 17. Las gangas son carbonatos de plomo, cuarzo, baritina, óxidos de hierro, sulfuros y carbonatos de cobre y hierro, substancias arcillosas, grafito y pizarras descompuestas. También cantidades insignificantes de blenda, sulfatos y fosfatos de plomo.
2	NE.-SO.	9	NO. y SE.	83 y 58	1,20	0,08	77	17	N.-S.	E.	35 a 40	idem	
3	NE.-SO.	12	NO. y SE.	78	0,80	0,12-0,15	78	16	N.-10°-E.	SO.	40 a 45	granito	
4 y 5	NE.-SO.	10	NO. y SE.	80 a 86	0,90	0,07	78	17	NO.-SE.	»	horizontal	idem	
6	NE.-SO.	16	NO. y SE.	78	0,75	0,07	78	18	NO.-SE.	E.	idem	idem	
7	NE.-SO.	18	NO. y SE.	76	0,85	0,07	78	25	N.-S.	E. y O.	55 a 60	idem	
8 y 9	NE.-SO.	6	NO.	73	0,80	0,07	76	25	NO.-SE.	E.	horizontal	idem	
10	NE.-SO.	8	NO. y SE.	72	1,00	0,10	78	20	N.-S.	?	40 a 45	idem	
11, 12 y 13	NE.-SO.	8	?	?	?	?	?	?	?	?	40 a 45	idem	
14	S.-15°-E.	?	NE.	52	1,75	0,05	77	32	NE.-SO.	»	?	pizarra	
15 y 16	NE.-SO.	20	NO.	75	0,80	0,07	77	22	N.-S.	E.	?	granito	
17 y 18	NE.-SO.	10	NO.	76	0,80	0,07	76	?	N.-S.	O.	NO.	idem	
19 y 20	E.-20°-N.	12	NO.	75	0,75	0,10	78	22	NO.-SE.	E. a O.	35 a 40	idem	
21 y 22	NE.-SO.	12	NO.	»	»	0,05	»	»	N.-S.	»	90	idem	
23 y 24	NE.-SO.	12	NO.	75	0,80	0,09	76	?	?	?	40 a 45	idem	



No sólo indica el cuadro anterior la regularidad y continuidad de los filones, sino que según su autor, se desprende de él la importancia de los mismos en cuanto a potencia y metalización media, pudiendo considerarse por la primera como normal de 0,80 a 1 metros, y para la segunda de 7 a 8 centímetros. El rumbo y buzamiento normales son de NE. a SO. y  $76^{\circ}$  a  $79^{\circ}$  al NO. respectivamente, y la riqueza media de los minerales limpios y concentrados es de 76 a 78 por 100 de plomo y 16 a 25 gramos de plata en quintal métrico.

Como reparos y rectificaciones que entre otras pueden formularse a las anteriormente insertas conclusiones del citado autor, haremos resaltar en cuanto a las conclusiones 8.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup>, que al desarrollarse las explotaciones no se ha comprobado como regla general que las metalizaciones se acumulen con preferencia en las bolsadas correspondientes a ensanchamiento de los filones, y que en cuanto a la tendencia de las metalizaciones a presentarse muy ensanchadas en las regiones superiores y con su mínimo diámetro en el sentido de la profundidad, no sólo existen las excepciones allí citadas, sino que también en zonas más profundas de la mina «San Miguel» parece, a juzgar por los planos de la empresa explotadora, que la continuidad del filón se mostraba aun más acentuada.

Respecto a la conclusión 11, al tratar del reparto de los carbonatos y piritas con preferencia en la zona superior de los filones, conviene hacer notar que, en cuanto a las sales oxidadas, esta situación es muy lógica, y en cuanto a las piritas, la profundidad alcanzada por las explotaciones en aquella época era aun pequeña en la mayoría de los casos e insuficiente para juzgar si los minerales sulfatados se distribuyen en altura dentro de estos filones siguiendo las leyes de Schürmann, o como excepciones contrarias a dichas leyes.

**Distribución de metalizaciones en «Arrayanes», «San Miguel» y «La Cruz».**—En cuanto a la distribución en corrida y profundidad de los lentejones o árboles de «plomo» (sinónimo de galena entre los mineros de la región), ya hemos visto que el tantas veces citado autor indica la existencia de una zona estéril entre 100 y 150 metros de profundidad, por bajo de la cual han sido explotadas zonas metalizadas más importantes que las inmediatamente próximas a la superficie; de igual orden local suponemos debe ser la zona estéril encontrada por los filones a partir de 300 o 400 metros de profundidad, no creyendo en modo alguno sea admisible la hipótesis que L. de Lanuay considera verosímil de que una erosión muy avanzada haya dejado limitada a tan escasa altura la zona metalizada de los filones.

Al tratar de los yacimientos de La Carolina, detallaremos las observaciones y datos en que fundamos nuestra tesis, contraria a lo indicado por el célebre profesor francés, de una probable prolongación de las metalizaciones hasta profundidad considerable. Por ahora, no siendo muchos los datos que hemos podido reunir referentes a las zonas profundas de los filones de Linares, tan abandonados en la actualidad, insertamos sin embargo a continuación algunas observaciones que creemos corroboran nuestras ideas sobre este punto esencial.

En el filón de «Arrayanes» es cierto que las metalizaciones muy continuas y singularmente muy potentes en los niveles superiores a 280 metros, hasta el punto de admitirse 12 a 15 centímetros como metalización media de toda la superficie del filón y citarse árboles de galena de más de 2 metros de potencia, se fueron haciendo más irregulares, desapareciendo totalmente hacia los 400 metros de profundidad; pero es evidente que los trabajos fueron llevados limitándolos excesivamente a las proximidades de los pozos

«Acosta» y «Restauración», sin preparaciones ni exploraciones suficientes. La actual dirección de estas minas del Estado se propone llevar a cabo un amplio y muy bien concebido plan de exploraciones en sentido longitudinal, transversal y vertical, cuyo éxito creemos probable y de gran interés para el porvenir del distrito.

En «Pozo-Ancho», si bien se encontró una importante zona estéril a una profundidad casi igual a «Arrayanes», no ha habido acuñaamiento gradual de los árboles ricos, estrechamiento regular de la fractura ni ningún otro indicio desfavorable que permita suponer definitiva la esterilidad del filón.

El filón principal de «El Mimbres»-«San Miguel» en la parte que corresponde a esta segunda mina, presenta una notable continuidad de metalizaciones (ver figs. 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>, lámina III), y es sumamente interesante la distribución de los lentejones o columnas ricas en proyección vertical; y en efecto, merece notarse que la corrida explotable en las plantas 17 a 19, de unos 500 metros según los planos de la mina, es inferior sensiblemente a la de los niveles 8 a 14, que fué de unos 750 a 850 metros, pero en cambio excede notablemente de la correspondiente a los niveles más superficiales. Se atribuye a la planta 20 a 22 una gran potencia en plomo, que no hemos podido comprobar por hallarse la mina inundada desde hace años, y que ni negamos ni osamos aceptar en firme, teniendo en cuenta frecuentes espejismos imaginativos.

Ahora bien; la escasa corrida de las galerías más profundas, plantas 21 y 22, se explica satisfactoriamante por las crecientes dificultades de desagüe, debido a lo anticuado y defectuoso de las instalaciones, circunstancia ésta sobre la cual no abrigamos ninguna duda, por haber comprobado personalmente que hace años cuando se inundó esta

## MIMBRE

PROYECCIÓN VERTICAL

Figura 1

Pozo San Sebastian

San Miguel



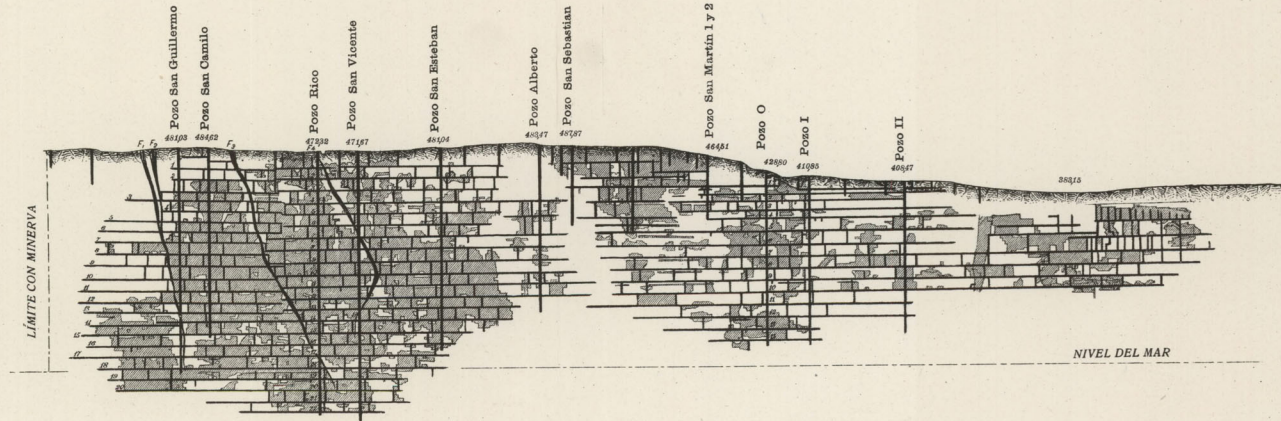
REGIÓN ESTE DE SIERRA MORENA

# FILÓN DE EL MIMBRE Y SAN MIGUEL

ALFONSO DE ALVARADO

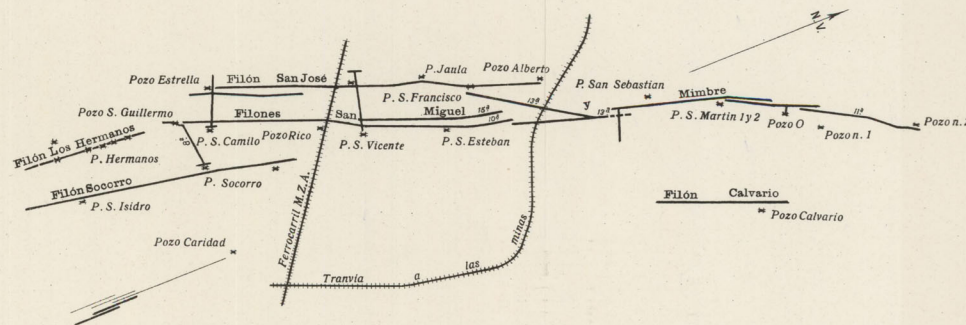
PROYECCIÓN VERTICAL

Figura 1



PROYECCIÓN HORIZONTAL

Figura 2



ESCALA 1:10.000



mina era absolutamente general en la región. Resulta, en resumen, que este filón ha sido trabajado hasta más de 550 metros de profundidad con metalizaciones considerables y sin presentarse indicios de empobrecimiento gradual ni menos aún acuñamiento de la grieta.

Siguiendo el filón hacia el E., en la mina «El Mimbres», se presentan más irregularmente distribuidas las metalizaciones, siendo mucho mayores las superficies estériles del filón, aun cuando, como compensación, en esta mina algunas de las bolsadas ricas alcanzan extraordinaria potencia; en la región de La Laguna las metalizaciones tienden, como en «Arrayanes», a tomar forma nodular, estando el relleno formado esencialmente por substancias arcillosas y granito descompuesto que envuelven nódulos de galena, a veces muy voluminosos, acompañados en los niveles superiores por algunos óxidos de hierro y carbonatos de cobre y hierro; hacia Levante de las concesiones, ha sido encontrada una zona muy rica metalizada por gruesos nódulos de galena que fué explotada por realce a partir de la planta 6.<sup>a</sup>, siguiendo los sulfuros hasta tan cerca de la superficie, que su explotación codiciosa originó hundimientos superficiales. En esta mina la profundidad alcanzada ha sido mucho menor.

La superficie relativa ocupada por las columnas ricas en el filón de «La Cruz», o continuidad de sus metalizaciones, es sensiblemente menor que en los antes citados filones de «Arrayanes», «Pozo-Ancho» y «San Miguel», presentándose en cambio con frecuencia bolsadas ricas de extraordinaria potencia (ver figs. 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>, lámina IV). En el nivel 13, correspondiente a unos 334 metros bajo la superficie, en el pozo «Las Cadenas», disminuyó mucho la corrida y potencia de los árboles de galena, y desde esta planta 13 a la 15, situada a 402 metros bajo la superficie, se ha cortado por los

pozos «La Unión» y «Santa María», así como por galerías en dirección, una banda estéril del filón que, según creemos, es de las más extensas investigadas en el distrito; actualmente se reanudan las exploraciones en la concesión «Porvenir Oscuro», a Levante del grupo, cerca de La Laguna.

**Análisis micrográfico de los granitos.**—Para llegar a deducir si realmente existe alguna relación entre la naturaleza de estos rellenos filonianos, su estructura, esterilidad o riqueza en plomo, por una parte, y por otra los caracteres correspondientes de la roca de la caja, creemos sería preciso extender los análisis químicos y micrográficos a elevadísimo número de muestras tomadas en zonas distintas de la mayoría de los filones. No contando ahora con tiempo y medios suficientes para desarrollar tan interesante estudio con la amplitud que merece, nos limitaremos a consignar algunas de las observaciones realizadas.

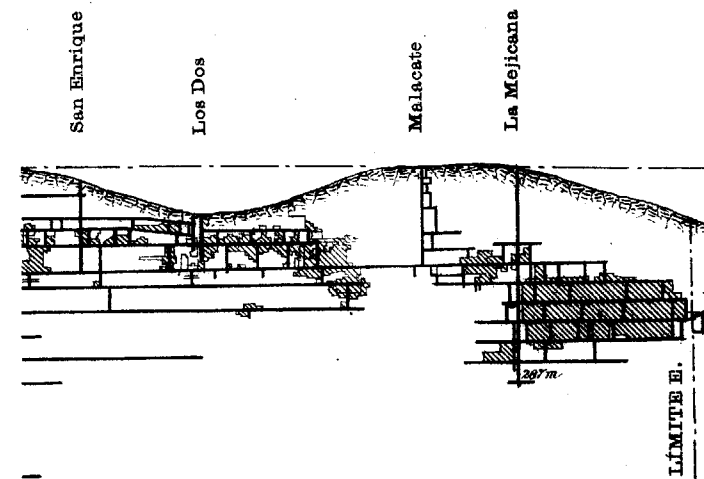
Las preparaciones números 1 y 2 corresponden a una misma muestra de granito de un hastial sano del gran filón de «Arrayanes», lugar donde encajaba un árbol de galena muy potente. La roca, de grano muy basto, compuesta por gruesos elementos de dimensiones semejantes entre sí, es dura, poco alterada aparentemente; muestra fractura granuda-astillosa, color blanco ligeramente agrisado con motas negras y brillo desigual, mate, vítreo y micáceo.

Al microscopio polarizante se observa textura holocristalina; el cuarzo, bastante abundante, no presenta ningún cristal idiomorfo, sino que moldea los otros elementos que ofrecen cristales bastante grandes; domina el feldespato ortosa, a veces algo kaolinizado, acompañado por oligoclasa y raros cristales de microclino, mostrando sus maclas cuadrículadas. A la biotita, ligeramente cloritizada en los bordes, la acompañan escasos cristales de muscovita secun-



ALFONSO DE ALVARADO

## CRUZ





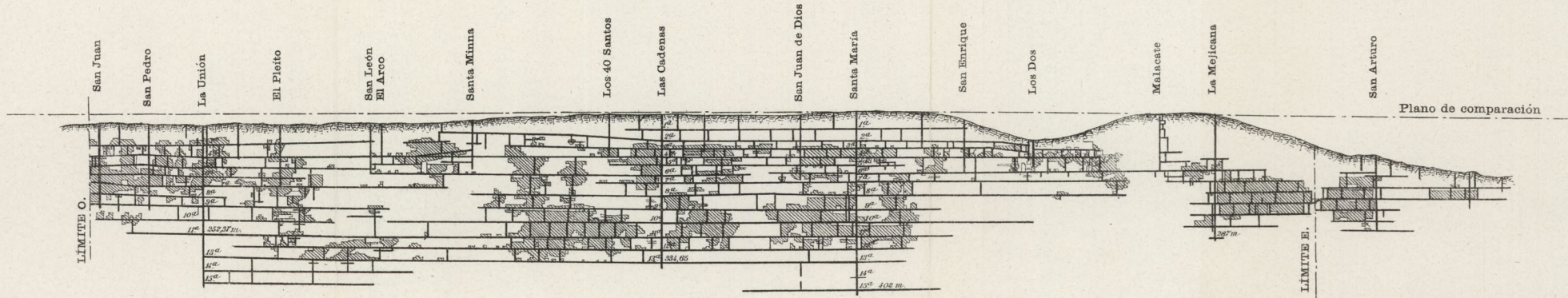
REGIÓN ESTE DE SIERRA MORENA

ALFONSO DE ALVARADO

# FILÓN PRINCIPAL DE LA CRUZ

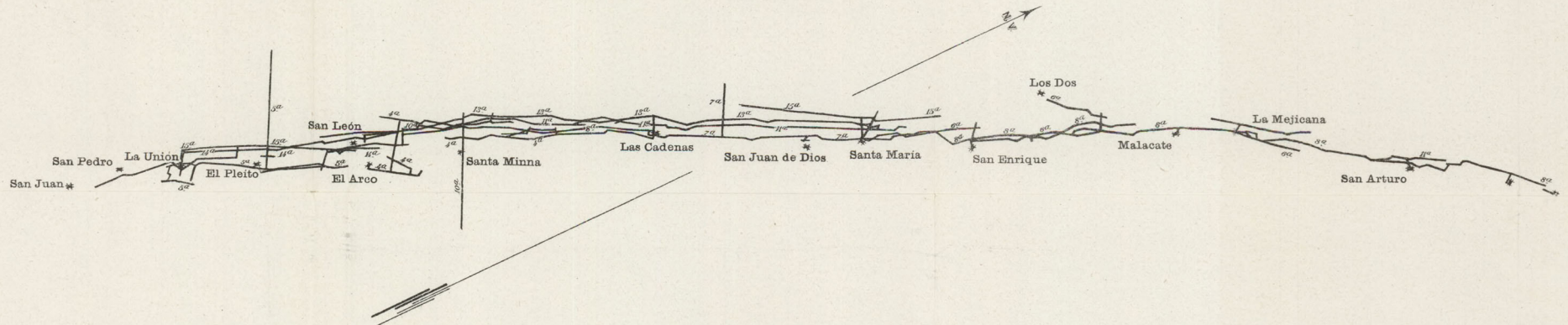
PROYECCIÓN VERTICAL

Figura 1



PROYECCIÓN HORIZONTAL

Figura 2



ESCALA 1:10.000



daria, y en la segunda preparación encontramos un pequeño grano de zircón.

Preparaciones 3 y 4. Proceden de la planta 11 SO. de «Arrayanes», de zona muy metalizada, y en examen megascópico la roca ofrece aspecto muy semejante a la muestra antes descrita.

Examinada al microscopio, resulta ser de textura holocristalina granulada, estando integrada por cristales grandes y medianos. Domina el feldespato potásico, pero no sólo el ortosa, del que aparecen algunos grandes cristales parcialmente kaolinizados (macla de Carlsbad frecuente), sino más abundantemente el microclino, del cual reconocimos algunas secciones *p* mostrando sus maclas en enrejado características, y otras más numerosas, vecinas de la cara *g*, en que se ve la macla de la albita, observable también en varios cristales de oligoclasa, mientras que otros cristales de este plagioclasa muestran estructura zonar. El cuarzo es poco abundante y falta la muscovita. La biotita, incluyendo granos de apatita, abunda bastante, y se presenta en cristales laminares, moldeados a veces por el cuarzo, y otras por el microclino, con el cual, en algunos puntos, se entrecruza íntimamente, demostrando consolidación simultánea.

La muestra tomada en una galería intermedia muy metalizada sobre la planta 7 NE. a que corresponden las preparaciones 5 y 6, ofrece textura granitoide, de gruesos elementos, entre los cuales predominan el cuarzo y ortosa; en cambio, son muy escasos el oligoclasa microclino y biotita, esta última muy cloritizada en los bordes de los cristales y a veces completamente epigenizada en este mineral. Corresponden también a zona muy metalizada del filón de «Arrayanes» las preparaciones 8 y 9, extraídas de un trozo de roca sana próxima al hastial de un rebaje entre 8 y 9 planta. Esta roca es blanca, con manchas pardo oscuro, de

grano basto, y a la luz polarizada presenta como rasgo saliente la existencia de dos micas. Además del cuarzo, feldespatos ácidos y mica negra, se ven numerosos cristales de muscovita, incluída a veces en el ortosa como producto de su epigénesis, y cristales de zircón muy pequeños y más bien raros. La apatita, incluída en la mica parda, muestra secciones basales y rectangulares prismáticas, casi siempre de muy pequeñas dimensiones.

Al hastial de otro árbol rico en galena, planta 5 NE. de la misma mina, corresponden las preparaciones 19 y 20. La roca aparece en ellos de grano basto, fractura granudo-astillosa, color blanco mate, caramelo y con manchas pardas micáceas casi negras cuyas dimensiones varían de 2 a 4 milímetros; es muy dura y poco alterada.

Su examen microscópico indica la presencia de grandes manchas de cuarzo, ortosa dominante y biotita en grandes cristales, así como de plagioclasas menos abundantes que muestran maclas polisintéticas en bandas regularmente anchas y muy estrechas; eligiendo las secciones perpendiculares a *g*, por su ángulo de extinción de una serie de laminillas macladas según la ley de la albita respecto a la otra serie, conseguimos determinar dos cristales de albita y otros de oligoclasa poco numerosos. El ortosa se muestra a veces parcialmente transformado en mosaico confuso de kaolin, muscovita y epidoto, mientras que la biotita, raramente alterada en clorita, muestra algunas secreciones de magnetita.

Preparaciones 9 y 10. Proceden de la zona E. del filón hacia La Laguna, sitio donde la metalización del filón, ya no tan fuerte, se presenta en nódulos envueltos por arcilla y trozos de granito. La roca es de color rosa y grano fino, dejando también percibir a simple vista el moteado pardo negruzco de la mica biotita, variedad lepidomelana. A la luz

polarizada se observa una textura que tiende a la granulítica, pues aunque el cuarzo no se presenta idiomorfo, tiende ya a individualizarse. Todos los fenocristales son relativamente de pequeñas dimensiones. Domina mucho el feldespato potásico, casi siempre kaolinizado; presenta algunas maclas de Carlsbad y también algunos de sus cristales se transforman parcialmente en muscovita; le acompañan sólo raros cristales maclados de oligoclasa. La biotita aparece en cristales pequeños, y sólo alguno de mediano tamaño que permiten apreciar en sus bandeletas efectos de torsión; está frecuentemente epigenizada en clorita y segrega óxidos de hierro que forman algunas manchitas aisladas y colorean el feldespato ortosa.

Preparaciones 11 y 12. Corresponden a zona débilmente metalizada del mismo filón, y sus caracteres físicos, observados a simple vista, coinciden casi exactamente con los de las ocho muestras primeramente examinadas. Al microscopio polarizante muestran textura holocristalina granitoide, de gruesos elementos, ortosa dominante, algunos cristales de oligoclasa asociados en bandas estrechas, uno de andesina-labrador, cuarzo y lepidomelana menos abundantes.

Como minerales secundarios aparecen kaolin, muscovita, clorita y además, derivado de alteración parcial del ortosa, se presenta un agregado o mosaico confuso en granos no determinables con absoluta exactitud, que creemos sea de muscovita, difiro y epidoto.

También las preparaciones 13, 14, 15, 16, 17 y 18, procedentes de zonas estériles del filón «Arrayanes», ofrecen en trozo grueso caracteres externos muy semejantes a las ocho primeras y a las 11 y 12. Observadas las placas delgadas a la luz polarizada, se nota algo menor abundancia de biotita, con excepción de la número 16, y cantidad de cuarzo muy variable; entre los feldespatos domina ligeramente el oligo-

clasa sobre el ortosa, ambos muy alterados, y escaso microclino; como excepción encontramos un cristal de hornablenda.

La estructura holocristalina, como en las otras placas observadas, muestra la singularidad de que mientras en la mayor parte de los casos el cuarzo moldea a los restantes elementos, ocurre por el contrario en las preparaciones 15 y 16 que es el ortosa quien moldea algunos cristales de cuarzo y mica negra, indicando, al parecer, el fenómeno de recurrencia feldespática, debido a consolidación del magma en dos tiempos. Los feldespatos se presentan casi siempre alterados, resultando difícil la distinción de especies; entre los productos de epigénesis predomina el kaolín, sin reacción óptica, y es frecuente un agregado confuso granudo que parece ser de muscovita, difiro y kaolín. También hemos encontrado un cristal rectangular de epidoto y bonitos agregados de cristales fibrosos entrecruzados o radiales de los citados minerales secundarios. La biotita se presenta a veces cloritizada en parte, y también hemos visto laminillas de muscovita derivadas de otras de biotita. En estas preparaciones abundan los cristallitos de apatita, generalmente redondeados, incoloros o con minúsculas inclusiones coloreadas.

Las muestras procedentes de diversos parajes del filón principal de «La Cruz» han sido tomadas muy cerca de la caja del filón, y la roca se muestra demasiado alterada.

Corresponden las preparaciones 21 y 22 respectivamente a la planta 4, cerca de la vertical del pozo «Los Cuarenta Santos», y a la planta 3 entre los pozos «Las Cadenas» y «San Juan», zonas ambas de débil metalización. Los caracteres megascópicos son semejantes a los que presentan la mayoría de las muestras de «Arrayanes», si bien en estas de «La Cruz» se nota a simple vista mayor kaolinización.

Al microscopio presentan textura holocristalina granitoide, con grandes cristales de cuarzo, ortosa muy alterado dominante acompañado por algunos cristales de microclino y oligoclasa; biotita, más bien rara, y un cristal de epidoto; además secciones exagonales y redondeadas de apatita.

Preparación 23. Procede de una muestra tomada en la planta 9, al O. del pozo «Santa María», lugar de muy fuerte metalización. La roca es granuda, basta y domina en ella el color blanco mate del kaolín, ligeramente grisáceo en algunos puntos, con manchas negras micáceas numerosas y relativamente grandes. Al microscopio muestra alguna tendencia a textura granulítica, pues se ven muchos cristales de cuarzo diversamente orientados, pero sin aparecer ni con mucho como granulita típica. Los feldespatos ortosa y oligoclasa se presentan, casi sin reacción óptica, muy kaolinizados. La biotita es abundante no sólo en cristales de mediano tamaño, sino también en pequeños cristales muy diseminados, encontrándose algunos parcialmente transformados en clorita.

La preparación 29, obtenida de una muestra procedente de la planta 8, al E. del pozo «Santa María», zona estéril del filón, presenta como rasgo dominante de su textura cierta tendencia a individualizarse los cristales de cuarzo. El ortosa dominante, y menos abundancia de biotita.

En la preparación 30, procedente de la zona estéril profunda del filón principal, planta 15 al O. de «Santa María», a 402 metros bajo la boca de dicho pozo, el cuarzo, en grandes placas, moldea los otros elementos; el ortosa, muy abundante, presenta algunas maclas de Carlsbad y está en general muy alterado; la biotita aparece bastante diseminada. Como productos de epigénesis aparecen no sólo el kaolín y la clorita, sino también el agregado granudo de muscovita y difiro incluido en los cristales de ortosa, de donde



deriva, que muestra vivos colores entre los nicols cruzados.

Del conjunto de las observaciones resalta la poca variedad de elementos accesorios y parece notarse mayor abundancia de biotita en las muestras procedentes de zonas ricas en galena, circunstancia que de comprobarse indicaría la influencia de las soluciones ferrosas en la precipitación de los sulfuros. Sin embargo, no nos aventuramos a dar como general este hecho, cuya afirmación sería temeraria, antes de realizar detallado análisis químico y micrográfico de muy numerosas muestras en todos los principales yacimientos del distrito.

## V

**Campo filoniano de La Carolina.—Yacimientos de «Araceli», «La Aquisgrana», «Los Guindos», «El Centenillo», «Ojo Vecino» y «La Rosa».**

Aunque esta zona de fracturas está casi en contacto con la de Linares y forma verosíblemente con ella un solo distrito metalogénico, tendremos ocasión de ver que hay entre ambas diferencias considerables desde los puntos de vista de clase de roca en que arman, naturaleza y estructura de los rellenos filonianos.

Los datos referentés a esta zona que contiene la Memoria de P. de Mesa tantas veces citada, son mucho menos detallados y precisos que respecto a Linares, correspondiendo además a una época en que las explotaciones de este distrito de La Carolina habían alcanzado tan sólo un limitado desarrollo, se trabajaba aún en zonas muy próximas a la superficie y no había sido reconocido el más importante de estos filones. Por tales razones prescindiremos del mencionado estudio, fundándonos en los datos recientes de los Ingenieros Arriola, Römer, García Loma y Agudo, cuyo valioso concurso nos ha sido extremadamente útil, y sobre todo en nuestras observaciones directas hechas en repetidas visitas a aquellas minas, para intentar condensar en una descripción sucinta las características más salientes de varios de aquellos soberbios yacimientos de galena. En cuanto a observaciones y deducciones referentes a génesis y edad probable de las fracturas, así como a leyes metalogénicas

probables de los rellenos filonianos, son puramente personales del autor de estas notas.

Ante todo, haremos notar que es bastante compleja la estructura del campo de fracturas que se extiende al NE., N. y NO. de la villa de La Carolina, comprendiendo una zona de pizarras cambrianas, otra más septentrional de cuarcitas y pizarras silurianas y el islote granítico de Santa Elena (ver capítulo III de este estudio y hoja 44 del *Mapa Geológico de España*). Se encuentran algunos yacimientos encajados en las pizarras cambrianas como el de «Santa Paula», «Araceli» y otros; varios que arman en el granito, «San Gabriel» y «La Esperanza»; otros que pasan del granito a las pizarras, entre ellos «Ojo Vecino», «San Fernando», «El Castillo»; existe asimismo en la región un interesante ejemplo de *stockwerk* metalizado, y por último, numerosos filones, los más importantes y regulares, que encajan entre las cuarcitas y pizarras silurianas.

Estas fracturas pueden ser agrupadas en cuatro haces, cuyas direcciones medias son O.-NO. a E.-SE., O. a E., O.-SO. a E.-NE. y N. a S.

A continuación pasamos a describir varios de los yacimientos que creemos los más interesantes, tanto por su importancia industrial presente como por las consecuencias que de su estudio se deducen respecto a génesis de los rellenos sulfurados y probable prolongación de las metalizaciones en profundidad.

**Grupo «Virgen de Araceli».**—Los yacimientos que como éste arman en las pizarras arcillosas blandas del Cambriano, tienen una tendencia general a pasar al tipo de filón capa, viéndose en algunos puntos los rellenos metalíferos interstratificados con los lechos pizarreños, y su inclinación baja frecuentemente hasta 50 y aun 45°; sin embargo, la in-





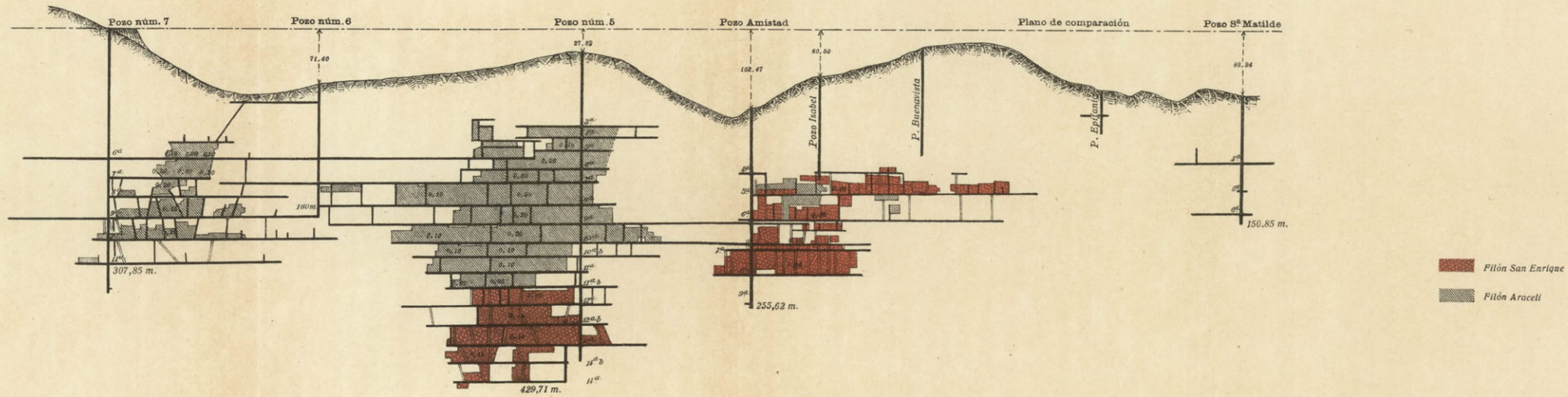
REGIÓN ESTE DE SIERRA MORENA

## GRUPO MINERO "VIRGEN DE ARACELI,"

ALFONSO DE ALVARADO

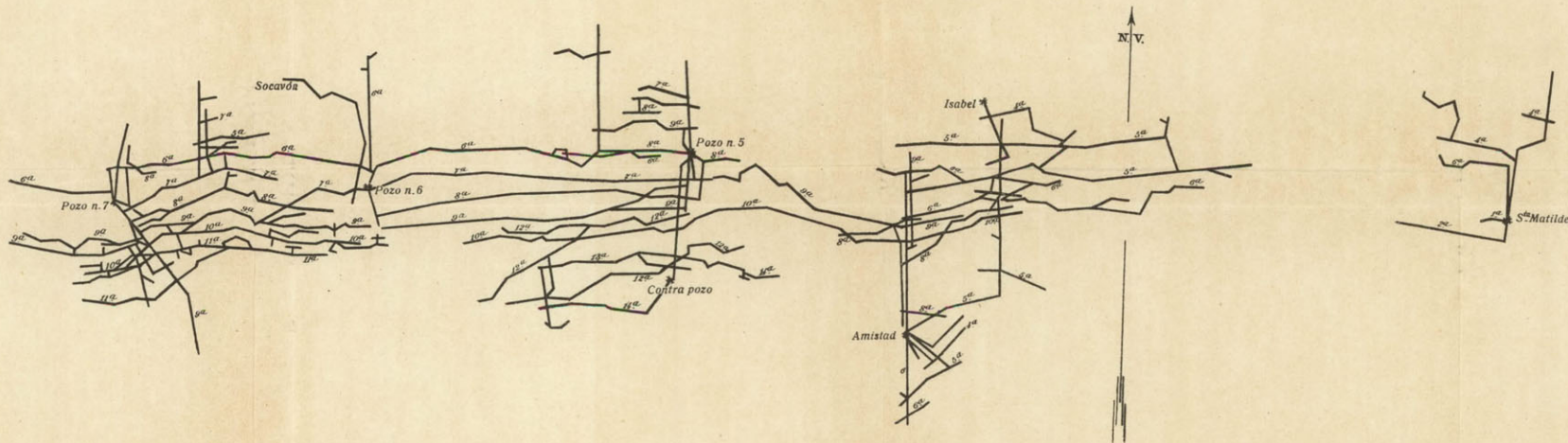
PROYECCIÓN VERTICAL

Figura 1



PROYECCIÓN HORIZONTAL

Figura 2

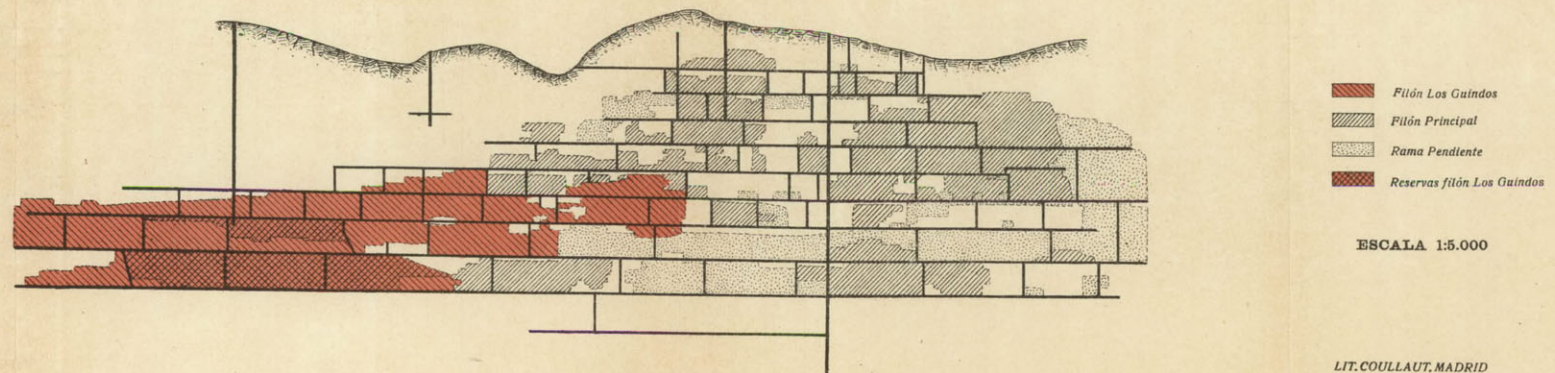


ESCALA 1:5.000

## GRUPO AQUISGRANA

PROYECCIÓN VERTICAL

Figura 3



ESCALA 1:5.000

LIT. COULLAUT, MADRID



clinación de los filones «Araceli» y «San Enrique» es sensiblemente superior a esos límites, como puede deducirse de la comparación de abcisas y ordenadas del dibujo correspondiente (ver figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>, lámina V). Las metalizaciones son en general muy irregulares, alternando grandes lentejones o columnas ricas muy importantes, en que la potencia oscila entre 10 centímetros y más de 1 metro, con otras zonas completamente estériles o con escasa metalización nodular que ocupan mayor extensión superficial de los filones. En el caso particular del grupo «Virgen de Araceli», las zonas ricas reconocidas y explotadas en las labores de los pozos «Amistad», número 5, y sobre todo en las inmediatas al pozo número 7, alcanzan tal extensión y potencia en galena, según indican las cifras de metalizaciones consignadas en el corte vertical, que permiten una amplia preparación del yacimiento y su explotación con considerable rendimiento económico, aun cuando la poca consistencia del terreno exija una esmerada entibación de las labores.

Esta misma falta de consistencia de las pizarras explica que, debiendo ser acompañada la producción de las grietas principales por otras fisuras paralelas, el ataque por las aguas termales y meteóricas diera lugar a la formación de vastos espacios huecos que, rellenos parcialmente sin ninguna regularidad por fragmentos desprendidos de los hastiales muy deleznable, daban lugar más tarde a una circulación hidrotermal escasa en la mayor parte de la superficie del filón, por consecuencia estéril, mientras las aguas mineralizadoras acumuladas en las cavidades de grandes dimensiones originaban, siguiendo procesos que estudiaremos en los capítulos siguientes, la concentración y precipitación de sulfuros metálicos en grandes bolsadas.

**Mina «La Aquisgrana».**—Es interesante esta concesión minera, porque en ella se cruzan la prolongación occidental del filón de «La Rosa» y la oriental del filón de «Los Guindos», que aquí ha sido llamado «diagonal» considerándose como principal el otro, dividido en dos ramas, cuya explotación ha sido más intensa.

En la formación del terreno dominan las pizarras silíceas recubiertas por un tramo de pizarras maclíferas en que los cristales de andalucita son muy numerosos, pero de pequeñas dimensiones, y las cuarcitas son relativamente raras.

El filón principal (ver figura 3.<sup>a</sup>, lámina V), prolongación de «La Rosa», como ya hemos dicho, cuya dirección media se aparta poco de la E. a O., presenta una inclinación de 75° aproximadamente y en su relleno predominan el cuarzo y los fragmentos de pizarras de la caja, mientras que la galena aparece en nódulos con preferencia dentro del cuarzo, a veces también dentro de la pizarra descompuesta acompañada por materias arcillosas, y sólo en puntos singulares forma vetas compactas. La metalización es en general débil e irregular, pero tampoco se encuentran zonas de gran extensión completamente estériles. Este filón sólo ha sido explotado desde la superficie hasta una profundidad de 258 metros, en que se ha considerado agotado.

Bastante distintos son los caracteres del filón diagonal, en cuyo relleno disminuye la proporción de cuarzo blanco y la galena aparece con su estructura característica en toda la corrida del filón «Los Guindos», que a continuación describimos con más detalle, es decir, formando vetas compactas casi paralelas a los hastiales al cortar los estrechos tramos de cuarcita encontrados en esta concesión y con escasos nódulos en las pizarras blandas; a juzgar por los datos estratigráficos tomados en las concesiones colindantes hacia

Poniente, se espera encontrar nuevos tramos más potentes de cuarcita al profundizar las labores sobre este filón.

**Gran filón de «Los Guindos».**—Arma en cuarcitas y pizarras silurianas cerca del contacto con el Cambriano, de cuya formación queda separado por un potente tramo de pizarras maclíferas metamorizadas por las masas irregulares de pórfidos cuarcíferos que afloran en la superficie en varios puntos, siendo cortados a 100 metros al E. del pozo «El Guindo» por el camino que une este pozo con el de «La Manzana»; las labores mineras también han cortado repetidamente esta roca ígnea en venas delgadas y capas potentes cuyo conjunto parece constituir una masa irregular prolongada por diques estrechos. Hemos examinado al microscopio numerosas muestras de esta roca, generalmente alterada, y aun en los ejemplares más frescos y menos alterados, como son los obtenidos en el hastial S. de la galería O. de la planta 14, nivel 430 metros del pozo «La Manzana», a 100 metros del transversal, esta roca hipocristalina ejerce débil acción sobre la luz polarizada, pues aun cuando se distinguen algunos pequeños cristales idiomorfos de cuarzo y ortosa, la inyección de sílice en exceso ha destruído la mayoría de los cristales tendiendo a convertir la roca en masa isótropa.

Este filón principal ha sido reconocido en unos 14 kilómetros de corrida, habiendo dado lugar en su zona E. a la explotación de «La Aquisgrana», y en la zona O. a las antiguas e importantes explotaciones de «La Culebrina», «El Soldado» y «Los Curas», mientras que en su zona central están situadas las concesiones de la Sociedad Minero-Metalúrgica Los Guindos, donde tres pozos maestros dotados de potentes y modernas instalaciones permiten una explotación tan intensa como se desee, al mismo tiempo que las prepa-

raciones y exploraciones continúan hacia el E. con ayuda de otros pozos auxiliares; estas grandes minas se subdividen de O. a E. en los cuarteles llamados «El Guindo», «La Manzana» y «La Urbana», a cada uno de los cuales corresponde un pozo maestro de extracción, desagüe y ventilación designados con los números 1, 2, 3, etc., o más corrientemente con el nombre del cuartel respectivo.

La dirección general del filón, notablemente rectilínea (ver lámina VII), es como media de O.-15°-N. Su inclinación, muy grande en general, llega a veces a la vertical y desciende a unos 70° en las zonas pizarreñas blandas, mientras que suele ser de 80 a 85° en las cuarcitas. El buzamiento varía de N. a S, siendo este último el predominante. La antes indicada dirección media del filón es casi exactamente la de los estratos silurianos, cuya inclinación en cambio es sólo de 12 a 15°, siendo por ello cortados a ángulo abierto por la gran grieta metalizada sensiblemente vertical. La potencia de este filón, a veces bifurcado y muy ancho, varía comúnmente de 0,80 a 2 metros, y debe evaluarse en 1,50 metros como media; hay algunos estrechamientos casi estériles, pero aun en ellos los hastiales y el relleno están suficientemente bien definidos para permitir guiar los avances de las galerías hacia las zonas ricas sin la menor vacilación respecto a la dirección que conviene seguir, pues aunque como excepción hemos visto algún avance dudoso, aun en éstos podían las dudas resolverse con bastante seguridad.

Las gangas encontradas no son numerosas ni variadas, mereciendo citarse los carbonatos de hierro y de plomo, con algunos óxidos en los niveles superiores; las piritas de hierro y cobre, baritina y algunos cristales de calcita diseminados entre los fragmentos de pizarras, arcillas y bandas de cuarcita, cuarzo y galena, que constituyen los elementos

esenciales y dominantes en el relleno de la fractura; el hecho corriente de la desaparición de la baritina en profundidad también se ha comprobado en este yacimiento, pero no ha seguido una ley constante, pues esta ganga persiste en niveles bastante profundos de «La Urbana», mientras que ya no aparece en los niveles correspondientes de «El Guindo» y «La Manzana».

También se ha supuesto existir un cierto lazo entre la abundancia de baritina y disminución de las metalizaciones, pero nosotros creemos que con los datos reunidos hasta ahora sería aún temerario establecer una regla, y conviene hacer notar que en algunos puntos de la zona de Santa Elena se ha señalado el hecho contrario, singularmente en la mina «Santa Ana».

La circunstancia de que los trabajos de explotación se hallen actualmente concentrados en zonas relativamente profundas, al par que las preparaciones y labores de exploración desarrolladas siguiendo un plan notablemente amplio y científico sobre muy largas corridas del filón, nos ha permitido recorrer repetidamente vastísimas extensiones del yacimiento y estudiar con máximo interés los caracteres que ofrece en la zona profunda para compararlos con los ya más conocidos que presentaba en los niveles superiores.

En la galería del piso 13, a Levante del pozo número 1 de «El Guindo», nivel 480 metros, el filón tiene una anchura de 2 metros aproximadamente; está muy inclinado, casi vertical en el cruce con el transversal, y relleno en las proximidades por fragmentos de cuarcita con nódulos y venillas de galena, cuarzo, alguna dolomia y raros cristales de baritina. A partir de la chimenea número 3, 260 metros al E. del pozo maestro, hasta la chimenea número 4, situada 90 metros al E., el cuarzo se hace muy abundante, y la galena, frecuentemente cristalizada, se divide en dos vetas in-



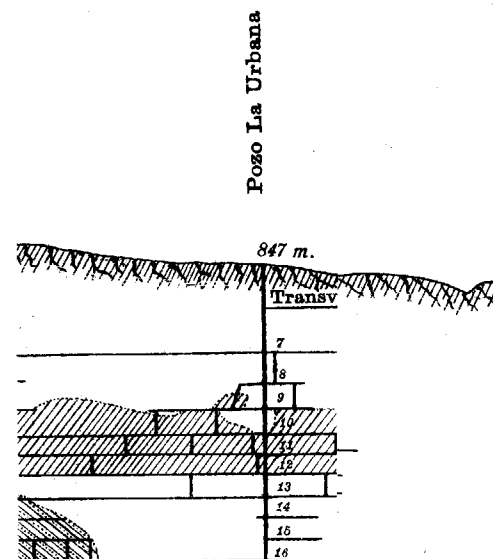
mediatas a los hastiales del filón, unidas entre sí por delgadas venillas que cruzan las bandas de cuarzo; su potencia varía de 0,40 a 0,25, 0,30 y 0,10 metros en plomo, mientras que retrocediendo al O. de la chimenea número 3, las dos vetas metálicas se unen, mostrando una potencia que oscila entre 0,20 y 0,50 metros.

La longitud de esta zona rica encajada entre cuarcitas es de unos 300 metros, estando limitada a distancias de 100 y 400 metros del transversal general por tramos de pizarras hojosas en que la metalización es más débil y la estructura del relleno cambia notablemente, pues la galena no forma ya vetas o bandas, a veces muy potentes alternando con otras de cuarzo y cuarcita compacta, sino que la fractura frecuentemente ensanchada encierra un relleno formado por vénulas y núcleos de galena irregularmente distribuidos entre los fragmentos de pizarra y las arcillas predominantes en la masa, encontrándose también algunos cristales de calcita y raramente delgadas plaquitas de bñritina.

La galena es muy pura en la zona de cuarcitas, y en varias géodas la encontramos formando múltiples combinaciones cristalinas perfectas, entre ellas la del tetraedro regular hemiédrico con el cubo y dodecaedro regular, así como numerosos cristales aislados, cubos, octaedros y dodecaedros cuyas caras cristalinas se presentan siempre limpias y bien definidas. También observamos allí cuarcitas compactas atravesadas por una venilla de galena de tal modo delgada, menos de medio milímetro, que su formación sugiere la idea de haber procedido de acción neumatolítica en que la fuerte presión de los vapores sobrecalentados fuera capaz de vencer la capilaridad. Se observan sobre los hastiales estrías de resbalamiento sensiblemente horizontales indicando movimientos longitudinales posteriores a la formación y relleno de la gran fractura. Esta se bifurca

## DEL FILÓN DI

## PROYECCIÓN VERTICAL



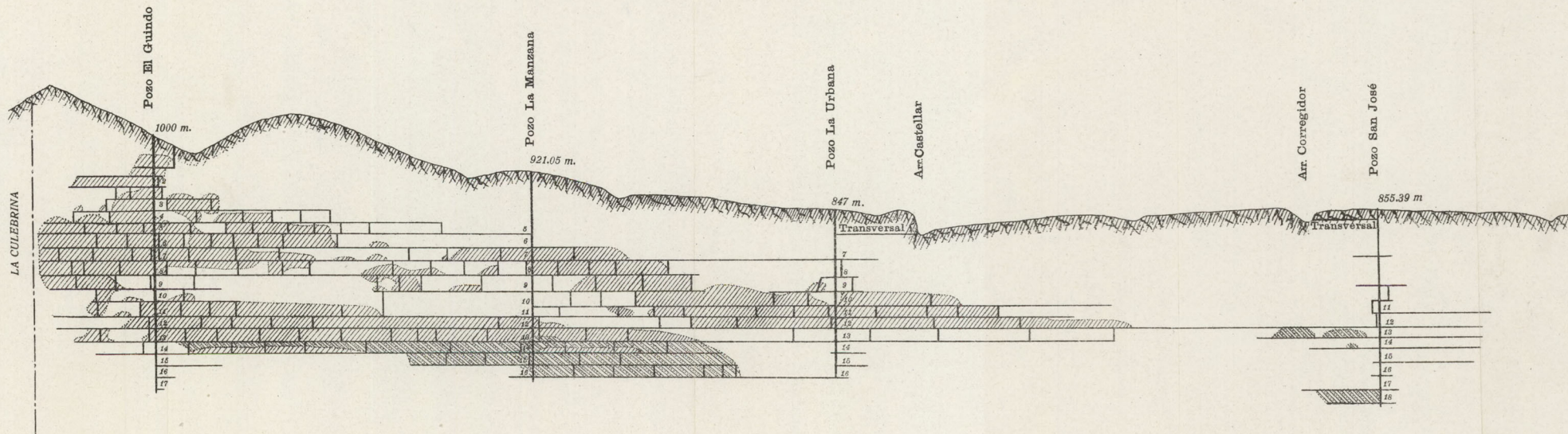




REGIÓN ESTE DE SIERRA MORENA

ALFONSO DE ALVARADO

# ZONA CENTRAL DEL FILÓN DE LOS GUINDOS

PROYECCIÓN VERTICAL



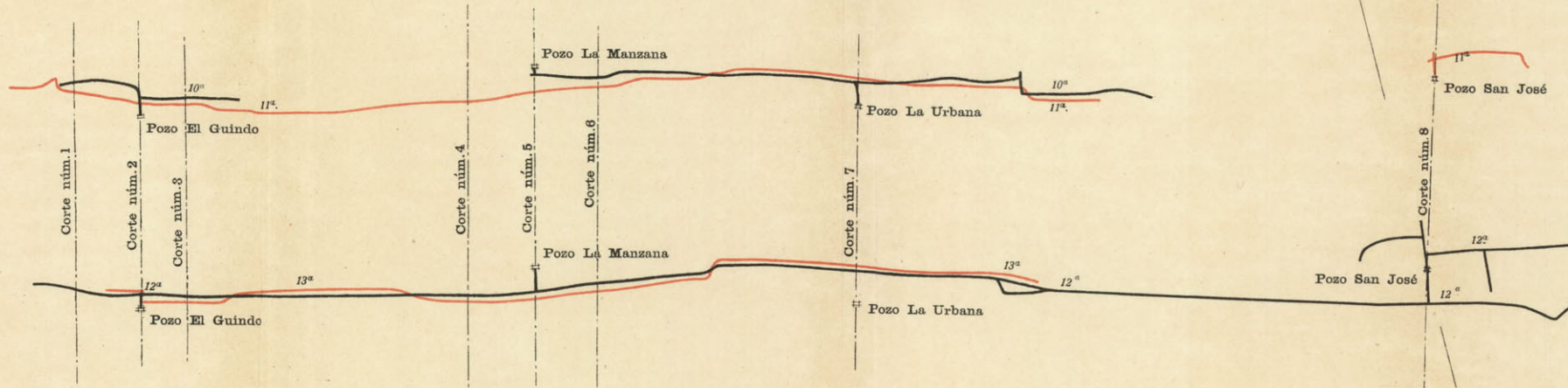
 Zonas explotadas  
 Zonas reconocidas

ESCALA 1:10.000





# LÁMINA 7. ZONA CENTRAL DEL FILÓN DE LOS GUINDOS PROYECCIÓN HORIZONTAL



CORTE N. 1

CORTE N. 2

CORTE N. 3

## CORTES TRANSVERSALES

CORTE N. 4

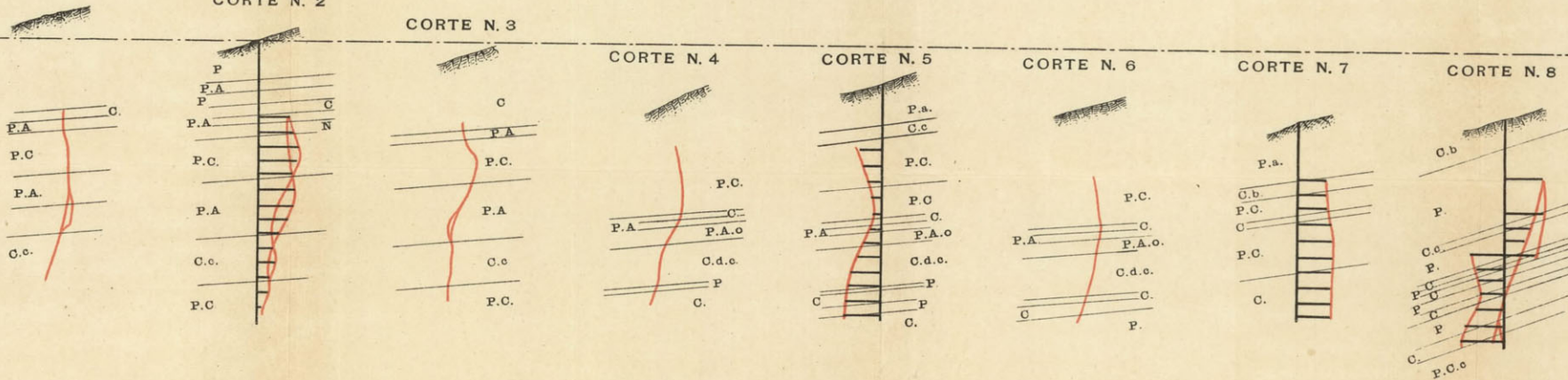
CORTE N. 5

CORTE N. 6

CORTE N. 7

CORTE N. 8

Nivel pozo El Guindo



- P..... Pizarras
- C..... Cuarcitas
- P.A..... Pizarras arcillosos
- P.C..... Pizarras y cuarcitas
- C.o..... Cuarcitas y cuarzo
- N..... Filón norteado
- P.A.o..... Pizarra arcillosa oscura
- C.d.o..... Cuarcita dura y cuarzo
- P.a..... Pizarra con andalucita
- C.b..... Cuarcita con blenda
- P.C.o..... Pizarra, cuarcita y cuarzo

ESCALA 1:10.000



entre los planos verticales, idealmente trazados normales a la grieta, distantes 140 y 170 metros al E. del pozo «El Guindo» (ver cortes núms. 2 y 3, lámina VII), formando un ojal, una de cuyas ramas conserva la dirección general O.-15°-N., mientras la otra, encerrando una veta de galena de 0,25 metros, se separa hacia el N. hasta 8 metros de la principal, y tras un recorrido de 30 metros vuelve a unirse a ésta. La potencia media del filón en la zona que visitamos, al E. del pozo, puede evaluarse en 2 metros, aunque se encuentren ensanchamientos que exceden de 3,50 metros.

Otra ramificación del filón ha sido reconocida en la primera zona de pizarras de este nivel, distante 100 metros al E. del transversal, que presenta en la planta 13 sus dos ramas bastante separadas, mientras que en la 14 se separan poco en anchura y corrida.

Siguiendo el filón hacia Levante, se entra en el cuartel de «La Manzana» cuyo pozo maestro ha sido emplazado en un punto de la superficie 80 metros más bajo que la boca del pozo número 1. Recorrimos primeramente la galería del piso 15 al O., siguiendo en ella una corrida de 350 metros sobre filón, en que uno de los hastiales está formado por cuarcitas y el otro por pizarras que integran la mayor parte del relleno en el cual también corre una veta metalizada de 5 a 10 centímetros. En el frente de avance de esta galería no se encuentra el terreno descompuesto, entre hastiales limpios y planos tan característicos de este yacimiento, sino que reconocimos un macizo de pizarras cuya estratificación concuerda con la general del Siluriano o sea buzamiento de 12° al SO.; en nuestra opinión se trata de una enclava no alterada en medio del filón, bifurcado en ramas que se separan algo de la dirección media.

En la galería al E. del mismo piso y cuartel, observamos abundantes infiltraciones de aguas que precipitan car-

bonato de cal sobre los hastiales, indicando la existencia de bancos de caliza atravesados por la grieta en niveles superiores. Al subir por una chimenea del piso 15 al 14, situado a nivel 30 metros más alto, se notan variaciones considerables en la inclinación del filón, que casi vertical al atravesar los bancos de cuarcitas y pizarras silíceas, se ensancha y separa 20° de la vertical cuando atraviesa las pizarras blandas arcillosas, al mismo tiempo que su metalización disminuye y la galena sólo forma vetas muy delgadas y pequeños nódulos aislados.

Recorrimos la galería del piso 14 hasta 340 metros al E. del transversal, y subimos seguidamente al gran tajo de arranque ascendente o «realce» montado en la zona rica de las rocas duras. Muestra allí el gran filón un aspecto magnífico, pues en 310 metros de corrida, los hastiales de cuarcita muy bien definidos, planos en general y cortando a ángulo constante la estratificación, encierran potentes bandas alternantes de galena, cuarzo y cuarcita, constituyendo un hermoso tipo de filón concrecionado de estructura fajeada.

Se encuentran en el relleno sólo raros fragmentos de pirritas, calcita y dolomía, nunca blenda, y puede por ello considerarse esta formación como exclusivamente plomo-cuarzosa. La veta o banda de galena, única o bifurcada, que alterna con las de cuarzo, alcanza espesores de 0,30 a 0,70 metros; y sus afloramientos, tan regulares y rectilíneos en el cielo del realce, dan más bien la impresión de capas de carbón muy inclinadas que de vetas metálicas, pues produce viva sorpresa la observación de una formación plumbífera tan notablemente potente y regular en larga corrida, que sólo algún otro singular yacimiento de su clase le sea tal vez comparable en el mundo.

La galena muestra también, dentro del conjunto de su caja, igual estructura en cintas o bandas, alternando las

compactas de color gris acerado oscuro con otras fajas granudas gris claro, y finalmente con las brillantes y hojosas del «alcohol de alfareros o de hoja», muy puras y de máxima ley en plomo. En el conjunto del relleno el cuarzo domina mucho sobre las cuarcitas; es en su mayor parte blanco lechoso, entrecruzado de venillas de galena, mas raramente amarillento o ligeramente teñido de rojo por el óxido de hierro.

Han sido reconocidas, y nosotros las recorrimos, varias ramificaciones o, mejor dicho, «ojales» del filón principal, siendo entre ellas las más importantes las situadas entre los puntos de la galería distantes 120 y 185 metros al E. del pozo «La Manzana» y entre los puntos 20 y 90 metros al E. del mismo, cuyas ramas se separan entre sí 5 a 7 metros encerrando ambas una metalización muy fuerte; la potencia total del filón varía como media en esta zona de 2,20 a 2,50 metros, prescindiendo de anchurones de poca corrida. En cuanto al buzamiento, la grieta presenta ondulaciones suaves y regulares, pero bastante marcadas (ver cortes 4, 5 y 6 de la lámina VII) de que dan idea los dibujos correspondientes, a muy pequeña escala. No se presenta aquí ningún pliegue violento, cambios bruscos de dirección ni salto alguno.

La distinción entre zonas de pizarras y de cuarcitas generalmente aceptada en la región es un poco arbitraria, pues se encuentran todas las transiciones imaginables entre estas dos clases de rocas, y además entre los bancos de cuarcitas compactas es frecuente encontrar paquetes de pizarras hojosas blandas interestratificadas concordantemente, dándose también el caso recíproco.

En general, es cierto, sin embargo, que las labores mineras han atravesado tramos alternantes cuyo espesor varía de 80 a 150 metros, en que una u otra de dichas dos rocas

predomina francamente, y se les denomina zonas «ricas» o «estériles», cometiendo sensible error, pues si bien es verdad que las zonas duras cuarcíferas son, con gran diferencia, las más ricas, también es incontestable que las zonas donde el filón encaja en pizarras no merecen siempre con justicia el calificativo de «estériles», puesto que la fractura conserva no sólo su dirección constante y un relleno de naturaleza francamente filoniana, sino que frecuentemente se presentan en ellos venas y nódulos de galena susceptibles de explotación remuneradora, al menos en las zonas profundas de este yacimiento, al largo de casi toda la superficie del filón que nosotros recorrimos.

En cuanto a la colocación en el espacio de dichos lentes de columnas metalizadas y de las zonas semi-estériles con que alternan, la proyección vertical de las labores (ver lámina VI) muestra desde luego que, a excepción de una columna no muy extensa situada cerca de la superficie a ambos lados del pozo «El Guindo», el yacimiento sólo ha presentado zonas explotables a partir de 150 metros de profundidad en «La Manzana» y de 200 en el cuartel «La Urbana». Se ve en el dibujo que las zonas ricas explotables alternan irregularmente en corrida y profundidad con las de metalización débil o nula, pero en conjunto, tanto del examen de los planos de la mina como de nuestras observaciones directas en múltiples puntos de este y otros yacimientos de la región, se deduce una conclusión contraria a la hipótesis, admitida por eminentes tratadistas, como L. de Launay, que suponía probablemente limitada a 300 o 400 metros la profundidad explotable en los filones de Linares-Carolina.

Creemos por nuestra parte legítimo formular afirmaciones del todo opuestas, o sea que: *Las columnas metalizadas rebasan notablemente en varios filones las profundidades límites supuestas, y singularmente en el de «Los Guindos».*

*la potencia y extensión de las zonas metalizadas aumentan de modo extremado en los niveles profundos.*

En apoyo de tales afirmaciones, conviene hacer notar la comparación de las zonas ricas encontradas entre los pisos 3 y 8 de «El Guindo», 6 y 10 de «La Manzana», etcétera, con las de los pisos más profundos. Realmente las columnas explotables presentaban ya en los niveles superiores dimensiones muy grandes, y en algunos puntos singulares metalizaciones muy potentes, pero como término medio las venas de galena no se mostraban tan continuas, regulares ni con mucho tan potentes como en la vasta zona que se desarrolla entre los pisos 13 y 15, de 440 a 500 metros de profundidad y en corrida que excede de 1.200 metros.

Por rico que fuese este yacimiento, no tendrían los hechos citados un valor tan considerable para el porvenir del distrito si sólo se tratara de un caso excepcional; mas, por fortuna, no es así, pues también en el grupo «El Centenillo» se encuentran zonas ricas a profundidades considerables, y en la mina «Ojo Vecino» continúan las columnas de galena a profundidades mucho mayores que en las antes mencionadas. Además, en los capítulos siguientes desarrollaremos las consideraciones teóricas que hacen verosímil la existencia de importantes acumulaciones metálicas en los niveles inferiores.

Otros filones menos importantes han sido reconocidos en las concesiones de la Sociedad Los Guindos, entre ellos uno bien metalizado, pero de escasa corrida, cuya dirección es O.-10°-S. y corta el gran filón a unos centenares de metros al O.-NO. del pozo «El Guindo»; a pesar de su corta corrida, se ha cubicado en este filón una cantidad de galena suficiente para justificar la profundización de un nuevo pozo de extracción.

Los llamados «norteados», filones cuya dirección es casi



exactamente la N.-S., difieren notablemente por sus caracteres de las otras grietas metalizadas, pues se presentan superficialmente con grandes crestones de cuarzo, visibles desde larga distancia por su relieve considerable, destacándose mucho entre las pizarras menos duras y más atacadas por la erosión.

A veces estos norteados alcanzan grandes corridas muy rectilíneas, lo cual dió lugar a que en los primeros tiempos del distrito se les supusiera muy ricos y con referencia a ellos se realizaran muchas de las demarcaciones; su anchura en los afloramientos es frecuentemente muy grande, variando en muchos casos de 3 a 10 metros, a veces es aun mayor, y de lejos resulta fácil confundir estos grandes afloramientos con crestones de cuarcitas silurianas. En cuanto a metalizaciones, es corriente encontrar alguna galena en su zona superficial, pero habitualmente son estériles en profundidad, siendo su relleno exclusivamente cuarzoso, sin ningún metal.

En uno de los que cortan al filón principal de «Los Guindos» se ha observado la influencia favorable ejercida en el aumento de metalización de la grieta principal, y también en las inmediaciones del cruce con ésta encierra el filón cruzante algunos lentejones ricos en galena. La importancia de las columnas de galena encontradas en los norteados ha sido mucho mayor en las minas «Sinapismo», «Rafaelito», «Los Curas», «Jesús-María» y singularmente en «La Culebrina», donde recientemente se explotan columnas ricas de cierta importancia próximas al cruce con la grieta principal, prolongación occidental del gran filón de «Los Guindos», según es sabido. La galena suele presentarse en estos árboles formando masas compactas dentro del cuarzo blanco y a veces cristalizada, en géodas de grandes dimensiones. En los niveles más profundos no ha sido hasta ahora explorada ninguna fractura de dirección N.-S.

**Campo de fracturas de «El Centenillo».**—Está situado al N.-NO. de La Carolina, distante unos 18 kilómetros de esta villa y a medio camino aproximadamente entre ella y las crestas culminantes de Sierra Moreña, armando en las cuarcitas y pizarras del Siluriano. Según nuestras observaciones estratigráficas y de los datos que los ingenieros J. O. Haselden y J. Moore—a quienes debemos el adjunto plano (fig. 2, lámina VIII)—han reunido durante el desarrollo de las labores mineras, resulta que alternan las cuarcitas y pizarras formando horizontes que, según la vertical del pozo «Mirador», han mostrado los espesores siguientes: 80 metros de pizarras, 160 metros cuarcita, 10 metros pizarras, 140 metros de cuarcitas y 75 metros de pizarras, bajo las cuales se extiende otro tramo de cuarcitas que fué alcanzado el pasado año por las labores mineras del cuartel «Santo Tomás» y cuyo espesor se ha calculado en unos 200 metros sobre la vertiente de Pozo Nuevo a Río Grande.

Sobre esta serie alternante afloran otras cuarcitas formando las cumbres redondeadas de los cerros que atraviesa el camino de La Carolina. Conviene hacer notar que, a más de alternar los tramos en que una de las dos rocas mencionadas predomina francamente, hay entre ambos tipos muchos de transición, tales como pizarras silíceas y cuarcitas tabulares, ocurriendo también con frecuencia que en los horizontes de cuarcitas compactas se presenten intercalados lechos de pizarras silíceas, y recíprocamente se encuentran bancos de cuarcitas entre los tramos donde dominan las pizarras blandas arcillosas.

En la ladera oriental de la colina que domina las instalaciones del pozo «Mirador» afloran pizarras hojosas de color gris claro, verdaderos filadios de notable semejanza litológica con los que hemos encontrado en el fondo de los valles en la región de El Hoyo y San Lorenzo; su color gris

claro en la superficie, debido sin duda a alteración meteórica, se hace más oscuro en los que cortan trabajos subterráneos, donde se les ve alternando con pizarras duras silíceas. En el horizonte de cuarcitas que atraviesa ahora la profundización del pozo principal se intercala un banco de estas pizarras negras silíceas, donde se han encontrado varios fósiles que, clasificados como *Iliaenus hispanicus*, *Calymene Tristani* y *Orthis testudinaria* por el Sr. Fernández M. Valdés, Director de estas minas, determinan la edad siluriana de la formación. Este nido de fósiles se hallaba localizado en el fondo de la cámara que para instalación de bombas centrifugas se ha excavado recientemente en el piso 18, cerca del enganche del pozo maestro.

Los estratos muestran curvaturas correspondientes a pliegues de gran radio en la zona central de estas explotaciones (ver fig. 2, lámina VIII), con inclinaciones moderadas y ejes de los pliegues rectilíneos en largas corridas, pero hacia Occidente aumenta sensiblemente la inclinación de los estratos, encontrándose pliegues de eje curvilíneo y hasta cúpulas aplastadas de medianas dimensiones.

Varias fracturas metalizadas han sido reconocidas en el coto «El Centenillo», de las cuales dos sólo presentan limitada importancia, y es en el filón «Mirador» donde se encontraron las masas de galena más potentes y continuas, entre ellas algunas de extraordinarias cubicaciones. Esta gran fractura casi vertical y notablemente rectilínea sigue una dirección media de O.-25°-S., casi exactamente paralela por tanto a la falla del Guadalquivir, constituyendo en nuestra opinión no un filón simple, sino más bien un haz de fracturas paralelas. Su potencia en la zona central alcanza a veces 15 metros, siendo en general de 7 a 10, y su relleno está formado por fragmentos de pizarras, arcillas y nódulos de galena en las zonas blandas, mientras que toma estruc-

tura fajeada en las zonas de cuarcitas, donde una potente veta de galena continua en centenares de metros de corrida se presenta entre bandas de cuarzo y fragmentos de cuarcita. Se ha observado que las gangas cristalizadas son muy escasas en los niveles inferiores.

En cuanto a extensión de las metalizaciones, la zona rica del filón «Mirador», reconocida y explotada por las labores de los pozos «Mirador», «Aguila» y «Santo Tomás», presentaba en la superficie 900 metros de corrida, y en los pisos más profundos, aunque las metalizaciones parecen presentarse menos fuertes, aumenta en cambio la corrida explotada, que llega a exceder de 1.300 metros, no apareciendo en el piso más profundo que nosotros visitamos ningún indicio de acuñamiento del filón ni de desaparición de la galena.

La fractura principal corta otros dos filones llamados «Perdiz» y «Pelaguindas», metalizados en longitudes considerables, pero cuyas dimensiones y riqueza no pueden compararse con los del principal; su dirección O.-15°-N. corresponde al sistema de «Los Guindos».

Hacia el S., a 1,2 kilómetros de distancia, se ha reconocido otro filón rectilíneo en larga corrida, y en cuya vecindad se ha profundizado el pozo «San Guillermo». Un filón norteado corta con salto «El Mirador» en las inmediaciones del pozo «Aguila»; se ha encontrado una falla que corta al filón S. y existen además otros varios afloramientos de menor importancia correspondientes a filones de los tres haces O.-25°-S., N.-S. y O.-15°-N., así como también siguiendo esta última dirección aparece la prolongación occidental del gran filón de «Los Guindos», cuyo extremo oriental corta la carretera Madrid-Cádiz a poca distancia al N. de Las Navas de Tolosa.

**Zona granítica.—Mina «Ojo Vecino».**—Al mismo sistema de fracturas de dirección O.-NO., pero encajando en el granito, corresponde el filón explotado en las minas «San Fernando» y «Ojo Vecino», muy rico en esta última mina, donde se ha comprobado el hecho muy importante de que *las columnas ricas exceden de los 700 metros de profundidad* con relación a la boca del pozo maestro, situado en el fondo de un barranco.

Los primeros 100 metros de altura han sido estériles, y hasta 150 metros la metalización era muy débil, sobre todo en la parte E., donde las vénulas de galena se diseminaban al atravesar una cuña de pizarras que llegó hasta 160 metros de profundidad. De este nivel hasta los 385 metros, se ha explotado una columna rica en galena cuya potencia reducida excedía de 12 centímetros en toda la longitud de la concesión. A la indicada profundidad de 385 metros, correspondiente a la planta 12, se presentó una zona relativamente estéril que alcanzó hasta la planta 15, nivel 520 metros.

El filón pasa del granito a las cuarcitas, repartiéndose dentro de esta zona en 3 vetas, con metalización total de 8 centímetros y separándose las ramas hasta 30 metros en las plantas 14, 15 y 16; la longitud del ojal es de unos 20 metros al O. de «Santa Bárbara» y 200 metros al E. del mismo pozo. En planta 14 se unen las tres ramas a los 180 metros al E. de «Santa Bárbara», y al variar la roca de cuarcita a masa de cuarzo blanco, aumenta la metalización, llegando a una potencia reducida de 30 centímetros; esta masa de cuarzo blanco mide unos 200 metros de corrida por 40 de ancho y 80 de altura, siendo de gran interés observar que en su contacto con el granito es donde el árbol de plomo alcanza máxima potencia.

Más hacia el E., en estos niveles 14 a 16, el filón va encajado en granito y la metalización se hace muy débil. La

corrida total explotada en 14.<sup>a</sup> es de 875 metros al E. del pozo «Santa Bárbara»; de ellos, 650 en «Ojo Vecino», y el resto, en «La Perla». En la planta 17, nivel 610 metros, aumentó algo la longitud de la zona metalizada que queda comprendida entre los puntos a 100 y 500 metros al E. del pozo, no excediendo de 4 a 10 centímetros la potencia en galena; la roca donde arma el filón en este nivel es cuarcita en la parte estéril próxima al pozo, y se observa enriquecimiento al entrar la fractura en el granito.

En las plantas 18, 19 (que es la más rica) y 20 aumenta la longitud de la zona rica encajada en el granito, extendiéndose en la planta 19 a 670 metros de profundidad, desde un punto situado 30 metros al O. del pozo maestro hasta 465 al E. La parte más rica en dicha planta 19 corresponde también al contacto del granito con otra masa de cuarzo blanco emplazada al S. del filón entre los pozos «Santa Bárbara» y «San Isidoro», de menos dimensiones que la cortada por la galería y labores de la planta 14 y de las 13 y 15. Se observó dentro de estas masas de cuarzo la existencia de bolsadas de gases a presión, no analizados, probablemente ácido carbónico, puesto que sus expansiones apagaron lámparas a gran distancia.

Es muy interesante, para deducciones respecto a prolongación de las columnas ricas de otras minas, hacer notar que en la planta 21, a 730 metros de profundidad, se presentan metalizaciones variables, no sólo en el techo o cielo de la galería, sino también hacia el piso, habiéndose reconocido hasta ahora esta metalización en unos 300 metros de corrida. Conviene asimismo tener presente que la diferencia de cota entre las bocas del pozo número 1 de «El Guindo» y del «Santa Bárbara», en «Ojo Vecino», es de unos 200 metros aproximadamente, así es que *la galería sobre filón metalizado que se trabaja actualmente en esta última*



mina se halla a 930 metros de profundidad respecto a la boca de aquel pozo.

No hemos observado en esta galería de la planta 21 ningún indicio de acuñamiento de la fractura; los hastiales del filón continúan estando muy bien definidos, planos y rectilíneos en considerable corrida, mientras que el relleno es muy semejante al de las zonas explotadas entre las plantas 12 y 15, de escasa metalización, bajo las cuales se encontró, como ya indicamos, una gran bonanza con potencias de galena muy superiores a la de los niveles más próximos a la superficie y aun a la de las bonanzas comprendidas entre 5.<sup>a</sup> y 12.<sup>a</sup>

Correspondiendo la dirección de este filón al sistema O.-NO., su inclinación está generalmente comprendida entre 70°, y la vertical con buzamiento variable, más frecuentemente, al S. En algunos sectores de la mina la pendiente del filón disminuye hasta cerca de 45°, y, según los prácticos de esta mina, se ha observado que el buzamiento accidental al N., el hacerse más norteadada la dirección del filón y la disminución de pendiente coinciden con los empobrecimientos o «niegas» del yacimiento. En las zonas ricas la caja es estrecha, muy vertical, y abunda en el relleno el cuarzo lechoso, a veces algo ferruginoso, notándose algunas manchas y hasta capitas de ocre de hierro, rojo y amarillo; las aguas están a veces cargadas de óxido o carbonato de hierro.

**Filón simple y stockwerk de «La Rosa».**—El yacimiento explotado en la zona vecina al pozo «Mejorada», que es la más distante del granito de «El Castillo», es sólo un filón simple bien caracterizado que arma en las pizarras cambrianas, sigue una dirección muy aproximadamente E. a O. y buza al S. con 75° de inclinación media.

Cambia bruscamente el carácter de este yacimiento en

la zona del pozo «San Juan», donde se presenta como *stockwerk* metalizado. Esta zona de ensanchamiento está comprendida entre las plantas 5, a 135 metros bajo la boca del pozo «Mejorada» y unos 15 metros más abajo de la planta 7, nivel 210 metros. Como el nivel superficial es 69 metros más alto en la boca del pozo «San Juan» que en la del antiguo pozo maestro, resulta que los límites verticales de las masas metalizadas se encuentran realmente a 204 y 294 metros de profundidad bajo la superficie, en cuya vertical se encuentran, pues que el nuevo pozo «San Juan» destinado a su explotación se profundizó en el centro de la zona que encierra el *stockwerk*. La altura máxima de las masas reconocidas hasta ahora es de 90 metros, como ya indicamos; su anchura varía de 10 a 30 y su longitud de 40 a 150 metros en dirección E. a O. geográfico. (Ver figura 1.<sup>a</sup>, lámina VIII).

Para visitar la parte O. del yacimiento, entramos por el antiguo pozo maestro, bajando en el enganche de la 5.<sup>a</sup> planta, nivel 135 metros, desde el cual, por un corto transversal, pasamos a la galería sobre filón. Arma éste en pizarras arcillosas cambrianas y fué explotado con aceptable metalización hasta la planta 9, nivel 270 metros de Mejorada; su dirección, igual a la de los estratos, es sensiblemente E. a O. geográfico, pero siendo la inclinación de las pizarras sólo de 12 a 15° al S., mientras que el filón es casi vertical, resulta que la grieta corta los estratos bajo ángulo bastante abierto. La potencia de la caja varía de 0,80 a 1,50 metros, y los hastiales de pizarras blandas en algunos sectores pasan en otros a ser pizarras silíceas; son en esta zona planos, muy bien definidos, paralelos entre sí y rectilíneos en largas corridas.

Su relleno estaba aquí formado por fragmentos de pizarras, arcillas predominantes y vetas de galena no muy po-

tentes, mientras que siguiendo la galería hacia Levante, es decir, acercándonos al cruce en el filón de «El Castillo», la grieta penetra en las cuarcitas, donde el relleno está formado por galena, arcillas, cuarzo y fragmentos de cuarcita que predominan, no encontrándose allí gangas cristalizadas.

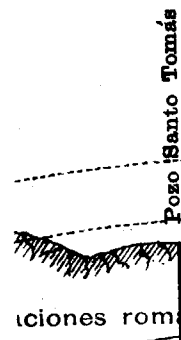
Por último, más adelante, en la misma dirección, cerca ya del cruce de filones, se entra en la zona que los prácticos llaman muy impropia de «las cuarcitas», confundiéndola con la anterior y donde en realidad es el cuarzo lechoso, entrecruzado por nódulos y vénulas de galena, el que forma la totalidad de las masas ricas. Atribuimos importancia a este al parecer pequeño error de denominación, pues entraña un falso dato que conduce fácilmente a error considerable respecto a génesis del yacimiento.

No se nota en aquella zona acción directa del granito, pues faltan las pizarras córneas o granatíferas, así como todo otro indicio de las aureolas graníticas, pero por otro lado la corta distancia que separa el *stockwerk* del cruce de los grandes filones «La Rosa» y «El Castillo», así como de la masa granítica de esta última mina, sugiere la idea de que anteriormente a la circulación de las aguas mineralizadoras debieron existir en este paraje múltiples fracturas, paralelas y muy próximas entre sí como resultantes de un esfuerzo de torsión, o tal vez producidas por el impulso de la roca intrusiva vecina, que cortarían casi normalmente en el primer supuesto, y bajo ángulos diversos en el segundo, a la fractura principal del yacimiento.

Estas múltiples fisuras tan próximas han facilitado verosímilmente la difusión de las aguas mineralizadoras cargadas de sílice y sulfuro de plomo, su íntimo contacto con las cuarcitas fracturadas y la transformación gradual de éstas, por acción de las soluciones silíceas a alta temperatura y presión, en las actuales masas de cuarzo-galena, minerales

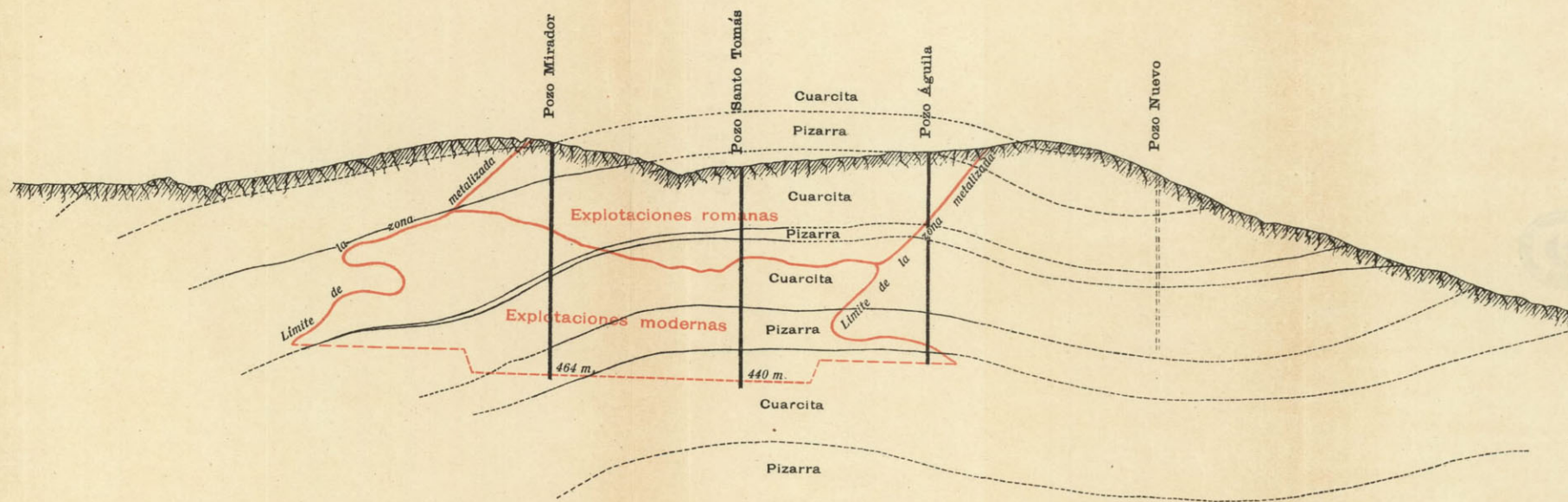
A

## DEL CEN



## MINAS DEL CENTENILLO. FILÓN MIRADOR.

Figura 1.

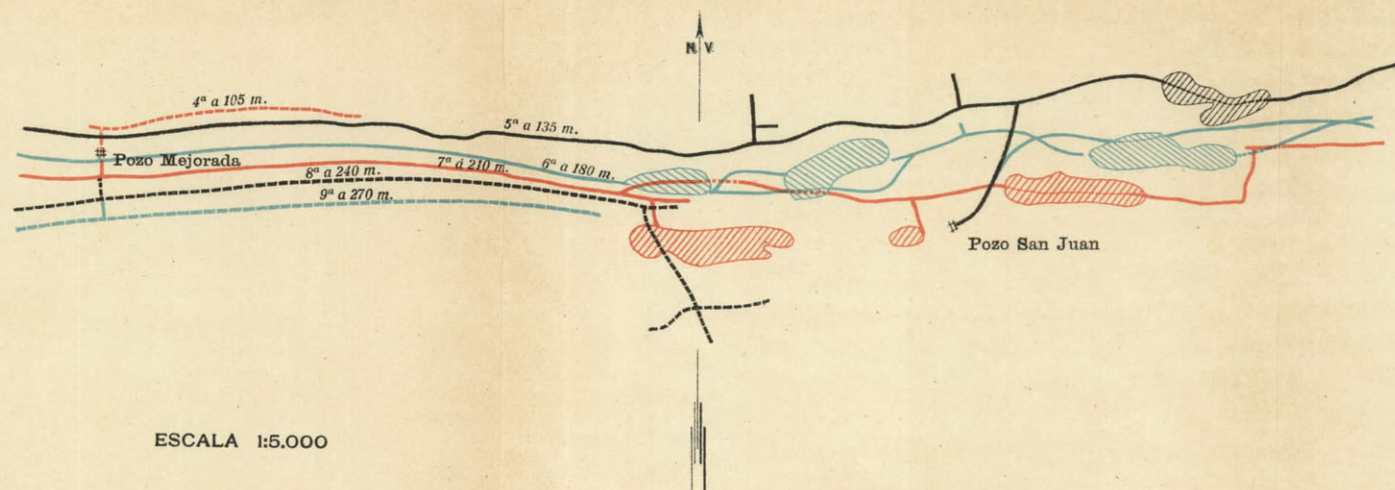


ESCALA 1:10.000

## MINA LA ROSA

## PROYECCIÓN HORIZONTAL

Figura 2



ESCALA 1:5.000



que debieron precipitarse simultáneamente en mezcla íntima difícil de separar en la mayor parte de la masa, aun cuando en algunos puntos, por atracción entre las moléculas de la misma substancia, se hayan producido concentraciones de uno y otro mineral.

Se ve con bastante claridad el lazo de origen común entre las masas ricas y la fractura principal de «La Rosa». A veces la prolongación ideal del filón atraviesa las masas según su eje longitudinal, y en otros puntos éstas se muestran desviadas al N. en los pisos superiores al 5.º, y hacia el S. en las inferiores, pero en estos casos suelen estar unidas al filón por grandes espacios huecos o chimeneas en que se encuentran hermosos ejemplares de cuarzo y galena cristalizada, penetrándose a veces mutuamente, o por otras cavidades totalmente rellenas por fragmentos de «plomo», es decir, de galena no cristalizada.

También es interesante la observación de que algunas vetas de galena paralelas a la dirección media del filón atraviesen longitudinalmente las masas cuarzosas, aun cuando habitualmente la metalización de ellas sea muy irregular, integrada, como ya indicamos, por algunos gruesos nódulos e innumerables partículas plomizas íntimamente mezcladas al cuarzo blanco o ligeramente amarillento.

Al bajar de la planta 5 a la 6 siguiendo una chimenea excavada en el relleno del yacimiento y que dista unos 200 metros del pozo «San Juan», tuvimos ocasión de observar que los hastiales del filón primeramente paralelos entre sí, más abajo se curvan y separan gradualmente; la grieta se hace más ancha, e insensiblemente se produce el paso del relleno filoniano a masa cuarzosa rica en galena, toda ella muy dura y compacta, encerrada entre hastiales de pizarra silícea, o cuarcitas tabulares cuya superficie curva es en muchos puntos alabeada reglada y en otros por completo irregular.

## VI

**Edad probable y origen de las fracturas metalizadas.—Algunas ideas generales sobre Metalogenia.—Diversas teorías genéticas referentes a formaciones filonianas.**

En la región meridional de Ciudad Real los filones no se encuentran nunca recubiertos por terrenos más modernos que el Siluriano, donde arman, y la determinación de su límite superior de edad se hace muy incierta para el haz cuya dirección es de E.-30°-S. aproximadamente. L. Gamboa ha hecho notar que otros filones de igual dirección situados más al S., y que encajan en pizarras cambrianas o silurianas, se detienen bruscamente en el contacto del Carbonífero inferior, lo que parece indicar para este haz filoniano que las fracturas se produjeron al final de los movimientos caledonianos.

Otros filones, cuya dirección varía de la E. a O. a la E.-NE., cortan y producen desplazamientos en algunas de las primeras fracturas, pareciendo justificado atribuirles edad herciniana, puesto que en varios parajes de Córdoba atraviesan la formación hullera con algunas vetillas de carbón (ver final capítulo III) y en otros cortan a las pizarras del Culm, mientras que el límite superior de edad queda marcado para este segundo sistema de fracturas por la edad anterior al Triás de la gran falla del Guadalquivir, que separó la Meseta central de las regiones a que más tarde afectaron los plegamientos alpinos. También se encuentran en aquellos campos filonianos algunas fracturas arrumba-

das de N. a S. que no ofrecen gran importancia; cortan a los otros haces y deben corresponder a los últimos movimientos hercinianos.

Creemos que a igual época deben atribuirse los filones de Linares y los cuatro sistemas que forman el campo filoniano de La Carolina, teniendo en cuenta que esta región fué intensamente afectada por los plegamientos hercinianos sin haberse encontrado indicio alguno de los caledonianos, y por otra parte se ha observado que los filones metalíferos no atraviesan la arenisca roja triásica subhorizontal que cubre parcialmente las mesetas tabulares en las inmediaciones de Linares.

Como excepción puede citarse un filoncillo que aflora en la trinchera del ferrocarril Linares-La Carolina, inmediata a la fundición de La Tortilla, y corta un banco de arenisca; su dirección es NE., con 77° de inclinación, y en la ganga abunda la hematites, asimismo se ha señalado que un crestón de cuarzo y galena del filón del «Mimbre» corta las areniscas rojas del borde de La Laguna.

Conviene hacer notar que en La Carolina los filones del haz E.-15°-S. a O.-15°-N., posteriores a la consolidación del granito y de los pórfidos cuarcíferos, cuyos fragmentos angulosos forman frecuentemente parte del relleno, parecen ser de edad anterior a las otras fracturas. Estos filones de dirección O.-15°-N. van muchas veces encajados en el granito, y en la zona de pizarras silíceas de «El Guindo» encontramos el pórfido cuarcífero blanco atravesado por una delgada vena de galena, mientras que en «El Centenillo» el filón «Mirador», cuya dirección es O.-25°-S., ha producido fallas en los filones «Perdiz» y «Pelaguindas», pertenecientes al haz de dirección E.-15°-S. Sobre los hastiales del «Mirador» se observan estrías horizontales de resbalamiento que atestiguan movimientos posteriores a la producción de

la fractura principal, que han producido el salto de los otros filones cruceros más antiguos, sin duda.

En cuanto a génesis de estos campos de grietas, les creemos estrechamente relacionados con los grandes hundimientos que a consecuencia de una decompresión se produjeron al final del Carbonífero. El descenso en masa de los segmentos dislocados de la corteza, según los planos de fracturas, a veces colosales como la del Guadalquivir, fué sin duda acompañado por la producción de otras grietas y fisuras tectónicas paralelas a la principal, aunque de menor amplitud, simultáneamente con otro sistema de fracturas que cortan a las primeras según ángulo considerable, siendo ambos resultantes de un mismo esfuerzo de torsión, de modo análogo a lo comprobado por Daubrée en sus clásicas experiencias.

Nos parece justificado clasificar los de esta región en la categoría de los verdaderos filones tectónicos, y admitiendo la relación tan frecuentemente comprobada entre las dimensiones en longitud y profundidad, se deduce que muchas de las fracturas reconocidas en el distrito Linares-Carolina, cuya longitud excede de 10 y aun 15 kilómetros, *deben alcanzar en profundidad a la zona de anamorfismo*, es decir, que su límite inferior no se encuentra al alcance de los trabajos mineros, sino mucho más allá de la profundidad accesible.

En cuanto a la importancia de la erosión sufrida que, según L. de Launay (14) (t. I, pág. 167 y t. III, pág. 77) parece probable haya avanzado hasta el punto de destruir tal vez la mayor parte de la primitiva altura de las fracturas metalizadas, explicándose así científicamente, según dicho geólogo, el que, a diferencia de lo observado en Pzibram y otras grandes minas de plomo-zinc-plata, sea un hecho repetidamente comprobado por los prácticos del distrito Linares-

Carolina la desaparición de la galena a partir de 300 a 400 metros de profundidad; *nosotros opinamos de modo sensiblemente distinto a lo indicado por dicho ilustre profesor.*

Ante todo conviene hacer resaltar que, como indicamos detalladamente en el capítulo anterior, la galena lejos de desaparecer se presenta formando inmensas columnas metalizadas más extensas y potentes que las de los niveles superiores en sectores de algunos yacimientos que se hallan a más de 500 metros bajo la superficie, y alcanza en «Ojo Vecino» profundidad mucho mayor. Además del conjunto de las observaciones y leyes metalogénicas que a continuación iremos exponiendo, se deducen a nuestro juicio argumentos poderosos en apoyo de la tesis que adoptamos, o sea *la prolongación y aun el enriquecimiento en profundidad intermedia* de varios de los yacimientos de plomo de La Carolina.

**Algunas ideas generales sobre Metalogenia.**— Sin pretender entrar en detalles de las múltiples y contradictorias teorías concebidas por eminentes geólogos para explicar los oscuros fenómenos de diferenciación magmática, partida y ascensión de los metales, neumatolisis, origen de los metales filonianos y de las aguas mineralizadoras; causas de precipitación primaria; alteraciones secundarias de origen profundo y superficial, etc., vamos a tratar de condensar algunas de las ideas que, dadas las modernas investigaciones, explican a nuestro juicio del modo más satisfactorio cada uno de los indicados procesos de la concentración metalífera, algunos aun muy dudosos, y por último, teniendo en cuenta nuestras observaciones directas en numerosas minas del distrito Linares-Carolina, precisaremos las leyes metalogénicas que creemos han regido allí la precipitación de sulfuros y gangas.



**Diferenciación magmática primordial.**—Es naturalmente este fenómeno uno de las más oscuros y en el cual no parece indicado llegar a afirmaciones concretas, sino tan sólo exponer las hipótesis más verosímiles.

Tal vez hallándose aún en estado gaseoso los diversos elementos que primeramente formaban parte de la nebulosa origen de nuestro planeta, se inició ya la diferenciación gravitatoria, no sólo en los tres grupos de creciente densidad que más tarde han formado la atmósfera, hidro-esfera mas corteza silicatada y bari-esfera, sino que también los diversos metales del núcleo central empezaron a colocarse siguiendo una ley general aproximada de densidad creciente hacia el centro; aunque esa hipótesis no sea susceptible de demostración, un argumento poderoso en su favor es la extremada rareza de algunos de los metales más densos, como el oro y los del grupo del platino, nunca encontrados en masas importantes y formando sólo muy pequeña proporción de las rocas de la litoesfera consideradas como ricas en que primariamente se hallaban incluidos, mientras que el aluminio, sílice y metales alcalinos o terrosos de escasa densidad, dominan en la superficie.

Como esta ley no es general en absoluto, sino que admite excepciones, pues entre otras salta a la vista que el hierro bastante denso alcanza en la corteza terrestre muy grande difusión e importancia, es preciso admitir que ya en la nebulosa las proporciones relativas de los diversos elementos diferían enormemente; además, sabido es que no sólo a los metales raros pesados se atribuye participación importante en la constitución del núcleo interno actual, sino que, por múltiples razones y observaciones, para explicar la densidad media de nuestro globo y su elasticidad, se atribuye casi unánimemente al hierro, titanio y metales de su grupo una participación absolutamente predominante en dicho núcleo.

Al llegar a un estado más avanzado de condensación, refiriéndonos al magma interno, si suponemos que primeramente fuera una solución sólida homogénea de unos silicatos en otros, diversas causas de diferenciación lógicamente admisibles han podido actuar simultánea o sucesivamente.

Una de ellas es la misma acción gravitatoria, a que ya nos referimos, en la diferenciación de los gases y cuya influencia, al parecer segura, en la separación de las magmas ha sido modernamente muy puesta de relieve por Moroze-wiecz y R. A. Daly, suponiéndose que una gran masa de magma se separaría, de modo análogo a una solución salina, en un substratum denso y una zona superior más ligera cuya diferenciación sería favorecida por la presencia de los agentes mineralizadores. Ciertos elementos del magma son más solubles en ellos que otros, y así resultaría que un magma parcial rico en sílice y alcalis conteniendo también metales raros se acumularía en las niveles superiores, mientras que la fracción básica densa quedaría hacia el fondo.

Otra de las causas que pueden producir la separación de los magmas parciales en la masa primitiva y la constitución subsiguiente de los *magma basins* o cuencas magmáticas admitidas por Iddings, es la presión osmótica que empieza a actuar cuando el enfriamiento es desigual en distintos puntos de la masa, pues cuando una elevación de temperatura absoluta o relativa suministra localmente energía, una cierta cantidad de substancia disuelta ejerce en aquel punto la misma presión osmótica que una masa más grande en un punto más frío, y como consecuencia, según el principio de Soret, las substancias disueltas se desplazan hacia los sectores fríos en cantidad proporcional a la diferencia de temperatura; claro es que esta emigración de subs-

tancia en una solución viscosa sólo puede tener lugar muy lentamente, pero parece debe tenerse en cuenta sobre todo para espacios de tiempo casi ilimitados y en masas profundas de enfriamiento muy lento.

Según F. W. Clarke (6), es indudable la influencia que ejercen en la diferenciación magmática los materiales extraños procedentes de las rocas que atraviesa y en parte disuelve la masa ígnea al elevarse desde las profundidades hacia la superficie de la tierra. Esta acción puede ser muy débil o importante, según el carácter de la roca atravesada, la temperatura y presión; si un magma está saturado respecto a las sustancias contenidas en las paredes rocosas de la fractura por donde asciende, la acción disolvente ejercida será poco intensa, y al contrario, si no estuviera saturado, la disolución producida será a veces importante. Un magma basáltico tenderá a absorber sílice, y otro granítico absorberá en cambio más enérgicamente las bases.

Como ejemplo se ha observado que las lavas de algunas erupciones volcánicas incluyen bloques de caliza atacados en parte por el magma fundido, y H. J. Johnston Lavis, al tratar de los bloques lanzados por erupciones del Monte Somma, cita el caso de desaparición total de algunos fragmentos de caliza que dejan en las lavas un enriquecimiento parcial en sales de cal como señal de su naturaleza anterior. Siguiendo este orden de ideas, R. A. Daly ha llegado a sostener que un magma batolítico (*eats its way up*) corre su camino hacia arriba por acción disolvente sobre las rocas invadidas.

Sin embargo, el citado F. W. Clarke admite que no está generalmente aceptada esta generalización del proceso de asimilación de materiales extraños, y nosotros nos inclinamos a no concederle en los casos observados más que una intervención secundaria en los procesos de diferenciación.

La diferenciación gravitatoria, acentuada por la acción de los mineralizadores, tiende, como ya hemos dicho en párrafo anterior, a acumular estos agentes unidos a ciertos elementos, como la sílice y los feldespatos, en la parte superior de un depósito o «magma basins», mientras que los elementos ferromagnesianos más densos se reúnen hacia el fondo, cuyo orden debería verse reproducido en las erupciones, siendo emitidos primero las rocas más ácidas, y así realmente se ha observado en muchas regiones eruptivas.

Como excepción importante ha sido citada por Geikie (*The ancient volcanoes of Great Britain*, volumen II; página 477-1897) que en aquellas islas los productos ferromagnesianos han sido emitidos por las más antiguas erupciones, y las rocas ácidas vinieron más tarde. También merece notarse que en Yellowstone Park (U. S. of America), primero fueron emitidas lavas de composición media y más tarde tuvo lugar el fraccionamiento del magma en porciones básicas y ácidas. Aparte de estas y otras muy variadas excepciones, parece de todos modos muy verosímil que en general los vapores magmáticos arrastren a lo más alto de los depósitos magmáticos algunos de los más sublimables óxidos y silicatos junto con cloruros y fluoruros inestables cuyas sustancias deben ser las primeramente expulsadas al producirse una erupción.

Otro aspecto muy importante de la acción ejercida por los agentes mineralizadores es aumentar la fusibilidad de la masa magmática y disminuir su viscosidad, facilitando en consecuencia las cristalizaciones. La diferenciación producida por cristalización fraccionada ha podido alcanzar gran importancia en algunos casos, según admiten G. F. Becker, L. Vogt y F. W. Clarke, entre otros autores.

El magma, ya esté formando diques o lacolitos, se halla

encerrado entre paredes más frías que él, y a lo largo de estas superficies de enfriamiento los menos solubles o menos fusibles cuerpos cristalizan primero. El proceso es acentuado por la acción de las corrientes convectivas, y la porción de la masa ígnea que se solidifica más tarde es la de fusibilidad máxima, aproximada a una mezcla eutéctica. El centro del lacolito tendrá así una composición distinta de la que muestren sus partes externas.

Cuando existan entre los diversos minerales diferencias de densidad considerables, como ocurre en las magnetitas titaníferas de los Adirondacks al separarse de las rocas ligeras procedentes de la misma masa magmática, los cristales pueden reunirse en el fondo y formar una capa distinta de las superiores. Según J. F. Kemp (19 *Th. Ann. Rept. U. S. Geological Survey*, pt. III, 1899), bastan ligeras diferencias de densidad para producir este resultado, y en las lavas del Vesubio se ha comprobado que los cristales de leucito suben a la parte más alta, mientras que los de augita se hunden hasta el fondo.

A más de los ya mencionados agentes de diferenciación, debe ser tenida en cuenta la presión, para cuyo modo de acción cabe admitir el siguiente proceso: En un magma fundido bajo fuerte presión, se produce por las causas ya indicadas una cristalización parcial; los cristales formados más densos, se hunden, mientras que el líquido madre se acumula hacia la parte superior. Este líquido es expulsado primero cuando se produce una erupción, y luego, como resultado de la subsiguiente disminución de presión, aumenta la fusibilidad de la materia cristalizada, volviendo a licuarse una parte o la totalidad de los cristales, que serán expelidos en una posterior erupción, y así ocurrirá que el magma primeramente homogéneo dará lugar a la emisión de dos lavas distintas.

También pueden formularse en contra de esta hipótesis objeciones fundadas que prueban no debe atribuirse a su acción influencia decisiva, y entre ellas debe tenerse presente que, si bien al producirse una erupción la baja de presión aumenta la fusibilidad, la falta de los gases que se escapan de la masa actúa en sentido contrario, o sea elevando el punto de fusión.

**Partida y ascensión de los metales.—Neumatolisis.**—La influencia ejercida por los agentes mineralizadores, singularmente vapor de agua, cloro, boro, flúor, arsénico, azufre, selenio, telurio, etc., facilitando la movilidad de magma y la separación de metales que se desprenden de la masa formando compuestos volátiles, es un hecho muy vulgarizado, generalmente admitido y de cuya acción quedan testigos en muchos minerales que los encierran en estado de inclusiones.

No insistiremos tampoco, por ser muy conocida, en la relación que parece existir entre aquellos fenómenos de neumatolisis profunda y los observados en las fumarolas cloruradas, sulfuradas y carbónicas de los volcanes actuales.

Creemos, sin embargo, oportuno hacer notar que, mientras ciertas concentraciones metalíferas tales como los yacimientos de inclusión y segregación magmática se conciben con una limitada intervención de los mineralizadores, una acción muy intensa del vapor de agua, azufre e hidrocarburos, así como el juego vertical de los segmentos fracturados de la corteza, parece esencial para explicar el desplazamiento primordial de los metales en el caso de las formaciones filonianas.

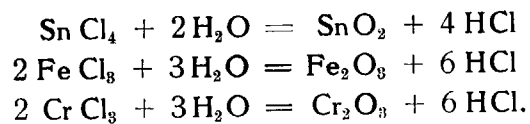
Un argumento importante en favor de que a veces no haya sido precisa la acción de los mineralizadores para producir el desprendimiento y transporte de los metales que



habitualmente se encuentran en yacimientos de inclusión o segregación directamente relacionados con el núcleo ígneo, es que a muy alta temperatura se ha comprobado la posibilidad de volatilizar los cuerpos más refractarios.

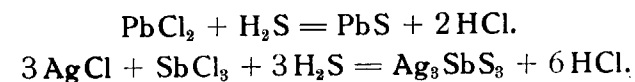
En el horno eléctrico, con temperaturas alrededor de 3.000 centígrados, se ha llegado a vaporizar toda una serie de elementos y compuestos que se consideraban muy difícilmente fusibles, tales como hierro, uranio, oro, platino y aun la sílice y magnesia. También el zircón y el cuarzo han sido llevados al estado líquido en dicho horno, alcanzándose a temperatura extremada su punto de ebullición, y se ha observado que al disminuir la acción térmica, los vapores así producidos cristalizan nuevamente en los minerales originales.

Sin embargo, otras experiencias parecen indicar la acción de mineralizadores en la separación y desplazamiento de metales que habitualmente se presentan en yacimientos oxidados profundos, frecuentes como segregaciones del magma básico. Estos metales cromo, níquel, hierro y otros muestran a altas temperaturas fuerte afinidad con el cloro, produciéndose combinaciones haloideas muy volátiles que se oxidan en presencia del vapor de agua y dan lugar a depósitos de óxidos metálicos; como ejemplo citaremos, entre otras reacciones admisibles, las siguientes:



También el rutilo, la crookita, el corindón, magnetita, la espinela zincífera y otros minerales pueden ser reproducidos de similar manera, y el flúor en estas reacciones puede substituirse al cloro. Haciendo actuar al hidrógeno sulfura-

do en vez del vapor de agua, Durocher consiguió las combinaciones sulfuradas galena, blenda, argentita, estibina, así como los sulfo-antimoniuros y sulfo-arseniuros, tetraedrita, pirargirita, proustita, etc., siguiendo probablemente la doble descomposición indicada en las siguientes ecuaciones:



Así como en los yacimientos de inclusión o segregación ya indicamos puede admitirse una acción nula o muy restringida de los mineralizadores, en el caso de yacimientos filonianos su acción ha debido ser esencial, y la unión de aquellos agentes con el plomo, plata, zinc y otros metales del grupo, tuvo lugar no sólo en los numerosos casos en que ahora se nos presentan asociados, formando combinaciones tales como sulfuros, seleniuros, telururos o cloruros, sino también en casos de presentarse actualmente como metales nativos. Entre otras reacciones merece citarse la formación de argentita, actuando el hidrógeno sulfurado sobre la plata, que más tarde puede reducirse de nuevo a plata metálica por la acción del vapor de agua sobrecalentado; de este fenómeno, la asociación de argentita y plata nativa estudiada por Vogt en el yacimiento de Konsberg, muestra ejemplos muy notables.

Conviene hacer resaltar que a las elevadísimas presiones y temperaturas reinantes en el núcleo interno, muy superiores a la temperatura crítica del agua, la distinción entre soluciones líquidas y gaseosas deja de ser bien definida. También es de extrema importancia la comprobación experimental de que a tan altas temperaturas el ácido carbónico y el vapor de agua actúan como ácidos muy energícos capaces de desalojar la sílice de sus combinaciones.

Al producirse por causas no bien determinables, pero entre las que parece verosímil el impulso debido a hundimientos de la corteza, un movimiento centrifugo de una parte del magma que al alejarse del centro originando fracturas o aprovechando las existentes se verá sometido en general a disminuciones de temperatura y presión, los metales relativamente densos que forman los rellenos filonarios debieron empezar su ciclo de ascensión formando con los agentes mineralizadores o catalizadores combinaciones múltiples en que, a más de cloruros y fluoruros, dominan los sulfuros, carburos y carbonatos de dichos metales densos, disueltos en las aguas juveniles ricas en hidrógeno sulfurado y otros gases, sulfuros y carbonatos alcalinos suministrados por la capa superior del magma, rica en silicatos alcalinos atacables por el vapor de agua y ácido carbónico.

**Sucinta indicación de teorías sobre génesis de los rellenos sulfurados.**—Entre las numerosísimas teorías ideadas para explicar la formación de los filones metalíferos, las de la congeneración y por descenso, aunque aplicables en algunos casos muy particulares, se consideran ya fuera de discusión como inaceptables en general, y no creemos que con ellas guarde ninguna relación genética los yacimientos sulfurados de la región que estudiamos.

La teoría de la secreción lateral alcanzó gran difusión y fué defendida por muchos tratadistas, siendo Sandberger quien las desarrolló y definió en toda su amplitud, tomando como base el resultado de numerosos análisis de rocas y minerales.

Según sus hipótesis, todos los rellenos de las grietas derivan de la roca inmediata de donde han sido extraídos por las aguas de infiltración superficial, para volverse a deposi-

tar más adelante en los vacíos de las grietas metalizándolas gradualmente. Como ejemplo saliente se citan los filones encajados en el gneiss de la Schwarzwald, cuyos metales pesados se suponen derivados de la mica negra de aquella roca, atribuyéndose a la variable proporción de metales contenidos en la biotita la variación de los caracteres de los minerales de la región. Para el geólogo alemán R. Beck, deben atribuirse a secreción lateral las plaquitas de hematites parda manganesífera incluidas en fisuras de las areniscas que, concentrándose a veces en venas de cierta importancia, han dado lugar a comienzos de explotación en varios parajes de la Suiza Sajona; en apoyo de este origen se ha observado que la magnetita y otros minerales de hierro se encuentran en pequeñas partículas diseminadas en aquellas areniscas, así como también algunas concentraciones de hierro manganesífero formando nódulos. Al mismo orden de fenómenos atribuye dicho autor los filones de hierro encontrados en las tobas diabásicas ferríferas del valle del Lahn y los de manganeso encajados en la porfirita con hornablenda de Ilfeld, en el Harz, cuyos filones se empobrecen bruscamente a 12 metros de profundidad, indicando así la dependencia de su mineralización respecto a las aguas oxidantes y carbonatadas de infiltración superficial.

Aceptable esta teoría para limitado número de casos particulares, pueden reunirse múltiples argumentos de distinta índole para demostrar que resulta errónea en la mayoría de ellos y negar su generalización; merecen citarse los numerosos y detallados análisis que en contradicción con los de Sandberger llevó a cabo A. W. Stelzner, auxiliado por varios químicos especializados, sobre una completísima serie de rocas del clásico distrito de Freiberg. Con ayuda de disoluciones Thoulet y Klein, el gneiss fué fraccionado en sus componentes mineralógicos, obteniéndose

así cantidades suficientes de cada especie mineral inalterada; a pesar de las precauciones adoptadas, la biotita encerraba siempre pequeñísimas inclusiones de sulfuros metálicos y fué precisa una segunda pulverización para separar por el bromo las porciones piritosas de las micas.

El resultado de los análisis de Stelzner, Schulze y otros químicos, fué singularmente interesante y francamente destructor de la teoría, pues todos los análisis de las micas paradas demostraron la existencia en ellas de pequeñas proporciones de níquel y cobalto, al par que absoluta ausencia de plata, zinc, plomo y cobre, que son los metales con inmensa diferencia dominante en el relleno de aquellos filones; análogas investigaciones con igual resultado negativo se han hecho en filones auríferos de Australia. Aunque como consecuencia de tan poderosos argumentos y demostraciones en contra quedó por completo descartada la generalización de esta teoría, modernamente Van Hise ha defendido de modo brillante que los metales concentrados en grandes yacimientos del valle del Misisipi se derivan inmediatamente de las calizas cambro-silurianas de aquella región, aunque antes estuvieron incluidos en rocas de origen desconocido que se disolvieron en la zona de meteorización, siendo entonces arrastrados los metales al mar, donde se precipitaron en mínimas proporciones simultáneamente con la formación de las calizas.

Las teorías de la inyección directa en los filones de una materia fundida rica en metales procedentes del magma profundo y la de sublimación, según la cual los metales se han desplazado en estado gaseoso llegando hasta los puntos de concentración sin pasar por el intermedio de disolución acuosa, tomadas en sentido estricto o intentando su generalización, se ha demostrado que son inadmisibles; sin embargo, veremos más adelante que, tomadas en sentido

restringido, es lógico reconocer la probable influencia de la ascensión de rocas ígneas ricas en metales para determinar los anormales enriquecimientos en sales metálicas de las aguas termales de ciertas regiones, así como también ya indicamos el importante papel que la sublimación o neumatolisis debió ejercer en la partida y ascensión de los metales derivados primariamente de un magma silicatado fundamental de composición homogénea y acidez media.



## VII

**Teorías hidrotermales estricta y modificada.—Leyes aplicables a los yacimientos de La Carolina.**

Estas interesantes teorías cuyas primeras ideas, aun embrionarias, parecen ser las contenidas en un notable trabajo publicado en 1847 (*Boletín de la Sociedad Geológica de Francia*) por Elie de Beaumont, haciendo resaltar las conexiones entre los filones metalíferos y el núcleo ígneo, fué extendida más tarde basándose en numerosos trabajos de H. Müller, Scheerer, Von Cotta, A. W. Stelzner y otros geólogos alemanes. También fué sostenida en Francia por Daubrée, Fuchs y de Launay y por varios geólogos norteamericanos; mas puede decirse que de los estudios de Posepny y Stelzner data su completo desarrollo y universal aceptación.

Como síntesis de la teoría hidrotermal, creemos de interés reproducir una brillante definición contenida en el último trabajo del tantas veces citado A. W. Stelzner:

«Según todo lo que precede, los hechos observados se explican de manera satisfactoria si admitimos que las soluciones que llenaban las grietas no eran aguas superficiales, sino aguas de manantiales, que ellas poseen en diferentes lugares y tal vez también en distintas épocas una manera de ser diferente desde el punto de vista físico y químico y que han aportado en su mayor parte de la profundidad las materias que ellas depositaban en los filones, y en pequeña

parte solamente las que provenían del lavado de las masas rocosas atravesadas por estas hendiduras.»

Entre los argumentos muy numerosos y convincentes que justifican la teoría así formulada, se destaca la solubilidad comprobada de todos los minerales y gangas filonianas en grandes volúmenes de agua sobrecalentada conteniendo ácido carbónico más otros gases y ácidos diluidos; también es de interés en igual sentido la frecuencia de las inclusiones líquidas en el cuarzo y otras gangas, así como en las blendas y minerales de plata roja.

Otro de los más sólidos apoyos de la hipótesis termal es la comprobación experimental de la presencia en las aguas hidrotermales actuales de elementos metálicos y no metálicos de igual especie que los dominantes en la composición de menas y gangas filonianas. Los notables estudios de L. de Launay sobre este tema contienen infinidad de observaciones y pruebas, de las que sólo citaremos alguna muy saliente: El flúor, ácido titánico y oro en pequeña proporción, han sido hallados en Carlsbad. El hierro, cloruro de sodio, sales alcalinas diversas, cal, magnesia, bario, aluminio, boro y otros varios elementos han sido determinados— así como los gases sulfuroso, sulfhídrico, ácidos bórico y sulfúrico—, según todo el mundo sabe, en muchos de los manantiales termales tan abundantes en España, e iguales comprobaciones se han hecho en todos los países de la tierra. El cobre ha sido determinado en un manantial de Saint-Moritz; la pirita aurífera, en las aguas calientes de Taupo (en Nueva Zelandia), etc., no habiéndose aún realizado respecto al plomo y plata comprobaciones indudables.

Asimismo es digna de tenerse en cuenta la frecuencia con que se ve brotar de los filones metalíferos manantiales termales. Por ejemplo, en Plombières, al S. de los Vosgos,

un gran número de manantiales mineralizados surgen del granito a una temperatura que varía de 15 a 20°, llegando solo una fuente a alcanzar 73°, y dominando el silicato de potasa en las sales disueltas, cuya proporción no excede de 0,03 gramos por litro. Cuando las labores de captación penetraron en el granito, se cortaron varios filones de cuarzo y fluorina, cuyas sustancias impregnan también gran parte de la masa granítica y la arenisca abigarrada que lo recubre; además de aquellos minerales dominantes, los filones contenían un poco de pirita de hierro, hematites roja y baritina. A lo largo de las salbandas filonianas corren las aguas que alimentan las fuentes termales, demostrándose que formaciones semejantes se depositan actualmente de aquellas aguas, por la presencia de pequeños cristales de fluorina en medio de la mampostería romana y por toda una serie de nuevas formaciones que derivan de reacciones entre las aguas termales y los elementos del hormigón de época romana. En los huecos de muros de ladrillo se han depositado cristales de diversas zeolitas acompañadas de ópalo y aragonito.

Prescindiremos de transcribir otra multitud de ejemplos citados por los tratadistas y haremos notar que, en contra de su valor metalogénico, se ha elevado la objeción de que la gran mayoría de las fuentes termales sólo producen depósitos superficiales y que no engendran depósitos concrecionados en los canales por donde circulan en el interior de la corteza terrestre.

A primera vista este argumento negativo parece poderoso, pero puede rebatirse completamente por dos series de razones. Una de ellas es que nada tiene de extraño que no depositen metales en la superficie las aguas que suponemos cargadas de sales metálicas en la primera parte de su ciclo ascendente, pues como más adelante detallaremos,

varias causas de precipitación tales cual la disminución de temperatura y presión, mezcla de soluciones y otras, actúan durante la circulación subterránea, dando como resultado que antes de alcanzar la superficie las aguas ascendentes se hallen en general casi totalmente desprovistas de metales.

Refuerza el valor de este razonamiento la observación hecha de que, a pesar de dichas causas de precipitación, algunas de las aguas de circulación profunda, analizadas en puntos distantes de la superficie, conservan metales disueltos y los depositan en canales subterráneos cuyo acceso se ha hecho posible merced a labores mineras.

Citaremos tan sólo como muy saliente el caso célebre de los Steamboat Springs, en el Estado de Nevada, cerca del Comstock Lode: El subsuelo de aquella región se compone de granito recubierto por capas triásicas y jurásicas que atraviesan andesitas y basaltos, en cuya proximidad brotan aguas muy calientes, ricas en gases, principalmente ácido carbónico e hidrógeno sulfurado. En los depósitos silíceos de aquellos manantiales se encuentran sulfuros metálicos, y analizado un ejemplar de 3.403 gramos que se presentaba coloreado de rojo por la metaestibina, se determinaron varios compuestos metálicos en la proporción siguiente:

	(SbAs) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> . . . . .	78,038	gramos.
Oro . .	0,0034	gramos.	Plata . . 0,0012
HgS . .	0,0070	»	PbS . . 7,0020
CuS . .	0,0424	»	FeO . . 3,5924

Una galería excavada a gran profundidad bajo la superficie, cerca de los citados manantiales, ha cortado una grieta por la cual había corrido el agua termal, y en aquella

hendidura se había depositado una ganga cuarzosa con cinabrio, mostrando estructura en costras bien caracterizada. Por no extendernos demasiado omitiremos el detallar las observaciones hechas en el Sulphur Bank, cadena costera de California, que son en extremo instructivas, pues se ha comprobado que las aguas termales profundas depositan cinabrio, piritita y ópalo, con la particularidad de que el ácido silícico se muestra en diversos estados de consolidación, desde el gelatinoso a la calcedonia, alternando con costras de cinabrio y pirititas.

Dando por terminada la sucinta exposición de la teoría hidrotermal en su forma pura y estricta, vamos a intentar resumir otra teoría intermedia entre las de la ascensión y termal, cuya teoría intermedia, sostenida por Emmons, Le Conte, Ch. R. van Hise y otros ilustres geólogos, parece muy de acuerdo con la mayoría de los datos y observaciones experimentales modernamente acumuladas.

Según esta teoría, las materias fundamentales de los rellenos filonianos proceden del lavado, no ya de las rocas de la caja, sino de rocas intrusivas, generalmente ígneas, situadas habitualmente a gran profundidad. Como argumento poderoso en contra de la tesis termal estricta y en favor de la que acabamos de indicar, se ha enunciado la probable falta de fracturas y aun de fisuras capilares que permitan la circulación del agua a profundidades superiores a 12 o 15.000 metros, idea corroborada en parte por la escasez de filtraciones encontradas en las labores mineras y sondeos más profundos.

En la generalización de las leyes indicadas se admiten los supuestos siguientes:

Los yacimientos metalíferos provienen generalmente de soluciones alcalinas, por ser éstas el agente natural de disolución de los sulfuros metálicos que dominan en la forma

primitiva de los depósitos; las menas deben proceder de aguas a temperaturas y presión elevadas que favorecen su poder disolvente respecto a las sales metálicas.

Las aguas mineralizadoras pueden moverse en todos sentidos: descendente, ascensional y lateral; pero donde se observan concentraciones, el movimiento ha debido ser en general ascendente, pues en tal sentido la subsiguiente disminución de temperatura y presión ha favorecido sin duda esencialmente las precipitaciones metalíferas primarias. Los depósitos pueden producirse en todos los conductos seguidos por las aguas mineralizadoras, no sólo en las grandes grietas o canales del ciclo ascendente, sino también, aunque más raramente, en las fisuras por donde descienden o se desplazan lateralmente, y aun en conductos capilares o en los poros de ciertas areniscas.

Aunque según esta tesis los depósitos metálicos pueden encontrarse en toda clase de regiones, debe admitirse su mayor número y magnitud en las regiones montañosas muy plegadas y en aquellas donde dominen rocas metamórficas e ígneas, por cuanto la termosfera está en ellas más próxima a la superficie y porque las grandes grietas facilitan el acceso de las soluciones ricas ascendentes.

Respecto al desprendimiento de gases de las rocas intrusivas, aun después de solidificadas, son de mucho interés los resultados obtenidos por A. Gautier (*Comp Rend, Ac. Sc.* vol. 131, 1900, pág. 647; vol. 132, 1901, págs. 58 y 189, etc.) corroborando anteriores experiencias de Tilden y Travers.

Dos muestras del mismo granito recogidas en épocas distintas y calentadas a 100° en el vacío con ácido fosfórico, dieron los siguientes gases medidos en centímetros cúbicos por kilogramo de roca:



*Gases emitidos por el granito en el vacío a 100°:*

	<u>Primera.</u>	<u>Segunda.</u>
HCl y SiF <sub>4</sub> . . . . .	trazas	trazas
H <sub>2</sub> S . . . . .	1,33	22,70
CO <sub>2</sub> . . . . .	272,60	237,50
Hidrocarburos . . . . .	12,30	5,30
H <sub>2</sub> . . . . .	53,05	191,48
N <sub>2</sub> (con argón) . . . . .	232,50	102,48
<b>TOTALES . . . . .</b>	<b>571,78</b>	<b>559,46</b>

*Gases emitidos por el granito a 300°, con agua:*

	<u>Primera.</u>	<u>Segunda.</u>
H <sub>2</sub> S . . . . .	1,3	1,0
CO <sub>2</sub> . . . . .	7,2	5,3
H <sub>2</sub> . . . . .	46,0	14,6
N <sub>2</sub> . . . . .	0,3	5,9
<b>TOTALES . . . . .</b>	<b>54,8</b>	<b>26,8</b>

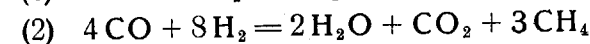
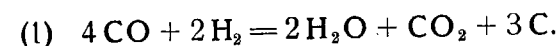
De aquí resulta que la acción del agua sobre una roca ígnea calentada moderadamente tiende a desarrollar gases muy parecidos a los que emiten los volcanes activos, y calentada al rojo, en polvo y en el vacío, estas rocas emiten mucho mayor volumen de gases, siendo éstos aun más análogos a los volcánicos.

Con objeto de probar que los gases no estaban meramente incluidos en la roca, los experimentos de Gautier fueron ampliados en diversos sentidos, argumentando que si los gases estuvieran simplemente incluidos no variarían en composición durante el proceso de extracción, mientras que es lógico varíen los gases engendrados por el calor al dar éste lugar a reacciones entre los elementos de la roca. Este segundo supuesto fué comprobado en los granitos

cuando dos fracciones del gas se examinaron separadamente. Los análisis dieron los resultados siguientes:

	<u>Primer tercio.</u>	<u>2 tercios restantes.</u>		<u>Primer tercio.</u>	<u>2 tercios restantes.</u>
CO <sub>2</sub> . . .	20,19	6,13	CH <sub>4</sub> . . .	2,04	0,80
H <sub>2</sub> S . . .	1,28	0,41	H <sub>2</sub> . . . .	75,54	91,64
CO . . .	0,57	1,02	N <sub>2</sub> . . . .	0,30	0,30

En otra serie de experimentos el mismo operador encontró que el hidrógeno a altas temperaturas reacciona con el óxido de carbono formando ácido carbónico, agua y carbono libre o metano. Entre 900 y 1000° las reacciones parecen ser (1), y entre 1200 y 1220° las (2):



De estas reacciones que parecen ser contradictorias, pero que dependen de las condiciones variables de temperatura y concentración, se deduce la explicación de la coexistencia del vapor de agua, hidrógeno y los dos óxidos de carbono en los gases volcánicos, así como en los obtenidos calentando rocas ígneas en presencia del agua. Esta mezcla de gases, que a veces contiene trazas de ácido fórmico, es potente agente reductor que obra sobre los silicatos de hierro en sentido opuesto al oxidante del vapor de agua actuando aisladamente. Resulta así que se producirán oxidaciones o reducciones según que el vapor de agua o el bióxido de carbono predominen entre los gases emitidos por los volcanes o por las rocas ígneas calientes en presencia del agua.

Pasando ahora al contenido en metales pesados, puede decirse que la presencia del cobre, plomo, plata, bismuto,

níquel, estaño, arsénico, antimonio, etc., a más de los metales comunes hierro y manganeso, en las rocas ígneas es un hecho comprobado por muchos químicos eminentes en innumerables ensayos y análisis de precisión. Las consecuencias de carácter general deducidas de este hecho en apoyo de la teoría de la secreción lateral desarrollada por Saudberger, ya sabemos han sido rebatidas decisivamente por Posepny y A. W. Stelzner; pero, sin embargo, la vasta difusión de los metales pesados en las rocas ígneas, aunque en pequeñas proporciones, es un argumento poderoso en favor de la teoría que supone la derivación de los metales filonianos de las masas intrusivas profundas, cuya riqueza en metales pesados debía lógicamente ser mayor que la de las rocas silíceas relativamente ligeras y superficiales que han sido analizadas.

En Leadville (Colorado) las porfiritas y riolitas contienen plomo, plata y zinc, siendo 0,002 por 100 de PbO el máximo de plomo determinado, y de 0,0265 onzas por tonelada la mayor ley en plata. El oro y la plata han sido hallados en los pórfidos cuarcíferos de Eureka por J. S. Curtis, y por S. F. Emmons en las rocas ígneas de Custer County, mientras que en las cenizas volcánicas del Cotopaxi se ha encontrado plata en proporción de 1 a 83,600, y en la proporción de 1 a 107,200 en las del Tunguragua, perteneciente a la misma cadena de los Andes, cuyas proporciones se acercan mucho a las medias encontradas en los pórfidos del distrito plumbífero mencionado. Las cenizas recientes del Vesubio contienen, según E. Commanduci, 0,0854 por 100 de óxido de cobre y 0,0038 de óxido de cobalto.

Los sulfuros de los metales pesados pueden ser disueltos sin alteración o descompuestos por el agua pura, según han probado repetidos experimentos. En una serie de experiencias, C. Doelter sometió los sulfuros naturales en polvo

fino encerrados en tubos de vidrio a la acción de una temperatura de 80° durante treinta a treinta y dos días, y en una segunda serie de experiencias que duraron veinticuatro días, una solución de sulfuro de sodio fué empleada en vez del agua pura. Según consigna F. W. Clarke, se obtuvieron las siguientes cantidades de materia disuelta por 100 de disolvente:

Sulfuros naturales.	Agua pura a 80°	Agua con sulfuro de sodio.
Galena . . . . .	1,790	2,300
Estibina. . . . .	5,010	todo.
Pirita . . . . .	2,990	10,600
Blenda . . . . .	0,025	0,620
Chacopirita. . . . .	0,167	0,110
Bournonita . . . . .	2,075	3,900
Pirita arsenical. . . . .	1,500	3,200

En la mayoría de estas experiencias, aunque no en todas, la substancia disuelta tenía igual composición que la original, es decir, que se produjeron las disoluciones sin descomposición, cuya conclusión fué reforzada por el hecho de que en varios casos nuevas cristalizaciones se separaron de las soluciones al producirse enfriamientos. Tiene importancia el hecho así demostrado de la solubilidad de los sulfuros naturales en volúmenes relativamente grandes de agua pura, pero en general las aguas en la corteza terrestre no son puras, sino cargadas frecuentemente, como es muy sabido, no sólo de sulfuros y carbonatos alcalinos, mas también a veces de hidrógeno sulfurado, ácido carbónico y ácidos minerales enérgicos aunque muy diluidos, substancias todas ellas que ejercen variable influencia en el proceso de disolución y subsiguiente precipitación de los sulfuros metálicos naturales.

Volviendo a referirnos ahora a la génesis de las formaciones filonianas en que dominan los sulfuros, creemos que la brillante «teoría intermedia» sostenida por los antes citados geólogos norteamericanos debe aceptarse para una mayoría de casos, y según ella, a juzgar por el conjunto de nuestras observaciones directas en las minas de Linares y más especialmente de La Carolina, se explican satisfactoriamente los fenómenos esenciales que han debido determinar el depósito de las masas plomo-cuarzosas de aquella región.

No negamos, sin embargo, que la teoría hidrotermal estricta proporciona, a nuestro juicio, una explicación suficientemente lógica, aunque discutible, de la génesis de dichos depósitos, y al precisar nuestras ideas personales sobre los procesos de diferenciación, transporte y disolución de los metales, concentración y precipitación, atribuimos también parcial importancia a la acción de la neumatolisis, transporte en las aguas juveniles y reacciones producidas por las aguas descendentes de origen meteórico.

#### **Leyes metalogénicas aplicables en La Carolina.**

En cuanto a origen primordial de los metales, parece que desde luego debe desecharse la idea de una relación directa con las masas graníticas que afloran a la superficie, puesto que, según indicamos al describir varias minas, con frecuencia se encuentran fragmentos de granito formando parte del relleno filoniano e íntimamente unidos a los otros elementos concrecionados, de lo cual se deduce que el depósito metalífero debió producirse cuando el granito de la caja se hallaba completamente consolidado.

Más lógico parece admitir que al producirse las grandes fracturas tectónicas contemporáneas de la falla del Guadalquivir, y como consecuencia el violento descenso de impor-

tantes segmentos de la corteza de esta región fracturada, el magma interno sufrió una compresión gravitatoria que a su vez se tradujo en otros movimientos reflejos que impulsaron localmente masas de magma procedentes de la zona media y superior del núcleo interno metálico a desplazarse en sentido centrifugo, aprovechando fracturas y zonas de menor resistencia.

Así se concibe simultáneamente la formación de grandes masas de rocas intrusivas de origen ígneo que se aproximarían en algunos casos a la superficie, quedando más frecuentemente situadas en la base de la litosfera, siguiendo un lento proceso de consolidación bajo presión y temperatura elevadísimas, y también la inyección de parte del magma metálico en las fracturas más profundas de la litosfera, donde ya tal vez entren en contacto con las aguas infiltradas de la superficie hasta la profundidad en que, venciendo la temperatura a la acción de la capilaridad, impida la progresión de su descenso.

Partiendo del magma ya fraccionado al formar las grandes masas intrusivas aisladas en zona relativamente distanciada del núcleo central, o sólo diferenciado localmente, pero formando aun parte del núcleo, existen signos que indican en la región estudiada haber sido muy importante la acción de los mineralizadores, singularmente cloruros, fluoruros, ácidos sulfhídrico y carbónico y sobre todo vapor de agua magmático muy sobrecalentado, para producir la separación, volatilización y desplazamiento inicial del plomo y los metales a él asociados. A nuestro juicio, la enorme cantidad de cuarzo encontrada en el relleno de la mayoría de los filones es indicio de un ataque de los silicatos del magma por el ácido carbónico, y principalmente por el vapor de agua a gran temperatura y presión.



**Origen de las aguas mineralizadoras.—Primera hipótesis: Circulación profunda de infiltraciones superficiales.**—La demostración experimental de que aun en rocas calientes las acciones concurrentes de capilaridad y gravitatoria hacían posible el descenso del agua a través de considerables espesores de roca no fracturada, sirvieron de apoyo a una teoría según la cual una parte de la masa líquida procedente de precipitaciones meteóricas penetraba en la corteza por innumerables poros, fisuras, diaclasas y fracturas de gran magnitud; iniciaba su descenso obedeciendo a la gravedad, y al llegar a la zona de rocas densas poco fracturadas continuaba su descenso por atracción capilar, llegando a contacto con el núcleo interno que suministraría minerales y metales hasta entonces anhidros. Al llegar a este punto de su ciclo, el agua, ya conteniendo metales, sufriría una extrema elevación de temperatura, vaporizándose parcial o totalmente, e iniciaría el movimiento ascendente en cuya fase final tendría lugar el depósito de los rellenos metalíferos.

En contra de tales ideas se ha elevado la objeción poderosa de que a partir de 2 a 3.000 metros, y más aún sin duda a profundidades mayores, las rocas se hacen gradualmente compactas y son raras las fracturas utilizables para el descenso de las aguas meteóricas, en cuyas fracturas por otra parte no actuaría la capilaridad favoreciendo la penetración, sino que dominando la acción del aumento de temperatura tendería a producirse un movimiento ascendente, o sea en sentido contrario de lo supuesto, razonamiento negativo robustecido por la frecuente observación de escasez de fisuras y relativa sequedad en las labores mineras y sondeos más profundos.

Otra nueva forma de la teoría que atribuye primordial importancia a la circulación profunda de las aguas meteóricas, es la siguiente, que parece por completo admisible:

Se supone infiltrada el agua en la corteza por innumerables poros y fracturas de todas las dimensiones imaginables, y que el agua gana temperatura y poder disolvente al descender; sigue luego un movimiento lateral, y al llegar a las grandes grietas o canales principales de circulación, relativamente poco numerosos en comparación con los puntos de entrada, la elevación de temperatura favorece el movimiento ascendente y su vuelta a la superficie, habiendo o no entrado en contacto con masas de rocas segregadoras de metales, pero sin alcanzar jamás la zona de contacto con el núcleo ígneo central.

Dentro de esta teoría se concibe que una gran parte del agua infiltrada atravesase al descender y circular lateralmente rocas pobres en metales, o donde éstos se hallen formando compuestos difícilmente solubles, alcance los canales principales tras un corto recorrido y vuelva a la superficie sin haber ejercido acciones metalogénicas de importancia apreciable.

Otra parte del volumen total infiltrado debe por el contrario seguir un recorrido descendente y lateral mucho más largo a través de las pequeñas fisuras y conductos capilares en que el íntimo contacto con la roca atravesada y el llegar a alcanzar más elevadas temperaturas favorecen la acción disolvente, en cuyo proceso también influye que al alargarse el recorrido no sólo aumentan las posibilidades de encontrar masas rocosas que contengan metales o sales metálicas solubles en el agua cargada de oxígeno, ácido carbónico y sulfúrico muy diluido, sino que también hallándose extremadamente difundidos en la corteza el hierro y sus sulfuros, fácilmente oxidables, debe resultar que las aguas infiltradas desde la superficie adquieran una cantidad de ácido sulfúrico y sulfato férrico que aumentan singularmente su poder disolvente.

Una parte de los metales que en estado de diseminación, a veces en partículas pequeñísimas que difícilmente acusa el análisis, se encuentran con frecuencia en los sedimentos y otras veces en proporción más fuerte como componentes de los silicatos y otros minerales de las rocas endógenas ya solidificadas en la parte superior de la corteza, serán disueltos durante el período descendente de las aguas meteóricas, comunicando así a éstas una primera mineralización (débil a nuestro juicio en la generalidad de los casos) que dados los enormes volúmenes de agua circulantes durante el largo transcurso de tiempo verosímilmente exigido por los procesos metalogénicos, puede sin embargo con independencia de todo otro concurso, producir a veces en su período ascendente depósitos de importancia.

Mucho más importante, sin embargo, debe ser en general la aportación de metales disueltos realizada por las aguas magmáticas o juveniles, pues aun suponiendo su volumen mucho menor el poder disolvente de este agua sobrecalentada o en estado gaseoso en presencia de los mineralizadores, carbonatos y sulfuros alcalinos, resulta incomparablemente mayor. Otro factor importante para enriquecer en minerales y metales las aguas de circulación profunda no magmáticas debe ser en muchos casos, según ya indicamos al hablar de teorías genéticas en general, el lavado de las rocas intrusivas profundas que a temperatura aun muy elevada recién separadas del magma interno y en estado pastoso deben dejar escapar gases, tal vez vapores metálicos, y sobre todo al ponerse en contacto prolongado con las aguas descendentes elevarán su temperatura facilitando el proceso de disolución de los metales contenidos en la roca intrusiva y al mismo tiempo activarán por acción termodinámica el movimiento ascensional de las aguas ya ricas en sales metálicas.

**Segunda hipótesis: Acción dominante de las aguas juveniles.**—En esta teoría, que ya en párrafos anteriores queda fragmentariamente indicada, se prescinde por completo de la idea de masas intrusivas y se considera tan solo secundaria la acción de las aguas de origen superficial. Se supone que el agua formaba ya parte del núcleo ígneo central contribuyendo en unión de los otros agentes catalíticos y mineralizadores a la movilidad y diferenciación del magma silicatado, así como a facilitar la partida e iniciación del movimiento ascensional de los minerales y metales.

A las aguas descendentes se les atribuye, cuando estando muy calientes llegan a alcanzar profundidades considerables, la acción de—al mezclarse con las aguas juveniles—aumentar en unos casos enormemente el volumen de disolvente facilitando así el acceso de las soluciones a zonas más elevadas de la corteza, y en otros casos, por reacción química siguiente a la mezcla, producir desde luego precipitación de algunos de los elementos disueltos. Refiriéndonos al caso concreto de los yacimientos de La Carolina, creemos que como en las pizarras y cuarcitas de aquella región cambro-siluriana no se han encontrado hasta ahora proporciones apreciables de metales del grupo del plomo y el granito ya consolidado en la época de relleno de las fracturas tampoco debía ser susceptible de suministrar dichos cuerpos, puede considerarse como no apreciable la cantidad de metales derivable del lavado de rocas superficiales.

Ahora bien; los grandes movimientos tectónicos experimentados por esta parte de la Sierra Morena al final de la época hullera, generadores de fracturas y grandes descensos verticales de los segmentos rotos, hacen lógico suponer que simultáneamente con la impulsión de rocas graníticas que en la región Linares-Carolina tanta extensión ocupan

de la superficie, se produjo la de otras grandes masas intrusivas que quedaron a nivel profundo aun no accesible a pesar de la erosión, y asimismo otros desplazamientos centrifugos de aguas juveniles y gases hacia las fracturas más próximas al núcleo magmático central. En resumen, nos parece verosímil que a la acción conjunta de las aguas juveniles y las de circulación profunda de origen superior, actuando sobre las masas intrusivas, se puede atribuir la disolución primaria de los elementos que más tarde formaron los rellenos filonianos, aunque en rigor la segunda de tales acciones parece ser suficiente con exclusión de toda otra.

**Transporte de menas metálicas.—Precipitaciones primarias.—Mezcla de corrientes.**—El agua descendente que al llegar al período de circulación profunda se ha mineralizado durante el transcurso de un largo recorrido atravesando grandes espesores de estratos por medio de fisuras y conductos capilares, va adquiriendo gradualmente ácidos diluïdos, sulfuros y carbonatos alcalinos, etc., y aumentará singularmente su capacidad de solución y transporte de combinaciones metálicas al llegar eventualmente a contacto con las masas intrusivas pastosas que aportarían elementos mineralizadores y producirían una notable elevación de temperatura de aquellas aguas, iniciando así el período ascendente. En cuanto a las aguas magmáticas, se concibe aún más fácilmente la presencia de una gran abundancia de sulfuros y carbonatos alcalinos producidos por la acción del ácido carbónico, gas sulfhídrico y vapor de agua sobre los silicatos de la zona superior del núcleo bajo presión y temperatura altísimas.

Se producirían al mismo tiempo, a más de otros cuerpos que no interesan esencialmente para nuestro problema par-

ticular, gran cantidad de sílice, cloruros y fluoruros alcalinos, sulfuros, carburos y carbonatos de zinc y plomo acompañados de sulfuros y carbonatos alcalinos, preferentemente de sodio, que facilitan la disolución del zinc, plomo y demás metales asociados. Estas soluciones sobrecalentadas y ricas en vapores tienden a elevarse desplazándose hacia zonas más frías y donde disminuya la presión, siguiendo para ello las fracturas de la litoesfera, hasta llegar a mezclarse en los grandes canales con las aguas procedentes de la superficie.

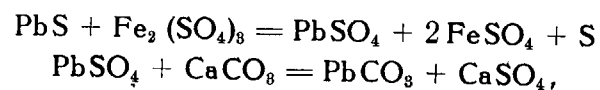
Unas veces la precipitación primaria tiene lugar en estos mismos canales principales situados a profundidad considerable bajo la superficie, y en otros casos la mezcla con los agentes de precipitación no tiene lugar hasta cerca de la superficie. Aunque en algunos casos sea suficiente la disminución de temperatura y presión para producir la precipitación de grandes masas de sales metálicas al alcanzar las soluciones profundas la zona superior relativamente fría, conviene hacer resaltar que, en general, es más directa e importante la acción química de cuerpos disueltos en las aguas descendentes cuya mezcla con los de origen profundo produce la precipitación de muchas sales metálicas.

Como reacción de esencial importancia para la génesis de los filones de La Carolina, merece citarse que, al encontrarse una solución de sulfuro de plomo en agua cargada de sulfuro y carbonato de sodio con otras soluciones que contengan ácido bórico, sulfúrico u otros ácidos diluïdos, o aun el débil ácido carbónico, se apoderan éstos de la base alcalina y ponen en libertad gas sulfhídrico que origina la precipitación de la galena.

Esta galena a su vez, en presencia de aguas ricas en oxígeno o sulfato férrico, originaría sulfato de plomo, y atacada la anglesita por aguas ricas en carbonato cálcico, se



produce cerusita, siguiéndose, entre otras, las siguientes dobles descomposiciones:



que idénticamente se producirían sobre menas de zinc.

Al encontrar una grieta o canal de circulación hidrotermal otras grietas o fisuras, claro es que por ellas pueden aportarse soluciones diversamente mineralizadas a la corriente principal, y ésta es sin duda una de las causas esenciales de la irregularidad frecuente en los rellenos filonianos. Se ha observado en muchos filones que al cortar otras fracturas también metalizadas se producían a veces excepcionales concentraciones de mineral, y otras veces también se produce enriquecimiento al cortar grietas estériles en el resto de su corrida. Como explicación de tales fenómenos, que también pueden ser inversos presentándose estériles los cruces, cabe admitir acción química precipitante producida por reacción entre las dos corrientes que se juntan, y también la acción mecánica de aumento del espacio hueco en el cruce, producción eventual de fisuras secundarias y pérdida de velocidad de las corrientes que chocan.

Conviene advertir que no siempre la acción precipitante o disolvente se producirá en el punto geométrico de intersección; será más natural que aquel efecto se haga sentir a una distancia del cruce función del ángulo de intersección, ancho relativo de fracturas, densidad, temperatura, volumen y velocidades relativas de las corrientes que chocan y se mezclan.

Como ejemplos notables en la región estudiada, merece citarse que algunos «filones norteados» o grandes diques cuarzosos, casi siempre estériles, adquieren riqueza en galena al cortar el filón principal de «El Guindo», y que esta

metalización sólo alcanza cortas corridas a contar de los puntos de intersección con la fractura rica en sales metálicas; otro filón de dirección E. a O. corta también el principal, según ya indicamos, en la zona que se extiende al O.-NO. del pozo número 1 de «El Guindo», y en las inmediaciones de dicho cruce se han reconocido árboles de galena de cubicación suficiente para justificar la perforación de un nuevo pozo, y asimismo en «La Culebrina», «Sinapismo» y «Rafaelito» se han encontrado en los norteados importantes árboles de galena.

También en la mina «La Rosa» puede observarse una influencia notable del cruce de fracturas, pues es en las proximidades de la intersección con el filón de «El Castillo» donde se verifica la transformación del filón simple de «La Rosa» en un *stockwerk* muy rico en galena. Allí, además, las masas graníticas vecinas han debido producir en las cuarcitas que atraviesa el filón una red de fisuras muy próximas entre sí que favoreciendo la circulación e íntimo contacto con la roca de las soluciones metálicas aportadas por los dos filones, dieron lugar a un enérgico ataque de la cuarcita, impregnándose ésta totalmente de sílice y galena, las cuales se precipitaron en mezcla tan íntima, que para separarlas es preciso acudir a pulverización y lavado.

**Origen de las gangas.**—Dejando aparte los compuestos metálicos que en pequeña cantidad se han encontrado acompañando a la galena en los filones de La Carolina, a saber: carbonatos de plomo, zinc y cobre; piritas de hierro, zinc y cobre, más algo de plata sulfurada unida al plomo en la zona superficial y raros sulfuros de níquel, las gangas dominantes son: el cuarzo muy abundante; fragmentos de roca de la caja; arcillas que predominan en las zonas blandas y, como accesorias, barita, calcita y dolomía.

El cuarzo se presenta en dos formas: una, la cristalina idiomorfa, debe corresponder a la lenta concentración y precipitación en cristales de la sílice contenida en disoluciones diluídas circulando lentamente en ciertas fisuras o encerradas en grandes espacios huecos, según observamos en «La Rosa» y en la planta 14, NO. del pozo «El Guindo»; otra forma mucho más frecuente es la de grandes bandas amorfas que parecen corresponder a la brusca solidificación de grandes masas de soluciones saturadas de sílice coloide o viscosa obedeciendo a cambio rápido de temperatura y de presión.

Desde luego no cabe atribuir a este cuarzo conexión genética alguna con las rocas superficiales; puede derivar en parte del ataque por el vapor de agua y ácido carbónico de las masas de rocas intrusivas profundas recién separadas del magma y esencialmente compuestas por silicatos o también es probable, dadas la gran abundancia y difusión del cuarzo en todas las fracturas de sección considerable, deba atribuirse su origen directamente al núcleo magmático central como resultado del ataque de los silicatos metálicos por los citados mineralizadores que al mismo tiempo facilitaban la ascensión de los metales del grupo del plomo que tan directamente unidos al cuarzo encontramos allí.

La calcita y dolomia, aunque en ciertos casos se les atribuye como origen el metamorfismo ígneo, parecen derivar en el distrito estudiado de acciones disolventes ejercidas por las aguas de circulación profunda al atravesar diversos sedimentos transportando el calcio y magnesio en estado de bicarbonatos precipitables al fijarse el exceso de ácido carbónico; hemos visto producirse estas precipitaciones al recorrer una de las galerías del nivel 15 de la mina «La Manzana»

En cuanto a la baritina, que aquí nunca se presenta for-

mando masas considerables que justifiquen la idea de origen magmático, parece natural atribuir a sus pequeñas capitas y cristales tabulares un origen relacionado con el transporte, rotura y lenta disolución en grandes volúmenes de aguas meteóricas de los feldespatos baríticos de las rocas ígneas superficiales.

Se ha observado tendencia a disminuir la barita en profundidad, pero no sigue ley bien definida, pues se la encuentra en niveles relativamente profundos de «La Manzana» y «Santa Ana»; también se ha pretendido que su presencia coincide con escasez de galena, pero sería temerario intentar establecer una ley general, pues el hecho contrario ha sido observado en Santa Elena.

## VIII

**Continuación de las observaciones metalogénicas.—Acción dominante de las aguas ascendentes en los filones de La Carolina.—Probable prolongación de las columnas metalizadas en las zonas profundas.**

**Influencia de la roca de la caja.** — En diversos yacimientos las acciones ejercidas por la roca de la caja sobre la formación de rellenos filonianos pueden ser de muy distinta índole: eléctrica o radioactiva—aun no muy suficientemente conocidas, y que no intentaremos abordar—, química, térmica y mecánica.

No es factible tampoco, en general, precisar la acción térmica, por carecer de datos exactos sobre las diferencias de temperatura entre las diversas clases de roca durante el proceso de precipitación metalífera. Suele ser muy importante la influencia química de cierta clase de rocas susceptibles de fácil ataque e intercambio de sustancias con las soluciones ascendentes, siendo estos fenómenos metasomáticos singularmente enérgicos en las calizas. En cambio, los granitos de Linares, pizarras arcillosas o silíceas y cuarcitas de La Carolina, no son a nuestro juicio capaces de ejercer enérgica acción química, aunque la mica negra pudo dar origen a soluciones de óxido férrico o de oxidulo de hierro de influencia reductora, y las pizarras ejercen una acción semejante en los lugares en que contuvieran sales ferrosas o materias orgánicas solubles, por medio de las aguas descendentes que las arrastrarían a mezclarse con las mineralizadoras.

Ahora bien, aun cuando en los filones que más detalladamente hemos recorrido se comprueba la presencia de algunas infiltraciones ferruginosas en la masa de los rellenos, no es menos cierto que nunca alcanzan importancia en volumen ni extensión, y en cuanto a residuos bituminosos indicio de sustancias orgánicas, no sabemos se hayan encontrado en cantidad apreciable. Los procesos metasomáticos parecen también singularmente limitados; los árboles metalizados en la zona de Linares encajan muy frecuentemente en granito no alterado, sin observarse indicios de intercambio de cuerpos en la roca ni en la masa plumbífera, y aunque en otros parajes se observa sericitización y kaolinización, rara vez alcanza gran desarrollo esta alteración de la roca encajante, que ha debido entonces ser consecuencia de circunstancias mecánicas localizadas, quebrantamiento y fisuración de la roca que han preparado en aquellos puntos la acción química de metasomatosis. En La Carolina se observan también alteraciones localizadas en los pórfidos cuarcíferos y pizarras arcillosas, pero es notable la escasa o nula acción de las aguas mineralizadas termales sobre las paredes de cuarcita y pizarra silícea.

Esta limitada o nula acción química se concibe muy bien siguiendo la hipótesis de que los depósitos se verificaron bajo presión moderada, a temperatura relativamente baja de 50 a 125° para la roca, correspondiente a profundidades de 1.000 a 3.500 metros, y de 175 a 300° para las disoluciones, a juzgar por la estabilidad de los minerales característicos, temperaturas sólo aproximadamente calculables y que no debían corresponder sólo a la acción geotérmica general, sino a la relativa proximidad de las masas ígneas intrusivas.

Más adelante, al tratar de la estructura de los filones, exponaremos otros argumentos en apoyo de esta idea de que la formación metalífera en la región Linares-Carolina corres-



ponde a temperaturas y presiones moderadas. Como luego indicaremos, ha sido en cambio muy importante la influencia mecánica de la roca encajante.

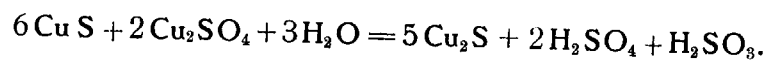
**Limitada acción de las aguas meteóricas.**—A partir de la superficie y sobre el nivel hidrostático, es sabido que teniendo en cuenta la acción ejercida en sentido descendente por el oxígeno, ácidos carbónico y sulfúrico libre en disoluciones diluídas, soluciones ferruginosas, etc., suelen distinguirse teóricamente tres zonas diferentes:

1.<sup>a</sup> Una compuesta principalmente por óxidos, carbonatos, cloruros y otras sales en general oxidadas que también puede contener accesoriamente sulfuros secundarios ricos.

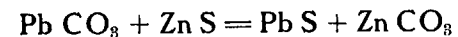
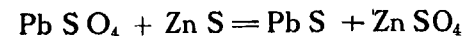
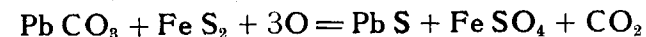
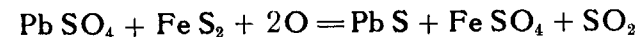
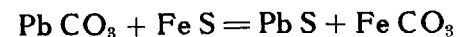
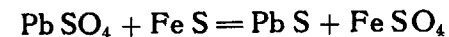
2.<sup>a</sup> Una zona intermedia inmediatamente por cima y debajo del nivel hidrostático, caracterizada por sulfuros ricos de plata, plomo, zinc y cobre, con minerales oxidados subordinados.

3.<sup>a</sup> La zona propiamente llamada de profundidad con los sulfuros metálicos considerados generalmente pobres.

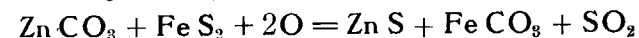
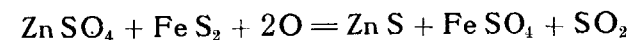
Los sulfuros de esta última zona pueden transformarse en sulfuros más ricos iguales a los de la segunda zona si entran en reacción con las combinaciones oxidadas descendentes siguiendo varias descomposiciones, por ejemplo la siguiente de las sales cúpricas:



También puede producirse a nivel profundo un aumento de la masa de sulfuros pobres, ya anteriormente existente como consecuencia de infiltraciones oxidadas siguiendo el proceso indicado por las siguientes ecuaciones u otras análogas:



De este modo las aguas de origen meteórico pueden producir una regeneración de galena descompuesto en niveles más elevados de los filones, y como en la blenda el azufre está menos fuertemente combinado, sólo podrán producirse una semejante regeneración de la blenda en aquellos lugares donde falte la galena, realizándose verosímilmente las reacciones siguientes:



Admitiendo (como indican la presencia de algunas de sus menas en los filones estudiados y la muy frecuente asociación de yacimiento entre ellos) que en las soluciones mineralizadoras existían no sólo el plomo, sino también el zinc, cobre y plata, aunque en proporciones pequeñas estos últimos, una lógica ordenación vertical de los depósitos sería la experimentalmente determinada por la ley de Schürmann, que se basa no sólo en la afinidad para el azufre, sino en la relativa solubilidad de los sulfuros.

Las series de Schürmann siguen el orden: mercurio, plata, cobre, bismuto, cadmio, plomo, zinc, níquel, cobalto, hierro y manganeso, haciéndose notar que de una solución salina de uno de estos metales el sulfuro de un metal posterior en la serie precipitaría al primero.

Conviene hacer resaltar que la substitución entre sulfu-

ros será tanto más completa cuanto más alejados en la serie sean sus bases, y que realmente la serie teórica completa nunca ha sido encontrada en la Naturaleza.

Para el caso de nuestro distrito andaluz, la serie teórica quedaría limitada a plata, cobre, plomo, zinc, hierro, y realmente las observaciones prácticas la confirman en parte de modo notable; en efecto, es muy conocido el hecho que ya indicamos en el capítulo IV de haberse reconocido y explotado por los romanos importantes venas de menas de plata en Valdeinfierno y otros parajes de la región de Linares, y también merece recordarse que en varios filones del distrito, y singularmente en «Pozo-Ancho», la cantidad de cobre contenida en la parte superior de los yacimientos era tanta que motivó el establecimiento de una fundición en aquella mina. Durante la moderna época de explotación, si bien parece haberse observado un progresivo empobrecimiento en la ley de plata que contienen las galenas explotadas a nivel más profundo, no se han hecho, sin embargo, determinaciones químicas según plan científico preconcebido que permitan establecer una posible ley de disminución suficientemente fundada.

Respecto a la blenda, la repetición de casos observados en otros distritos en que se realiza la ley de situación bajo la galena y la confirmación práctica de la hipótesis referente a plata y cobre, nos inclinan a admitir que bajo los depósitos de plomo ahora explotados se encuentren en ciertos filones piritas de hierro y sulfuros de zinc.

Volviendo al tema de la limitada acción de las aguas meteóricas en el distrito de Linares-Carolina, vemos que si bien una parte de la galena tan dominante y casi exclusiva en las metalizaciones podría en rigor ser galena regenerada o secundaria producida según los procesos químicos indicados en páginas anteriores, realmente del conjunto de obser-

vaciones deducimos una convicción contraria, especialmente respecto a los sulfuros de La Carolina.

En efecto, todas las minas que allí tuvimos ocasión de estudiar entran francamente en la expresiva clasificación de *clean mines* establecida por Van Hise para alguno de los importantes yacimientos del SO. de Missouri; faltan en nuestro distrito las abundantes infiltraciones e impregnaciones ferruginosas de hematites, siderosa, cerusita, smithsonita y otras sales oxidadas que (aun admitiendo la frecuente disolución de otros de los compuestos resultantes tales como sulfatos de hierro y cobre) marcan, al mismo tiempo que la extensa descomposición de las rocas y suciedad de las menas sulfuradas a veces alteradas parcialmente en productos oxidados, toda acción importante de las aguas descendentes.

Creemos en consecuencia que en el distrito estudiado tal acción alcanzó muy limitado desarrollo, y como un argumento más haremos notar que si bien se encuentran algunos fragmentos de minerales oxidados (anglesita cristalizada muy rara, cerusita más frecuente y otros enumerados en los capítulos IV y V), en conjunto son escasas las menas oxidadas, y la cantidad de carbonato de plomo no corresponde ni remotamente a lo que pudiera suponerse dada la considerable explotación y venta de minerales llamados impropriamente «carbonatos» en el país, pero que en rigor no pueden clasificarse como cerusita pura, sino como mezclas con sulfuros impuros de menor riqueza.

**Acción dominante de las aguas profundas ascendentes.**—Al describir los principales filones hemos hecho notar que si bien en las zonas de pizarras la estructura de los rellenos es generalmente irregular estando la metalización integrada por vetas de galena poco potentes en la ma-

yoría de los casos, y en otros parajes, dentro de igual clase de roca, por vetillas entrecruzadas y nódulos de plomo a veces voluminosos, en cambio en zonas de cuarcitas la estructura fajeada se presenta siempre y es clara señal de la acción de aguas de circulación profunda.

La diferente estructura observada con mucha menor metalización en la mayoría de los filones al atravesar pizarras arcillosas, obedece en nuestro sentir a la razón mecánica de ser la fractura primitiva en aquella clase de terreno no una ancha grieta, sino un conjunto de fisuras, o a haber sido rellenada parcialmente por los fragmentos blandos y poco coherentes desprendidos de los hastiales al iniciarse el proceso de circulación hidrotermal; como consecuencia, las mismas aguas mineralizadoras que al mezclarse con otras corrientes en las anchas fracturas de las cuarcitas producían allí importantes depósitos metalíferos, al circular en volúmenes mucho menores y bajo menos favorables condiciones de mezcla por los estrechos e irregulares conductos de las grietas encajadas en pizarras, daban lugar a metalizaciones generalmente mucho más débiles.

Como excepciones, que no anulan esta regla de irregularidad en las pizarras, deben citarse las importantes concentraciones de galena explotadas en «Araceli», «Santa Paula» y otras minas cuyos filones arman en las pizarras cambrianas de la parte occidental del distrito, y asimismo los ensanchamientos comprobados en las minas «Sinapismo» y «Rafaelito»; se concibe que si los espacios huecos entre estas rocas blandas eran por excepción de gran magnitud y sus hastiales no se derrumbaban hasta el punto de rellenar parte considerable del hueco, las condiciones de depósito hayan sido allí más favorables que en los conductos estrechos.

En cuanto a las zonas de rocas duras, la estructura fa-

jada se presenta con notable regularidad en muy largas corridas y distancias verticales, según indicamos al describir varios filones, singularmente el «Mirador», de «El Centenillo», y el principal de «El Guindo». Las bandas de galena acerada alternando paralelamente con otras de alcohol de hoja y de cuarzo lechoso blanco o ligeramente amarillento, que se desarrollan en enormes dimensiones longitudinales y considerable altura en «La Manzana» y otras minas, separadas entre sí y de los hastiales de cuarcita por superficies casi planas y paralelas, denotan muy marcadamente haber sido depositados estos rellenos por las aguas profundas ascendentes.

Todas las características de esta clase de formaciones señaladas por Ch. R. Van Hise en su magistral tratado (12) al describir los yacimientos del distrito de Joplin y otros del S. W. Missouri y Colorado, pueden igualmente observarse en los filones de La Carolina.

A más de la diferenciación mineralógica en sentido normal a los hastiales, es decir, con superficies de separación bien marcadas y paralelas sensiblemente a dichos hastiales, merece notarse la limpieza de las menas sin el menor indicio de ataque oxidante ni costra alguna de limonita, arcilla ferruginosa ni otros productos procedentes de ataque o depósito por las aguas descendentes, y por último, observamos otro de los caracteres de los *clean mines*, la frecuencia con que se encuentran grandes espacios huecos, cámaras y chimeneas conteniendo abundancia de minerales cristalizados tales como los que citamos en la planta 14 de «Los Guindos» y en la 7 de «La Rosa», de donde recogimos preciosos ejemplares de cristalizaciones de cuarzo y galena mutuamente penetrados.

Otra diferencia muy importante entre esta clase de formaciones y las debidas a las aguas meteóricas en su perío-



do descendente consiste, como ya es sabido, en que en éstas la diferenciación de minerales tiene lugar en sentido vertical, es decir, a cada horizonte corresponde un determinado mineral o asociación de minerales, mientras que a otros horizontes más altos o más bajos corresponden otras asociaciones de minerales, sin que se presenten en cambio diferenciaciones horizontales normales a los hastiales.

Además, es frecuente o más bien constante que las aguas meteóricas produzcan una cintura de enriquecimiento superficial donde se encuentran las menas de alta ley, cuya banda rica desciende a profundidades variables, función de muchos factores, entre ellos constitución del terreno e importancia de las precipitaciones atmosféricas, pero que nunca se repite.

Por el contrario, en los depósitos debidos a las aguas ascendentes de origen magmático, las llamadas juveniles, o bien de infiltración pero ya en su movimiento profundo hacia arriba, a más de la diferenciación normal a los hastiales se verifica que las zonas ricas y estériles se repiten en profundidad, no habiendo sucesión de minerales distintos en los sucesivos horizontes, sino opuestamente continuidad mineralógica en sentido vertical.

Esta repetición de bandas, lentejones y árboles ricos alternando con sectores estériles o menos ricos ha sido estudiada en varios de los distritos plumbíferos cuyas metalizaciones alcanzan nivel profundo, y como ejemplo de los más detenidamente investigados pueden citarse el famoso yacimiento auro-argentífero «Comstock Lode», del Nevada, donde siguiendo durante larguísima corrida una vetilla guía, fué encontrada bajo una zona estéril la llamada «gran bonanza», siendo en extremo caprichosa la distribución de las «bonanzas», tanto en dirección como en altura, y algunos de los filones del distrito de Coeur d'Alene, en el Idaho,

metalizados por galena y siderosa principalmente, que son interesantes para nosotros, no sólo por la anchura que alcanzan gracias al fenómeno de substitución metasomática en las cuarcitas sericíticas que forman la caja y por su relación genética con las monzonitas intrusivas, sino por la anchura y profundidad a que llegan las columnas metalizadas con galena, alguna de las cuales ha sido seguida sin interrupción en 900 metros según el buzamiento.

En el distrito estudiado por nosotros, la repetición en profundidad de las columnas ricas, correspondiendo aproximadamente los aumentos de metalización a la presencia de los tramos de cuarcita, es un hecho repetidamente observado, y a más de otros ejemplos que citamos en el capítulo V como prueba de la total independencia de los árboles metalizados respecto a acción de aguas descendentes y distancia a la superficie, merece hacerse resaltar lo observado en la mina «Ojo Vecino», donde bajo el árbol rico explotado entre los 100 y 385 metros se extiende una faja relativamente pobre de unos 135 metros de altura, y atravesada ésta, entre los 520 y 700 metros de profundidad fué encontrada otra zona, con metalización muy regular y constante de unos 25 centímetros en toda la longitud de la concesión, más rica por tanto que la explotada en niveles superiores.

**Profundidad a que se efectuaron los depósitos. Erosión sufrida.—Probable prolongación de las columnas metalizadas a profundidad considerable.**—Se conocen algunos yacimientos de plomo y zinc formados en zona próxima a la superficie, pero la mayoría de los depósitos filonianos del grupo galena-pirita-blenda son considerados por la generalidad de los tratadistas como generados a profundidad intermedia, cuyos límites poco precisos oscilan para W. Lindgren entre 1.000 y 3.500 metros, correspon-

diendo la menor profundidad al caso de hallarse próximas a la superficie las curvas de alta temperatura, y la máxima cuando las masas intrusivas, con las que les suponemos genéticamente relacionados, se hallaren a gran profundidad.

Refiriéndonos concretamente al distrito Linares-La Carolina, la ausencia de ciertos minerales como magnetita, granates, piroxenos, turmalina, etc., indica que durante la formación de los depósitos no debió reinar temperatura elevada, sino que, a juzgar por la estabilidad de los minerales característicos, puede atribuirse a las aguas mineralizadoras una temperatura de 175 a 300°, y a la roca de la caja de 50 a 125° aproximadamente.

En cuanto al espesor de sedimentos que debieron recubrir los depósitos al formarse entre los límites antes citados, nos inclinamos decididamente al límite superior, es decir, 1.000 metros o poco más, considerando estos yacimientos como generados a un nivel de transición entre las zonas próximas a la superficie y de profundidad intermedia, o sea en la parte superior de la profundidad intermedia que en renglones anteriores precisamos.

En apoyo de esta idea haremos notar que, si bien la continuidad y regularidad de metalizaciones, regularidad de las fracturas en dirección, escasez de rellenos brechoides, ausencia de señales de acción meteórica y otros caracteres ya citados prueban que las aguas profundas ascendentes depositaron los sulfuros metálicos a profundidad considerable, en cambio el perfecto notable desarrollo de la estructura en bandas sensiblemente paralelas y la frecuente presencia de huecos, cámaras y chimeneas parcialmente rellenos de cristales, tienden a probar que esta profundidad distaba mucho probablemente de llegar a los 3 ó 3.500 metros que indicamos para su límite inferior, pues a las presiones de 200 a 400

atmósferas, que reinarían allí como *mínimum* por sólo la acción hidrostática aumentadas en el caso de hallar dificultades para su expansión el agua y los gases sobrecalentados, la estructura de los depósitos tendería a hacerse más marcadamente maciza y compacta faltando las géodas y limitándose gradualmente el desarrollo de las fracturas, que se hacen más irregulares.

Aunque las menas son distintas, en cuanto a estructura de rellenos es interesante establecer un paralelo entre los filones de Sierra Morena y los que arman en las montañas de San Juan (Colorado), tan bien estudiados por R. A. Daly, Van Hise, Emmons, W. Lindgren y otros geólogos norteamericanos. Aquella región está constituida esencialmente por rocas volcánicas que han llegado a la superficie atravesando una base de rocas precambrianas, paleozoicas y mesozoicas; sobre la formación eruptiva inferior llamada «Toba de San Juan», cuyo espesor es de 900 metros, vienen las andesitas, riolitas y latitas de la serie de Silverton, cuya potencia es de unos 1.200 metros, y encima se hallan las nuevas erupciones llamadas series de Potosí y Hinsdale, cubriendo el conjunto de estas cúpulas eruptivas una extensa superficie que excede de 3.000 millas cuadradas.

Estas masas volcánicas son atravesadas por varios importantes sistemas de filones, muchos de los cuales tienen varias millas de corrida. Su desarrollo tuvo lugar inmediatamente después de la última época de actividad volcánica, y la profunda erosión que ha sufrido la comarca, evaluada en unos 2.000 metros, hace accesible la zona inferior de las coladas volcánicas y permite ver que los filones cortan varias masas intrusivas.

Mientras que la mayoría de aquellos filones muestran señales de haberse formado sus rellenos a moderada profundidad bajo la superficie, hay otros en que destacan rasgos de

conexión y tránsito a los yacimientos de profundidad intermedia en relación más directa con las intrusiones ígneas, hallándose representados diferentes tipos tales como sustitución en los sedimentos, metamorfismo de contacto y sobre todo verdaderos filones y *stockwerks*; entre estas diversas formaciones depositadas por las aguas profundas ascendentes, es de notar que los filones de Silverton, trabajados a considerable profundidad bajo la superficie primitiva, muestran sucesión de la estructura fajeada con géodas a la maciza, siendo galena argentífera con algo de cobre y zinc la mena dominante, mientras que en el distrito aurífero de Ouray es también frecuente la estructura fajeada, y alguno de sus filones ha sido trabajado en más de 1.000 metros de altura.

Refiriéndonos de nuevo a nuestra región E. de Sierra Morena, resulta difícil precisar la magnitud de la erosión sufrida faltando elementos para evaluación directa de pisos o tramos que si se encontraran en regiones circundantes, o lejanas pero susceptibles de relación estratigráfica con la que nos interesa, faltando por erosión en ésta permitirían calcularla con aproximación grande. A falta de tales datos, claro es que el problema resulta de solución dudosa, pero creemos que la hipótesis de una erosión muy avanzada, que un eminente tratadista juzga, aunque con ciertas reservas, admisible para explicar el supuesto hecho de la desaparición de la galena a partir de los 300 a 400 metros de profundidad, no se halla suficientemente justificada.

Creemos, por el contrario, apoyándonos en el conjunto de observaciones acumuladas durante la exploración y explotación de los numerosos filones trabajados en el distrito, que el proceso de erosión ha avanzado sólo hasta denudar y arrastrar la mayor parte de la zona de oxidación superficial de los filones.

Como punto de partida para un cálculo, aproximado sólo groseramente entre límites muy amplios, si siguiendo las ideas indicadas en párrafos anteriores de este capítulo suponemos que las géodas ricas en diversas combinaciones cristalinas de galena encontradas en la planta 14 al NO. de «Los Guindos», a una profundidad actual bajo la superficie próxima a 500 metros, se han formado a profundidad original de 800 a 1.500 metros, tendríamos una erosión de 300 metros en el primer caso y de 1.000 metros en el segundo supuesto, evaluación que únicamente puede pretender afirmar una exactitud muy relativa, pero que creemos es un argumento sólido en pro de la probable continuación de las columnas metalizadas de La Carolina en zonas más profundas, puesto que de los primitivos depósitos sólo una zona superficial relativamente poco importante debe haber sido destruída por la denudación.

Merece tenerse en cuenta que en muchos de los grandes distritos productores de menas de plomo los filones se han trabajado hasta niveles muy distantes verticalmente de la superficie actual; entre otros, los ya antes citados yacimientos de galena-siderosa de Coeur d'Alene, en el Idaho, han alcanzado a 1.000 metros de profundidad; a 850 metros los de galena argentífera de Clausthal, en el Harz, y a 1.100 metros llegaron muchos de los filones de Przibram, en Bohemia, en que a la galena argentífera acompañaban sulfuros de plata y plata nativa en los niveles superiores, aumentando la blenda en profundidad y siendo el cuarzo, calcita y siderosa las gangas dominantes.

Otra clase de formaciones metalíferas tales como las de cobre explotadas en las minas de Calumet and Hekla, Tamarack y otras del Lago Superior y los filones auríferos de Morro Velho, en el Brasil, han alcanzado aun mayores dis-



tancias bajo la superficie, de casi 2.000 metros en la última mina citada.

Ahora bien, en el distrito de Linares, según se desprende del examen de los planos de labores en proyección vertical y demás datos consignados en el capítulo IV, *dista mucho de ser un hecho general, como se había supuesto, el acuña- miento y desaparición de los árboles metalizados a profun- didad límite de 400 metros;* entre otros hechos significativos, merece destacarse la considerable corrida y continuidad de metalización, superior a los de niveles más altos, indicada por los planos de explotación de la planta 20 de «San Mi- guel», hoy inaccesible por hallarse inundada. También apo- ya a nuestro juicio la idea de que las metalizaciones de Lina- res continúen a mayor profundidad el que, pese a diferencia de estructura en los rellenos y a estar directamente encaja- dos en el granito, es evidente la estrecha relación tectónica entre estos filones y los de La Carolina, cuya génesis ha de- bido ser simultánea o al menos muy relacionada, conside- rando nosotros ambas zonas como un solo distrito metalo- génico.

En cuanto a La Carolina, *son múltiples y poderosas las razones para sostener la probable prolongación de los ár- boles ricos en galena a profundidades muy considerables.* Muchas de estas razones quedan ya consignadas en pági- nas anteriores y resumiremos ahora algunas de las que nos parecen más salientes:

Importancia extraordinaria de las fracturas tectónicas metalizadas, que se prolongan rectilíneas y bien definidas varias de ellas en muchos kilómetros de corrida, debiendo también alcanzar en profundidad varios kilómetros hasta el límite con la zona de anamorfismo. Los hechos directamente observados en la explotación actual de varias minas, entre las cuales hemos hecho resaltar el aumento de corrida me-

talizada, ya que no de potencia, en el nivel inferior de las cuarcitas de «El Centenillo», filón «Mirador», el espléndido aumento de corrida, potencia y continuidad de metalización de las columnas ricas reconocidas en las plantas 13 a 15 de las minas «Los Guindos» y «La Manzana», así como tam- bién las vetas metalizadas del piso 21 de «Ojo Vecino», a más de 730 metros de profundidad, que presentan aun mayor interés por hallarse la boca de este pozo en un hondo barranco de modo que *las vetas de galena recono- cidas en la planta 21 de «Ojo Vecino» corresponden apro- ximadamente a un nivel de 920 metros bajo la boca del pozo «El Guindo».*

Por último, el origen de los rellenos sulfurados; *derivados probablemente de masas intrusivas y depositados por aguas profundas ascendentes, unido a lo relativamente poco avan- zado de la erosión,* hacen verosímil que, aun sin llegar ni mucho menos al límite inferior de estas grandes fracturas tectónicas, las condiciones de temperatura y presión corres- pondientes a la precipitación de los sulfuros en estas grietas tan anchas, profundas, rectilíneas, de hastiales tan bien de- finidos y por todo ello favorables a la circulación y mezcla de las aguas juveniles con las infiltradas de circulación pro- funda, se hayan mantenido en La Carolina hasta distancias verticales iguales o superiores a las de los antes citados dis- tritos extranjeros. Es probable que en niveles inferiores la estructura sea más compacta aumentando la blenda y piritas.

Como consecuencia, creemos que disponiéndose cada día de maquinaria para extracción, avance de galerías y desagüe, más eficaz y económica, sería factible continuar con grandes rendimientos la explotación de las vastas zo- nas ricas que deben existir entre 500 y 1.000 ó más metros de profundidad en los principales yacimientos y simulta-

neando estas labores con el reconocimiento y explotación de nuevos filones, los que presenten más favorables indicios entre los numerosísimos hallados en la Sierra Morena, se llegaría tal vez no sólo a aumentar la producción al elevarse los precios, sino también si se dispone de suficiente potencia financiera, a reconquistar para esta región española una posición dominante en la producción mundial de menas de plomo.

Madrid, Mayo 1923.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.—BECK (R.) — *Traité des gisements metallières*. (Traduction française O. Chemin. Paris, 1900.)
- 2.—BEYSCHLAG VOGT. KRUSCHEL. — *The deposits of the useful minerals and rocks*.
- 3.—CARBONELL (A.) — *Prolongación oriental de la cuenca de Bélmez*. (*Boletín Instituto Geológico de España*, t. XLI. Madrid, 1920.)
- 3.—CARBONELL (A.) — *Nuevos indicios carboníferos de Córdoba*.—*Estadística Minera de España*, 1916.
- 4.—CARBONELL (A.) — *Estudio de los yacimientos metalíferos del término municipal de Fuente Ovejuna*. (*Boletín oficial de Minas y Metalurgia*, núms. 66 y 67.)
- 5.—CALDERÓN (S.) — *Ensayo orogénico sobre la Meseta Central de España*. (*Anales Sociedad Española de Historia Natural*, t. XIV.)
- 6.—CLARKE (F. W.) — *The data of Geochemistry*. (*Bulletin U. S. Geological Survey*. Washington, 1908.)
- 7.—GAMBOA (L.) — *Estudio industrial de criaderos*. (*Boletín oficial de Minas y Metalurgia*, núm. 56.)
- 8.—GONZALO TARÍN (J.) — *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva*. (*Memorias Comisión Mapa Geológico de España*. Madrid, 1886.)
- 9.—GROTH (J.) — *Sur la bordure meridionale de la Meseta Iberique*. (*Comptes rendus Acad. Sciences*. Paris, 9 Juin 1913. Otra nota: 8 Juin 1914.)

- 10.—HAUG (E.)—*Traité de Géologie*. (A. Colin, edit. Paris, 1907-1911.)
- 11.—HERNÁNDEZ PACHECO (E.)—*Le Cambrien de la Sierra de Córdoba*. (*Comptes rendus Académie Sciences*, t. 166, pág. 611, 15 Avril 1918.)
- 12.—VAN HISE (Ch. R.)—*A treatise on metamorphism*. (Monograf of the U. S. Geological Survey, 1904.)
- 13.—DE LAPPARENT (A.)—*Traité de Géologie*. (5<sup>e</sup> edition. Paris, 1906.)
- 14.—DE LAUNAY (L.)—*Traité de Métallogénie, Gites minéraux et metallières*. (Ch. Beranger, edit. Paris, 1913.)
- 15.—LINDGREN (W.)—*Mineral Deposits*. (Mac Graw Hill. New-York, 1919.)
- 16.—MACPHERSON (J.)—*Breve noticia acerca de la especial estructura de la Península Ibérica*. (*Anales Sociedad Española de Historia Natural*, t. VIII, 1879.)
- 17.—MACPHERSON (J.)—*Predominio de la estructura uniclinal, etc.* (*Anales Sociedad Española Historia Natural*, t. IX.)
- 18.—MACPHERSON (J.)—*Estudio geológico petrográfico Norte provincia de Sevilla*. (*Boletín Comisión Mapa Geológico España*, t. VI. Madrid, 1879.)
- 19.—MALLADA (L.)—*Reconocimiento geológico de la provincia de Jaén*. (*Boletín Comisión Mapa Geológico de España*, 1884.)
- 20.—DE MESA (P.)—*Memoria sobre la zona Minera Linares-La Carolina*. (*Revista Minera*. Madrid, 1890.)
- 21.—MICHEL LEVY.—*Contribution a l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général*. (*Bulletin Service Carte géologique*, 1893.)
- 22.—RINNE (F.)—*Praktische Gesteinkunde*. (2<sup>e</sup> edit. Hannover, 1905.)

- 23.—ROSENBUSCH (H.)—*Mikroskopische physiographie der Mineralien und Gesteine*. (Stuttgart, 1907. Dos volúmenes en 8.<sup>o</sup>)
- 24.—STERRY HUNT (Ch.) *The origin of cristalline rocks*. (Trans Royal Society of Canada, II-3, 67. A.-1894.)
- 25.—SUBSS (E.)—*Entstehung der Alpen*. (Wien, 1875.)
- 26.—SUBSS (E.)—*Das Antlitz der Erde*. (Traducción Margerie. París, 1900.)



**DESLINDE DEL EOCENO**  
**EN LA**  
**PROVINCIA DE GUIPÚZCOA**  
**POR**  
**JOAQUÍN MENDIZÁBAL**  
**Ingeniero de Minas.**

# DESLINDE DEL EOCENO

EN LA

## PROVINCIA DE GUIPÚZCOA

---

Eminentes geólogos como Carez, Adán de Yarza y Stuart Menteth, entre otros, estudiaron el Cretáceo y el Eoceno en la provincia de Guipúzcoa, y D. Vicente Kindelan ha recopilado, con acierto, las diversas opiniones en su interesante *Nota sobre el Cretáceo y el Eoceno de Guipúzcoa* (1). En dicho trabajo nos demuestra además el señor Kindelan la existencia del Eoceno en la provincia de Guipúzcoa, dudosa hasta entonces, fundándose en el hallazgo de fósiles característicos de estos terrenos en las canteras de Campalla, próximas a Guetaria.

Hemos creído interesante, para completar la labor del Sr. Kindelan sobre el Eoceno, determinar la extensión que dicho horizonte abarca en la provincia, y ésta es la finalidad que perseguimos con el presente trabajo.

Las capas alternadas de margas y areniscas, conocidas con la denominación de la facies de Flysch, que forman la base de la serie estratigráfica representativa del Eoceno en Guipúzcoa, van apoyadas generalmente en unas calizas de color rosado que, según veremos más adelante, pertenecen al Danés, tramo superior de la serie cretácea guipuzcoana. Estas calizas, por su continuidad y por lo fácilmente que se distinguen en el terreno, constituyen una de las líneas de

(1) *Boletín del Instituto Geológico*. Tomo XX (2.ª serie).

referencia estratigráfica más interesantes de la región, carácter avalorado aún por la circunstancia de que ese nivel calizo separa el Flysch eoceno del Cretáceo, horizontes que, por la gran semejanza en la coloración, composición y estructura de sus materiales, así como por la dificultad de encontrar en ellos yacimientos de fósiles que sirvan para diferenciarlos, pueden motivar confusiones y pérdida de tiempo lamentables. Estas consideraciones son las que nos han conducido a fijarnos, preferentemente, en el tramo Danés, para llevar a cabo la limitación que nos proponemos.

El tramo Danés está representado en Guipúzcoa por una sucesión de lechos de caliza rosada que no exceden de 20 centímetros, separados a veces entre sí por unas capitas de margas calizas grises o rosadas que se descomponen en nódulos. La coloración de estas calizas es rosa salmón y suelen contener impresiones de tallos de fucoïdes que, en blanco, se destacan del fondo rosado de la roca. La potencia de esta formación no excede en general de 20 metros, y aun cuando la carencia de fósiles dificulta su clasificación, el Sr. Kindelan indica ya en su obra antes citada la posibilidad de que algún día se comprobase que perteneciera al tramo Danés.

El Sr. Stuart Menteath las atribuye a este tramo fundándose para ello en la semejanza de composición, coloración y estructura entre sus capas y las de *Nautilus Danicus* que, desde Bidart a Lasseube, se apoyan sobre los afloramientos senonenses, y por último, el Sr. Jacques Lapparent, en su interesante trabajo litológico sobre el Flysch cretáceo de la región de Hendaya (1), llega también a la misma conclusión basándose asimismo en la semejanza de las dos calizas, pero ya no solamente por su analogía en coloración y estructura, sino además por la desaparición total en ambas de *Rosalina*

(1) *Étude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye.*

*Linnei* y *Rosalina Suarti*, foraminíferos que abundan extraordinariamente en las capas inferiores.

Una vez fijada la edad de este tramo calizo y basándonos en su continuidad, sólo nos resta seguir sus asomos para deslindar el Secundario del Terciario en Guipúzcoa.

Advertiremos de paso que, aun cuando la geotectónica de los Pirineos y sus estribaciones es, como se sabe, bastante complicada, la región costera guipuzcoana no ha sufrido grandes trastornos y sí únicamente roturas y pliegues que no modifican, en líneas generales, la sucesión cronológica de la serie sedimentaria que estudiamos.

Las calizas rosadas del Danés descritas forman la punta o cabo de Santa Ana, extremo norte del macizo de Hendaya en la frontera francesa, y los dos peñascos situados delante del cabo conocidos con el nombre de los «Dos Gemelos».

Cubierta esta formación por el mar y los aluviones del estuario del Bidasoa, en la bahía Chingoudy, aparece en la margen izquierda del río, al pie del camino que conduce de Fuenterrabía al faro del cabo Higuier, frente a la casa denominada Itxas-Aurre, pudiendo seguirse sus afloramientos casi sin interrupción desde este lugar hasta la villa de Lezo, pues van bordeando el macizo del Jaizquibel con dirección próximamente paralela al escarpe corrido de su cresta. En este trozo solamente queda oculta en el collado de Gainchurizqueta, entre los caseríos Elbistieta y Pachilla-borda, recubierta por una pequeña transgresión de los depósitos eocenos.

A partir de la villa de Lezo vuelve a ocultarla el mar en la bahía de Pasajes, para aparecer después en las canteras de Pasajes Ancho, pero ya con sus estratos sumamente plegados y rotos, indicio indudable de un cambio de dirección, que en su lugar describiremos. Desde aquí pueden seguirse



sus asomos en las trincheras del ferrocarril del Norte y en el tranvía de San Sebastián a Rentería, que siguen en unos 300 metros una dirección próximamente paralela a la de los estratos del Danés, hasta que quedan ocultos por las construcciones de la ciudad de San Sebastián. Puede, sin embargo, verse dentro del perímetro de ésta alguno de sus asomos, como el del barrio de Gros, al pie del hospital Manteo, y el de la peña conocida con el nombre de «Pico de Loro», que separa las playas de la Concha y de Ondarreta.

Poco después se siguen las capas con claridad, pues señalan perfectamente su alineación varias canteras que, abiertas en este horizonte, existen en la falda meridional del macizo de Igueldo, continuando al S. del palacio de Aristigueta y por el caserío denominado Arrazain, hasta llegar al río Orio, que atraviesan, al S. de la villa de este mismo nombre. También aquí pueden observarse nuevos pliegues y roturas que nos indican, como los de Pasajes, otro cambio en la dirección de los estratos.

Entre Orio y Zarauz son algo menos frecuentes los afloramientos del Danés, pero podemos indicar el que, asomando en la revuelta del kilómetro 21 de la carretera de San Sebastián a Bilbao, pasa por las proximidades del caserío Beoategoicoa y atraviesa más a Poniente la carretera de San Sebastián a Aya, en el kilómetro 23, y el que al S. de la villa de Zarauz asoma en el caserío Necazabal y sigue por los de Irusta y Errotazarra, hasta cruzar la línea férrea entre Zarauz y Zumaya, poco antes del túnel de Meagas.

A Poniente del alto de Meagas, divisoria de los valles de Zarauz y de Oiquina, reaparece el nivel en largo trayecto del ferrocarril de San Sebastián a Bilbao y se sigue sin interrupción hasta la entrada de Zumaya, donde forma la margen derecha del Urola, al que atraviesa cerca de su des-

embocadura, para aparecer en su margen izquierda, al pie de la iglesia parroquial de San Pedro, y luego en dirección a la playa, en la que forma el acantilado que la limita por el S. y que más a Poniente penetra definitivamente en el mar.

Reconocidos los asomos del Danés en la provincia de Guipúzcoa y deslindado por tanto el Cretáceo del Eoceno, vamos, para terminar, a hacer una relación sucinta de los cambios de dirección que hemos observado en la marcha de sus estratos.

La que siguen las capas del Danés es la general de los pliegues de la región: de Bidart a Orio, S.-35°-O., excepto en la parte comprendida entre Pasajes y San Sebastián, donde cambia a la E.-O. Estos cambios de dirección obedecen indudablemente a la proximidad del macizo granítico de la peña de Aya, y son los que, unidos a la mayor consistencia de la caliza, han determinado la formación de las bahías y desembocaduras de los ríos en estos lugares.

A Poniente de la villa de Orio la dirección general O.-35°-S. cambia bruscamente en la de E. a O., determinando también aquí la desembocadura del río Orio.

Al S. de Zarauz vuelve a cambiar la dirección de las capas para adquirir la de N.-60°-O. general de los pliegues en esta otra región, ya distinta, cambio a que también obedece el que se observa en la línea de costa que, a partir de Zarauz, se dirige constantemente hacia el N.-O., hasta el Cabo Machichaco.

Es de notar, por último, que en toda la primera parte, desde Bidart hasta Orio, las capas van buzando hacia el N., pero desde Orio hasta Zumaya se pliegan, cayendo al N. y quedando por lo tanto con buzamiento al S.

# INDICE

DE LAS

## MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

	<u>Páginas</u>
PRÓLOGO.....	IX
<b>Investigaciones en la cuenca potásica de Cataluña.....</b>	<b>3</b>
Bordes de la cuenca.....	6
Cortes geológicos.....	12
Otros datos geológicos.....	39
Accidentes geológicos.....	45
Síntesis geológica de la cuenca.....	52
El yacimiento potásico.....	57
Nuevas investigaciones.....	68
<b>Trabajos e investigaciones de Laboratorio referentes a las sales potásicas de Cataluña.....</b>	<b>79</b>
Métodos de determinación de la potasa.—Procedimientos empleados en los sondeos de Cataluña.....	81
Sondeo de Llordella-Cardona.....	85
Sondeo de Castellfullit.....	90
Sondeo de Balsareny.....	94
<b>Datos acerca de los sondeos realizados en la cuenca potásica de Cataluña.....</b>	<b>101</b>
Sondas.—Ejecución del trabajo.....	103
Procedimientos de sondeo.....	110
Ensayos químicos.....	113
Corte del sondeo de Cardona.....	116
Sondeo de Castellfullit de Ruibregós.....	148
Sondeo de Balsareny.....	164
Sondeo de Torá.....	178
Estudio del grado geotérmico en el sondeo de Torá.....	199
<b>Análisis microscópico de los fosfatos del N. de África y del Levante de España.....</b>	<b>211</b>
Yacimientos de Gafsa.....	214
Yacimientos de Tebessa.....	222
Yacimientos de Boghari.....	226
Fosfatos de Kosseir.....	229

ÍNDICE

	<u>Páginas</u>
Yacimientos del Marruecos francés.....	231
Rocas fosfatadas de la Región de Levante de España.....	240
Análisis microscópico de los silix.....	249
<b>Visita a los yacimientos de fosfato de cal situados en la zona de protectorado francés en Marruecos.....</b>	<b>255</b>
Descripción física de la zona.—Orografía.....	259
Geología.....	269
Estratigrafía.....	273
Descripción del criadero.....	285
Fosfatos de Marruecos.....	288
<b>Región Este de Sierra Morena.—Datos referentes a tectónica y formaciones filonianas de plomo.....</b>	<b>297</b>
Consideraciones acerca de la estructura de la Meseta Ibérica.....	299
Restos de pliegues huronianos y caledonianos.....	307
Algunos datos sobre Geología de la región NO. de Jaén..	326
Distrito minero de Linares-Carolina.....	347
Campo filoniano de La Carolina.....	365
Edad probable y origen de las fracturas metalizadas....	388
Teorías hidrotermales estricta y modificada.....	404
Continuación de las observaciones metalogénicas.....	426
Bibliografía.....	443
<b>Deslinde del Eoceno en la provincia de Guipúzcoa.....</b>	<b>447</b>

**PLANOS Y LÁMINAS**  
CONTENIDOS EN ESTE TOMO

	<u>Páginas</u>
Zona reservada por el Estado en la cuenca potásica de Cataluña.....	6
Sales potásicas de Cataluña, corte número 1.....	12
Suria: Instalaciones de la Sociedad Solvay y Compañía.....	16
Valle del Cardoner-Suria.....	18
Suria: Mitch Mond.....	20
Anticlinal visto a 1 kilómetro al N. de Suria.....	21
Cardona: Interior de las salinas.....	22
Cardona: Montaña Roja.....	24
Cardona: Pliegues en la sal.....	25
Sales potásicas de Cataluña, corte número 2.....	28
Sales potásicas de Cataluña, corte número 3.....	34
Tárrega.....	36
Sales potásicas de Cataluña, corte número 4.....	38
Sales potásicas de Cataluña, corte número 5.....	40
Anticlinal de Santa María de Oló.....	46
Sondeo de Cardona.....	58
Interior de la mina de Suria de la Sociedad Solvay y Compañía.....	60
Sales potásicas de Cataluña. Emplazamiento del sondeo de Puigreig.....	72
Sales potásicas de Cataluña. Emplazamiento del sondeo de Aviñó.....	74
Sales potásicas de Cataluña. Emplazamiento del sondeo de Mongay.....	76
Potasímetro Menéndez Puget.....	82
Sondeo de Cardona (riqueza de potasa).....	100
Sondeo de Castellfullit (riqueza de potasa).....	100
Sondeo de Balsareny (riqueza de potasa).....	100
Sondeo de Cardona (distribución del tiempo empleado).....	210
Sondeo de Castellfullit (distribución del tiempo empleado)...	210
Sondeo de Balsareny (distribución del tiempo empleado).....	210
Sondeo de Torá (distribución del tiempo empleado).....	210
Sondeo de Cardona (corte geológico).....	210
Sondeo de Castellfullit (corte geológico).....	210



ÍNDICE

	<u>Páginas</u>
Sondeo de Balsareny (corte geológico).....	210
Sondeo de Torá (corte geológico).....	210
Fosfato de Metloui, Gafsa (Túnez).....	214
Fosfato de Redeyef, Metloui (Túnez).....	216
Fosfato de Metloui, Gafsa (Túnez).....	218
Fosfato rojo de Metloui, Túnez (terreno Danés).....	819
Fosfato rojo de Metloui, Túnez (terreno Danés).....	220
Fosfato del Kuif, Tebessa (Argelia).....	222
Fosfato del Kuif (Tebessa).....	224
Roca fosfatada de Boghari (Argelia).....	226
Rocas fosfatadas de Boghari, Constantina (Argelia).....	227
Rocas fosfatadas de Boghari (Argelia).....	228
Fosfato del Marruecos francés (Ued-Zem).....	232
Fosfato del Marruecos francés (Ued-Zem).....	233
Fosfato-Kosseir, Egipto.....	234
Roca fosfatada. Sierra de Espuña, Murcia (España).....	240
Caliza fosfatada. Sierra de Espuña, Murcia (España).....	241
Roca fosfatada. Sierra de Espuña, Murcia (España).....	241
Roca fosfatada. Sierra de Espuña, Murcia (España).....	248
Caliza fosfatada. Sierra de Espuña, Murcia (España).....	248
Silex del Suessoniense productivo del Kuif, Tebessa (Argelia).....	250
Silex del Suessoniense productivo del Marruecos Francés (Uad-Zem).....	252
Mapa de situación de los criaderos de fosfatos de Marruecos..	296
Detalle de las trincheras de reconocimiento abiertas en la zona Uad-Zem.....	296
Croquis geológico de la región de Villanueva del Río.....	322
Corte esquemático.....	324
Filón de «El Mimbres» y «San Miguel».....	356
Filón principal de «La Cruz».....	358
Grupo minero «Virgen de Araceli».....	366
Grupo «Aquisgrana».....	366
Zona central del filón de «Los Guindos». (Proyección hori- zontal).....	372
Zona central del filón de «Los Guindos». (Proyección ver- tical).....	372
Minas del «Centenillo». Filón «Mirador».....	386

