

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

NÚMERO 10



MADRID
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 108
1942

ALFONSO DEL VALLE DE LERSUNDI

ESTUDIOS PREVIOS NECESARIOS PARA EMPRENDER EL RECONOCI- MIENTO EN PROFUNDIDAD DE LAS ZONAS CON MINERAL DE HIERRO DE VIZCAYA

Es evidente la enorme importancia que tiene para la provincia de Vizcaya, cuya base económica es la industria siderúrgica, el cálculo de las reservas de mineral de hierro que contiene.

Basta conocer la extensión de los criaderos vizcaínos para comprender que éste no es un trabajo que pueda terminarse en breve plazo, pues requiere, como vamos a ver, una serie prolongada de observaciones y comprobaciones en el campo y estudios de gabinete y laboratorio, sobre todo relacionados con las rocas hipogénicas, que necesitan tiempo.

Dos aspectos presentan los trabajos preparatorios para proyectar los sondeos de investigación: primero, el teórico o de estudio de la génesis de los criaderos, necesario para la ubicación de los mismos, pues su conocimiento podrá orientarnos acerca de los lugares que en profundidad pueden contener mineral, y segundo, el industrial minero, en el que hay que determinar hasta qué profundidad puede ser beneficiable

la explotación del mineral existente, atendiendo a su calidad o precio en el mercado y al coste de su extracción, que, como es sabido, aumenta con la profundidad, y más aún si por llegar al nivel hidrostático requiere los gastos de un desagüe. Una vez determinada esta profundidad, ella indica la de los sondeos a ejecutar para el reconocimiento.

Síntesis geológica de Vizcaya.—Como es sabido, la constitución geológica de Vizcaya se halla integrada por algún que otro asomo triásico (ría de Guernica y Orduña), la formación cretácea en su dos tramos inferior y superior, una faja discontinua eocena y terrenos cuaternarios diluviales y aluviales en algunas vegas.

Respecto a rocas hipogénicas, existen varias manifestaciones de rocas básicas y una de ácidas (Traquitas de Axpe).

Todos estos materiales, a excepción de los cuaternarios, se hallan arrumbados y plegados por los movimientos orogénicos terciarios en dirección SE.-NO. y forman, en líneas generales, un anticlinal costero, cuya regularidad interrumpe el asomo triásico de la ría de Guernica, un sinclinal central cuyo eje ocupan los retazos de la faja eocena, y un anticlinal meridional, en el que aflora el cretáceo inferior y en uno de cuyos niveles (calizas coralígenas) arman los criaderos de hierro.

Génesis de los criaderos.—Las minas de hierro de Vizcaya, por su enorme importancia industrial, pues se calcula que se llevan extraídas de ellas unos 250 millones de toneladas de mineral, han sido objeto de infinidad de estudios, notas, informes y Memorias, la mayor parte de carácter práctico mine-ro, y la menor, de verdadera investigación científica; pero, como es natural, tanto en unos como en otros ha sido abordada la hipótesis que, a juicio de los autores, mejor explicaba la génesis de estos yacimientos, en la que, en líneas generales, están de acuerdo todos los tratadistas, que, como sucede a menudo, siempre se copian los unos a los otros.

Don Ramón Adán de Yarza, que ha sido, sin duda, en su tiempo el mejor conocedor de la geología de Vizcaya, y por ello siempre citado por todos los que posteriormente se han ocupado de este problema, explica la formación de los criaderos como debida a la acción de corrientes hidrotermales cargadas de carbonato de hierro, que han disuelto la cal de las calizas y depositado en su lugar el hierro, transformando el carbonato cálcico en carbonato de hierro, el cual, posteriormente, ha sido oxidado en las partes altas, dando lugar a los óxidos conocidos en el país con los nombres de vena, campanil y rubio; es decir, que se trata de un criadero típico metasomático con oxidación superficial.

Respecto a la época de su formación, como las corrientes hidrotermales suelen ser las últimas manifestaciones de un proceso eruptivo, esta época es, sin duda, posterior; pero debe de estar relacionada con dichas manifestaciones, es decir, con las rocas hipogénicas de la región.

Rocas hipogénicas de Vizcaya.—Don Ramón Adán de Yarza, en su *Descripción geológica de la provincia de Vizcaya*, clasifica las rocas de la provincia en dos grupos, ácidas y básicas, y cita entre las primeras sólo una manifestación, Traquitas del Monte Axpe, y entre las segundas, a las que, en general, da el nombre de Ofitas (con excepción de las Tefritas de Zaldúa y algunas Espilitas que señaló en Rigoitia, Elorrio y 600 metros NO. de la estación de Axpe), cita infinidad de afloramientos.

Respecto a la época de su aparición, dice: "Todas las rocas eruptivas que afloran en Vizcaya son posteriores al período cretáceo, a través de cuyas rocas se han abierto paso. Deben, por tanto, clasificarse entre las modernas, y probablemente su salida a la superficie se relaciona con el levantamiento pirenaico que ha afectado a toda esta región."

Hoy en día se aplica el nombre de Ofitas solamente a las

diabasas triásicas y no a las rocas del cretáceo, que se han confundido con ellas y que, aunque también tienen textura ofítica, son de otro tipo caracterizado por la existencia del anfíbol pardo.

Fué primero M. Pierre Lamare el que, en una nota publicada en las actas de la Sociedad Geológica de Francia en 6 de noviembre de 1922, llamó la atención sobre la impropiedad de llamar Ofitas a la serie eruptiva de Guipúzcoa, que forma la gran mancha de Malzaga, que presenta en el centro de una banda de rocas efusivas que parecen esencialmente basálticas, y en los bordes, tanto en el N. como en el S., rocas filonianas a las que da el nombre de episienitas, con facies diorítica, en filones mesócratas verdes de 50 a 100 centímetros de espesor, y filones leucócratas, menos importantes, reducidos a veces a 0,1 centímetro, que atraviesan el filón mesócrata principal.

En el contacto se ve frecuentemente desarrollarse una red de bastoncillos de hornablenda barkevicitica.

En un trabajo publicado en 12 de septiembre de 1935 por Mr. Harold Service (1), en el que por primera vez se estudian las rocas eruptivas existentes dentro de los criaderos, describe este autor Gabros, Doleritas con olivino, Camptonitas, Espilitas y Traquitas.

Los Gabros se encuentran en el río Asúa, en el borde Sur de la mancha traquítica de Axpe.

Las doleritas, en filones, en las minas "San Luis" y "San Juan", cerca de Bilbao y 750 metros N.-NE. de Pucheta.

Las Camptonitas, en un dique de un metro a lo largo de la falla de la Concha III, a dos kilómetros SE. de Pucheta.

Las Espilitas, en el borde N. de la traquita de Axpe, cerca

(1) "Some Igneseus Roks from the Iron-producing Distric of Bilbao, Province of Vizcaya-North Spain", 12 sep. 1935.

de la desembocadura del río Odoño, en el Nervión, y 800 metros NO. de la estación de Axpe.

Hace notar el autor de este trabajo que todas las rocas ígneas citadas han sufrido la alteración correspondiente a la acción hidrotermal de las aguas carbonatadas, lo que prueba, como ya se suponía, que la actividad ígnea precedió, desde luego, a la acción hidrotermal.

Don Maximino San Miguel de la Cámara, en su *Estudio de las rocas eruptivas de España*, publicado por la Real Academia de Ciencias en 1936, describe y clasifica las rocas hipogénicas que afloran en las provincias de Guipúzcoa y Vizcaya, discute y explica la diferencia entre las texturas diabásica y ofítica y viene a coincidir con lo observado por M. Lamare y Mr. Service. De su trabajo se deduce que, separadas las Traquitas, todas las demás rocas hipogénicas que allí se encuentran son básicas y pertenecen al grupo de rocas con feldespato calcosódico sin cuarzo, diferenciándose principalmente por las distintas estructuras que presentan: granitoidea, porfídica, holocristalina e hipocristalina, diabásica y ofítica.

Separadas las últimas, que hoy son ya consideradas como un fósil del Keuper, las demás, por su composición, parecen formar parte del mismo proceso eruptivo, y sus diferencias más bien pueden proceder de transformaciones del mismo magma, debidas a las condiciones de su solidificación, relacionadas en particular con la velocidad de enfriamiento, lento en profundidad, rocas plutónicas (Gabros, Noritas), menos lento en las intrusiones y diques (Diabasas, Doleritas, Espilitas y Teschenitas) y más rápido en las efusivas (Andesitas, Labradoritas y Basaltos).

Al examinar el mapa petrográfico de Vizcaya 1 : 100.000, publicado por la Diputación y trazado por D. Ramón Adán de Yarza, se observa que la gran mayoría de los afloramientos de rocas ígneas de Vizcaya, y entre ellas el de la gran mancha

eruptiva de Guernica, se encuentran siguiendo el contacto del cenomanense con el senonense, al igual que pasa en Guipúzcoa con su análoga y coetánea de Málzaga, y tratándose, como se ha visto, de rocas efusivas que hoy no conservan las formas propias del volcanismo, esta situación nos hace sospechar que el proceso eruptivo principal debió de tener lugar al terminar el cenomanense; por tanto, con anterioridad a los movimientos orogénicos pirenaicos y alpinos, los cuales, al actuar sobre los sedimentos cretáceos y eocenos que formaban el suelo de la actual provincia de Vizcaya, aprisionaron entre sus pliegues a los mantos eruptivos que se encontraban intercalados entre aquéllos.

Apoya también esta sospecha el que las Teschenitas, rocas que se encuentran en Guipúzcoa en la carretera que conduce de Zumárraga a Azcoitia, próximas a la gran mancha andesítico-basáltica de Málzaga, y en Vizcaya en Márzana (Tefritas de Adán de Yarza), y en Erandio, canteras de Asúa, se presentan también en filones, masas intrusivas y hasta en coladas en el cretáceo en Silesia y Moravia, así como en Portugal, cerca de la costa de Coimbra, estudiadas por Mac-Pherson en 1882, y en los Pirineos occidentales franceses.

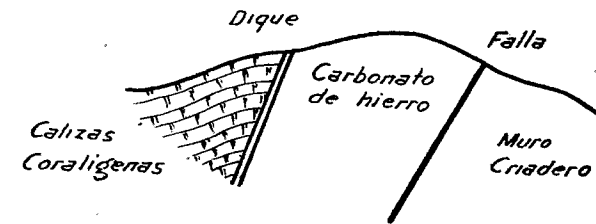
La erupción traquítica de Axpe, por conservar su forma en domo y porque, en general, este tipo de erupciones hace su aparición en el Mioceno superior, parece posterior a los movimientos orogénicos, aunque también se presenta, según el plano petrográfico, en el contacto del cenomanense con el senonense, hallándose en contacto con Gabros al Sur y Espilitas al Norte; pero no creemos se trate del mismo proceso eruptivo, sino de uno posterior al de las rocas básicas e independiente de éste.

Ahora bien: la metalización de los criaderos ha sido posterior a los movimientos orogénicos, pues se observa que la transformación de la caliza en mineral ha tenido lugar a partir de las fallas o fracturas que han sido producidas sin

duda por dichos movimientos, y principalmente donde estas fallas han sido cortadas por otras, lo que prueba que por ellas circularon las aguas mineralizadoras.

La dirección de las fallas principales es, aproximadamente, de SE. a NO.; es decir, la dirección general de los pliegues; las secundarias o transversales varían en dirección N.-S. a NE.-SO. y son anteriores a las primeras, pues en varios lugares han sido desplazadas al ser cortadas por ellas.

Resulta instructivo, para formarse una idea del papel representado por cada uno de los elementos que constituyen el criadero, el siguiente corte tomado en la mina "Malaespera":



La roca ígnea que forma el dique (Dolerita con olivino) es la misma que se encuentra en las trincheras del ferrocarril del Norte al Sur de la mina; por la forma en que separa la metalización, se ve que es anterior a ésta y que ha actuado como una pantalla, impidiendo el paso de las aguas mineralizadoras que debieron circular por la falla.

La teoría general en los procesos eruptivos es que las corrientes hidrotermales actúan al final de todo el proceso; en este caso, si efectivamente ha tenido lugar la erupción de las rocas básicas al fin del cenomanense, como hemos supuesto, no pueden considerarse las corrientes hidrotermales que han surgido después de los movimientos orogénicos como pertenecientes al mismo proceso, y tendríamos que relacionarlas con la erupción de las traquitas, que es probable hayan surgido durante el Mioceno superior.

Todas estas consideraciones nos conducen a proponer el estudio detenido de las rocas hipogénicas de Vizcaya, para llegar al conocimiento de la génesis de los criaderos. En este estudio habrá que tener en cuenta la posición estratigráfica, el análisis químico y el óptico de los diversos tipos.

Reconocimientos de campo

Hemos comenzado los trabajos de campo (1) por el reconocimiento de la zona minera de Bilbao, en la que comprendemos el actual Municipio de Bilbao, incluídos en él los antiguos de Abando y Begoña, y también los de Basauri y Arrigorriaga. Está situada esta zona entre el río Nervión y el monte Arraiz; tiene una longitud de unos cinco kilómetros desde Basauri al monte Arraiz, y pertenece a la rama NE. del anticlinal y parte Sur del criadero principal.

El criadero se interna debajo de las construcciones del barrio de Achuri, llegando hasta muy cerca del puente de San Antón.

Comprende una superficie de 663 hectáreas con 6.697 metros cuadrados.

Datan los trabajos de esta zona del año 1863, y son las minas más antiguas las "Abandonada", "Silfide" y "Malaespera", de una parte, y el grupo "San Luis", que son las que han producido más mineral de hierro.

Todas ellas constituyen un rico coto minero, que se liga o enlaza por el Este con la zona de Ollargan, y más lejos, con la de Montefuerte, siguiendo las manifestaciones de mine-

(1) Debo expresar aquí mi gratitud al Ingeniero del Distrito de Vizcaya D. Luis de la Puente y Llorca, que me ha acompañado y orientado en el campo y, con su perfecto conocimiento de la región minera, ha facilitado en extremo este trabajo.

ral hasta San Miguel de Basauri, en la mina "San Prudencio".

En la parte Oeste de la zona que nos ocupa se hallan las minas "Eva", "Gustavo" y "Casilda", que también han sido objeto de exploración.

Los dos grupos citados ofrecen la característica dominante de esta provincia, presentando la mineralización muy diseminada en las calizas, con una dirección general de NO. a SE.

En la zona de las minas "San Luis", un levantamiento de areniscas y psamitas ha roto el criadero, presentándose éste en forma de anillo que rodea a ese levantamiento, cuya cúspide está en la mina "Silfide", pasando la mineralización por las minas "Silfide", en su límite Oeste, "Abandonada", "San Luis", "Josefa", y atraviesa la ría de Bilbao (río Nervión), pasa a la mina "Malaespera" y luego al grupo de las minas "Nuestra Señora de Begoña", del coto minero del Morro.

Lindando con la mina "Malaespera" se presenta la mina "Julia", que no ha sido aún explotada.

El yacimiento explotado en el primer nivel de la "Malaespera", continuado en el segundo y en preparación en el tercero, se interna en la mina "Julia".

Se ha reconocido esta mina por medio de 24 sondeos a profundidades variables entre 65 y 270 metros, calculándose una reserva de mineral de aproximadamente un millón de toneladas de un buen carbonato, con más de 52 por 100 de hierro y algunas cantidades de manganeso.

Se calculan actualmente las existencias presumibles en esta zona en 10 a 12 millones de toneladas de mineral.

Como medio de transporte se utilizan en esta zona los ferrocarriles de Portugalete y Santander y sus cargaderos respectivos en la ría de Bilbao y el tranvía aéreo para el coto primitivo.

Lo que resta del coto Ollargan no se halla bien recono-

cido y, por tanto, su explotación depende del resultado de este reconocimiento.

Los trabajos de "María la Chica" se paralizaron hace años, como también los del coto Morro, por resultar su explotación antieconómica, y se retiró el material y tranvía aéreo que le unía con el lavadero de Ollargan.

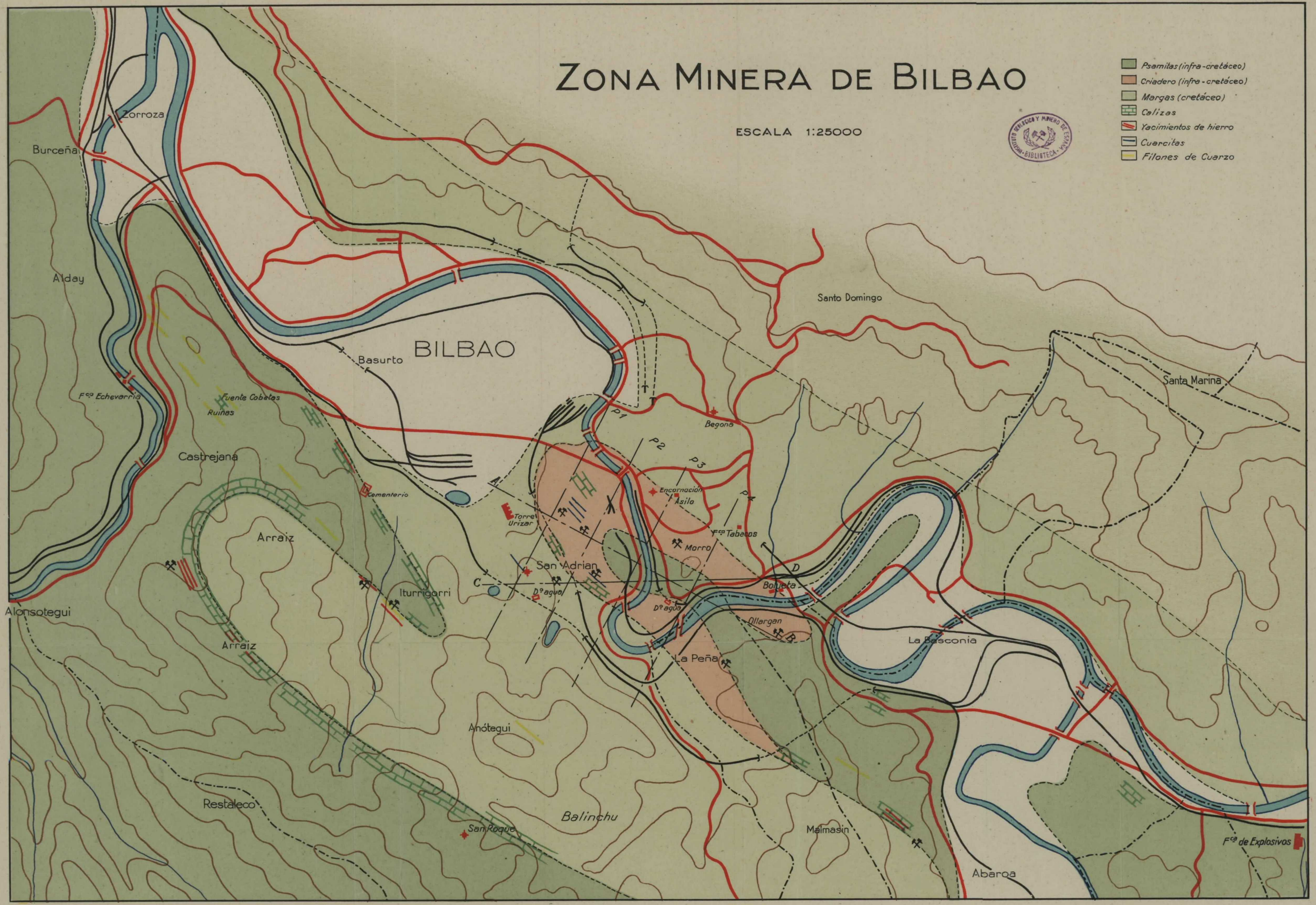
Los planos adjuntos dan idea de la geología general de esta zona, y una primera orientación acerca de los lugares en que debe estudiarse la ubicación de los sondeos de investigación.

ZONA MINERA DE BILBAO

ESCALA 1:25000



- Psamitas (infra-cretáceo)
- Criadero (infra-cretáceo)
- Margas (cretáceo)
- Calizas
- Yacimientos de hierro
- Cuarcitas
- Filones de Cuarzo



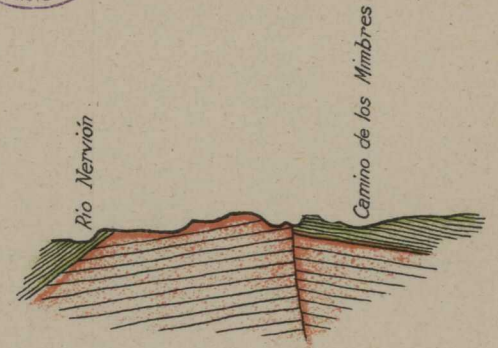
ZONA MINERA DE BILBAO

CORTES GEOLÓGICOS

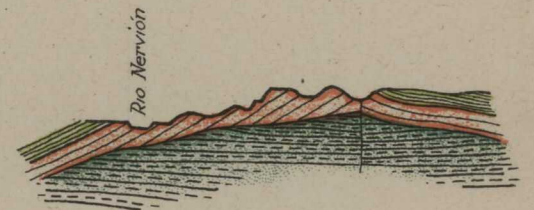
ESCALA 1:25.000



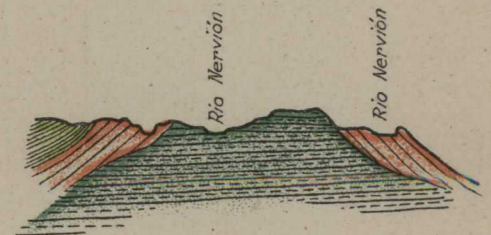
Corte 1



Corte 2



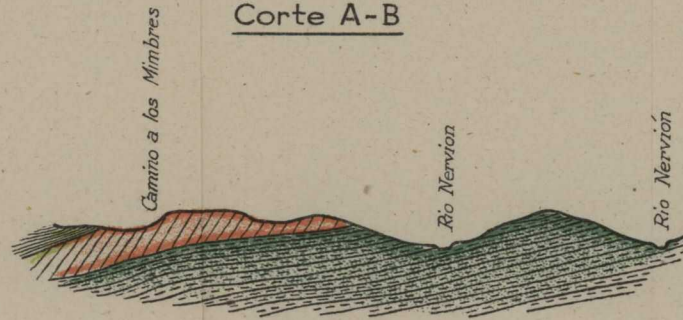
Corte 3



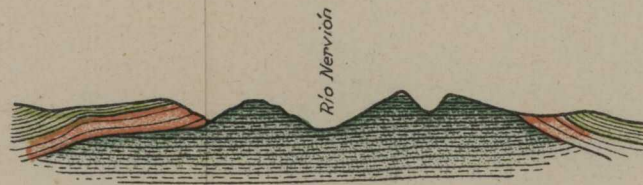
Corte 4






Corte A-B



Corte C-D



EXPLICACIÓN

-  Psamitas (infra-cretáceo)
-  Criadero (infra-cretáceo)
-  Margas (cretáceo)

PRIMITIVO H. SAMPELAYO

Ingeniero de Minas

ENCUENTRO DE YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS EN LA SIERRA DE LA DEMANDA

Recorridos oficiales, impulsados para ampliar la minería, nos han traído otra vez a esta Sierra, hermosa esfinge que, en el promedio justo de las tierras de Burgos y la Rioja, se asoma en gigantesca ventana de 80 kilómetros de larga por 40 de Norte a Sur (Ezcaray a Neila), ofreciendo su mole paleozoica, rodeada de brillante y estrecho collar de secundario, desde las planicies de 800 metros de Castilla la Vieja, hasta las alturas de más de 2.000 metros, que suelen asomar blancas, los tres legendarios hermanos que la coronan, desde donde sale el sol hasta que se pone: San Lorenzo, San Millán y San Cristóbal.

La topografía no ofrece formas de violencia. Los rasgos litológicos son escasos ante la mole inmensa de estratos monótonos.

El mayor interés se encuentra en los bordes meridional y septentrional paralelamente y cerca de los sendos cercos secundarios que en esos rumbos limitan la sierra, pues también de Oriente a Occidente corren las dolomías y cuarcitas, entre las que se presentan los criaderos ferruginosos.

Además de andar estos bordes productivos, hemos atravesado la sierra de Sur a Norte por la Cruz de la Demanda. Los estratos principian echándose al Norte en el primer cañón del río Pedroso, entre los Barbadillos del Pez y Herreros; luego domina el buzamiento al Sur hasta el final, como si la mole de estratos estuviese volcada hacia el obstáculo resistente, formando un retazo de cordillera subalterna y paralela con la pirenaica.

En realidad, y atendiendo al promedio, el rumbo dominante en esta gran ventana tectónica es algo E.-NE., dato que aquí dejamos para la tectónica general del paleozoico. Los plegamientos más llamativos también se ajustan, considerados en conjunto, a la ley de distribución marginal; consisten en amplios anticlinales de las dolomías y calizas: en Barbadillo de Herreros, al Sur, y en Posadas y Azárrulla, al Norte. Quizá estos mismos anticlinales de los largos bordes son los que, cabalgando hacia Saliente, asoman cortados en la parte riojana de la sierra; al S. en las Viniegras (Ríofrío), y al N. en el río Najerilla, no lejos de Ortigosa; y estos anticlinales del cierzo, algo más adentrados en la sierra, son quizás los que puedan formar los decididos y enérgicos plegamientos de las rocas cuarcitosas superiores, los cuales, en magnífica presentación isoclinal a mediodía, se ofrecen al vencer el puerto.

En la monotonía estratigráfica sólo se destacan, y eso sin gran brillantez de relieve: las rocas altas cuarcitosas, las más suaves dolomías, y los paquetes pizarrosos, inferiores o intercalados como sostén de la gran armadura tectónica.

Estas tres clases de piedras pueden servir, elementalmente y no de modo preciso, para proponer tres divisiones:

1.^a Masa de topografía redondeada formada por pizarras verde oliva y otras con samitas, próximas a las dolomías, y que, en Barbadillo de Herreros, con rumbo algo NO., se van metiendo en los ríos y barrancos que bajan saltando de la

Sierra. Marcamos de preferencia estas pizarras al Sur por situar en ellas una interesante faunela.

2.^a Tramo de las laderas que, con varias tiradas (2, 3) de mineral de hierro amarillo (limonita), destaca sus filones de calizas casi siempre dolomitizadas y en proceso avanzado de transformación; cuadros metasomáticos de la mena.

3.^a Cuarzitas duras, con asiento de almendrán, que en las primeras cimas de las corridas meridionales se levantan enhiestas muchas veces y cruzadas hasta el colmo por filoncillos de cuarzo y vetas y macizos de precioso oligisto rojo, unos y otros de red apretada, como comprobación de los tormentos miloníticos de la roca que sustenta la trama.

En realidad, el único haz llamativo de la sierra, bien seguido por sus afloramientos ferruginosos y aun el que por su repetición constituye la base y gran parte de los plegamientos, es el de las dolomías, en horizontes múltiples que se enlazan con los paquetes de psamitas y cuarcitas delgadas (*¿Bámbola?*) y con las pizarras verdes (1). La roca carbonatada hace suponer el mesocambriano, aunque podría ser inferior; pero lo que se puede asegurar es que en todas las cimas dominan las psamitas de *tigilites* y pistas, y en los barrancos profundos los anticlinales de dolomía.

Proponemos ese orden porque en el tramo 1, de pizarras verdes, encontramos una fauna que suponemos atribuible al Cambriano inferior, conforme a los estudios de Walcott y Resser en Norteamérica, según detallamos.

Los fósiles encontrados hasta ahora no son buenos; pero, particularmente por las formas de cefalón, con anchas puntas genales, somites truncados y con extremos de varios artejos, así como por el *pigidium* muy suelto y articulado con espinas caudales verticales, parecen indicar el tramo de *Olenellus* (geor-

(1) En las pizarras verdes se encuentran a veces nódulos planos elipsoidales de caliza.

giense) por primera vez en España, sin carácter acadobáltico (1).

Una vez orientados, y como nuestros ejes estratigráficos no coinciden con los de Schriel, geólogo alemán que publicó un estudio sobre la Sierra de la Demanda en 1930, y como, por otra parte, hemos tenido la suerte de localizar seis horizontes fosilíferos, procederemos a enumerarlos, hasta que tengamos hecho su estudio, de S. a N., refiriéndonos a los parajes y a los tramos propuestos, pues de este modo, mezcladas las dos entradas, geográfica y geológica, serán más fáciles su comprobación o rebatimiento estratigráfico.

Horizontes fosilíferos encontrados:

Horizonte 1.º—*Cruzianas planas, scolithus.*

Señales mecanizadas y de pistas.

Tigilites (dubius, pomeli, gracilis).

Crossocorda, etc. (véase Cambriano en España, páginas 181-84.)

Es el horizonte de fósiles más extendido en el Cambriano de la sierra. Se encuentra por primera vez cerca de la Fuente de la Salud, de Valdepez hacia Barbadillo de Herreros; Schriel lo atribuye al infracambriano y nosotros al tramo superior de ese sistema, pues así se suele presentar en muchos sitios de España.

Las trazas, acompañadas de *ripplemarks*, son abundantes en las pizarras del acantilado izquierdo (río Pedroso), suben a las psamitas superiores (Motote), y entre pizarras lucientes, y cuarcitas y psamitas delgadas, acompañan, hacia el Oeste y hacia el Este, a las corridas cuarzosas de los hierros oligistos; y son frecuentes por debajo de ellos entre las separaciones pizarrosas de las calizas y dolomías carbonatadas inferiores; así las vemos sobre Bezares, Huerta de Arriba, en las Vinie-

(1) Rud, Emma Richer: Die fauna des Untes-Kambrium, etc.—Frankfurt A. M., 1941, p. 81.

gras, etc., en toda la sierra. Vuelven a verse en las trincheras del ferrocarril, antes de la fábrica de hierro, arruinada, pero llamada Nueva porque fué la última que rindió fundición; siguen las señales mecanizadas y *tigilites* sobre los pliegues de las dolomías de Valdejimeno a Canales y Ventrosa, y casi en general puede afirmarse que, desde las primeras dolomías, y particularmente entre los tramos carbonatados y las cuarcitas superiores, se encuentran siempre. Cortos han sido los trayectos de la sierra, en su fatigoso corte de una jornada, donde no nos hayan acompañado. Debemos señalar, como sitio especial, todas las cumbres que, desde Huerta de Arriba y Tolbaño, conducen a las peñas Retiñideras; en estos parajes son variadísimas las formas fosilíferas ofrecidas; deseamos citar: unos granos curvos en su relieve, con el aspecto de *Beirichias?*, pero que no pueden atribuirse a *ostracodos*; son muy semejantes a las figuradas por Thoral (1935, Montpellier) en el Cambriano de la Montaña Negra, con el nombre de *coprolitos*. En las representadas por Walcott. "The fauna of the Lower Cambrian or *Olenellus* zone". 1890, Wáshington, se ven, entre los restos encontrados por nosotros:

Helminthoidichnites, pl. LXII, p. 603.

Scolithus linearis, Hall.; p. 603.

Cruziana sp., pl. LXV, p. 604,

y muchas láminas semejantes a otras tantas pistas, etc., en "Cambrian geology and paleontology".—IV, núm. 4.

Appendages of *trilobites*.—Walcott.

Smithsonian Institution.—Wáshington, 1918.

Estas extensiones y semejanzas nos hacen sospechar un buen desarrollo del supracambriano y una representación del georgiense.

Deseamos hacer dos observaciones:

1.ª Que varias de las pistas consideradas por Walcott

como de *trilobites* las tenemos en nuestro Museo del Instituto Geológico (láminas I y II del Cambriano en España y otras), y esas mismas señales se *repiten* del Cambriano de Zaragoza (Balconchán) al de La Demanda.

2.^a Que en todas las cuarcitas *colocadas encima* de las pizarras de *cruzianas* planas no he visto restos fósiles, aun cuando el aspecto de esas pudingas y cuarcitas superiores sea ya siluriano.

Por ir acompañado al corte, que inevitablemente establecemos al trazar estas notas, fijaremos como detalle de los primeros encuentros en el horizonte de psamitas, que la sucesión parcial se ofrece así: pizarras verdosas inferiores al nivel carbonatado en la Fuente de la Salud; nivel de siderosa y dolomía; paquete de cuarcitas delgadas y flexuosas unidas a las pizarras de *cruzianas* planas; y en la parte alta, las cuarcitas que se inician con elementos rodados poligénicos y topografía levantada con yacimientos de óxido de hierro anhidro; y no obstante esta disposición ordoviciense, no hemos visto ningún fósil siluriano con especie característica de ese sistema; todos los restos reconocidos en este primer horizonte encontrado son atribuibles al Cambriano, en particular al tramo alto.

Horizonte 2.º.—Los fósiles aparecen en la segunda trinchera del ferrocarril. Saliendo de Barbadillo de Herreros, hacia la unión de los ríos Pedroso y de la Umbría, junto al puente y debajo de las dolomías.

Este yacimiento quizá sea el citado por Schriell como de *lingulinas*.

Los fósiles que hemos recogido son: una pequeña *lingula*, con relativa abundancia, que parece recordar a la *Lingulella ferronensis*, Faura, y dos señales que semejan coronas de *Et-mophyllum*, Walcott (1890), lám. LV, p. 601. Estos fósiles, que parecen corresponder a las calizas inferiores, los hemos visto también en los montes, hacia Monterrubio.

Tercer nivel.—Los fósiles encontrados no permiten en nuestro avance de estudio la clasificación precisa que deseáramos, pero nuestra propuesta aproximada es la siguiente:

Puntas pleurales de un *trilobites*, que parecen de *Olenellus Bröggeri?*, W.; otras de *Olenellus? thompsoni?*, *O. vermontana?*

Sección pigidial de un *somite* de *Triarthrus?* con *endopodites* en tres puntas.

Otro *trilobites*, vista ventral con *exopodites*.

Contornos frecuentes redondeados de *cefalones espinudos* y secciones longitudinales de *Ceraurus?* o *Neolenus?*

Vistas ventrales de *trilobites* (3) con las series de apéndices.

Vista de *endopodites?* articulados.

Algún *pterópodo*.

Alguna planta (*Eophyton*).

Un *protocaris?*, *modiolopsis?*, etc.

El conjunto de la fauna, marcada en trozos casi negros por una clorita muy oscura, recuerda las faunillas norteamericanas descritas por Walcott y Resser.

En las cuarcitas y psamitas más altas son muy abundantes las trazas mecánicas, algunas exactas a las atribuidas a pistas de *trilobites*.

Hay concentraciones de pequeños cuerpos calibrados que quizá sean de esporos o cápsulas de algas.

Desde luego, como importantes, se encuentran unos carapachos de paleostráceos de borde casi cuadrado, con espinas largas y huecas, las cuales, con sus contornos nítidos y curvilíneos, unidos a los perfiles de cefalones y líneas ventrales y dorsales, evidencian los caparazones de crustáceos de evolución bastante avanzada, pues ofrecen muchos segmentos especializados o fundidos. Alguna de las formas quizá se parezca a las de la fauna de las pizarras de Burgess (Columbia

británica, 1931), de Walcott y Resser, particularmente en la especie *Burgessia bella*, Walcott.

Cuarto nivel fosilífero.—En el alto de Guariste, en 1.660 a 1.730 metros, se encuentran unas cuarcitas delgadas, con aspecto de *lingulaflags*, casi verticales, y que, en placas delgadas corren de E. a O.; la distancia desde Barbadillo será de unos cinco kilómetros, y a dos o tres desde este yacimiento se llegará al pico de Los Dos Hermanos (1.840).

Suponemos que estas placas de braquiópodos pertenecen al Postdamiense, pues se encuentran entre las psamitas con *cruzianas* de poco relieve, de los altozanos de La Coronilla y Guarache (1.500 metros), y las psamitas y pizarras de Los Dos Hermanos, con hieroglífidos idénticos a los encontrados en Las Retñideras, en el primer horizonte del borde meridional.

Siguiendo hacia la Cruz de la Demanda, y antes de llegar (2.020), encontramos *flysch* cambriano con grandes *cruzianas* de tipo *schulzi*, Samp., y quizá *vexillum*; esto ocurre en las torronteras de los grandes anticlinales cuarcitosos que, con aspecto mucho más ordoviciense, corren hacia Ortigosa, ocultando los amplios pliegues de dolomías que asoman después bajando por Posada y Azárrulla a Ezcaray.

En toda la Sierra no he vuelto a ver estas losas de cuarcitas con *braquiópodos*. Los adelantos que damos de fauna soportarán su severa confirmación al estudiar todo el corte con los fósiles que tenemos y hemos de recoger nuevamente, publicando los resultados en nuestro *Boletín*.

Creemos ver valvas de *Lingulella* cf. *davisi*, Salter, del supracambriano (lám. 2, Gürich, 1908), con otras muy acuminadas, como la *ferruginea* de Salter y la *Mickwitzia* aff. *monilifera*, Linnarson, que parecen demostrar niveles más inferiores. Algunas *obolellas*, entre ellas la *Obolella* cf. *atlantica*, Walcott (1912), pl. 41, fig. 1.^a; *Westonias*, pl. 48, Walcott (1912).

Lingulella (Lingulepsis) aff. longienervis, Mathew, pl. 44, figura 2, Walcott (1912).

Lingulella (Lingulepsis) cf. acuminata, Conrad W., pl. 42, Cambriano medio a superior.

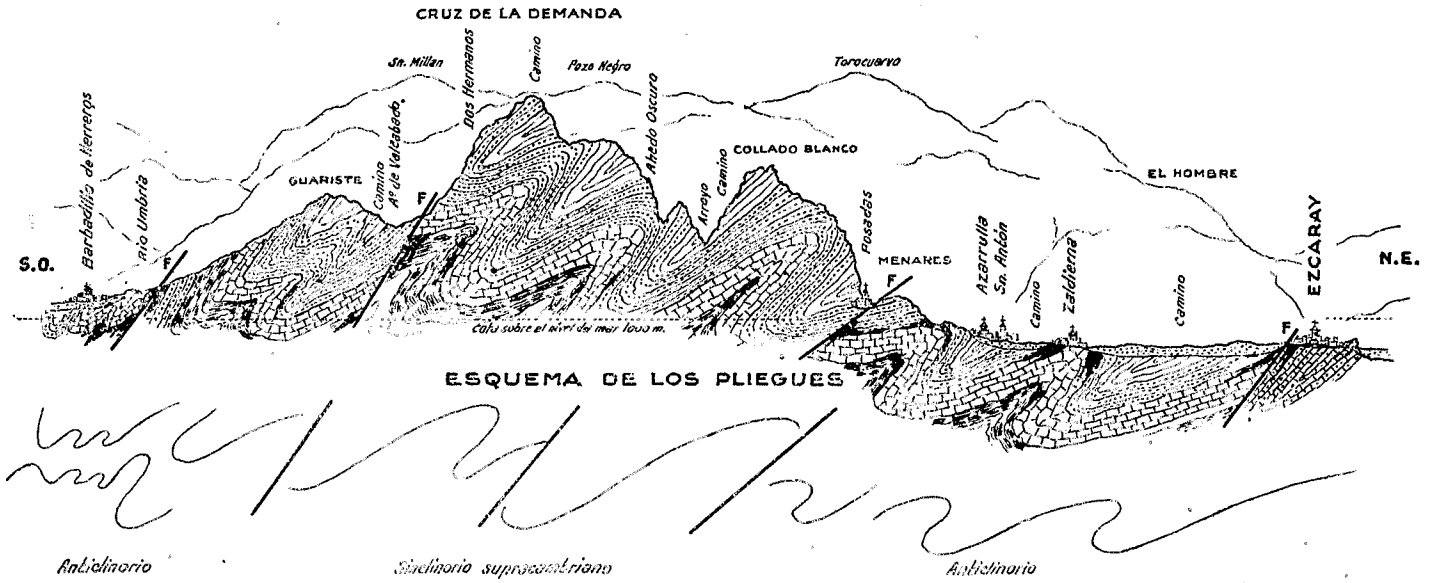
Todos corresponden a los órdenes *Atremata* y alguno quizá a los *Neotremata (pleuropigia, lingulidos, obolidos)*.

Quinto nivel fosilífero.—Hemos reconocido este afloramiento ascendiendo desde Ortigosa, y por su colocación a unos cinco o seis kilómetros al O. de ese pueblo, quizá corresponda en prolongación occidental con los estratos próximos a La Cruz de la Demanda, puesto que el rumbo de las cuarcitas delgadas y psamitas fosilíferas a que nos referimos se acusa algo al NE., con buzamiento al SE.; altura, unos 1.740 metros.

Este yacimiento, no descubierto aún en realidad, pues todos los cantos encontrados estaban desprendidos, fué puntualizado hace años de modo aproximado por mi querido amigo D. Melchor Vicente, a quien se deben no pocos descubrimientos paleontológicos y arqueológicos en las zonas de Ortigosa (Logroño) y Torrelosnegros (Teruel). Tuvimos noticias de este descubrimiento en su tiempo, y aun encontramos alguna piedra suelta semejante en los barrancos de Neila. El pico (1.740) en que se halla el yacimiento se denomina Las Tres Marías, porque desde esa eminencia se descubren tres santuarios dedicados a la Virgen, uno de los cuales es el de Nuestra Señora de Valvanera, patrona de la Rioja.

La arenisca ferruginosa de los fósiles se encuentra fijada en un pequeño cantil de unos tres metros, que lleva cuarcitas en la parte baja y pizarras verdosas y lúcentes en la superior, a las que más adelante volveremos a referirnos. El grano grueso de estas areniscas micáceas y la alteración en hidróxido de las abundantes sales de hierro que contienen, son causa de la mala conservación de las rocas y de sus fósiles; la parte

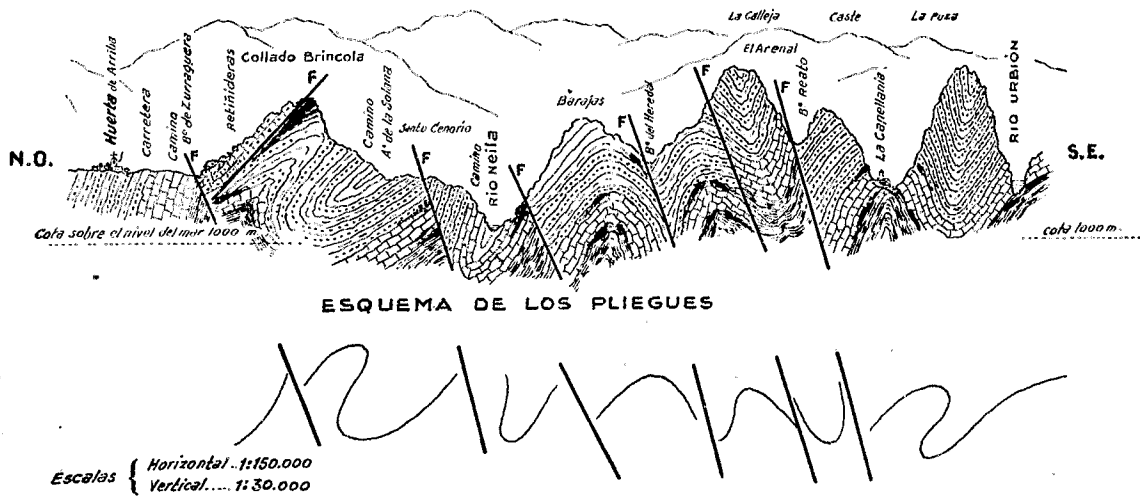
**CORTE GEOLÓGICO DE BARBADILLO DE HERREROS A EZCARAY
(SIERRA DE LA DEMANDA)**



— EXPLICACIÓN —

Depósitos modernos.....		Mineral.....	
Postdamiense o siluriano.....		Infracambriano.....	
Supracambriano (cuarcitas y similares).....		Falla.....	
Calizas y dolomías.....		Esquema de los pliegues.....	
Secundario (Trias-Jura).....			

CORTE GEOLÓGICO DE HUERTA DE ARRIBA A RIO URBIÓN



— EXPLICACIÓN —

Secundario (Cret y Jur).....		Infracambriano.....	
Postdamiense o siluriano.....		Falla.....	
Supracambriano.....		Esquema de los pliegues.....	
Calizas y dolomías.....			
Mineral.....			

caliza de las conchas ha desaparecido, después de su evolución.

La mayoría de los ejemplares parecen corresponder al orden *Protematra*, de Beecher, y, dentro de los *Orthaceos*, a la familia *Billingsella* y *Nisusida*, a juzgar por sus pequeños *deltirium* y rudimentarios *spondilia* y *cruralia* en la estructura densa y granular de la roca, según puede apreciarse en varios ejemplares.

Algunos de los fósiles de este yacimiento fueron examinados por los Sres. Sos y Olagüe (*B. S. E. H. N.*, 1936, número 2). Sus figuras 1 y 2 parecen referirse a la familia *Nisusianæ* (W. Schuchert); las otras, quizá correspondan a *Obolus*, pues parecidas las hemos visto, y aun alguna que por su molde se pueda atribuir a los *trimerelidos*.

Dentro de estas rocas sueltas, y correspondiendo, sin duda, a otra tongada, he recogido unas jacillas en óxido rojo vivo con *Volborthelas*, *Hyolithus* y quizá *anelidos* como los representados por Walcott (1912) y Thorol (1935) en la Montaña Negra, al Sur de Francia.

El conjunto de las formas de *Bilingselas* y *Nisusias* aplanadas, así como estos pterópodos elementales, parecen confirmar el carácter cambriano de esta fauna.

Los *obolus*, *obolellas*, etc., son también muy frecuentes en el Cambriano (Walcott, Schuchert, etc.).

Provisionalmente referimos estos estratos al Postdamiense, como ya lo habíamos indicado al publicar "El Cambriano en España", 1934.

Sexto nivel fósilífero.—Este último nivel, de psamita y pizarras verdosas, corresponde a las rocas situadas al NO. de Ortigosa y colocadas en el mismo paquete de las capas de *nisusias* antes indicadas como quinto nivel.

Por ahora, en este último y sexto horizonte sólo podemos citar una *cruziana*, de muy bonita presentación, mucho más

abultada en sus lobs y cóstulas que las *cruzianas* planas clásicamente postdamienses.

No obstante, debemos tener en cuenta la semejanza de esta *cruziana* (camino forestal de Las Tres Marías) con la *Cruziana dissimilis*, de Walcott (1890), en el Cambriano de Norteamérica.

Si nos fuese posible, al publicar "El Siluriano en España" daríamos, al menos, fotografías de los fósiles de estos niveles; en tanto, deseamos tiempo tranquilo para su estudio detenido, con ampliación de recogida de restos.

En resumen: las *cruzianas* elevadas de Ortigosa, *Cruziana Ortigosæ* sp., son los fósiles más probablemente ordovicienses de todos los vistos en la ventana tectónica de La Demanda.

El tramo medio de las dolomías y calizas tiene varios horizontes de estas rocas alternantes con pizarras y areniscas de tono violeta, en los que no hemos podido encontrar restos ni aun en los lugares indicados por Schriel (entre las Viniegras, Riofrío). Por otra parte, en esas pizarras de separación ya se empieza a encontrar *tigilites*, *foralites* y otras señales, que, aun sin valor biológico, parecen acantonarse en el Postdamiense español.

Antes de llegar a las cuarcitas, formando su apoyo, hay pizarras silíceas mezcladas con cuarcitas y grawakas en bancos delgados, en los cuales son abundantes, en general, las pistas y *cruzianas* planas, frecuentes en el Siluriano superior del Noroeste de España y con el aspecto de las capas de Ateca, consideradas de esa misma edad. Como término más alto se encuentra la cuarcita, que principia por pudinga y se mezcla con cuarzo y hematites.

Debemos advertir dos puntos de importancia: es el primero que todas las pistas y fósiles cuarcitosos tienen tipo plano, supracambriano, sin que hayamos visto ninguna *cruziana*

de tipo siluriano, ni en las pizarras, ni menos en las cuarcitas superiores. La segunda advertencia se refiere a la proximidad casi constante de algunas dolomías mineralizadas con el paquete de cuarcitas altas. Como, por otra parte, algunas de las pistas son idénticas a las citadas como de *trilobites* en el Cambriano inferior por Walcott, y se ofrecen casi sin interrupción desde las pizarras verdes, dan un fondo de duda respecto a la gran extensión que en esta zona pueda tener el Georgiense.

NOTA.—Ya en pruebas de tirada estas cuartillas, en nueva remesa de fósiles de ambos yacimientos: camino forestal y Las Tres Marías, hemos podido apreciar claramente más fósiles en rocas ya de volumen, como arrancadas de las psamitas y areniscas fijas. Entre las *cruzianas planas* del camino forestal, todas ellas de facies supracambriana, encontramos esta vez una *Cr. furcifera* y además otra cuyo plexo está cruzado transversalmente de arrugas regulares, tipo *Cr. prevosti*, que, hasta ahora, ha figurado como típicamente siluriana (Arenig).

En las areniscas ferruginosas de Las Tres Marías podemos distinguir dos láminas delgadas a modo de horizontes: una de *pterópodos volborthella?* (Thoral, Montaña Negra), y otra, que suele llegar a más espesor, con verdaderas aglomeraciones de *obolus* y *lingulellas*; los restos de *obolus* tienen gran parecido en sus contornos con el *O. apollinis*, Eich, del Cambriano superior de Estonia; los trozos marginales, en arcilla blanca, son llamativos por los orificios irregulares que suele llevar esta especie.

Por fin, en las areniscas ya conocidas repetimos nuestros encuentros de *protremata* y primitivos ortaceos: *glossorthis*, *protorthis*, *eoorthis* y quizá de preferencia *Billingsella romingeri?* Barr., de la fauna primordial de Bohemia.

En resumen: podría ocurrir que estas capas de *braquiópodos*

podos representen las primeras tongadas entre Arenig y Llandeilo (Öpik, 1930, Tartu). Los fósiles más conocidos y concretos del Ordoviciense han sido las *Cr. prevosti* y *Cr. furcifera*. No hemos apreciado ninguna forma báltico-acadiense.

Don Melchor Vicente me da cuenta de una excursión a la que no me ha sido posible asistir. Deseo rendirle en este punto un recuerdo cordial por su patriotismo, que le lleva a un esfuerzo desproporcionado a su muy pasada edad de jubilación, en brillante y honrosa carrera, por prestarme ayuda y colaboración.

"6 de septiembre 1942.—Cumplí mi palabra de volver a la Peña de las Tres Marías (vertiente el Najerilla), en busca de sus fósiles en la vertiente del Iregua. No llegué al sitio que me proponía porque me encontré con otro yacimiento similar: *Orthis*, etc. Y me aventuro a decir otro porque siguiendo su banco cuesta arriba en buen trecho y luego en la misma dirección, salí a unos 100 metros más arriba de la Peña, y otros 100 aproximadamente que cuento de la Peña al yacimiento primitivo, son unos 200 metros de diferencia, cortadas sus capas perpendicularmente de un yacimiento a otro. Estoy deseando un viaje a Brieba (son dos horas al pueblo y otras dos de rebusca por la caja de la carretera abierta de este pueblo al río Najerilla). En ese trayecto hace años hallé los *orthis*, y juzgo pasan perpendiculares a la carretera los mismos estratos de la Peña y aun pudieran encontrarse las *cruzianas*."

Se trata de estratos muy comprimidos, buzando al Sur, y desde ese punto cardinal se suceden: areniscas y pizarras (trías), conglomerados (base-permotrias); y desde aquí, y ya más verticales en discordancia angular: pizarras con *cruzianas* que encontramos en las anteriores excursiones y los tres niveles de areniscas fosilíferas entre pizarras verdosas. La impresión es de niveles postdamienses, con *braquiópodos* y *pteró-*

podos, en pliegue isoclinal, bajo las primeras hiladas silurias. — (P. H. S.)

Esa articulación elemental que acabamos de exponer no es coincidente con la que da el geólogo alemán W. Schriell (1930) en su estudio sobre la Sierra de la Demanda, y la cual es como sigue:

- | | | |
|--|---|---|
| Cambriano superior cb 3..... | } | <ol style="list-style-type: none"> 3. Cuarcitas en bancos y pizarras cuarcíferas, grises, raras veces blancas (cb 3 γ). 2. Pizarras grises areniscas, raras veces arcillosas, con bancos de cuarcitas subordinados, que hacia abajo se cambian en verdosas. 1. Pizarras arcillosas verdes con lingúlidos: equivalente de las <i>Lingulaflags</i> (cb 3 α) (1 — 3 = estratos <i>Ateca</i> de Lotze). |
| Cambriano medio:
Horizonte <i>paradoxides</i> cb 2. | } | <p>Calizas dolomitizadas, pardas, en parte también violetas, con asientos intermedios de pizarras margosas de tono uniforme, que presentan restos de <i>trilobites</i> no determinados con precisión (entre Viniegra de Abajo y Viniegra de Arriba). En la base, una capa de mineral de hierro (Barbadillo de Herreros, San Antón, Azarrulla) cb 2.</p> |
| Cambriano inferior cb 1..... | } | <ol style="list-style-type: none"> 3. Estratificaciones alternantes abigarradas con areniscas violetas, rojas y verdes, grawacas, cuarcitas y pizarras con interstratificaciones de calizas, margas y grawacas calizas (cb 1 γ). 2. Areniscas en bancos compactos, grawacas, y cuarcitas generalmente de tonos claros o verdosos, cambiándose en la base en areniscas cuarcíticas, toscas, y conglomerados, cuyos fragmentos alcanzan el tamaño de huevos de gallina. Al Este domina la facies cuarcítica; al Oeste de la montaña, más formaciones de areniscas y grawacas (cb 1 β). La serie de estratos corresponde a la cuarcita <i>Bámbola</i> de Lotze (1). 1. Pizarra arcillosa oscura a negra, también con frecuencia verdosa, en su mayoría con intensa metamorfosis al Este de la montaña (cb 1 α). (Aquí se presenta ya probablemente el algonkiense.) |

(1) Allí donde surgen dudas sobre un horizonte, acepto las indicaciones locales inscritas por Lotze.

La confusión que desde luego ofrece esa escala litológica se aumenta en los análisis que hace de cada piso; pero ante ellos hacemos punto, pues no nos proponemos labor de crítica, sino de aclaración, y entresacamos dos observaciones:

1.^a Así como en el cuadro, al llegar al mesocambriano, dice "Horizonte de *paradoxides*", en el detalle (cb 2) su frase es: "En materia de fósiles sólo encontraron restos de segmentos de *trilobites* en las margas calizas de Riofrío"; y más adelante afirma que "la clasificación en el Cambriano medio (del tramo carbonatado) se realizó a base comparativa, sobre todo teniendo en cuenta los niveles de muro y de pendiente reconocidos en otros territorios como del Cambriano inferior y superior (en Asturias, por Barrois, 1882, y en Aragón, por Lotze, 1929)". Parece que desea concretar en la parte alta las capas de *Ateca*, y en la inferior el horizonte de mineral de hierro de Asturias, nivel artificioso, a nuestro parecer, tanto en el Principado como en La Demanda, según razonaremos al hablar, aunque sea rápidamente, de los criaderos.

Los criaderos examinados se ofrecen en una zona estrecha y de Levante a Poniente, extendida al S. de la Sierra y en las cercanías del cerco de terrenos secundarios, en una longitud de unos 30 kilómetros desde la Fuente de la Salud y Motote, en el corte del Pedroso, hasta las peñas del Aguila y la Puza, más allá de Canales. En dos tiradas paralelas y en forma distinta ocurren los yacimientos; la corrida interna se alarga a media ladera, en el contorno interior que corresponde a las calizas y dolomías ferríferas, denominación que impone el análisis, y esta corrida es la que comprende el mejor afloramiento de la sierra, Monterrubio, llamativo por su cantidad y famoso porque ha surtido en tiempos pasados a las ferrerías de la comarca, de las que se cuentan más de seis, las cuales enviaban sus carros por los caminos relativamente fáciles hasta el venero.

En esta banda o corrida interna de criaderos no hay más clase que mineral rubio con todas las variadas y preciosas formas de la limonita, desde el ocre a las *lepidocrocitas* y *goetita*, con disposiciones butroides estalactíticas negras, brillantes y hasta aterciopeladas, y con irisaciones en su corteza.

Las calizas y dolomías del que hemos llamado tramo medio son las generadoras de estos criaderos, arrumbados, como las rocas carbonatadas, casi de E. a O.

Las fallas numerosas, de N. a S., o quizá algo al O., cortan las dolomías normalmente, y por ellas empieza o se acentúa la transformación (metasomatismo) en mena de hierro.

Los criaderos alojados en las cuarcitas altas, desde las laderas del monte San Cristóbal en la larga corrida por el Motote de Barbadillo de Herreros, Huerta de Arriba, Retiñideras, peña del Aguila, la Puza, etc., se ofrecen en filoncillos de oligisto, rellenando las antiguas fisuras de las levantadas cuarcitas. Esta relación constante de fisuras y óxidos anhidros de hierro nos hace suponer una formación pneumatolítica, admitida en los depósitos de esta clase a temperaturas altas, o al menos filoniana, pues encontramos plomo en algunos oligistos. Es importante advertir que, de modo casi seguro, debajo de las cuarcitas de hematites, y muy próximas a ellas, se encuentran dolomías o carbonatos de hierro con su cortejo de hidróxidos de hierro, poniendo en guardia sobre si el manantial de los oligistos de las cuarcitas no serán los carbonatos ferríferos inferiores, en reacciones producidas mediante las fallas por los agentes del metamorfismo: 1.º Metasomatismo y meteorización del tramo dolomítico. 2.º Condensación anhidra en rocas inatacables, como son las cuarcitas superiores.

En cualquiera de los casos, limonita u oligisto, no se acusa el ácido fosfórico en los análisis, como prueba clara de su origen filoniano, muy alejado de las formaciones ferríferas sin-genéticas, las cuales, en este paleozoico y en caso extremo,

podrían tener su representación en el grupo dolomítico, sin que se pueda proponer un horizonte ferruginoso.

En Asturias y Galicia hay, en efecto, algunos yacimientos pobres de limonita secundaria entre las rocas postdamienses, pero sin representación de horizonte litológico normal; el origen causal es con frecuencia el contenido piritoso de las rocas.

Referimos al lector a los estudios sobre minerales de hierro de Asturias y Galicia publicados en nuestro Instituto Geológico.



JOSÉ ROMERO ORTIZ DE VILLACIÁN

NUEVAS NOTAS ACERCA DE LAS
OFITAS Y MONOGRAFÍA DE LA DE
VILORIA (ÁLAVA)

La introducción en la nomenclatura petrológica del nombre de *ofita*, con el que Palassou designó unas rocas eruptivas triásicas de la vertiente N. del Pirineo, habría sido intranscendente, como sucede a muchos nombres de "campo", si Fouqué y Michel-Lévy no le hubieran consolidado con sus notables trabajos micrográficos, manifestando en sus monografías que dichas rocas presentaban una textura especial, que por considerarla intermedia entre "el tipo granitoide y el tipo porfiroide" (actualmente denominadas *granuda* y *porfírica*, respectivamente) la distinguieron con el nombre de *textura ofítica*. Nació, con ello, una nueva paradoja patronímica, incorporada a la serie tan variada como numerosa que ofrecen las ciencias naturales, y que lejos de deslucir el mérito de la investigación que les dió cuerpo, sólo sirven para acusar el progreso incesante de la crítica científica, a medida que nuestros conocimientos ensanchan. El genio creador de Haüy—y es un mero ejemplo—observando unos cristales del Vesubio, desconocidos hasta entonces, les dió el nombre de *piroxeno* (etimológicamente: ajenos o extraños al fuego), como él mismo dice: "un

extranjero en el dominio del fuego”, y bien sabemos que son frecuentísimos en las rocas ígneas y que se forman por vía seca con fusión fácil, aunque de alto grado; no obstante lo cual, seguimos empleando dicho vocablo, con valor etimológico convencional, pero con todo respeto y admiración hacia el verdadero fundador de la cristalografía.

Trataremos de demostrar que, de análoga manera, desde los puntos de vista actuales, nada o muy poco vemos en la *ofita* que sea realmente *ofítico*, en la acepción que hoy damos a esta palabra.

* * *

Un conjunto macroscópicamente abigarrado de uralita, serpentina, clorita, epidota, feldespato, calcita, etc., inspiró a Palassou para su simbólica denominación, por “ semejanza a una piel de serpiente ” (del griego *ophir* = serpiente), coloración que no es exclusiva de la *ofita*, sino que también la hallamos en otras diabasas y basaltos. Se concedió gran importancia a las condiciones geológicas de yacimiento, lo cual condujo a una generalización abusiva, que tanto en Francia como en España movió a los geólogos a considerar como *ofitas* varias rocas que ni siquiera tenían con aquéllas el menor aire de familia, introduciendo, de paso, un confusionismo entre dioritas, diabasas, *ofitas*, porfiritas diabásicas, etc., etc., que en el país vecino ha costado trabajo desvanecer, pero en el nuestro, por perdurar hasta el día, requieren una amplia revisión, que vamos efectuando lentamente, con el fin de encajar su clasificación en los justos límites que la ciencia actual les reserva. El Sr. San Miguel de la Cámara ha realizado muchos estudios encaminados a este fin.

En el siglo pasado, todo en ellas fué tema de discusión, hasta la génesis y edad, más como origen que como proceso, sin que los ilustres petrólogos de la época llegaran a ponerse

de acuerdo. Para unos eran eruptivas; para otros, metamórficas; para algunos vieron la luz exclusivamente en el triásico; para varios podían presentarse como tipos cenomanenses las vascas y asturianas y como postnumulíticas las de Cádiz y Sevilla.

Sin otra pretensión que la de armonizar las minuciosas y plausibles observaciones de tan memorables petrólogos con los conocimientos actuales, y con cita elogiosa para Macpherson, Palacios, Adán de Yarza y Calderón, que tanto se distinguieron en la controversia, volvemos, con estas notas, a un tema ciertamente muy debatido, pero constantemente renovado, como corresponde al continuo renacer de la ciencia petrológica.

* * *

La *ofita* nos proporciona nuevo argumento dialéctico de que el criterio geológico es insuficiente, por sí solo, para cimentar sobre él una clasificación petrológica, porque sin negar el gran valor que tendría, si fuese posible, la formación de un árbol genealógico de las rocas, como pensaba Goldschmidt, es lo cierto que el sentido cronológico nos lleva de la mano a la distinción de *antiguas* y *modernas*, que en muchos casos envuelve una antinomia. En las rocas ígneas, un granito, una sienita, prototipos de rocas *antiguas* al modo clásico, pueden ser, y son, tan *modernos*, que se están formando actualmente en el seno de la tierra, constituyendo de ello notables ejemplos los *gabbros* terciarios italianos y las granulitas postecénicas de Argelia. Las diabasas, que se nos muestran en diques y coladas dentro de diversos períodos geológicos, caso de hallarlas en un *neis*, como una que hemos estudiado de Talavera de la Reina, no podríamos definir las cronológicamente, ni aun de modo incorrecto, sin conocer la edad de su caja, dificultad no siempre obvia, porque también en las metamórficas surge el mismo problema, con análoga modalidad. Un *neis*—ya que

le hemos citado—que constituía el *terreno primitivo, fundamental, o primordial*, símbolo de antigüedad para los geólogos del pasado siglo, puede ser tan moderno como lo sea la acción metamórfica que le origine, por lo cual, podremos encontrarle también en cualquier período geológico apto para su formación.

Por otra parte, estamos imposibilitados todavía para establecer una ley, porque a veces existen coincidencias sorprendentes en el yacimiento, pero en otras la disparidad no es menos notable. Por ejemplo: a la diabasa de Aasby, en Noruega, también conocida en el N. de Alemania al estado de bloques erráticos, roca singular por su constitución mineralógica, corresponde exactamente, y aun la supera en belleza cristalográfica, la ya citada de Talavera de la Reina, descubierta por mis queridos y notables compañeros Sres. Templedo, Meseguer y Cantos, encontrándose ambas enclavadas en un neis próximo al granito, como queriendo demostrar su obediencia al viejo principio filosófico de que “las mismas causas producen los mismos efectos”; pero, en cambio, a las ofitas del triásico superior pirenaico corresponden unas idénticas que cubren al siluriano inferior en Gotlandia, de edad algo incierta, pero más antigua que las que en nuestro país y en el vecino se han venido considerando como exclusivamente triásicas. Es también digno de recordar, a este respecto, que a tales ofitas corresponden unos meláfiros en el Tirol, discrepancia que aparecerá cumplidamente explicada con nuestro análisis petrogenético de la roca de Vitoria. No olvidemos, además, que el concepto de edad ha introducido dualidades en la nomenclatura, en las que, a veces, la razón es vencida por la costumbre.

Si la correlación cronológica no es utilizable como fuente de conocimiento, es legítimo acudir a las propias condiciones geológicas de yacimiento. Tal fué el criterio seguido por la escuela alemana de Rosenbusch para erigir una sistemática

de las rocas ígneas, pero la realidad le ha opuesto bastantes excepciones. Hemos de resignarnos a no salir todavía de la confección de cuadros geológicos de yacimiento sinópticos, completándolos constantemente con el minucioso detalle que podemos apreciar en las propiedades físicas, químicas, físico-químicas y geológicas, dominando nuestro impulso natural hacia la sistematización, si no queremos verla caer por artificiosa y prematura.

Lo propio puede decirse de la *textura*, que por sí misma tampoco puede servir para fundamentar una clasificación científica, sobre todo cuando la definición tiene carácter subjetivo, como el que legaron a la ofita los petrólogos que por primera vez lo estudiaron. Cuando empleamos las frecuentes denominaciones de *textura ofítica* (que sirvió, como hemos dicho, para diferenciarla) o de *textura traquítica*, por ejemplo, queremos ir de lo particular a lo general, procediendo por vía sintética en un proceso que es todavía analítico, y obtenemos como consecuencia una generalización censurable, por la sencilla razón de que existen ofitas que no tienen la *textura ofítica*, como existen traquitas que carecen de la *textura traquítica*, y en cambio encontramos otras rocas que sin ser ofitas presentan la primera *textura*, y en cuanto a la segunda, nada se opone a que la ofrezcan todas las volcánicas. En la *textura diabásica*, por excepción, está actualmente bien definido el criterio: la diabasa ha de presentar dicha *textura*, y si no la ofrece, si es granuda, aun con idéntica composición mineralógica, la roca es un gabbro.

El propio sentido lógico y gramatical nos dice que siendo la *textura* una propiedad físico-química, podrán presentarla con análogo carácter diversas especies de rocas que obedezcan a leyes análogas, y, por tanto, no debemos emplear un adjetivo específico, sino otro que las comprenda a todas, por lo que nos parecen más correctas las expresiones de *textura intersticial*

y *textura fluidal* en los ejemplos citados, con las que se recuerdan los efectos logrados en la consolidación; denominaciones que, por fortuna, también se emplean, pero con el vicio de considerarlas como sinónimas de *diabásica* y *ofítica* o de *traquítica*, respectivamente.

Algo podríamos decir también de la *estructura*, que quizá por la imprecisión tecnológica de los diccionarios académicos, se confunde a veces con la *textura*, y hasta existen algunos tratadistas que invierten los conceptos y, por tanto, oscurecen o tergiversan las definiciones. Hacemos gracia al lector de una digresión, más propia de Congreso o de obra didáctica que de estas notas, y volviendo a la *textura* de la ofita, le invitamos a que observe la microfotografía número 1, obtenida en nuestro laboratorio de la más conocida de todas: la clásica de St. Béat, en el Pirineo francés, cuyas canteras han dado origen a grandes explotaciones. Como en la actualidad *textura ofítica* viene a ser sinónima de *textura diabásica*, o sea una red triangular del feldespató generalmente alargado según la arista p (001), g^1 (010), con depósito en sus mallas del o de los elementos ferromagnésicos, vemos que esta condición no se cumple en la forma de conjunto, sino que la augita se ha individualizado más o menos idiomórficamente, dando lugar a fenocristales, cuyo elemento encontramos también en la pasta, o lo que es lo mismo, la *textura resulta porfírica*. Únicamente en algunas regiones de la pasta podríamos hallarla según la definición; pero esto ni nada nos dice, ni es peculiar de la ofita. Muchas diabasas, diversas tholeyitas y varias doleritas la presentan más marcada. Tan es así, que muchos tratadistas, para ilustrar sus obras, acuden frecuentemente a grabados y microfotografías de rocas de Argelia o a diversas doleritas, porque las clásicas de Palassou no ofrecen la *textura ofítica* con la nitidez que requiere una definición.

Otra prueba de cuanto venimos diciendo, es que casi al

mismo tiempo de iniciarse los primeros debates sobre las ofitas pirenaicas, el notable petrólogo sueco Törnebohm describía unas rocas de Gotlandia a las que denominó *Kinnediabas* (diabasa de Kinne), nombre derivado de Kinnekulle, donde se hallaba la que consideró como más característica, aunque también se encuentran en Plantaberg, Billingen, Fardala y otras localidades, cuya microfotografía insertamos (microfot. núm. 2) para que pueda juzgarse su analogía textural con la de St. Béat y la de Viloria (microfot. núm. 3), haciendo la salvedad de que las tres tienen análoga composición mineralógica. Lo que en Francia y en España fué una novedad, una ofita, en Suecia no pasó de ser una diabasa.

Es indudable, no obstante, que la *textura* tiene cierto sello distintivo, que no consiste en ser intermedia entre la granuda y la porfírica, como la definieron sus primeros observadores. Sus rasgos fisonómicos creemos que sean: el gran tamaño de los fenocristales de augita, las soluciones de continuidad que ofrecen algunos de ellos y su copioso relleno de microlitos feldespáticos, *textura* que, ciertamente, se presenta en otras rocas, pero no con tanto desarrollo como en éstas. ¿Justifican estos detalles la creación de su nombre? Entendemos que no era necesario, y así han opinado incluso varios petrólogos franceses más modernos, que, sin criticar la denominación de ofita, las han referido, acertadamente, a las diabasas, tratando de justificar aquélla por el metamorfismo apomagmático que algunas han experimentado: el piroxeno se halla frecuentemente urutilizado, existiendo clorita, serpentina, epidota, calcita, etcétera, como productos de alteración. Este fenómeno, en verdad, no es privativamente *ofítico*; pero teniendo cierta realidad, podría ser admitido por los petrólogos, si no careciese de rigor científico.

Las sutiles diferencias de *textura* que hemos anotado son consecuencia de orden físico-químico. Obedecen a la compo-

sición química del magna y a su proceso de cristalización; pero antes de analizar su petrogénesis, resulta obligado describirla, para lo cual hacemos uso de un ejemplar de mano que ha sido remitido a nuestro laboratorio por mis amables y distinguidos compañeros Sres. Conde de Peñafiorida y Comba, procedente de Viloria, cerca de Salinas de Añana, en la provincia de Alava (microfot. núm. 3).

Micrografía de la ofita de Viloria

Caracteres macroscópicos.—Roca de color gris oscuro, de grano muy fino, fractura irregular con tendencia subplana en los pequeños fragmentos, dura y bastante tenaz, sin que ofrezca ningún elemento determinable a simple vista, pero sí perceptibles por su coloración distinta, singularmente los de augita.

Caracteres microscópicos.—En la platina se resuelve con una estructura holocristalina y una textura de conjunto porfirica, con fenocristales de augita y enstatita. La textura de la pasta es intersticial (diabásica u ofítica). Encontramos en la roca los siguientes elementos:

Fenocristales.—Una *augita* incolora o, cuando más, con ligero tono rosáceo, no pleocróica, que se presenta en buenos granos, a veces con marcada tendencia idiomorfa (microfotografía núm. 4), y conteniendo en su interior cristales del plagioclasa, gránulos de serpentina (microfot. núm. 5), e inclusiones ferruginosas. Estos grandes cristales de augita, que miden hasta 2,70 mm., se hallan bien conservados, con los cruceros prismáticos m (110) y m ($1\bar{1}0$) algo difíciles y el pinacoidal g^t (010) con apariencia de fractura, alcanzando bastante desarrollo las caras del prisma. La falta de cristales adecuados nos impide fijar con exactitud el ángulo de la bisectriz γ con el eje cristalográfico c ; pero aproximadamente hemos podido determinarle en una cara paralela al plano de los ejes ópticos,

que presenta un contorno bastante idiomorfo y es de $+ 38^\circ$, por lo que debe tratarse de una augita muy diopsídica. Su birrefringencia $\gamma - \alpha = 0,022$ es algo baja para un diópsido puro, siendo las restantes $\gamma - \beta = 0,017$ y $\beta - \alpha = 0,005$. Resulta casi incolora en luz reflejada.

Es frecuente en esta augita la macla según h^t (100), y además hemos encontrado una lámina delgada paralela al plano de los ejes g^t (010), maclada entre dos partes principales, pero con interrupción de aquélla antes de llegar al límite del cristal, de modo que forma una penetración de lados paralelos.

Enstatita.—Existe un piroxeno rómbico que por su falta de plocroismo, su signo óptico y su birrefringencia, consideramos como una *enstatita*. Se encuentra casi totalmente transformada en una bastita fibrosa que, examinada por reflexión, tiene un color amarillo más o menos pardusco, y en luz transmitida pasa a pardusco oscuro y muy turbio, porque ha existido alguna pequeña eliminación de hierro con producción de manchas coloidales bastante opacas.

Este piroxeno aparece en formas irregulares, alotriomorfas, con grandes soluciones de continuidad en sus caras, rellenas por elementos de la pasta, y también le encontramos en grandes láminas prismáticas como aureola de reacción de la augita, llegando a medir esta corona hasta 0,60 mm. de anchura. Esta aparente disposición, no suele acontecer en crecimiento paralelo, sino que augita y enstatita conservan distinta orientación óptica, siendo de observar que las fracturas de la primera no penetran en la segunda y que presenta una estructura vesicular, pues, a veces, a través de estos poros de la enstatita se ve continuar la estructura de la augita, sus cruceros, etc.

Pasta.—Antes de describir los elementos que la constituyen, dedicaremos unas palabras a otro mineral que llama la atención por su hermoso color amarillo dorado, en ocasiones con ligero matiz verdoso, y por su tamaño, que llega a medir 0,60 mm. Es

una serpentina correspondiente a la variedad denominada *preciosa* o *noble*, exenta de cruceros, sumamente limpia y transparente (microfot. núm. 5), que cruzando los nícoles se resuelve en agregados plumosos con bajos colores de polarización.

Se presenta en gránulos redondeados incluidos en la augita, mas raramente en la enstatita; a veces en secciones irregulares o con alguna línea recta y hasta en forma veteada interpuesta entre ambos piroxenos, en cuyo caso, como siempre que se halla al estado de inclusión en la augita, las fracturas y cruceros de esta última se detienen al llegar a su contorno.

Es sumamente pobre en hierro, no conteniendo mas que alguna ligera inclusión de limonita, que alterna con otras de augita, existiendo placas en las que no encontramos ninguna interposición. Luego diremos cómo nos explicamos la presencia de esta serpentina, por lo que ahora pasamos a describir los elementos de la pasta, comenzando por la

Plagioclasa.—Es una *labradorita* perfectamente incolora, o a lo sumo, de suave tono rosado, pero siempre limpia y en cristales alargados que sólo cuando se hallan incluidos en la augita o en la enstatita, pero no siempre, muestran alguna señal de deformación o de desarrollo imperfecto. Responde a la composición química $Ab_{35} An_{65}$ (determinada ópticamente), y es, por tanto, una *labradorita* básica que presenta en ocasiones, además de la macla habitual de la albíta, la de Carlsbad y de la periclina combinadas con aquélla.

Forman también parte integrante de la pasta: la *augita*, en gránulos alotriomorfos; la *enstatita*, muy convertida en *bastita*; la *serpentina*, con análogos caracteres a los ya mencionados; escasas y pequeñas agujas de *apatito*, y diversos gránulos de *magnetita* corroídos y con inclusiones de serpentina, augita y enstatita, que no suelen estar, claro es, en un mismo cristal, sino alternando en unos u otros. Por excepción, se encuentra algún pequeño intersticio rellenado de *cuarzo*, y es digno de

señalar que cuando la enstatita, en diminutos gránulos, se halla en las proximidades del mineral ferruginoso opaco que hemos mencionado como *magnetita*, ha captado algo de hierro, transformándose en *hiperstena*, que conserva un pleocroismo α = pardo muy claro, β = amarillo pálido γ = verde claro, mostrándose en placas microlíticas y hasta en algún pequeño cristal con tendencia idiomorfa. Añadiremos, finalmente, que en la augita no es extraño un leve proceso de uralitización.

Repetimos que la pasta, totalmente holocristalina, tiene una textura microlítica, aun cuando, excepcionalmente, hallamos algún cristal de *labradorita* un poco mayor que los restantes, viéndose cómo penetran, a modo de agujas, en los fenocristales de los piroxenos. Tanto la augita como la enstatita y hasta en ocasiones la serpentina, aparecen con frecuencia depositadas en los huecos que ha dejado el armazón feldespático, dando una textura intersticial en diversas regiones de la preparación.

Interpretación del proceso genésico

No había escapado a la fina observación de los petrólogos franceses y españoles ya citados, la existencia de la serpentina, si bien la consideraban como procedente de la descomposición de una "augita incolora", mientras que otra "augita oscura" se transformaba en *clorita*. También Törnebohm menciona en su *Kinnediabas* (diabasa de Kinnekulle), "una sustancia *clorítica*" con análoga indeterminación. Trataremos de aclarar esta cuestión, ya que verdaderamente era difícil explicar que en una misma roca existiesen dos augitas diferentes, con sus dos modos distintos de alteración.

Sin necesidad de un análisis químico cuantitativo, hemos visto, por lo que antecede, que el magma originario era rico

en cal y magnesia, conteniendo además sílice, hierro, sosa y alúmina, y sabemos por los experimentadores del Instituto Carnegie, que tratándose de mezclas, como en los magmas sucede, no debemos hablar de temperaturas de fusión o de solidificación, sino de *intervalos*, y que el orden de separación de los elementos no obedece al grado de su fusibilidad, sino a la composición química del baño, pudiéndose obtener de magmas muy análogos en composición química, cristalizaciones mineralógicas diferentes, según la composición de la mezcla fundida restante o fase líquida. De aquí que nada nos dirían las consideraciones teóricas que pudiéramos deducir de las temperaturas de fusión de los minerales que componen esta roca, pero tampoco podemos basarnos exclusivamente en procesos experimentales, porque cuando los componentes son tan numerosos como en nuestro caso, la experiencia es de tal complejidad que no admite ninguna representación geométrica como expresión gráfica de los fenómenos. Por ello, nuestro razonamiento, a la par que se fundamente en la observación microscópica, debe apoyarse en el análisis de diagramas más sencillos, que nos enseñan que en la cristalización de un magma complicado puede existir la desaparición, parcial o total, de un mineral ya formado, como fenómeno completamente normal, sin necesidad de apelar a nuevas recurrencias, ni enriquecimiento o empobrecimiento de alguna sustancia, ni de elevaciones de temperatura, como antiguamente se decía para justificar estas resorciones, sino que todos los fenómenos dependen del equilibrio de la fase sólida y de la fase líquida del sistema cristalizante, en todo momento.

Con tales premisas podremos explicarnos el proceso petroquímico del modo siguiente: Según el diagrama de equilibrio sugerido por Vogt para la mezcla $\text{SiO}_4\text{Mg}_2 - \text{SiO}_4\text{Fe}_2$ (forsterita-fayalita) un olivino poco ferruginoso puede depositarse desde los 1.600° a 1.400° de manera que hasta tal tem-

peratura debió secretarse del baño dicho mineral, muy próximo a la forsterita, como elemento importante de primera formación, del que procede la serpentina actual y no de la descomposición de la augita, como se ha creído hasta ahora.

Para mantener el equilibrio entre las dos fases del baño, sobrevino después la reacción, que se tradujo en una refusión del mencionado peridoto, no quedando de sus cristales primitivos más que los restos que ahora encontramos serpentinizados, los cuales permanecieron diseminados en el magma, con pérdida de sus formas cristalinas idiomorfas, si acaso las tuvieron, lo cual se halla de perfecto acuerdo con las formas globulares o limitadas por caras planas que nos revela la observación microscópica de tales residuos, que son siempre de contornos netos, ya que hasta en sus intercalaciones entre ambos piroxenos rómbico y monoclinico ofrecen aquéllos delimitaciones superficiales correctas. Que tal olivino era escasamente ferruginoso lo demuestra la extraordinaria escasez de magnetita (limonita actual) que ha producido en su epigénesis serpentínica.

En virtud de esta nueva reacción, se muestra en la fase líquida una tendencia a la composición ternaria *augita-albita-anortita*, con predominio del piroxeno, por lo cual la augita se estuvo depositando durante todo el largo tiempo que la temperatura tardó en descender a 1,250° aproximadamente, y esto nos explica la magnitud y hasta la tendencia idiomorfa de sus fenocristales, en un baño en que las partículas gozaban de buena difusión, por lo poco voluminosa que era la fase sólida formada y la escasa viscosidad de la líquida, depositándose a veces la augita sobre los restos del olivino, y en otras con entera independencia de aquél, formándose así los cristales que contienen serpentina y los que carecen de ella y de inclusiones de feldespato.

Al descender la temperatura por debajo de unos 1.250°, comenzaron a secretarse, simultáneamente, la augita y la plagioclasa; la primera iría a engrosar los cristales ya formados, que ahora vemos con la plagioclasa en los bordes, o a formar otros nuevos, que al presente se nos muestran con numerosas inclusiones de labradorita.

En cuanto al feldespato se refiere, claro es que por su naturaleza de solución sólida, como corresponde a los cristales formados de una mezcla isomorfa, su proceso de cristalización es una reacción continua con la fase líquida, y según el diagrama de equilibrio de Bowen, con una composición de 65 por 100 *An* y un descenso térmico rápido, manifestado por la pequeñez de los cristales, el intervalo de cristalización sería de 1.490° a 1.370°, valores que, a su vez, modifican otros componentes de la mezcla, como observamos en el diagrama del propio autor para el equilibrio del diópsido-albita-anortita, sistema ternario algo análogo al de nuestra fase líquida final, en el que comienza a formarse tal plagioclasa a los 1.250° y acaba de depositarse a los 1.220°, tomando estos valores como aproximados, por la diversidad del magma. De manera que aún podemos puntualizar más diciendo que, alcanzada la curva eutéctica hacia los 1.250°, el depósito simultáneo de la augita y la plagioclasa duró todo el tiempo que tardó en descender la temperatura hasta unos 1.220°.

En los primeros momentos existió una reacción del magma con la augita que dió lugar a la formación del piroxeno róm-bico dentro de un baño viscoso, por lo que vemos a la enstatita interrumpida por microlitos feldespáticos y como aureola de reacción de la augita. En un baño pobre en sílice, el hierro se separa fácilmente, y ese fué el momento propicio para que nacieran los escasos cristales de magnetita que contienen inclusiones de olivino o de enstatita o de hiperstena o de augita, cuyos diminutos elementos servirían de núcleos o gérmenes de

cristalización en un baño viscoso. Hacia los 1.220° mencionados, el magma estaba solidificado y la roca consolidada.

* * *

Con objeto de desvanecer toda duda acerca de la presencia residual del olivino, para dejar bien probado que de él procede la serpentina actual y no de la descomposición de la augita, añadiremos todavía que, según los importantes trabajos experimentales de Anderson y Bowen y los más recientes de Greig, sobre el sistema binario $\text{Si O}_2 - \text{Mg O}$, se llega a curvas demostrativas de que no existe ninguna eutéctica entre el olivino y el piroxeno, y de que un baño con la composición química de la enstatita produce, al enfriarse, cristales de olivino en primer término, y continuando el descenso térmico, aquél reacciona con la fase líquida para formar el piroxeno. Análogamente, en el sistema ternario anortita-sílice-forsterita, puede formarse olivino primeramente y, una vez corroído, crece como enstatita en virtud de las reacciones de equilibrio durante el simple enfriamiento, sin necesidad de recurrir, como hemos dicho, a la antigua hipótesis de recalentamiento para justificar la resorción.

En nuestro caso, el descenso de temperatura al reaccionar la fase líquida con el olivino debió ser algo rápido, por lo que la resorción no fué completa; de lo contrario, con un descenso muy lento, hubiera desaparecido totalmente. Por último, queda también justificada la presencia de la enstatita como un efecto deutérico de Sederholm y, según este ilustre petrólogo, sería un mineral *sinantético*, nombre que distingue las alteraciones que son consecuencia de la consolidación magmática de las debidas a cambios secundarios ocurridos en un período posterior. Tales son las coronas o aureolas de reacción con interpenetración de enstatita.

Debemos considerar, igualmente, otros factores a quienes es dable intervenir en el equilibrio. Nos referimos a la presión y a la acción de los mineralizadores, que pueden ser añadidos por solución o perdidos por emanación. En cuanto a la primera, si es uniforme, como parece que ha sucedido en la roca que estudiamos, la consecuencia, según Vogt, es elevar la temperatura de fusión; pero en una eutéctica binaria se ha comprobado que su composición resulta poco alterada. Los mineralizadores tampoco han debido ejercer gran influencia, ya que en los elementos formados el apatito se halla en tan insignificante proporción que la viscosidad del baño no se habrá visto muy alterada por su presencia, aunque, realmente, su intervención se ha manifestado en el momento más necesario, porque casi todo él se halla incluido en el feldespato. Tampoco el vapor de agua ha introducido modificaciones; su presencia no queda atestiguada ni por inclusiones ni por minerales hidratados. Ha sido un proceso muy seco y de alta temperatura.

Es innecesario consignar que si las segregaciones primarias, por variaciones del proceso de enfriamiento, hubieran sido distintas de las señaladas, al modificarse el magma por esa sola circunstancia, no hubiera visto la luz en Vitoria la roca que describimos, sino otra diferente. De aquí se deduce, igualmente, la diversidad de tipos que pueden encontrarse en un mismo asomo eruptivo.

Análisis de la textura

Consecuencia de las acciones físico-químicas y mecánicas es la textura. Las últimas no han tenido importancia deformante, y en cuanto a las primeras, claramente se deducen del modo de consolidación que dejamos expuesto, la textura porfirica con el desarrollo de la augita, el contenido de micro-

litos plagioclásicos en algunos de ellos y solamente en la región periférica de otros, así como la formación de la pasta una vez alcanzada la eutéctica, con algún estacionamiento de la misma, puesto que sólo ha descendido unos 30° hasta la consolidación total. Únicamente nos queda por investigar la formación de la textura intersticial en aquélla.

La primera condición es que los microlitos plagioclásicos sean alargados. Muy poco sabemos aún de la relación de alargamiento, como consecuencia del crecimiento cristalino, hallándonos todavía en el período de la hipótesis; la de Becke, con sus pirámides de crecimiento; los trabajos de Johnsen, de Gross y otros cristalógrafos, que convergen en las ideas de Bravais; las de Haber, Paneth y Nigli, que consideran a la zona externa de los cristales como superficie de valencias no saturadas, estableciendo el último que la velocidad de crecimiento es proporcional al espesor de dicha superficie, etc., no han permitido llegar todavía a una conclusión plenamente confirmada. Algunas de ellas nos explican, sin embargo, la forma de nuestros microlitos, toda vez que por la observación microscópica sabemos que éstos se nos presentan alargados según la arista $p(001)g^1(010)$, cuyas caras, precisamente, lo son de crucero, o sea, de menor cohesión, y según la hipótesis clásica y fundamental de Bravais, que ha tenido caracteres de ley y que sirvió a Federov para su análisis cristalográfico, estas caras coinciden con planos reticulares de mayor densidad, en las que los átomos se disponen más tupidamente y, por tanto, serán las de mayor desarrollo; pero estando actualmente en crisis esta hipótesis por el desacuerdo entre la blenda y el diamante, que tienen la misma estructura atómica con diverso crucero, ha sido preciso suponer que éste depende no sólo de la posición geométrica de los átomos, sino también de sus cargas eléctricas, formándose aquél cuando las fuerzas atractivas llegan a un mínimo. Las caras de más velocidad de cre-

cimiento son las que poseen mayor energía superficial, que en nuestro caso serán las terminales de los microlitos.

Pero esta conclusión, así obtenida, no debe satisfacernos por entero, porque no tiene caracteres de generalidad, toda vez que en otras ocasiones, por ejemplo en un gabbro, encontramos al plagioclasa de análoga composición química, con los mismos cruceros—porque obedece a las mismas leyes—, pero en forma distinta. A nuestro juicio, nace la luz, si consideramos el fenómeno de la cristalización en toda su amplitud, no como una consecuencia lógica de la anisotropía que se atribuía, exclusivamente, a la materia cristalina, sino como un fenómeno físico-químico en que el medio no es indiferente al cristal, lo que lleva a considerar la cristalización como un caso particular de la coagulación y al cristal como perfección de un gel, que son los caminos seguidos por la ciencia actualmente. Entonces podremos decir que el equilibrio del sistema se rompe, separándose la fase dispersa de su medio de dispersión por acciones muy variadas, como el calor, la variación del medio de dispersión, las acciones mutuas de las partículas dispersas, las iónicas, eléctricas y radiactivas, etc., lo que permite aplicar a la cristalización del magna un esplendoroso conjunto de nuevos conocimientos.

En el caso de nuestros microlitos, y después de recordar las experiencias de Shubnikov y Dolivo-Dobrovolski, quienes partiendo de soluciones dedujeron que los cristales más aciculares se obtienen de las más sobresaturadas, añadiendo el último que también de las de mayor temperatura, diremos, de acuerdo con lo que antecede, que no podemos tener en cuenta la sobresaturación, porque aun suponiendo que existiese un gran exceso de alguno de los componentes, An, por ejemplo, se iría depositando por el descenso de temperatura con su propia composición de anortita, hasta que la fase líquida lograra el equilibrio de $Ab_{35} An_{65}$, que se separaría inmediata-

mente, si aquél descenso fuese rápido; pero la experiencia nos dice que la textura que ahora analizamos se encuentra en rocas que se forman a diversas temperaturas, y en las de magmas complicados sólo cuando es rápido el declive de la misma.

Esto nos explica, de paso, la aparente anomalía del gabbro, de acuerdo también con las experiencias de Dolivo-Dobrovolski, pero con la salvedad de que en nuestro caso no es el valor absoluto de la temperatura lo que más nos interesa, sino la caída de la misma en función del tiempo. De ella depende, no sólo la individualización mineralógica del elemento formado, sino también su tamaño. Cuando el enfriamiento es muy rápido, se produce un vidrio; los átomos y sus agregados, dotados de movilidad más o menos grande, según la viscosidad del residuo magmático o fase líquida residual, no tienen tiempo para su ordenación espacial en planos reticulares, y el sólido obtenido *aparenta* tener iguales propiedades vectoriales en todos sentidos, con isotropía engañosa, ya que, en rigor, es algo así como el estado de nacimiento de la materia cristalina.

Weimarn, Garnett, W. La Perla, Frankenhein y tantos otros, han combatido siempre la idea del amorfismo, asegurando que el estado cristalino es el único posible de la materia, hasta que a Scherrer le cupo la gloria, y después a muchos experimentadores, de probar la verdad de tales asertos, observando los fenómenos que se producen cuando los rayos X atraviesan coloides, que se consideraban como símbolo de la amorfía, métodos que hoy son tan familiares como los ópticos en todos los laboratorios—como sucede en el nuestro—y merced a los cuales sabemos que los geles de ácido silícico contienen en su interior muchos ultramicrones cristalinos.

En España, Rocasolano, recientemente fallecido para desgracia de la Ciencia, ha logrado el paso de sistemas coloidales a cristalinos por variación del medio de dispersión y por coagulación eléctrica, comprobando que los cristales crecen a

partir de un germen, e investigaciones similares han sido realizadas por diversos experimentadores, en virtud de lo cual hace ya varios años que mi admirado amigo el sabio profesor de la Universidad de Zaragoza, escribía: "La materia inerte evoluciona sin cesar, y la estabilidad que le atribuyen los que sólo juzgan por la apariencia es una transformación de pequeña velocidad."

Los fisico-químicos han demostrado brillantemente lo que ya tenían bien observado los petrólogos. Estos sabían que los vidrios naturales se desvitrifican, quedando ya muy pocos que sean precarboníferos. También habían advertido que cuando en virtud del crecimiento, a paritr del germen, el *crystalito* llega a tener el tamaño colosal que permite la observación microscópica, comparado con la distancia interatómica, se distinguen las *triquitas*, *globulitas*, *margaritas*, *belonitas*, etc., en las que el alargamiento se presenta a modo de una perfección de la agrupación reticular, pasando de aquí a los *esqueletos de cristales*, con sus terminaciones en horquilla o garganta de polea, como queriendo indicar su proceso de desarrollo, para enseñarnos, según mi criterio, que las formas alargadas deben ser las figuras de crecimiento rápido de la materia cristalina, como la globular y esferolítica, incluso la célula de la materia viva, deben serlo del estado coloide.

Por este medio natural, que nos presenta a los microlitos como sorprendidos y aprisionados en diversos estados de desarrollo, los hallamos en muchas rocas ricas en vidrio, con perfecta estructura plana lateral según p (001) y g^1 (010), pero con extremos mal terminados, como prueba constante de que las partículas atómicas tienen para estos feldespatos una mayor fuerza atractiva, en el sentido de dicha arista cristalográfica, cuando el enfriamiento es rápido, y todo parece demostrar que primero se forman la base y el pinacoide, como elementos planos, y luego se rellena el espacio por ellos comprendido. De

otra manera no se explica fácilmente que tengan una sección terminal, sumamente análoga al perfil de una viga en U.

Para una caída térmica algo más lenta, sin formación de vidrio—el cual se consolida como fase líquida muy viscosa, superenfriada o supersaturada, según los casos, y para algunos autores cuando la temperatura desciende rápidamente 120° por debajo de la cristalización—, que es nuestro caso, la viscosidad de la fase líquida residual, restringiendo la difusión de las partículas, obliga a que éstas se enlacen con pérdida de su carga eléctrica, a la que antes obedecía la fuerza repulsiva, toda vez que en las de un mismo mineral eran iguales y del mismo signo. Así se crean numerosos núcleos de cristalización, que una vez nacidos, como partículas más gruesas, atraen a las más dispersas, según se ha comprobado experimentalmente en hidrosoles de oro (Rocasolano) y a la manera que se observa en las cristalizaciones de laboratorio, en las que desaparecen los cristales pequeños para engrosar a los grandes—ley tan fatal como en el mundo zoológico— y de esta manera habrán ido surgiendo los microlitos feldespatos de la pasta, con forma alargada, según acabamos de decir.

La textura intersticial, que en el caso ideal o teórico estaría representada por un tetraedro esquelético, en el que las aristas constituyesen el feldespato con un relleno de augita, creemos que pueda explicarse por una acción mutua de ambos minerales, a presión uniforme y formación tranquila, sin ninguna causa deformante, en cuyas condiciones puede desarrollarse un campo de contacto como el que nos explica las asociaciones del rutilo (tetragonal) dispuesto radial y hasta periféricamente, de modo simétrico, en el oligisto (romboédrico) y de tantas otras inclusiones que en disposición obediente a las leyes de simetría encontramos con frecuencia en muchos minerales de las rocas. El examen de numerosos ejemplares de

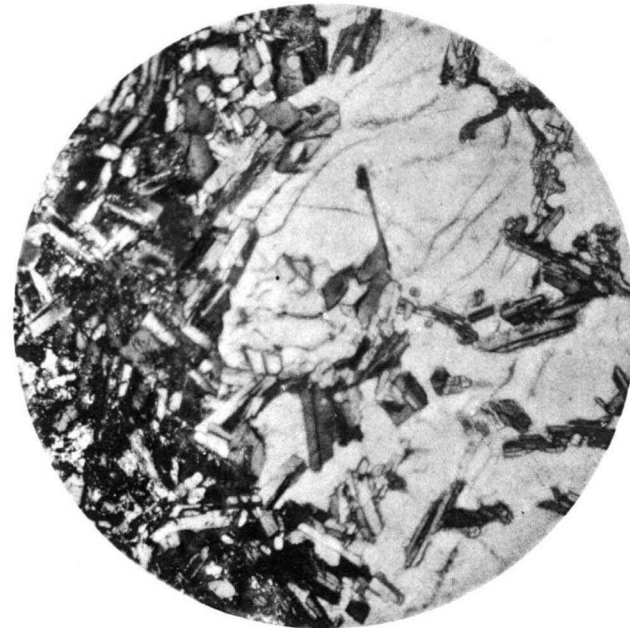
diabasas, ofitas, basaltos, etc., que presentan dicha textura intersticial, nos lleva al convencimiento de que existe la acción de contacto, ya que se observa una acomodación mutua entre la plagioclasa y la augita. Dentro de una misma roca, y aun en el minúsculo espacio de una preparación microscópica, es frecuente ver que el feldespato se muestra deformado en su contacto con el piroxeno, para seguir suavemente su contorno, como si en su crecimiento se hubiese amoldado a los gránulos ya depositados de augita, mientras que en otras zonas de la preparación conserva una idiomorfía lateral perfecta o se halla dislocado y hasta fracturado en la región de contacto, denotando una consolidación anterior y, por tanto, un caso inverso al primero. Aunque el depósito de ambos ha sido simultáneo, según hemos visto, claro es que siempre existe una diferenciación, merced a la cual podemos realizar estas observaciones, que nos conducen, para explicarnos tal acoplamiento de los cristales, a la referida acción de contacto.

Clasificación

Por la ambigüedad existente, creemos oportuno justificar el lugar que le asignamos en la clasificación. Las ofitas del Pirineo francés fueron divididas por Fouqué y Michel-Lévy en dos grandes grupos, según sean ricas en augita o en plagioclasa. Al primero pertenece la de St. Béat, cuyo feldespato fué descrito como oligoclasa; pero en el ejemplar que poseemos, sus propiedades ópticas nos mueven a diagnosticarle como una labradorita de 60 por 100 de anortita, próximamente, y, por tanto, muy análogo al de la roca de Vitoria; de modo que por su composición mineralógica, por su textura y hasta por su condición triásica de yacimiento, entre ambas rocas existe bastante paralelismo.

Probado queda, a nuestro juicio, que, tanto una como otra,

muy poco o nada tienen que les sea peculiar y privativo ni en color, ni en su mineralogía, ni en textura, ni en yacimiento. No se me oculta, sin embargo, que a los grandes maestros de la petrología francesa, que la aislaron de familias conocidas para crear una nueva, como a los españoles de relevante mérito que les siguieron, no parecería acertada mi designación de *diabasa del tipo de Kinne* o *diabasa Kinneica*; pero tampoco los igualmente notables petrólogos suecos de la escuela clásica encontrarían justificada mi denominación de *ofita*. Ante semejante dualidad, no debo prescindir de la extensa raigambre y del rancio abolengo que esta última tiene en la petrología de nuestro país, que son inalienables méritos para conservar su nombre. Continuaremos denominándola *ofita*, como seguimos diciendo *piroxeno*.

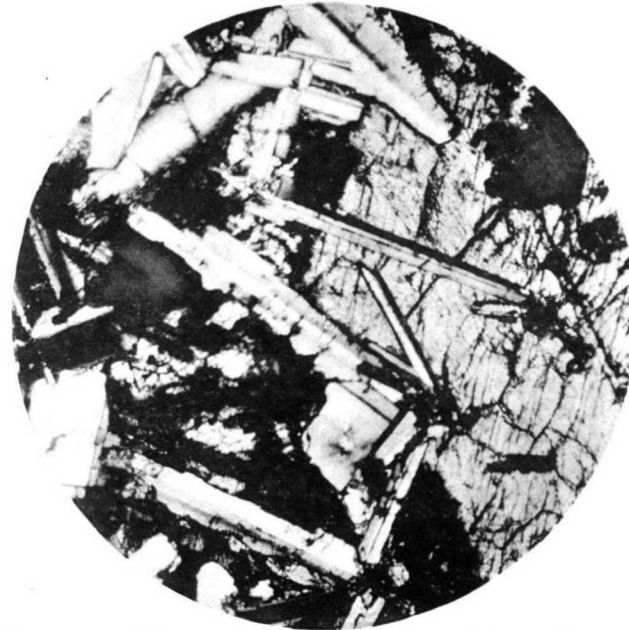


MICROFOT. N.º 1. OFITA DE SÁINT BÉAT
Luz polarizada. N +. Aumento: X 50.
Fenocrystal de augita (gris claro) con inclusiones del plagioclasa.

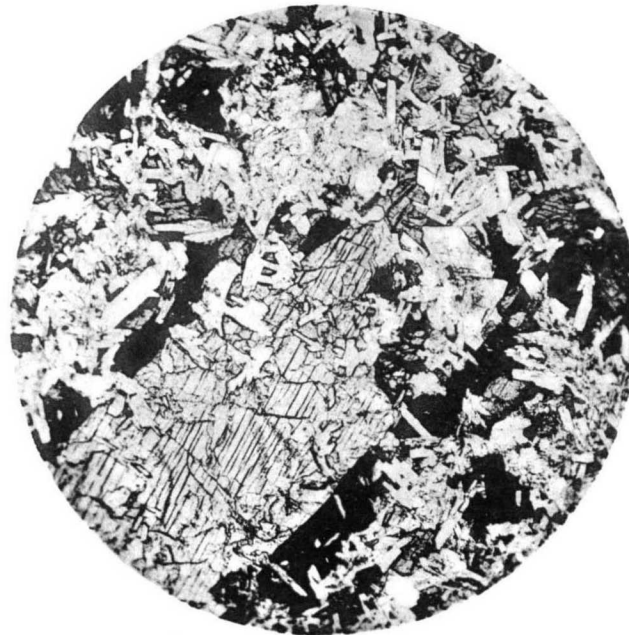


MICROFOT. N.º 2. DIABARÁ DE KINNE (KINNE DIABAS)
Luz pol. N +. 53 aumentos.
Fenocrystal de augita (desde el centro al límite de la derecha)
con microlitos de plagioclasa.

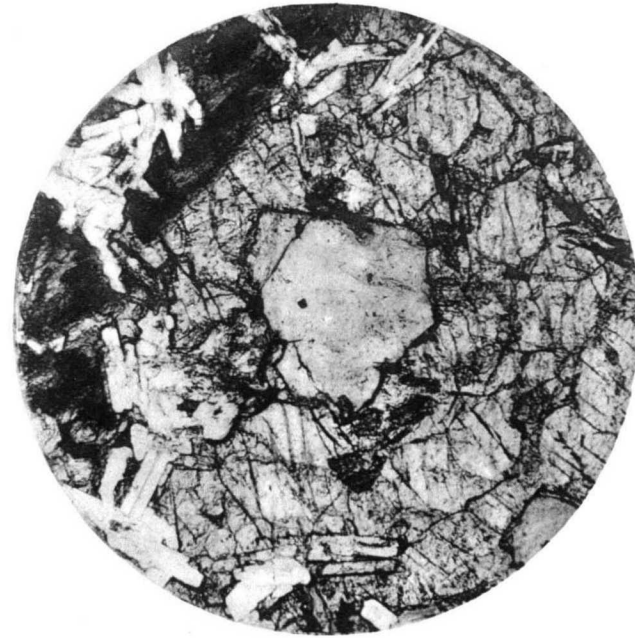




MICROFOT. N.º 3. OFITA DE VILORIA (ALAVA)
Luz pol. N +. Aumento: x 54.
Fenocrystal de augita (desde el centro al límite E. del campo)
con penetración de la labradorita.
Enstatita (casi negro) y magnetita (negro).



MICROFOT. N.º 4. OFITA DE VILORIA (ALAVA)
Luz polarizada. N. II. Aumento: x 30.
Fenocrystal de augita con inclusiones de microlitos de labradorita y con aureola de bastita (negro).



MICROFOT. N.º 5.

OFITA DE VILORIA (ALAVA)

Luz polarizada. N. II. Aumento: x 52.

Inclusión de serpentina en un fenocristal de augita. Al N.O
y O. (gris oscuro) aureola de bastita.



A. ALMELA y J. M. RÍOS

UNA NUEVA ESPECIE DE DISCOCYCLINA DEL EOCENO CATALÁN

Con motivo de unos reconocimientos geológicos efectuados por nosotros en el Eoceno catalán, hemos tenido ocasión de recoger abundantes fósiles en las proximidades del pueblo de Oliana (Lérida), y entre ellos nos ha llamado la atención, desde el primer momento, una Discocyclina que, por sus acusados y constantes caracteres externos, nos ha parecido que constituía una especie nueva.

En una segunda recogida dirigida exclusivamente a aumentar el número de ejemplares, hemos llegado a conseguir más de 140 individuos de las mismas características, y sobre este material se han hecho las determinaciones que a continuación se transcriben.

Las acusadas y constantes características de estos ejemplares, muy diferentes de todas las señaladas en la bibliografía consultada, nos ha confirmado en nuestra idea de ser ésta una especie nueva, no obstante lo cual hemos acudido en consulta a la indudable autoridad del Sr. Gómez Lluca, quien ha tenido la amabilidad de dedicarnos su atención y confirmar en principio nuestras suposiciones.

A continuación damos la descripción de esta interesante especie:

Discocyclina olianae, n. sp.—*Caracteres externos*.—Concha delgada de tamaño medio. Diámetro máximo, 7,5 milímetros; medio, 5,5 milímetros. Caracteres idénticos en ambas caras. En el centro presenta un mamelón muy acusado, redondeado, que da lugar a un abultamiento en ambas caras. En el centro del mamelón aparece una depresión, siempre visible y generalmente muy acusada, que da a aquél un aspecto anular. El diámetro de este mamelón oscila entre 1,5 y 2 milímetros. En la zona mamelonar el espesor de la concha alcanza hasta un milímetro, pero hacia la periferia éste es menor, llegando muchas veces a ser la concha traslúcida.

El botón central viene limitado por un surco profundo, y hacia la periferia se suceden dos anillos, ya más deprimidos, separados por otro surco más suave; a partir del anillo externo, la concha se adelgaza rápidamente hasta el borde. La delgadez de la concha, acentuada por los surcos concéntricos, hace que muchas veces se encuentre aquélla reducida al botón central y primer anillo, por fractura del resto de la concha.

El mamelón, la depresión central y el profundo surco que lo limita, son características muy constantes, que se aprecian en todos los ejemplares; pero los anillos concéntricos, casi siempre visibles en los ejemplares completos, a veces se acusan poco por insinuarse solamente el surco que los separa.

La superficie está cubierta de granulaciones, salvo en la depresión central y el primer surco, en donde faltan o escasean. En los dos tercios centrales son más fuertes y están dispuestos irregularmente, y en el tercio externo son más débiles y se disponen en anillos concéntricos; la separación entre los gránulos es igual o menor al diámetro.

En relación con las granulaciones hemos observado dos variedades: una de gránulos fuertes muy acusados y salientes,

de 0,1 a 0,15 milímetros de diámetro en la parte central, y otra de granulación más delicada y poco acusada.

Alrededor de los pilares se disponen rosetas irregulares y poco visibles, de ocho a nueve pétalos.

Caracteres internos.—Las fotografías números 3 y 4, que han sido obtenidas por el Sr. Romero Ortiz, Jefe del Laboratorio Micrográfico del Instituto Geológico, muestran la sección ecuatorial, en la que se ve la primera cámara esférica de 100 micras de diámetro, y una segunda cámara de forma semilunar y 200 micras de diámetro, que abraza la mitad de la primera cámara o algo menos.

Los anillos de cámaras ecuatoriales, en número de 50 a 60 para el tamaño medio, son, en líneas generales, bastante regulares, pero a veces presentan alguna irregularidad y deformación. Las cámaras rectangulares tienen una anchura que oscila entre 20 y 37 micras, y aumentan en altura desde el centro a la periferia, pasando de 37 micras en los anillos centrales a 100 en los externos.

Analogías y diferencias.—Los caracteres internos muestran semejanza con los de la *D. varians*, Kaufm., tanto por el embrión como por el crecimiento en altura de las cámaras ecuatoriales; pero en nuestra especie no se ven éstas subdivididas por tabiques horizontales. Por el contrario, los caracteres externos son muy diferentes en ambas.

Estos presentan una curiosa semejanza con las formas umbilicadas señaladas por J. Deprat en el Eoceno de Nueva Caledonia (1) y en especial con la *D. omphalus*, n? sp. Fritsch (2), señalada también en Borneo por Douvillé (3). Esta especie, lo mismo que nuestros ejemplares, presenta un

(1) *Bull. Soc. Géol. de France*, 4.^a ser., t. V, pág. 485.

(2) Fritsch. *Die Eocänformation von Borneo und Ihre Versteinerungen*. Palaeontographica pág. 142. Lám. XVIII, fig. 13, y XIX, fig. 5.

(3) *Bull. Soc. Géol. de France*, 4.^a ser., t. V, pág. 440.

mamelón acusado con un cráter u ombligo central, pero no se acusan los dos anillos concéntricos señalados por nosotros; además, *D. omphalus* es de mayor tamaño, más gruesa y frecuentemente ensillada, y su ornamentación es de pilares más finos y menos acusados. Por otra parte, los caracteres internos son diferentes, tanto por el embrión como por la irregularidad de los anillos de cámaras ecuatoriales, según se desprende de los dibujos y descripción dados por el autor. Finalmente, a la *D. omphalus* se le asigna un nivel luteciense, y, por tanto, inferior al que le corresponde a nuestra especie.

Yacimientos.—Esta curiosa especie la hemos encontrado al E. del pueblo de Oliana, en el lugar denominado “Cuesta bonica”, inmediato al cementerio del pueblo. Está acompañada de una abundante fauna de *orthophragminas*, *nummulites* y *coralarios*, en unas margas grises intercaladas entre bancos de arenisca. Pueden cogerse con facilidad muchos ejemplares.

Otro yacimiento estudiado se encuentra al E. del pico de S. Marc y al SO. y a unos 1.500 metros del pueblo de Peramola (Lérida), en el camino que va de este pueblo a Pallarols. El nivel, roca y fauna es igual al anterior; pero aquí esta especie no es tan abundante.

Nivel estratigráfico y fauna que acompaña a la especie.— En una primera clasificación de la fauna de estos puntos hemos determinado las siguientes especies, para cuya recogida y determinación hemos contado con la colaboración del Doctor Don Julio Garrido:

Nummulites striatus, Brug.
Nummulites contortus, Desh.
Nummulites variolarius, Lmk.
Nummulites fabianii, Prev.
Nummulites subfabianii, Prev.
Operculina alpina, Douv.
Discocyclina archiaci, Schlum.
Discocyclina nummulitica, Gümb.
Discocyclina sella, d'Arch.
Discocyclina douvillei, Schlum.
Asterodiscus taramellii, Schlum.
Actinocyclina radians, d'Arch.
Circophyllia elliptica, d'Arch.
Patalophyllia bilobata, Mich.
Patalophyllia sinuosa, Brong.
Petrophylliella catulliana, d'Arch.
Petrophylliella pasiniana, d'Arch.
Orbicella ellisiana, Defr.
Orbicella guettardi, Defr.
Plerastraea tessellata, Mich.
Hydnophyllia profunda, Mich.
Hydnophyllia michelottii, Haim.
Cladocora unilateralis, d'Arch.
Cyathoseris apennina, Mich.
Dimorphastraea castroi, Mall.
Cycloseris heberti, Tour.
Parasmilia altavillensis, Defr.
Astrocoenia ornata, Michel.
Stylocoenia lobato-rotundata, Mich.
Stylocoenia vicaryi, Haim.
Stylocoenia taurinensis, Mich.
Columnastraea caillaurdi, Mich.
Dendracis gervillii, Defr.
Stylophora pulcherrima, d'Arch.
Cistella, sp.
Ostrea, sp.
Turritella imbricataria, Lmk.
Cerithium, sp.
Trochus, sp.

La fauna en su conjunto es netamente bartoniense, y, además, desde el punto de vista estratigráfico llegamos a la misma conclusión, pues el nivel de margas y areniscas en que hemos encontrado esta especie soporta en concordancia las pudingas y areniscas del Oligoceno, por todo lo cual no dudamos en asignarle una edad bartoniense.

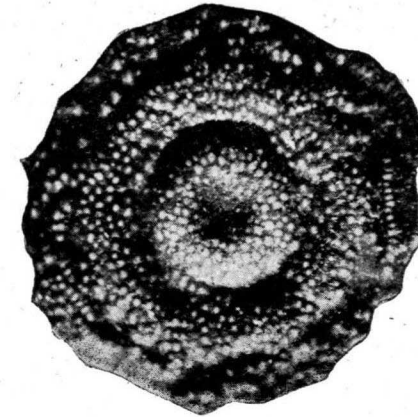


Foto 1.—X 10.—*Discocyclina oliana*, n. sp., variedad granulosa.



Foto 2.—X 10.—*Discocyclina oliana*, n. sp., variedad granulosa.

(Fotos del Lab. Micrográfico del Inst. Geol.)



Foto 3.—X 10.—*Discocyclina olivacea*, n. sp. Sección ecuatorial.

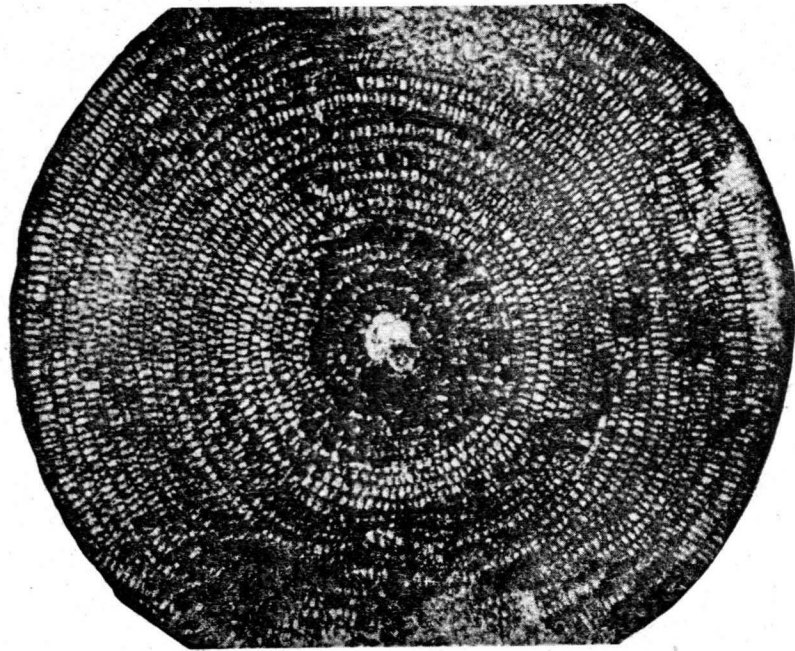


Foto 4.—X 10.—Parte central del ejemplar de la foto 3.

(Fotos del Lab. Micrográfico del Inst. Geol.)

A. DE ALVARADO, M. ZALOÑA y A. H. SAMPELAYO

NOTICIA SOBRE EL HALLAZGO DE FAUNA CARBONÍFERA EN LAS PROXIMIDADES DE PRIORO (LEÓN)

En un corte dirección S.-N., y siguiendo sensiblemente la margen izquierda del río Cea, anotamos a grandes rasgos, y como términos importantes estratigráficamente, los siguientes:

1.º Cretáceo de Prado-Carrizal, que forma al S. de la cuenca de Valderrueda, compuesto por margas y calizas que buzando ligeramente al N. (dirección E.-O.) con tendencia aparente a colocarse bajo el carbonífero.

2.º Carbonífero de Valderrueda-Morgovejo. Tramo de pizarras y areniscas, con abundante flora. En su prolongación hacia el E. esta cuenca se enlaza con la de Guardo, por lo que, a nuestro entender, ha de ser atribuida al Estefaniense en su tramo productivo.

3.º Potente banco de pudinga, que quizá pueda representar la base del Estefaniense.

4.º Mancha carbonífera de Priors, con explotaciones de antracita, y en la que hemos tenido la suerte de encontrar los fósiles a que nos referimos más adelante. Alternancias de pizarras, areniscas y calizas carboníferas muy tableadas, con dirección E.-O., buzando al N., muy levantadas.

5.º Gran masa de caliza de montaña, base del Carbonífero, que en su arrumbamiento E.-O. constituye la corrida que se extiende al S. de Riaño, con su buzamiento N. que simula un cabalgamiento sobre el carbonífero de Prioro, aunque, en realidad, no se trate más que de un fenómeno local en forma de pliegue invertido.

Unos dos kilómetros al N. de Prioro, en la carretera que desde este pueblo se dirige a Riaño, en la cota 1.200 metros sobre el nivel del mar, y sensiblemente en la prolongación al E. de las explotaciones actuales de antracita de esta cuenca, hemos encontrado los siguientes fósiles:

Chonetes sp.—Entre los ejemplares recogidos figura uno de chonetes que no nos atrevemos a clasificar, inclinándonos a creer que se trata del *Striatelle* Kon., citado por Roemer, aunque también se parezca al *Hardrensis*, Phill., cuya lámina, publicada por Gürick, presenta ligeras diferencias con el ejemplar a que nos referimos.

Phillipsia eichwaldi, Fisch.—Trozo de *pigidium*.

Spirifer bisulcatus, Sow.—Varios ejemplares.

Spirifer cf. *tornacensis*, Kon.

Productos rugatus, Phill.—Valva dorsal.

Crinoides sp.—Gran abundancia de tallos en sección, espatizados.

Todos ellos están en una caliza de escaso relieve y ceñida a las pizarras que se le superponen.

En el plano geológico 1 : 400.000, la cuenca de Prioro figura como estefaniense, enlazándose hacia el E. con la de Velilla, que positivamente lo es.

El hallazgo de los fósiles que antes citamos nos lleva a la necesidad de rectificar esta mancha carbonífera, que ha de ser atribuida al Dinantiense, a reserva de, en su día, fijar la extensión de este carbonífero inferior y localizar, con ma-

yor abundancia de fósiles a la vista, el nivel que pueda representar.

Como final nos atrevemos a presentar la suposición, por la situación del yacimiento fosilífero de Prioro, de que el Dinantiense de la cordillera tenga una mayor extensión vertical de la conocida hasta ahora sobre las calizas de la base, en tramos pizarrosos o margosos, lo que haría necesario pensar en una articulación del carbonífero inferior de esta zona.

ALEJANDRO H. SAMPELAYO

Ingeniero de Minas

NOTAS SOBRE LA CUENCA CARBO- NÍFERA DE ERILL-CASTELL (LÉRIDA)

La cuenca de Erill-Castell, actualmente en explotación y con reconocimientos bien orientados en su extremo occidental, presenta un interesante problema geológico en su posible prolongación hacia el S., recubierta por terrenos modernos. Es a este punto concreto al que vamos a dedicar especial atención en estas notas.

En consecuencia, trataremos rápidamente la descripción de la mina que posee la MIPS A (Minera Industrial del Pirineo, S. A.), Sociedad explotadora, fijándonos únicamente en aquellos datos que puedan tener interés para nuestros razonamientos geológicos, y ceñiremos nuestro estudio a la estratigrafía y tectónica de la zona, con objeto de presentar los elementos de juicio precisos para apoyar las conclusiones que propondremos.

El plan enunciado lo dividimos en los siguientes apartados:

- 1.º Situación.
- 2.º Descripción del yacimiento.

- 3.º Estratigrafía.
- 4.º Tectónica.
- 5.º Posibilidades de una cuenca oculta. — Fijación de sondeos.

1.º Generalidades

Situación

En la vertiente meridional de los Pirineos, y en zona muy afectada por movimientos tectónicos, han quedado visibles unas pequeñas cuencas carboníferas, de las cuales la más occidental de los Pirineos Catalanes es la conocida con el nombre de cuenca de Erill-Castell, situada en la provincia de Lérida.

La manchita carbonífera a que nos referimos tiene una forma alargada, extendiéndose en dirección E.-O., desde Aguiró hasta Erill-Castell, con una longitud de unos 12 kilómetros y con una anchura, medida en dirección N.-S., que nunca excede de los 800 metros y tiene de media, a lo largo de su recorrido, unos 300 metros. Sobre el carbonífero, o en sus proximidades, están situados los pueblos de Aguiró, Castellnou, Abellanos, Villancós, Benés, Sas, Peranera y Erill-Castell.

La topografía del terreno es extraordinariamente violenta, y los ríos que cortan la cuenca en Dirección N.-S. han labrado, en incesante proceso de erosión, profundos cauces que dividen en varios macizos bien separados los niveles de aguas arriba de la mina y sirven de buenos puntos de ataque para las explotaciones. La cota media de la mina es de 1.200 metros sobre el nivel del mar.

La cuenca de Erill-Castell es explotada por la Sociedad Minera Industrial del Pirineo, que lleva efectuados importantes desembolsos en reconocimientos, labores de explotación e instalaciones.

2.º Descripción del yacimiento

Las primeras citas de esta cuenca hablan de la existencia de 12 a 14 capas de carbón. La mayor parte de ellas son pizarras carbonosas, y los reconocimientos efectuados sólo han descubierto dos capas que llamaremos la "primera" o "inferior" y la "segunda", "superior" o "de la pudinga", y que son las que se explotan.

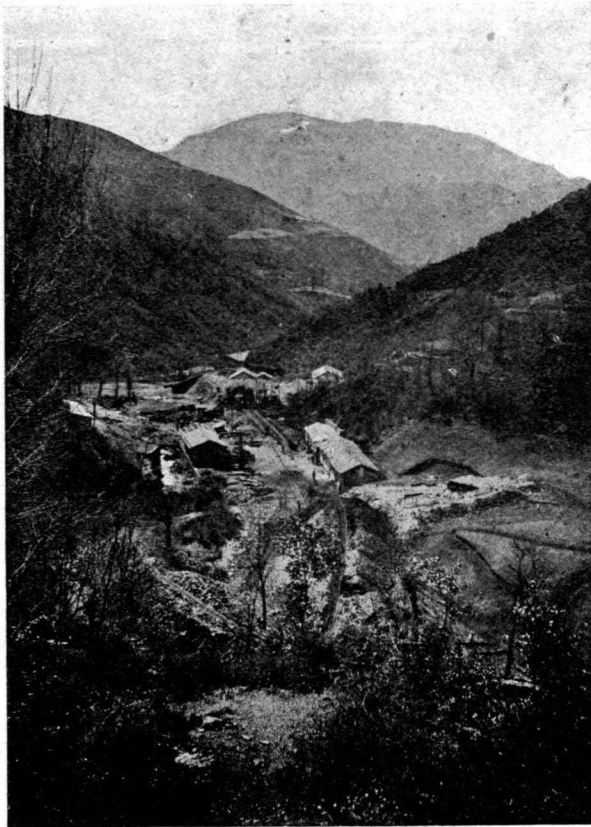
Las capas que arman en pizarra llevan una dirección O. 10º N., y buzan al S. con inclinaciones que oscilan entre los 45 y 75º. La cuenca carbonífera está limitada al N., con gran constancia, por un asomo eruptivo, del que nos ocuparemos más adelante, y al S. se esconde bajo potentes calizas triásicas.

Nuestra visita se ha concretado al extremo occidental de las concesiones, zona comprendida entre los altos de Peranera y Erill-Castell, que es la que explota MIPSÁ, por medio de recortes y galerías en dirección, que arrancan del barranco de Malpas y es donde están también reunidas todas las instalaciones. A esta parte del coto nos referiremos especialmente, aun cuando el aspecto de la cuenca a su paso por Sas, y vista desde el alto de Peranera, es similar a la recorrida, y creemos, por tanto, posible, en principio, generalizar nuestras observaciones al total de la cuenca carbonífera.

Nos encontramos ante un yacimiento de carbón de poca potencia a la vista, pero de gran longitud en proporción con aquélla. Las calicatas superficiales confirman con bastante regularidad la constancia de la corrida de las capas, poniendo en evidencia algunos trastornos y fallas de cierta importancia que afectan decisivamente a las capas, como hemos podido observar en las labores subterráneas.

La capa, "inferior" o "primera", es explotada en la ac-

tualidad en dos direcciones opuestas, a partir del barranco de Malpas, constituyendo, en realidad, dos grupos mineros perfectamente separados. El primero, dirección E., recibe el nombre "Egara" y consta de dos pisos y un tercero en preparación. El piso primero, o inferior, arranca de unos 10 metros sobre el nivel del arroyo Sopena, y después de recorrer unos metros en transversal hacia el S., al cortar la capa se convierte en guía, dirección E., con una longitud de unos 450 metros.



Instalaciones de la mina.

Entre la "Egara" 1 y la 2 hay montada una rampa de explotación para arranque del carbón.

La galería "Egara" 2 sigue en dirección la capa "inferior" durante 350 metros, a un nivel de unos 50 sobre la "Egara" 1. Por encima de este piso se monta una rampa que, para estar en condiciones de explotación, espera únicamente que el transversal emboquillado para constituir la "Egara" 3 corte la capa, y que por ella entonces se puedan seguir las guías encargadas de ventilar las explotaciones del piso 2.

En la margen derecha del barranco de Malpas, y en dirección O., se encuentra el segundo grupo que explota la capa "inferior", grupo constituido por dos galerías denominadas "Júpiter" 1 y 2. La "Júpiter" 1 (nivel de la "Egara" 1) arranca en transversal N. y al cortar la capa recorre, en dirección O., unos 500 metros de gran regularidad. Es, indudablemente, la zona más interesante de las que hemos visitado. En ella, sin embargo, se presenta un accidente local, que si en un principio se tuvo por una falla de tipo tectónico, posteriores reconocimientos pusieron en evidencia que de lo que se trata, en realidad, es de un pliegue estirado con un tramo de capa horizontal. Nos interesa llamar la atención sobre este pliegue, aunque en sí tiene poca importancia, porque, a nuestro entender, coincide con otro de idénticas directrices, aunque de mayor radio, que se observa en las calizas del trías, sobre la misma vertical, demostrando, si nuestra suposición es acertada, que han sido producidos por un mismo movimiento y al plegarse simultáneamente ambos terrenos.

En la "Júpiter" 1 se ha iniciado la perforación de un pozo plano siguiendo la inclinación de la capa, buscando los niveles inferiores del coto. La labor está perfectamente orientada y tiene un gran interés desde el punto de vista del reconocimiento de la mina.

Unos 60 metros por encima de la "Júpiter" 1 está la "Júpiter" 2, explotándose entre ambas un buen tramo de carbón. La capa, un poco más estrecha que en la "Egara", alcanza, sin embargo, más de un metro de carbón, mucho más limpio y con pequeños cristalitas de presentación milonítica, consecuencia indudable de las presiones que ha sufrido la capa. La "Júpiter" 2 tiene unos 300 metros hacia el O., y por encima de su nivel queda un macizo de carbón, bien reconocido, de cerca de 100 metros de altura.

El buzamiento entre las "Júpiter", al igual que en la "Egara", es al S., y va desde casi la vertical, en su parte N., hasta una inclinación de unos 45° bajo el triás, en el lugar en que está emboquillado el pozo.

La capa "segunda" o "de la pudinga" está reconocida en calicatas superficiales, algunas de las cuales, como la situada en el alto de Peranera, presenta un anchurón con más de tres metros de carbón a la vista, fenómeno completamente anormal y consecuencia, probablemente, de un pliegue de la capa sobre sí misma. Recientemente ha sido cortada esta capa por un transversal emboquillado a un nivel de unos 100 metros sobre la "Egara" 3. La capa se presenta con una potencia de 1,20 metros de carbón limpio, sin intercalaciones de pizarra y con un aspecto de carbón semigraso.

Esta capa arma en pizarras, está 90 metros por encima de la capa "inferior" y pegada a una fuerte pudinga que le da nombre y constituye uno de los niveles más altos del carbonífero de esta cuenca.

Todas las labores de reconocimiento y explotación están bien proyectadas minieramente y son excelente punto de arranque para su ampliación o intensificación.

La falta de datos completos nos obliga a desistir de un intento de cubicación, la cual, sin embargo, suponemos elevada, si se tiene en cuenta la corrida de las capas. Pero, y éste es

un punto de vista fundamental deducido de este apartado, sea cual fuere el contenido de carbón, la disposición *en línea* del yacimiento, es decir, su extensión longitudinal desproporcionada con su potencia, será siempre un grave inconveniente por la necesidad de llevar adelantadísimas las preparaciones en previsión de fallas o esterilidades y por la carestía de los transportes subterráneos, ya que el multiplicar los puntos de ataque representaría una dispersión antieconómica de servicios. Es, pues, importantísimo el descubrimiento de nuevas capas, si existen, bajo el triás, que permitan aumentar la cubicación en sentido *transversal* y más aún en la zona de Malpas, que es donde, por ahora, están centralizadas todas las instalaciones.

Y, por fin, queremos insistir en el acierto que representa la perforación del pozo inclinado de la "Júpiter" 1, magnífica labor de reconocimiento si se complementa en su día con un transversal Sur en el piso inferior, en busca de la capa "de la pudinga" y de los niveles más altos del carbonífero.

3.º Estratigrafía

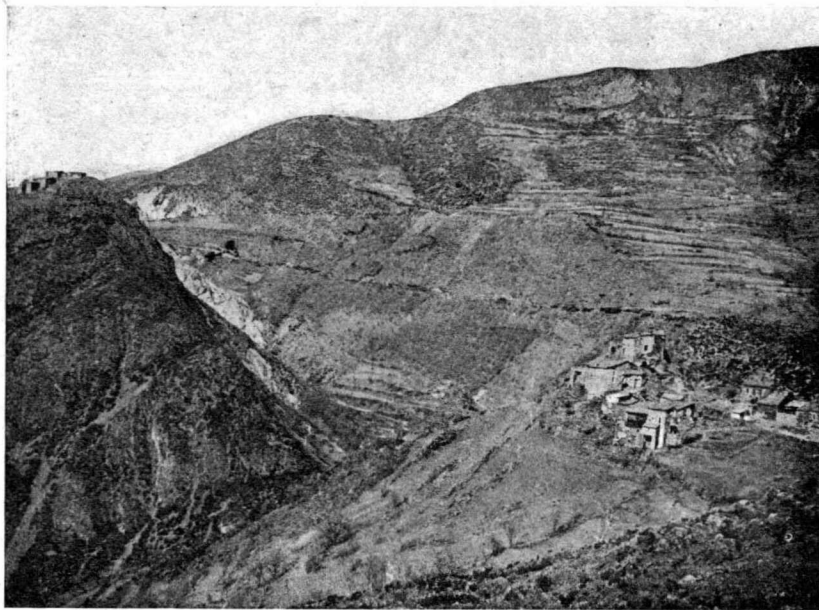
La mancha carbonífera de Erill-Castell debe considerarse unida a la de Aguiró, y en nuestra exposición así lo hemos hecho, a pesar de que en Villancós desaparece bajo el permotriás durante unos centenares de metros.

Roussel, Faura y Sans, Carez y otros geólogos, se han referido al carbonífero de Erill-Castell, citándolo con pocos detalles y profundizando algo más en la parte de Aguiró, rica, al parecer, en yacimientos fosilíferos. Estimamos que los estudios más interesantes de la zona se deben a Dalloni (1930), Herman Schmidt (1931) y Falcó y Madariaga, los dos maestros desgraciadamente desaparecidos, que nos dejan en su trabajo póstumo, publicado por el Instituto Geológico

en 1942, un magnífico guión para el estudio de la estratigrafía del carbonífero español.

Triásico.—Este terreno cubre el borde S. de la cuenca de Erill-Castell y tiene una gran importancia en el problema que nos ocupa, por servir de tapa a la posible prolongación de la cuenca.

En el corte que hemos seguido por el barranco de Malpas vemos dibujarse de manera indudable un amplio sinclinal



Erill-Castell y Peranera, sobre el asomo eruptivo.

triásico, que se extiende desde las proximidades de la carretera Pobra de Segur-Pont de Stuert, donde el buzamiento es al N., hasta el carbonífero de Erill-Castell, en que los estratos del triás buzan al S. El punto más bajo de este sinclinal se encuentra en los alrededores de Malpas, donde la estratificación está sensiblemente horizontal. La dirección

general del triás es Oeste 17° Norte, y los buzamientos, muy variables, no pasan de los 50° de inclinación.

Nuestra visita ha sido excesivamente rápida para que nos decidamos a señalar la separación de los tres pisos del triás, que existen probablemente. Concretándonos a las cercanías, al Norte de Malpas, se aprecian perfectamente los gruesos bancos de caliza (atribuibles al Muchelkalk) en violentos crestones, apoyándose sobre las areniscas rojas de la base, en disposición que se repite más al Sur con buzamiento contrario, y todo ello bien próximo a yesos, seguramente del Keuper. El conjunto del sistema no ofrece duda.

La arenisca roja de la base (Buntersanstein) está muy torturada en las proximidades del carbonífero, ofreciendo en la margen izquierda del arroyo Sopena, encima de las instalaciones de MIPSAs, una serie de pliegues y cambios de buzamiento que enmascaran su presentación, sin que tengan mayor importancia que la de fenómenos locales de arrastre.

Permiano.—La separación de este terreno y el triásico es difícilísima en el Pirineo.

El conglomerado rojizo que, en general, sirve de base al triás, y que en la zona de Erill-Castell también existe aunque en la mayor parte de los sitios en tránsito a areniscas de grano más o menos grueso, tiene unas características de gran constancia y es casi imposible deslindar dentro de él la parte que corresponde a cada uno de los terrenos. El razonamiento de Fournier (hoja de Monleón) atribuyendo al permiano los conglomerados de pequeño contenido en cantos cuarcíferos y al triás los de contenido mayor, nos hace el efecto, con todos los respetos para el insigne geólogo, de recurso para eliminar la dificultad de una segura delimitación.

Falcó y Madariaga hablan, siguiendo a Dalloni, de la presencia, en el valle de Flamisell, de unas intercalaciones calizas en bancos de 10 a 40 centímetros de potencia, que,

por pertenecer al permiano, pueden servir para distinguirlo del triás. En la zona por nosotros recorrida no hemos podido comprobar la existencia de los citados horizontes de caliza.

Creemos, sin embargo, segura la presencia del permiano, sirviendo de base al triás y apoyándose, en discordancia muy acusada en dirección y buzamiento, sobre el carbonífero.

El permiano está perfectamente concordante con el triás, siguiendo una dirección O. 17° N. y buzando al S. En la margen izquierda del río Sopena, a media ladera del alto de Peranera, nos ha parecido observar una discordancia de buzamiento entre dos paquetes de areniscas rojas. La observación es muy limitada y no nos atrevemos a afirmar su posible importancia.

De acuerdo con la proposición de Dalloni, aceptamos para el conjunto de la "arenisca roja" la denominación de "permotriás", en vista de la dificultad de diferenciación.

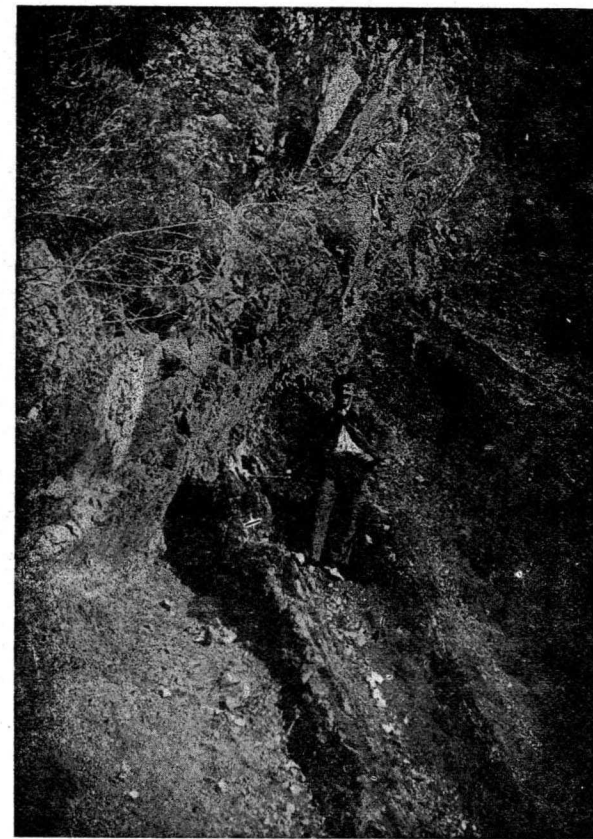
El permotriás, manteniendo su alineación al O.-NO., y buzando siempre al S., bastante tumbado, limita al carbonífero en su vertiente meridional desde Aguiró hasta el O. de Erill-Castell, donde desaparece el hullero. Al N. del carbonífero, y pasado también el gran asomo eruptivo que lo contornea en esta dirección, hemos comprobado la existencia de unos interesantes retazos permotriásicos, apoyados en discordancia sobre el devoniano. A nuestro entender, y como expondremos más adelante, se trata de los restos de una pequeña hoja de corrimiento denudada al S., en el lugar ocupado por el carbonífero. Estos restos de permotriás adquieren mayor importancia en Sas, como hemos apreciado desde el alto de Peranera, e indudablemente en Villancós, zona no recorrida por nosotros, están unidos a la gran formación permotriásica del S., dejando oculto al carbonífero.

Carbonífero.—El carbonífero corre, con gran constancia de dirección, entre el triás y el asomo eruptivo que cierra la cuenca por el N. El rumbo es muy seguido, O. 10° N., y el

buzamiento al S., excepto en casos locales de inversión, oscila de 40° a casi la vertical, siendo tendencia general que los estratos se tumben bajo el triásico y tomen su postura más levantada en el contacto con la roca eruptiva.

Los antiguos tratadistas atribuyen esta cuenca al westfaliense, citando Roussel una abundante flora en la parte de Aguiró.

Dalloni propone para Aguiró cuatro niveles, que reproducimos:



Detalle de discordancia del carbonífero con el permotrias.

1.º Pudingas de elementos de cuarzo, coronadas por una arenisca de color gris y después por pizarras con dos especies del westfaliense medio: *Alethopteris valida*, Boul, y *Neuropteris heterophylla*, Brong.

2.º Por encima de la hilada anterior, y en pizarras arcillosas muy negras, micáceas, abundan las especies siguientes: *Calamites*; *Annularia stellata*, Schl; *Pecopteris Armasi* (?) Zeill; *P. orenulata*, Brong; *Alethopteris Serli*, Brong; *Neuropteris tenuifolia*, Schl.; *N. Scheuchzeri*, Hoffm; *Sphenopteris* aff. *neuropteroides*, Boul; *Linopteris sub-Brongniarti*, Gr. F. L. *Neuropteroides*, Guth; *Callipteridium* (?).

3.º Pizarras y areniscas pizarreñas, silíceas, de grano fino, con vegetales de la parte más alta de westfaliense; *Lepidodendron dichotomus*, Stern; *Pecopteris lamurensis*, Heer; *P. unita*, Brong; *P. plumosa*, Art.; *Odontopteris*, sp. *Linopteris* aff. *neuropteroides*, Gup; *L. obliqua*, Bam.; *Mixoneura ovata*, Hoffm; *Brukannia tuberculata*, Stern; *Sphenopteris obtusilova*, Brong.

4.º Pizarras más finas con la flora estefaniense de Erill-Castell; *Callipteridium* aff. *pteridium*, Schl.; *Pecopteris Pluckenetii*, Schl.; *P. Cyathea*, Schl.; *P. polymorpha*, Brong; *Alethopteris Grandini*, Brong; *Odontopteris Reichi*, Guth.

Escala que consideramos de extraordinario interés y que lamentamos no haber podido seguir personalmente, ya que ofrecería para el carbonífero español la singularidad de reunir el westfaliense con el supracarbonífero bien determinado.

Refiriéndose a la zona de Erill-Castell, parte de la cuenca, a la que sólo atribuye una potencia de 200 metros, en contra de los 450 de que habla para Aguiró, cita los siguientes fósiles: *Pecopteris polymorpha*, Brong; *P. oreopteridia*, Schl.; *P. cyathea*, Brong; *Linopteris Germari*, Bieb; *Alethopteris Grandini*, Brong, atribuibles al estefaniense.

Por nuestra parte sólo hemos encontrado restos de *Alethopteris*, *Calamites*, *Sigillarias*, y probablemente algún Ca-

lipteridium, todos ellos de difícil clasificación, por tratarse de malos ejemplares. Paleontológicamente, por tanto, nuestras observaciones no aportan ningún dato determinante.

En el extremo occidental de la cuenca (Erill-Castell), la presentación del carbonífero difiere considerablemente de la señalada por Dalloni para el extremo oriental (Aguiró). Arrancando del asomo eruptivo, parte inferior de la formación, y en sentido ascendente, apreciamos la existencia de los siguientes términos:

1.º Pizarras estériles, duras, bastante silíceas y alteradas, en contacto con la roca eruptiva.

2.º Alternancias de pizarras con pequeñas hiladas calizas, muy tableadas y negruzcas. En la parte alta de este tramo hay una arenisca de grano grueso, que en algunos puntos aparece como una verdadera pudinga de poca potencia. Esta arenisca presenta abundantes sigillarias.

3.º Tramo productivo, compuesto por unas 10 ó 12 capas de pizarras carbonosas, alternando con estrechas intercalaciones de pizarras estériles. Las cajas de las capas están perfectamente marcadas, y por la proximidad entre ellas ofrecen un aspecto particular en los barrancos, donde las aguas han desnudado su contenido más blando, dejando en resalte los hastiales de pizarra. De todas estas capas sólo es explotable la más alta, a la que nos hemos referido anteriormente con el nombre de capa "inferior".

4.º Tramo de pizarra que sirve de techo al nivel anterior y contiene, en su parte superior, una capa de carbón muy limpio, a la que hemos llamado "de la pudinga".

5.º Banco de pudinga de potencias muy variables, que llegan hasta 80 metros en el alto de Peranera, y

6.º Pequeño tramo de pizarras y areniscas, tramo que falta en muchos sitios.

La apreciación del conjunto nos inclina a situar este car-

bonífero de Erill-Castell en la parte más alta de westfaliense (supramedio de Adaro) y, en este caso, la pudinga del nivel 5 puede representar la base del estefaniense (tramo B de la clasificación de Urrutia para el carbonífero superior).

Al N. del asomo eruptivo encontramos también restos del carbonífero de esta cuenca, en unas hiladas de poca importancia y difíciles de identificar. Las consideramos, sin embargo, como de los niveles inferiores (1 y 2), y por su dirección y buzamiento, concordantes aparentemente con el resto de la formación carbonífera, creemos se trata de los restos de un pliegue isoclinal dislocado y por cuya fractura ha tenido lugar la efusión eruptiva.

La roca que constituye el formidable asomo hipogénico que tan importante papel ha jugado en esta cuenca, y cuya presencia se acusa con impresionantes relieves topográficos de más de 300 metros de altura, fué denominada por Roussel "melafiro" (término antiguo empleado por Casiano del Prado). Se trata de un pórfido muy duro. En los bordes de este asomo, especialmente en las vertientes N., se presentan curiosos fenómenos de disyunción de la roca en bolos más o menos redondeados y de color claro, cuya alteración final comunica al paisaje unas tonalidades blanquecinas, perceptibles a distancia.

Devoniano.—No hemos recorrido este terreno más que en sus contactos con el carbonífero y con el triásico. Está representado por potentes bancos de caliza, con unas pizarras superpuestas, al menos en los altos de Erill-Castell, que deben ser atribuidas, por ahora, a esta formación.

La dirección de los estratos devonianos concuerda con la de los carboníferos, acusándose en cambio una discordancia de buzamiento marcada a lo largo de la línea de falla, que figuramos en el corte por el barranco de Malpas.

4.º Tectónica

Nos parece inexcusable completar los datos estratigráficos que hemos expuesto con la interpretación de los movimientos tectónicos que han afectado a la región, dando lugar a las discordancias anotadas. Sólo después de esta aclaración, que justifica nuestro propósito, nos decidimos a apuntar algunas ideas sobre tema de tanta dificultad y que requiere un estudio mucho más detenido que el que hemos tenido ocasión de llevar a cabo.

Entre el devoniano y el carbonífero, al N. de Erill-Castell, existe un contacto difícil de recorrer por sus características de presentación. En él nos ha parecido apreciar una discordancia angular y la presencia de una pudinga en el relleno de una posible falla. Atribuimos al plegamiento bretón este fenómeno, y aun cuando rehuímos, como es natural, la fijación de la fase del plegamiento por la clasificación Stille (márssica, nassánica o sélkica), no queremos dejar de señalar que Herman Schmidt, en su interesantísimo trabajo, describe una nueva fase del plegamiento bretón en Feixá, a la que por su situación geográfica propone se llame "fase le-ridiense".

La gran discordancia, perfectamente visible en nuestras fotografías, entre el carbonífero y el permotriás es atribuible al plegamiento asturiense, de positiva importancia en el Pirineo. La sucesión westfaliense-estefaniense está muy confusa al establecerse en la pudinga del nivel 5. Por otra parte, los estratos del nivel 6 están rotos y semicubiertos por los derrubios del permotriás, no permitiendo apreciar la discordancia que debe existir entre ellos y los westfalienses. Schmidt cita diversos ejemplos de discordancias intercarboníferas provocadas por el plegamiento asturiense, discordancias que aquí

alcanzan al permotriás, por faltar casi totalmente el estefaniense.

Las últimas convulsiones sufridas por el carbonífero dieron lugar a la fractura del anticlinal hullero marcado por la línea Erill-Castell-Sas, facilitando este accidente la venida eruptiva con el paleozoico ya levantado.

Posteriormente se depositó en transgresión el permiano, posiblemente afectado por el plegamiento saálico, aunque de esta posibilidad no hemos encontrado más vestigio que la limitada discordancia señalada en la margen izquierda del Sopena, a media ladera del alto de Peranera.

En concordancia con el permiano, y en período de tranquilidad, se depositaron los fuertes espesores triásicos, y es ya el conjunto permotriásico el que, como unidad estratigráfica, sufre los empujes que dan lugar a la emergencia de los Pirineos.

Es probablemente el plegamiento austriaco, ocurrido en la base del cenomanense, el que obliga a cabalgar al permotriás sobre los terrenos más antiguos, produciendo una hoja de corrimiento de poca amplitud.

Los movimientos posteriores (pirenaico y sucesivos) pliegan conjuntamente todos los terrenos, y de ellos surge el sinclinal de Malpas.

Los procesos de erosión completan el cuadro actual de presentación de la cuenca Erill-Castell.

5.º Posibilidad de una cuenca oculta

Fijación de sondeos

El buzamiento al S. del carbonífero ocultándose bajo el triásico basta para justificar la presunción de que la cuenca se prolonga recubierta. El problema geológicamente, y después de recorrer el sinclinal triásico, es sencillo.

Para juzgar de la importancia de la cuenca oculta es para lo que hemos de continuar el razonamiento. Si existiera concordancia entre el carbonífero y el secundario, las esperanzas habrían de limitarse a encontrar bajo el sinclinal triásico una cuenca similar a la descubierta en Erill-Castell, aunque, probablemente, con la calidad de sus carbones muy mejorada, circunstancia que bastaría quizá para justificar las investigaciones. La discordancia demostrada aumenta considerablemente el interés del problema.

Es indiscutible que entre el permotriás y la parte más alta del carbonífero descubierto cabe la existencia de los paquetes productivos del estefaniense, que, de existir, representarían una nueva riqueza de carbón oculto. No es fácil, sin llevar a cabo una investigación a profundidad, dictaminar sobre la importancia y clase de los sedimentos carboníferos que no afloran, y si es posible la presencia de nuevos paquetes de capas, también lo es que se trate solamente de un tramo estéril, sin interés industrial. En todo caso, la duda merece ser aclarada.

En el corte geológico que adjuntamos está señalado el emplazamiento de un sondeo, primero de la serie que habrá de perforarse a la vista de los resultados que se obtengan en el proyectado.

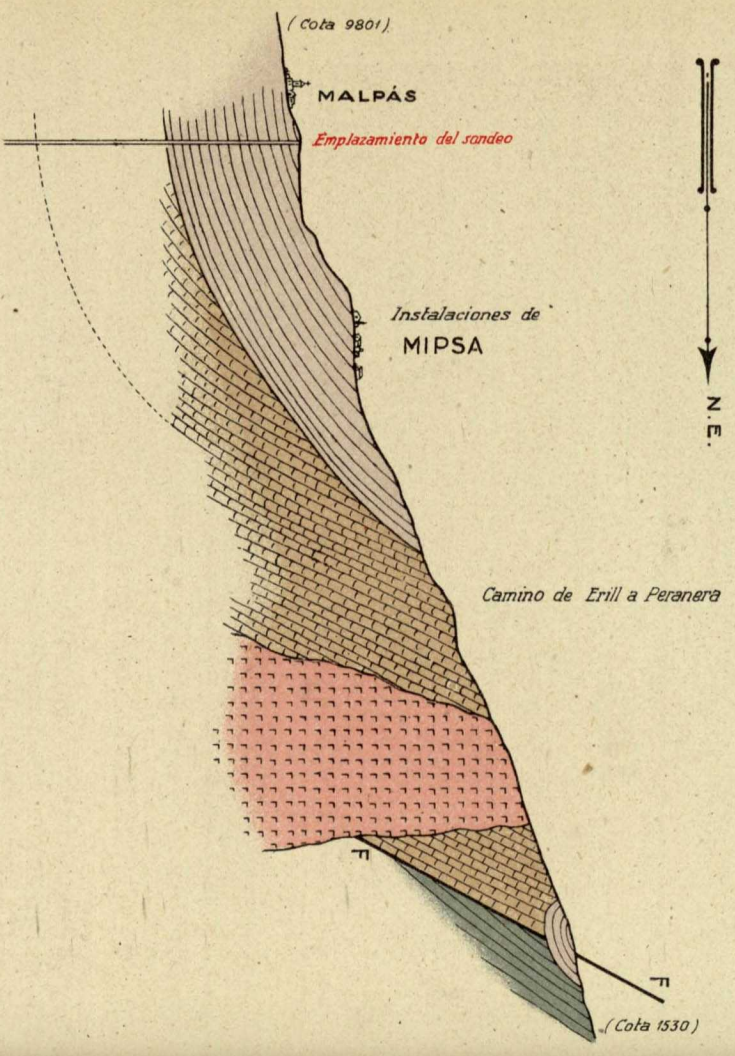
La elección del punto señalado, fondo del sinclinal triásico,

se apoya en el supuesto de que dicho punto coincida también con el punto más bajo del sinclinal carbonífero que se inicia en la parte meridional de la cuenca ("Júpiter" 1), con objeto de que la perforación corte perpendicularmente a los estratos y tenga el mayor rendimiento posible.

Los resultados obtenidos pueden obligar a la perforación de algún otro sondeo, situado en una línea N.-S. que pase por el emplazamiento del primero, para situar el fondo del sinclinal carbonífero.

El razonamiento seguido es extensible a todo el borde S. de la cuenca, y por tanto, si el éxito acompañase al primer intento, habría de proyectarse una serie de sondeos siguiendo una línea aproximada E.-O., que pase por el punto más bajo del sinclinal triásico.

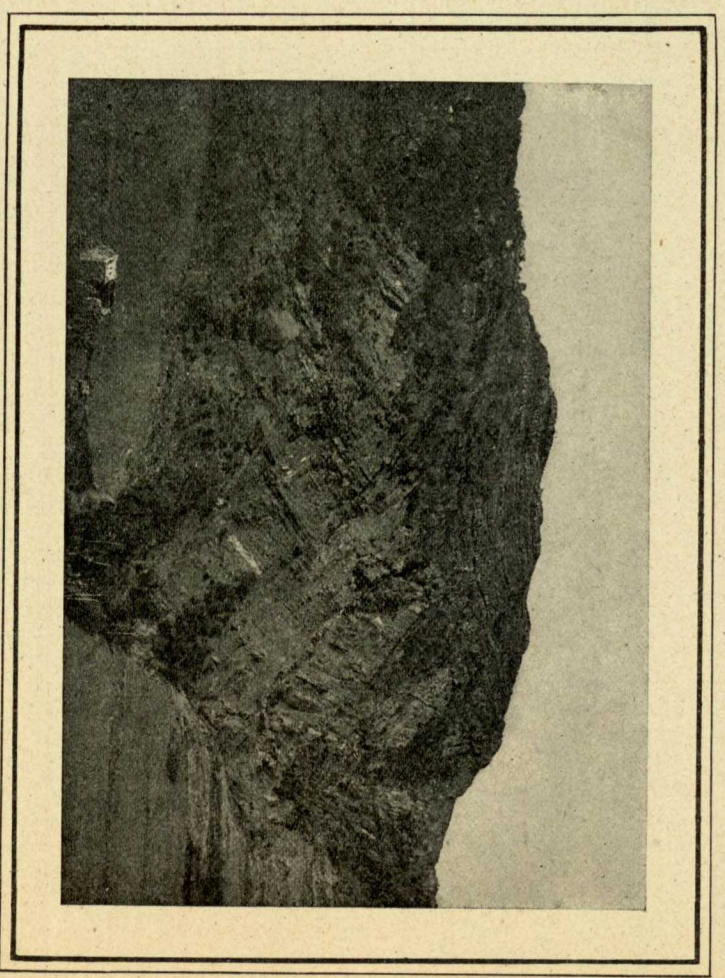
CORTE GEOLÓGICO POR EL BARRANCO DEL ARROYO SOPENA



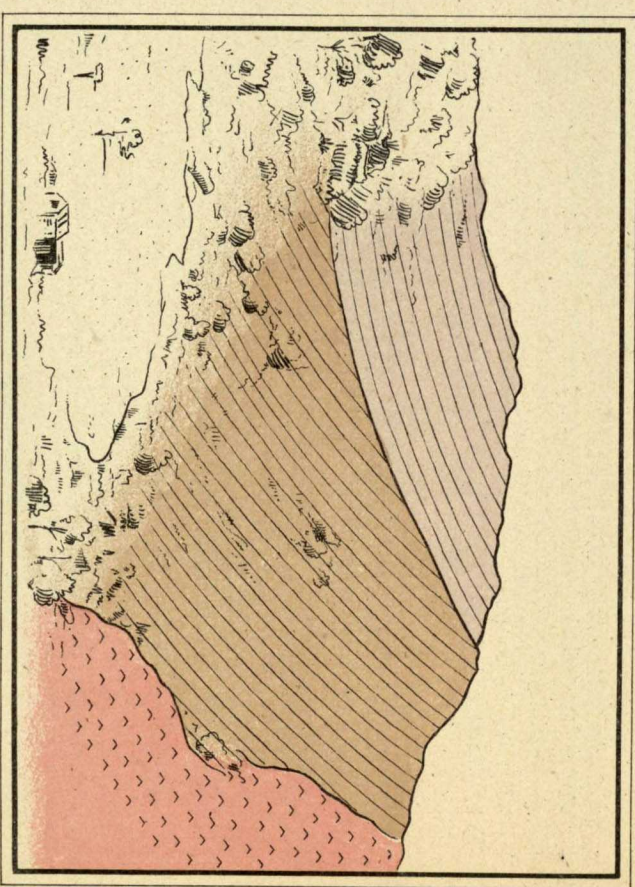
EXPLICACIÓN

- TRIÁSICO.
- CARBONIFERO.
- DEVONIANO.
- PORFIDOS.
- FALLA.

ESCALAS
 HORIZONTAL: 1:25.000.
 VERTICAL: 1:10.000.



Discordancia del Permianas con el Carbonífero.



BIBLIOGRAFÍA

- 1839.—PAILLETTE (A.): Sur les bassins houillers de la Catalogne.
1841.—DUFRENOY Y ELIE DE BEAUMONT: Bassin houiller de la Catalogne.
1850.—CASADEMUNT: Sobre las minas de carbón de piedra de Erill-Castell, Sas, Peranera y Benés (Lérida).
1860.—SÁNCHEZ (E.): Informe sobre los criaderos de carbón de piedra en los términos de Erill-Castell, Peranera, Sas y Benés (Lérida).
1862.—NOGUÉS (F.): De la houille dans les Pyrénées.
1873.—GISPERT (M.): Las cuencas carboníferas catalanas.
1875.—VIDAL (L. M.): Geología de la provincia de Lérida.
1886.—GISPERT (M.): Cuencas hulleras catalanas.
1899.—CARALT (M.): Le carbonifère des Pyrénées centrales.
1903.—ROUSEL (J.): Sur le carbonifère des Pyrénées.
1904.—ROUSEL (J.): Tableau stratigraphique des Pyrénées.
1905.—FOURNIER (E.): Etudes géologiques sur la partie occidentale de la chaîne des Pyrénées.
1907.—FOURNIER (E.): Nouvelles études sur la partie occidentale de la chaîne des Pyrénées.
1913.—DALLONI (M.): Stratigraphie et tectonique de la region des Noguerras (Pyrénées centrales).
1913.—FAURA Y SANS (M.): Síntesis estratigráfica de los terrenos primarios de Cataluña.
1927.—FAURA Y SANS (M.): Résumé de nos connaissances sur l'antracolithique de la Catalogne et ses relations chronologiques avec les formations similaires de la peninsule ibérique.
1928.—DALLONI (M.): Le carbonifère des Pyrénées catalanes.
1930.—DALLONI (M.): Étude géologique des Pyrénées catalanes.
1931.—SCHMIDT (H.): Das palaözoikum der Spanischen Pyrenäen.
1941.—FALCÓ Y MADARIAGA: Aportación al estudio de los terrenos carbonífero y permiano en España.

JOAQUÍN MENDIZÁBAL

¿MIOCENO MARINO EN NAVARRA?

Al proceder a la clasificación de los fósiles recogidos para el estudio de la hoja geológica de Estella, aparecieron entre ellos los *Chlamys opercularis* Lim y *Ostrea crassissima* Lam., considerados hasta ahora como característicos del Mioceno, y ello motivó la publicación de una nota en el número anterior de NOTAS Y COMUNICACIONES en la que, por errata, fué suprimido el signo de interrogación con que debía de haber aparecido.

Ante la imposibilidad de poder explicar el problema geológico que planteaba el hallazgo de unos isleos de facies marinas dentro de la cuenca miocena lacustre del Ebro, han sido revisados los lugares de procedencia de estos fósiles, y hecho un estudio detenido de la posición estratigráfica en que se hallan, se ha comprobado, en las cercanías de Azcona, en que aparecieron, que se encuentran en la parte alta de las calizas eocenas y están directamente recubiertos por los yesos del Oligoceno, con lo que queda demostrado que las especies citadas aparecen ya en la región navarra a fines del Eoceno.

MELCHOR VICENTE

MÁS SOBRE GEOLOGÍA
DE TORRELOSNEGROS (TERUEL)
Y SUS CONTORNOS

Como complemento al trabajo presentado al XVI Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, titulado "Torrelosnegros en su aspecto geológico", envío el adjunto corte a ese Instituto Geológico y Minero. Aquel trabajo se refería exclusivamente a Torrelosnegros; éste, partiendo del punto "fuente del Chorrillo", y en dirección aproximada N.-NE. a S.-SO., abarca también terrenos de los vecinos pueblos Alpeñés y Corbatón, hacia Rubielos de la Cérda. Comprende un recorrido de unos 8 kilómetros.

Se acompañan pequeñas muestras de rocas correspondientes a los dos asomos hipogénicos, si bien, en particular las del Puntal del Monte, están bastante descompuestas. También mando fósiles referentes al terreno que yo separo del que señaló el Sr. Cortázar como Mioceno. Por las razones que en el citado trabajo aduzco, siempre he creído que la faja de que se trata debía ir, como más reciente, al Plioceno.

El corte es curioso, en primer lugar, por los dos asomos eruptivos que en él aparecen y por la variedad de contactos

de terrenos, en especial en los Puntales del Monte y barranco de los Traperos, e interesante, por los fósiles que he hallado, todos ellos terrestres y que creo no se hayan citado hasta ahora, en la provincia de Teruel.

La publicación de este corte en NOTAS Y COMUNICACIONES acaso pueda servir para ratificar la Geología del último cuarto del siglo pasado.

Observaciones

1. El Chorrillo toma su nombre de la fuente. Esta nace en una grieta, juntura de estratos, entre las calizas miocénicas del tramo *D*, que, cortadas aquí verticalmente, hacen caiga el agua, abundante y rica, de la altura de más de un metro, en caño natural. Estas calizas suben al contacto con el terreno eruptivo, y al llegar a la primera paridera de los Puntales del Monte van a hundirse rápidamente en el tercer cuadrante.

2. Empieza el asomo hipogénico a los pocos metros de subida de la fuente del Chorrillo, en los campos propiedad del "tío Rosendo". Se descubre bien en uno de los ribazos, donde yo he hecho una pequeña calicata para sacar muestras, que, como se puede apreciar por las que acompaño, están bastante descompuestas. Con todo, se distingue su textura granitoidea, descubriéndose en algunos ejemplares cristales bronceados y *tors* más alterado, de color sonrosado, de muy buen efecto (feldespato ortosa?). Yo creo que, a profundidad, esta roca habría de dar preciosos ejemplares. Su descomposición completa son arcillas. Llega exteriormente hasta el cruce del camino que entra en el monte, unos 200 metros de largo por 100 de ancho.

3. La fuerza endógena arrastró, sin duda, el banco de cuarcita gris, muy cuarteada, que aparece en el ribazo de otro campo, frente a la paridera dicha, así como afloramientos

de pizarras desordenadas y rotas, pero con indicios de estratificación aún, y hasta trozos de barita en el lado opuesto, en contacto con el sistema Diluvial (1).

1. En la cumbre del cerro, y ya dando vista a las Cañadillas (aguas a otra rambla llamada del Tovar), en la dirección N.-S., que es la de la masa eruptiva, hay una hilada de conglomerados de la misma composición, y juzgo que de la misma edad, que los señalados como base horizonte *a*) del Mioceno en la rambla del Chorrillo. Si así es, pues sus elementos son de la misma naturaleza silícea, hacen pensar que también éstos han podido ser influenciados por la erupción y acarreados en su salida.

4. Entre las calizas fosilíferas superiores del lago Mioceno, el Diluvial y la serie de terrenos secundarios que existe en Torrelosnegros, Alpeñés y Cosa, tenemos una formación que en Las Cabezas (Torrelosnegros) y en el Sabinar (Alpeñés) no baja de los 70 metros de espesor.

Si, pues, la hallamos sobrepuesta por el N. a aquellas calizas que parece considera el Sr. Cortázar como el límite alto del lago Mioceno, y, por otra parte, los fósiles que tenemos de los horizontes *a*), *b*) y *c*) difieren, no es aventurado hacer esa separación. Para probar la superposición váyase a los parajes Puntales del Monte, rambla del Chorrillo, Peirón de Diego y Los Rubiales, todos de Torrelosnegros.

Tal formación debe correr parejas con alguna de las que se mencionan a uno y otro lado de los Apeninos, y con las de alguno de los distritos de Alemania, en las que las rocas no contienen otros fósiles que restos de conchas de caracol. Así dicen de una caliza de la orilla izquierda del Rhin, entre Maguncia y Vorms.

En su composición predominan las rocas detríticas, conglo-

(1) La serie primaria dista de este paraje muchos kilómetros.

merados calizos, a veces de regulares elementos, alternando con maciños y arcillas y tierras rojas. Estos materiales parece que proceden del Trías (he hallado en un banco de maciño un jacinto de Compostela), del Jurásico y Cretáceo, que se halla en su parte S., y los calizos *a*), *b*) y *c*) del Mioceno seguramente que ocupan el N.

¿Cómo explicarnos el origen de tal formación? Cuando menos en lo por mí recorrido, estos materiales debieron acumularse en las depresiones y sinuosidades de los accidentes miocenos, por un lado, y por otro, en los secundarios citados. Pero sus barreras, en ciertos sitios, no tan levantadas como hoy, puesto que alguna vez los encontramos coronando sus alturas, o sea rebasados.

Los fósiles (mando ejemplares de todos los horizontes, aun de los encontrados en puntos alejados del corte, para que él que los estudie tenga más elementos), juzgo que todos son terrestres; los del horizonte *c*) conservan su esmalte superficial y lustre marcado interno. Los de las gravillas, que bautizo así por su pequeño tamaño (cabezas de clavo) (1), sin ninguna cohesión en la superficie, en bancos casi horizontales entre las dos parideras de los Puntales del Monte, son moldes de *Helix* y de otro indeterminado. También los de las calizas *a*) son *Helix* en idénticas condiciones. Pero los del *c*) de los Puntales del Monte y del kilómetro 272 de la carretera Madrid-Tarragona tienen algo más de particular sobre los demás de los otros puntos de este mismo horizonte, y es que, por su pequeñez y su conservación, hay que deducir que no han sido arrastrados, o a muy poca distancia; parecen fósiles *in situ*, pues si los hallamos rotos, puede explicarse por la compresión sólo; están como aplastados, conservándose todos sus pedazos en muchos ejemplares.

(1) Especie de *croag*?

Ahora bien: cuando bajan las aguas de un lago, en los deltas de los torrentes que entran en ellos se ven entre la arena y el limo las conchas terrestres, y muestran que han sido arrastradas de los valles, así como restos de vegetales; eso ocurre hoy en los lagos de Suiza y dondequiera que las condiciones sean las mismas, como hay que suponer ha ocurrido siempre.

Pues para explicar nuestro caso tenemos ese hecho. Pensemos ahora si el lago que esto supone fué el Mioceno, y si bien parece lógico que así fuera, nos encontramos con otro hecho que no sólo nos lleva a la afirmación, sino casi a la absoluta certeza de que no. La posición de un isleo de nuestra formación en el centro, a algunos kilómetros de la orilla, en Los Rubiales, sobre las calizas superiores fosilíferas miocenas. Aquí, en Los Rubiales (como dulce en bandeja) hay ese isleo con sus calizas *a*), las gravillas *b*) y los conglomerados *d*). Es verdad que no he hallado fósiles y que falta el horizonte *c*) (en su lugar, un banco impregnado de sales de manganeso); pero los caracteres mineralógicos, en particular las típicas gravillas, y la sucesión del horizonte, no dejan lugar a duda.

Luego podemos dejar sentado: primero, que esta formación es más reciente e inmediata al verdadero Mioceno, y segundo, que la denudación lo ha hecho desaparecer tanto más cuanto más alejada estaba del contacto con los terrenos secundarios. Tiene en Los Rubiales un espesor total de unos seis metros; en Los Cabezos y Sabinar de Alpeñés no baja de los 70, como ya se dijo.

5. Diabasa? También descubierto por mí hace unos pocos años. Se halla al pie de la rambla del Tejar, y a su izquierda, enfrente y a corta distancia del kilómetro 277 de la carretera ya citada. Como puede verse por las muestras, en él se encuentran principalmente dos clases de rocas: una, granitoidea, descubriéndose entre sus elementos uno que parece ser cuarzo hialino; la otra, en forma de dique vertical, de textura afa-

nítica, negra y dura, veteadas en algunos puntos de una sustancia blanca suave (véanse muestras); su dirección N.-S. y de pocos metros de superficie. Es sitio de mucha vegetación, y su aparición se debe al corrimiento de tierras que ha habido en ese lugar. Cerca, como a medio kilómetro, y casi en la misma dirección, está la fuente de la Tejería vieja de Alpeñés, de buenas aguas y abundantes, pero que en otro tiempo debió brotar aun más caudalosa, y tan cargada de carbonato de cal, que formó un gran manto de toba, unos 100 metros de largo, aguas abajo, por 20 de ancho, incrustando bellos ejemplares de moluscos, ramas y hojas de vegetales, que hoy no existen en aquel paraje. Nace la fuente entre las margas que hay debajo de los conglomerados, que yo clasifico de pliocenos. ¿Tendrá que ver esa toba con la ofita? No dista tampoco esta erupción del Triás de Los Hoyuelos unos 500 metros, entre asomos pliocenos del horizonte *c*), que se descubren de lejos por su color negro, con restos de caracoles, aquí tan triturados que sólo se ven fragmentos, pero conservando su esmalte en forma que podrían confundirse con los actuales. Enfrente, en la carretera, tocando a la paridera de Los Gámbaros, y también en la rambla del Tovar (es el mismo horizonte), los encontramos en igual estado; no cabe duda que éstos han sufrido el arrastre.

6. El Triásico de Los Hoyuelos es un manchón de unos 200 metros de largo, en la dirección N.-S. Está en contacto al O. con las calizas jurásicas de La Pedriza, y lo forman yesos y margas irisadas. Se interrumpe entre calizas y conglomerados pliocénicos, hasta que, subida la cuesta y pasada la paridera de Millán, en el descenso por la vertiente opuesta aparece de nuevo con las mismas características; no hay duda que los dos manchones forman uno en profundidad.

Nos encontramos en el barranco de Los Traperos, y en escasa extensión tenemos, alrededor del Triásico, representa-

ción del Liásico, Jurásico, Cretáceo inferior y del Plioceno con sus conglomerados. El Liásico, Jurásico y Cretáceo, con muchos fósiles.

Por abreviar, paso por alto al 7 y 8, que nada de particular presentan.

9. El Cretáceo, al principio está representado por bancos de calizas oscuras de poco espesor y muy inclinadas, alternando con areniscas blancas, rojas y arcillas grises. Las calizas contienen fósiles en abundancia, entre ellos la interesante *Requienia*. Más en el centro del sistema predominan las areniscas y arcillas bituminosas (horizonte de los lignitos), alrededor de cuyos afloramientos es frecuente encontrar la *Vicarya lujani* y otros. Forma, como se ve, un sinclinal.

En la parte O., ya fuera del corte, hacia Torrelosnegros (pues desde Los Hoyuelos es jurisdicción de Alpeñés), se presentan con gran desarrollo, encima del *Urgo-aptex*, las calizas cenomanenses, que se dirigen y llegan al término de Cosa. Debajo del Cenomanense, entre arcillas bituminosas, en la Peña del Gallo, he cogido hermosos cristales de alumbre.

Termina el Cretáceo en la fuente de La Arboleda, camino de Torrelosnegros a Corbatón, pasado el célebre santuario de la Virgen de la Langosta, donde se cruza una faja de calizas oolíticas del Jurásico en una anchura de pocos metros, empezando los yesos y margas irisadas como en Los Hoyuelos y Traperos, y en algunos puntos que la denudación los ha respetado hay representación de dolomías y carniolas. Este sistema llega hasta las cercanías del pueblo de Corbatón y hasta la jurisdicción de Pancrudo. Tiene como minerales accesorios abundantes jacintos de Compostela, mezclados con el cristal de roca tipo, éste a veces con inclusiones extrañas; aragonitos, y al pie del río Pancrudo-Navarrete, que lo cruza, se explotó en tiempos la sal.

También aquí, formando un pequeño manchón, encontra-

mos en pleno Triásico los conglomerados pliocenos en la llamada cueva Negra.

Debo hacer constar que el Triásico superior lo hallo diseminado con frecuencia en estos contornos en pequeños isleos. En Rillo, pasada la fuente del pueblo, lo descubrí hace dos años; tiene también jacintos, y en Portalrubio, en medio de sus lignitos.

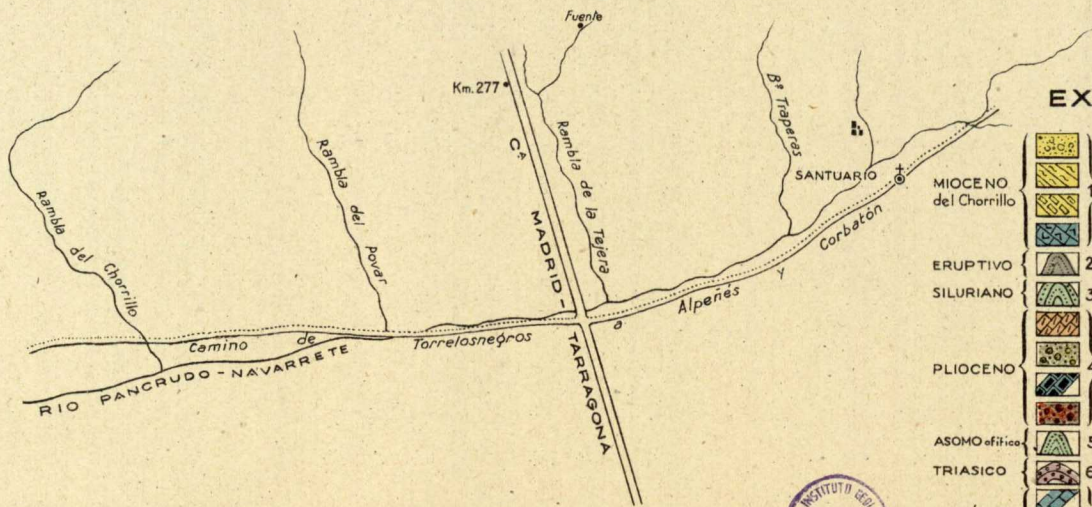
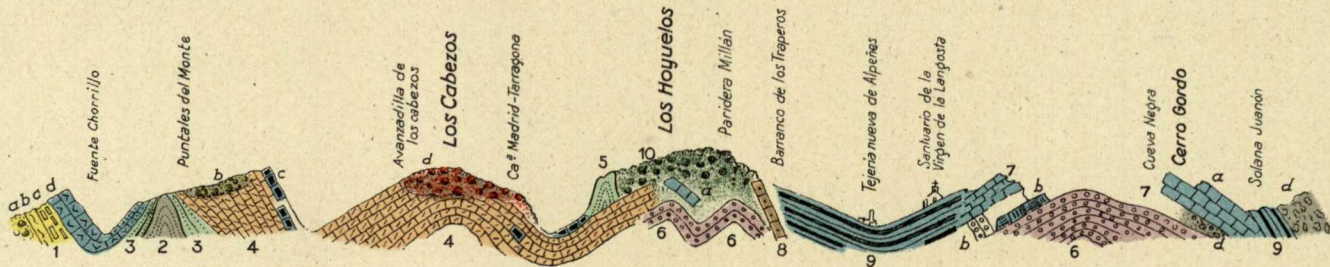
Le sucede en nuestro corte el Jurásico (tercera vez), formando una altura: cerro Gordo. A continuación el Cretáceo inferior, entre calizas jurásicas en bancos muy inclinados, y termina con los conglomerados pliocenos hacia Rubielos de la Cérida, en la solana de Juanón, de la que yo no he pasado.

10. El Diluvial. (Véase, para no repetir, lo que digo en el trabajo al Congreso de Zaragoza.)

Convendría ahora (pero a mis setenta y dos años no es lícito formar grandes planes) estudiar las relaciones de la formación, que he dado en llamar pliocena, con las calizas cretáceas del alto de Cosa, al O., con los conglomerados que forman las alturas en los comienzos del río Martín, entre Torrelosnegros y Fuenferrada, al E., y hasta con los conglomerados del río Alfambra, objeto de duda ya para el Sr. Cortázar. Acaso, si Dios me permite volver a mi pueblo, pueda hacerlo un día.

N. N. E.

S. S. O.



EXPLICACIÓN

MIOCENO del Chorrillo	1	a	Conglomerados brechiformes de la base. Unos 10 metros.
		b	Lastras calizo-silíceas y margas grises de 4 a 6 metros.
		c	Margas blancas y algún banco de caliza deleznable con pedernales. 10 metros.
		d	Calizas, con frecuencia cavernosas, en bancos por lo general gruesos. 8 metros.
ERUPTIVO	2		Diorita? de grano regular, percibiéndose su textura a simple vista.
SILURIANO	3		Cuarcitos y pizarras, sin duda alguna primarias.
PLIOCENO	4	a	Calizas, en general blancas, de no mucha consistencia, con algún fósil Helix.
		b	Gravillos con abundancia de Helix.
		c	Un banco de caliza y margas bituminosas, con Helix y otros en abundancia.
		d	Conglomerados maciños y tierras rojas, sin fósiles.
ASOMÓFITICA	5	a	Diabasa? b. Roca de textura granitoidea.
TRIASICO	6	a	Yesos cristalizados blancos, rojos, negros y margas irisadas, todo en desconcierto. Caliza tabular fina, sólo en Alpeñés.
		b	Calizas en bancos de poco espesor, color claro o amarillo, grano fino.
JURÁSICO	7	a	Calizas de aspecto oolítico en bancos de mayor espesor, color oscuro.
		b	Calizas arcillosas de poco espesor y margas, muy fosilíferas.
LIASICO	8		Calizas grises en bancos de poco espesor, conteniendo Requienias.
CRETACEO	9		Guileros de cuarcita de areniscos, limos y arcillas, color rojo subido.
DILUVIAL	10		



JOSÉ MESEGUER PARDO Y JOSÉ CANTOS FIGUEROLA

INVESTIGACIÓN DE NUEVAS METALIZACIONES EN EL DISTRITO LINARES - LA CAROLINA

Nadie puede desconocer la verdadera importancia de esta región minera, que durante algunos años de la pasada centuria disfrutó la categoría de distrito plumbífero más rico del mundo por alcanzar una producción de galena realmente asombrosa.

Precisamente la fama de sus riquezas, que se remonta a los tiempos más alejados de nuestra historia, fué el principal motivo de atracción para los primeros pueblos colonizadores; y así los fenicios, cartagineses, y sobre todo los romanos, realizaron el laboreo de las minas con particular actividad.

Tras el marasmo de las invasiones bárbaras, y después de la dominación de los árabes, poco interesados por los problemas de la minería, en el siglo XVI se multiplicaron los descubrimientos como consecuencia de la famosa ley de Felipe II.

Comenzaron, pues, a organizarse explotaciones, que fueron desarrollándose paulatinamente hasta llegar a la gran actividad de la segunda mitad del siglo XIX. Entonces alcanzó el laboreo extraordinaria brillantez, que culminó el año 1889 con una producción enorme. Mas a partir de esa fecha comenzó el

decrecimiento con diversas alternativas, hasta la época de la Gran Guerra, en que se inició un período de franca depresión por la crisis siguiente a la misma.

El descenso prosiguió en los años posteriores, y ha venido a quedar relegado a un término modesto en el concierto mundial por el extraordinario crecimiento de la producción de algunos países y la aplicación en otros de métodos técnicos más perfeccionados que los nuestros.

La región que nos ocupa, que comprende las zonas de Linares, La Carolina y la más pequeña de Santa Elena, como formando un solo campo metalogénico, hállase, según es bien sabido, en el propio meridiano de Madrid, al N.-NO. de la provincia de Jaén, en una altimeseta ligeramente ondulada de 550 metros de altitud media, en la que alternan los llanos con lomas redondeadas y colinas de poca elevación.

Corresponde la comarca al extremo oriental de la cordillera Mariánica, más comúnmente denominada Sierra Morena por el cromatismo de las rocas y el matiz oscuro de la vegetación de arbustos y matorrales (jara, madroño, mirto, romero, etcétera) que cubren el suelo en las extensiones no destinadas a los cultivos del olivo y los cereales.

Región ésta de viejas historias y leyendas del bandolerismo, por encontrar en ella los malhechores campo apropiado para sus andanzas, ha sido también, merced al carácter que ostenta de zona de paso, teatro de pugnas decisivas, como la de 1212, que contuvo la invasión almohade, y la que en 1808 vino a señalar nuestra primera victoria frente a las armas francesas en la Guerra de la Independencia.

El borde meridional del territorio está formado por colinas miocenas, que descienden con pendiente moderada hasta el curso del Guadalquivir. En cambio, desde Linares hacia el Norte, el terreno se eleva gradualmente en escalones sucesivos hasta la arista de la cordillera que se desarrolla más o me-

nos paralelamente al valle bético, aproximándose a la dirección O.-SO.

La comarca está zanjada transversalmente por barrancos dirigidos de N. a S., como los cursos acuíferos, es decir, alineados casi perpendicularmente al borde de la meseta ibérica mientras otras quebradas, secundarias, que a veces corresponden a líneas de fractura, se arrumban de NO. a SE., de E. a O. y, sobre todo, de O.-SO. a E.-NE., o sea paralelamente a la gran falla del Guadalquivir.

Al N. de La Carolina el terreno se hace cada vez más accidentado y los serrijones alternan con depresiones muy acentuadas, como las que forman los angostos valles de los ríos Grande y de La Campana, y algunos barrancos bastante pronunciados.

Desde el punto de vista tectónico, la región se halla en el borde del macizo de la meseta, a lo largo de la fractura de Guadalquivir, en una zona que parece preparada por una inflexión de los pliegues primarios que de la dirección E.-20° S. pasan bruscamente a la E.-NE.

Cuando, al final de los tiempos hercínios, se produjo la expresada fractura, el hundimiento del segmento meridional de la primitiva meseta dió origen al denominado estrecho Bético, y esto permitió al mar mesozoico avanzar hasta el pie del macizo, depositando el Triás, que vino a colocarse sobre los sedimentos paleozoicos.

Así se comprende fácilmente la estructura de la zona que descubre la referida falla: apuntamientos de granito que rasgan las formaciones primarias (Siluriano, Culm) dirigidas a E.-NE., y por encima del substrato de pliegues hercínios una transgresión de areniscas rojizas (Buntsandstein) en parte recubiertas por las margas y molasas del Mioceno marino.

Granito.—Forma dos isleos importantes: uno, en Santa Elena, al NE. de La Carolina, y otro, situado a tres kilómetros

al NO. de Linares. La roca, gris, muy feldespática y, en general, poco micáfera, presenta diversas variedades, como granito normal, tránsito a sienita, porfídico, etc. El granito de Santa Elena, estudiado por nosotros hace algunos años, está formado esencialmente por cuarzo, ortosa, andesina y biotita, acompañados de apatito y zircón como elementos accesorios. Dedúcese que la consolidación fué lenta por la falta de partículas vítreas, no ya entre los cristales, sino en el interior de los mismos (inclusiones), y se advierte asimismo una gran continuidad en el proceso de cristalización.

El de la mina "Arrayanes", estudiado por el Ingeniero A. de Alvarado, posee grandes placas de cuarzo, ortosa dominante, albita, oligoclasa menos abundante y cristales de biotita.

Otra muestra procedente del N. de La Laguna ofrece, según el mismo autor, una textura que se aproxima a la granulítica, por tender a individualizarse los cristales de cuarzo. Los feldespatos son de pequeñas dimensiones, abundando los de ortosa y siendo más rara la oligoclasa; también se observan pajuelas de biotita epigenizadas a veces en clorita.

La acción metamórfica del granito sobre los estratos circundantes ha sido, en general, tan limitada, que pone de relieve el enfriamiento del magma antes de atravesar el Paleozoico y que han sido los fenómenos orogénicos los determinantes de la intrusión.

En Santa Elena la plutonita encierra fragmentos bastante voluminosos de las pizarras próximas, y esto indica que el levantamiento rompió las capas, asimilándolas parcialmente.

En cambio, al N. y NE. de La Carolina el granito ha metamorfozeado intensamente el Siluriano por la acción de energéticos gases magmáticos a elevada temperatura.

Es lógico suponer que, al originarse las grandes fracturas tectónicas contemporáneas de la falla del Guadalquivir, como

corolario del descenso de los segmentos corticales el magma interno sufriría una compresión que se tradujo en movimientos reflejos, que le obligaron a desplazarse por las zonas de menor resistencia. De esta manera se formarían los batolitos intrusivos, que quedaron después sometidos a un lento proceso de consolidación.

Además del granito aparecen otras formaciones endógenas como pórfidos de carácter francamente ácido, a veces verdaderamente cuarcíferos. Al NO. de La Carolina y en Santa Elena, tan pronto forman masas irregulares que cortan el granito y las pizarras paleozoicas, como diques, venas y filones; a veces tan tupidamente entrecruzados que casi ocultan la masa de la plutonita.

Las erupciones, anteriores al fin del Carbonífero, han producido, como señala A. de Alvarado, dos fenómenos opuestos: una disminución de sílice, que transformó la roca en sienita (análoga a la que indica Macpherson al N. de Sevilla), y un notable enriquecimiento de la propia sustancia, que atacó gradualmente a los elementos holocristalinos, originando pórfido cuarcíferos.

La textura hipocristalina se manifiesta al microscopio de un modo confuso, y la destrucción de los cristales por la intemperie silíceo ha avanzado hasta el punto de que la matriz forma una masa homogénea de acción muy débil sobre la luz polarizada, en la que predomina el cuarzo, y se hallan diseminados fragmentos de cuarcita, óxido férrico y otros minerales aparte de individuos bien definidos de cuarzo idiomorfo y feldespato ortosa.

Siluriano.—Hacia la mitad del camino de Linares a La Carolina, entre la primera de estas ciudades y Guarromán se observan algunas pizarras, sin fósiles, con fractura astillosa, que se dirigen al E.-15° N. e inclinan 28° al N. Estas, como otros más pequeños situados al SE. de Linares

y al SO. de Vilches, y toda la banda pizarreña que desde el N. de Los Cuellos, La Carolina y Navas de Tolosa llega hasta "El Centenillo" y se aproxima a Las Correderas, fueron incluídas en el Cambriano por L. Mallada y han figurado durante muchos años como de esa edad en los mapas geológicos.

Fácil es imaginar tal atribución por la escasez de restos orgánicos y las grandes analogías litológicas que presentan dichos sedimentos con los silurianos; pero actualmente no puede existir duda, por la presencia de fósiles en la zona de Santisteban del Puerto, que, con ocasión del estudio de esta hoja geológica, logramos encontrar en compañía del Ingeniero A. Fernández y M. Valdés. En las pizarras de la concesión "San Patricio", enclavada en el paraje Fuente del Negrete, al O. del camino del Avellanar, se recogieron diferentes especies, entre las cuales fueron clasificadas:

Redonia duvaliana, Ren.

R. deshayesiana, Ren.

Bellerophon bilobatus, Soe.

Orthis calligramma, Dalm.

O. vespertilio, Sow.,

que permitieron referir la formación al piso Ordoviciense.

El sistema que nos ocupa se extiende ampliamente al Norte de La Carolina e incluye toda el área montañosa que comprende la parte septentrional de esta provincia y la S. de Ciudad Real. Destacan allí las cuarcitas en el puntal de Pedro Trillo, Montón de Trigo y Collado de los Ranchos, alineadas casi de E. a O., y sobresalen en el Collado de la Estrella, de donde continúan al E. por el de La Mata y los puertos del Rey y del Muladar hasta Despeñaperros.

Los estratos forman pliegues y cúpulas cuyas charnelas han quedado destruídas por la erosión después de fracturadas, mientras el fondo de los valles aparece constituido por filadíos de color gris verdoso, con abundancia de talco y sericita, a

causa de corresponder a anticlinales hundidos que dejan aflorar las capas infrayacentes.

Al NO. de La Carolina, en la zona de "El Centenillo", se ha observado una alternancia de pizarras y cuarcitas con los siguientes espesores: pizarras, 80 metros; cuarcitas, 160 metros; pizarras, 10 metros; cuarcitas, 140 metros; pizarras, 75 metros, y bajo éstas, otro horizonte de cuarcitas cuyo espesor se ha calculado en 200 metros.

Sobre esta serie de estratos aparecen otros bancos de cuarcita que forman las cumbres de los cerros situados en el camino de La Carolina. En un haz de pizarras negras, silíceas intercalado entre las cuarcitas, el Ingeniero A. Fernández y M. Valdés, antes mencionado, halló ejemplares de *Illænuhispanicus*, Vern.; *Calymene tristani*, Brong.; *Orthis textudinaria*, Dalm., que comprobaron la edad ordoviciense de la formación.

En la zona central del propio grupo minero las capas ofrecen curvaturas de radio amplio con pequeña inclinación y ejes de los pliegues rectilíneos; pero al O. aumenta el buzamiento y se incurvan los pliegues, observándose hasta cúpulas aplanadas de no grandes dimensiones.

Al N. de Santa Elena, las pizarras, de color pardo y algo silíceas, inclinan 20° al N., en tanto que al SE. de la misma localidad aparecen bastante descompuestas y teniñas de rojo arrumbándose de NO. a SE. con buzamiento meridional. A veces quedan ocultas por otras pizarras oscuras y algo tenaces, pero foliáceas.

En la estación del ferrocarril del mismo pueblo aparecen las cuarcitas con tendido al S. directamente sobrepuestas a granito, el cual ha determinado un anticlinal, toda vez que los estratos en dirección a Despeñaperros poseen buzamiento Norte-Noroeste, con inclinaciones variables entre 20 y 30°.

Dentro del isleó granítico hay asimismo algunos pequeño:

retazos de pizarras blandas, micáferas y descompuestas, que inclinan hacia el N.

Por fin, al N. de Las Navas de Tolosa, las pizarras, de color gris azulado, presentan tendido al SO., con inclinación media de 20°.

Culm.—Obsérvase al NO. de La Carolina un sector de pizarras satinadas, dispuestas en lechos delgados, que ofrecen repetidos pequeños pliegues y además filoncillos de cuarzo. Continuando hacia "El Centenillo", estos filadíos pasan a ser más duros y silíceos, y adquieren alguna semejanza con las pizarras del cerro de "El Guindo" y pozo "El Mirador" de "El Centenillo".

Estas rocas, de color pardo y desprovistas de fósiles, fueron clasificadas como Cambriano por L. Mallada, acaso por analogía litológica con las capas de la Sierra de Córdoba que encierran *Archeocyathus*. Más tarde, en algunos bancos situados dentro de esta serie pizarreña, A. Fernández y M. Valdés encontró restos de *crinoïdes*, que le condujeron a situarla en la base del Carbonífero, y con posterioridad, el Ingeniero A. Carbonell y el Dr. W. Henke realizaron otros hallazgos al N. de Belalcázar y cerca de La Carolina, que abogan por la inclusión en el Culm de la formación que consideramos.

Debe hacerse notar, por cierto, que en algunos parajes del N. de La Carolina los filadíos se hallan sobrepuestos a las pizarras y cuarcitas ordovicienses, que parecen hundirse bajo aquéllos, cuya circunstancia, que para Mallada constituía una anomalía estratigráfica, por considerar dichos filadíos como de edad cambriana, se atribuyó por el mismo a fallas, que A. de Alvarado, sagazmente, expresó después no haber observado.

Triásico.—Al SO. de La Carolina y al E. y NE. de Linares aparecen depósitos de esta edad en forma de retazos aun existentes de una banda primitiva que se extendería a lo largo de la base de Sierra Morena. Estos estratos, integrados

por detritus de los terrenos antiguos que llegaron a depositarse al pie de la Sierra, resaltan, bajo la forma de colinas testigos de erosión, y son, desde el punto de vista paleontológico, de lo más pobres que puede imaginarse.

Al S. de Cuellos se advierten pudingas cuarzosas con areniscas rojas, que cubren las pizarras ordovicienses, y que, en atención a los caracteres litológicos, se han clasificado con Buntsandstein.

Entre La Carolina y Navas de Tolosa, apoyadas también sobre el Siluriano, reaparecen las areniscas con lechos raros de arcilla y algunos bancos de caliza grosera, que determinan cerros aislados y mesetas tubulares. A veces se presentan margas con algunas irisaciones.

Al E. y NE. de Linares, el Triásico, constituido por las propias categorías de rocas, adquiere cierto desarrollo. En esta zona las capas, poco potentes, descansan sobre el granito a modo de delgada costra y aparecen siempre en posición horizontal, pues separadas de la región subbética por la falda del Guadalquivir, no han sido afectadas por los movimientos alpinos.

S. Czyskowski ha admitido la posibilidad de que los conglomerados inferiores y algunas de las areniscas representen el Permiano aunque la parte superior sea triásica, y aduce como testimonios el haber señalado algunos geólogos, como Jacquot, Michel-Levy y Bergeron, la existencia de dicho sistema en la zona de Cuenca y en los alrededores de Málaga y la naturaleza de los estratos de la cuenca del Viar (provincia de Sevilla), que comprende en la base pudingas y areniscas rojas con indicios de carbón, considerados por F. de Luján como Permiano (1).

(1) Este acertado punto de vista quedó efectivamente confirmado, hace algunos años, por los trabajos del Ingeniero J. Gavala al estudiar la historia geológica de Cantillana.

La atribución a este último o al Triásico de los conglomerados y areniscas que aparecen en el límite de ambos sistemas envuelve en ciertos casos tal dificultad, que los estratígrafos se han visto obligados a la adopción del piso Permotrias en algunas comarcas (Pirineos, Murcia, etc.), lo que no puede parecer extraño si se considera que el paso de un sistema al otro se verifica mediante transiciones insensibles.

Claro es que la emersión que al final del Estefaniense vino a sufrir esta región pudo muy bien quedar interrumpida en los primeros tiempos permianos, sin que pueda precisarse con claridad el comienzo del Mesozoico por la semejanza de los sedimentos litorales; pero mientras los fósiles no expresen lo contrario, debe prevalecer el criterio de L. Mallada, que incluye en el Buntsandstein toda la formación.

Mioceno.—Determina una gran mancha, que, limitada por el Triás, se desarrolla al S. de La Carolina, pasando por Carboneros y Guarromán, bordea el paleozoico al SE. del último pueblo y continúa por Bailén y Linares, hasta adquirir gran amplitud al mediodía de esta comarca.

Corresponden los sedimentos al Mioceno marino del valle del Guadalquivir, representado por margas y molasas abigarradas, fáciles de confundir con el Triásico, que encierran *Clypeaster altus*, Laske; *C. tauricus*, Desor; *Ostraea crassissima*, Lan; *O. sp.* y bastantes ejemplares de *Ceritium*, *Conus*, *Cardium*, *Turritella*, etc.

En Guarromán se advierten dos pisos: inferior, de margas grises o amarillas, pobres en fósiles, que por analogía las de la ciudad de Jaén refirió L. Mallada al Aquitaniense, y superior, de arenas, margas salobres, bancos de ostreas y molasas, que corresponden al Vindoboniense.

No es fácil la distinción entre los tramos Burdigaliense, Helveciense y Tortoniense, por hallarse las faunas bastante mezcladas, observándose con frecuencia que sus variaciones,

como las de composición litológica, mejor que a diferencia de nivel se deben a cambios de facies, según la distancia a la orilla y la profundidad de sedimentación.

Pleistoceno.—Al N. de El Altico se presenta un pequeño isleto de esta edad, limitado en el expresado rumbo por el Triás y en los demás por el Mioceno. La mancha, de contornos poco definidos, está constituida por un conglomerado con abundantes nódulos calizos envueltos por arcillas y se halla casi completamente enmascarada por el arbolado y los cultivos.

* * *

Por constituir el borde de la meseta un segmento muy afectado por el diastrofismo herciniano, es natural que haya sido objeto de extremadas acciones mineralizadoras, subordinada unas a resquebrajaduras de valles de hundimiento (Alcudia; Los Pedroches), en relación otras con diques pegmatíticos (Pezoblanco, Andújar), o, por fin, formando un verdadero campo de fracturas, como el del distrito que consideramos.

Este se semeja a las zonas de fallas marginales que se producen a ambos lados de los macizos rígidos, y el "horst" sería aquí la Sierra Madrona, continuada por las cúspides de La Rebollera y La Estrella, la cual deja al N. los campos de Mestanza y el valle de Alcudia, y al S. el de Linares-La Carolina.

Esta última área de fracturas, verdadero campo de distensión por estiramiento, comprende, como es sabido, una red de 53 filones muy regulares y constantes, con carácter de paraclasas. Tales fisuras, de las que corresponden 29 a La Carolina y 24 a Linares, pueden agruparse en cuatro haces principales que obedecen a las orientaciones medias siguientes:

1.^a Norte a Sur.

2.^a O.-NO a E.-SE., es decir, paralela a los grandes pliegues hercinianos de la meseta.

3.^a O.-SO. a E.-NE., o sea sensiblemente paralela a la falla del Guadalquivir.

4.^a Este a Oeste, que ofrece, como excepción, algunas corridas de filones curvos u ondulados, con relleno de facies especial.

Al primer sistema, que es el más antiguo, pertenecen los llamados filones-cruceros de La Carolina, que se caracterizan por crestones cuarzosos pronunciados. Ofrecen estos criaderos reducido interés industrial; pero, en cambio, son importantes desde el punto de vista geológico, por no hallarse sometidos a las líneas generales tectónicas de la comarca y haber sufrido roturas y desplazamientos por la acción directa de los demás sistemas.

El segundo haz, que es el siguiente en antigüedad, comprende algunos filones importantes del mismo distrito, que suelen contener menas de plomo más argentíferas, aunque también con mayor cantidad de pirita. Estos criaderos han quedado afectados por los del sistema siguiente, que los corta bajo un ángulo de 45° aproximadamente.

El tercer grupo, quizá de edad permiana, encierra algunos filones ricos de La Carolina y la mayor parte de los de Linares. Son todos ellos pobres en plata, y la galena aparece bastante pura.

Del último sistema, que es el más moderno, existen algunos ejemplos en la zona de La Carolina.

Todos los criaderos son muy continuos, aunque, como es natural, presentan ensanchamientos y angosturas tanto en dirección como en profundidad. Generalmente, en la zona central del campo aparecen sensiblemente paralelos y se hallan tan cercanos, que sólo se ven separados por menos de 100 metros de roca estéril.

La corrida es considerable: cinco kilómetros por término medio; pero no faltan casos en que llega a nueve ("El Mirador") 13 ("Arrayanes") y hasta 18 ("Los Palazuelos"). En la superficie se reconocen con facilidad gracias a los crestones de cuarzo ferruginoso, a veces teñido por el cobre, que destacan por su resistencia a las actividades exógenas.

Cortan a los yacimientos diversas fallas de dirección, dimensiones y formas muy variables, siendo la orientación más frecuente la N.-S., y la inclinación de 45° respecto a la horizontal. En el filón "Arrayanes" se observan, por ejemplo, diversos saltos de uno a dos metros, generalmente a la derecha y como excepción puede señalarse la gran falla de Levante que separa el sector central.

También aparecen algunos filones cruceros, pobres, en los que domina el cuarzo.

Muchos de los criaderos arman en el granito ("San Gabriel", "La Esperanza", "Arrayanes"); otros, en los filadior ("Santa Paula", "Araceli"), y algunos pasan del granito a las pizarras ("Ojo Vecino", "San Fernando", "El Castillo"). Diversos filones encajan también entre las pizarras y cuarcitas del Ordoviciense ("El Centenillo"), y existen finalmente algunos "stockwerks", como el de "La Rosa".

Generalmente, las fisuras situadas en las rocas estratificadas se encuentran en las pizarras de dureza media; las cuarcitas, por su gran resistencia, casi no han llegado a sufrir roturas y las ampelitas, por lo deleznable, no han permitido la permanencia de las grietas que exige la mineralización hidrotermal.

Naturalmente que, como en tantas otras ocasiones, la naturaleza de los filones varía con la de las rocas atravesadas y también con la mayor o menor oblicuidad respecto a la dirección de los estratos cuando aquéllas son sedimentarias. En esto consisten esencialmente las diferencias de tipo que señalan los diversos autores.

Poco cabe expresar respecto a los caracteres de los criaderos, naturaleza de las menas y gangas, distribución de las metalizaciones, leyes metalogénicas de los rellenos, etc., después de las descripciones de Caron (1880), O. Wittelsbach (1897), L. de Launay (1913), Ritter (1922) y, sobre todo, de los interesantes estudios debidos a los Ingenieros españoles P. de Mesa (1889-90) y A. de Alvarado (1923), que han dado a conocer suficientemente el distrito.

A modo de rasgos generales indicaremos que la potencia oscila de ordinario entre 0,40 y 2,00 metros, y llega a veces a cuatro; pero el promedio es de 0,80 metros. Las fisuras se aproximan a la vertical, y a veces se observan en un mismo filón pequeñas variaciones de inclinación, que ocasionan buzamientos en sentidos opuestos. Existe, con todo, un cierto predominio del tendido al NE.

El relleno filoniano se caracteriza por un gran predominio de galena, a la que acompañan un poco de blenda y escasa cantidad de pirita de hierro. La riqueza media del mineral lavado es de 77 por 100, con una proporción de plata variable de 170 a 220 gramos por tonelada en Linares y de 350 a 450 en La Carolina.

Los yacimientos ofrecen en la parte superior una zona incipiente de oxidación y génesis de elementos carbonatados. De aquí la presencia de gangas que acompañan al cuarzo: baritina, anglesita, cerusita, siderosa y óxidos de hierro, como consecuencia de las reacciones epigénicas. También hacen aparición en ciertos casos los minerales de cobre que se han explotado en "Arrayanes" entre 50 y 150 metros de profundidad. Por último, suele encontrarse la calcita, y su presencia constituye un buen indicio para encontrar filones perdidos.

Las metalizaciones, generalmente de cuatro a seis centímetros, y hasta 10 en ocasiones, aparte de ciertas zonas de notable

continuidad, como las explotadas en "Arrayanes", "Los Salados", "Los Alamillos", "San Miguel", etc., son irregulares, de forma lenticular, con una sucesión de bolsadas ricas o estériles tanto en dirección como en profundidad.

No es posible establecer reglas generales acerca de las relaciones entre la metalización y la naturaleza de las rocas de la caja. A veces, los filones pasan del granito a las pizarras sin modificación alguna; pero, frecuentemente, dicho tránsito acarrea el empobrecimiento y la dispersión de las fracturas ("La Esperanza" y "San Gabriel", en Linares; "Valdeinfierno" "Los Palazuelos", en La Carolina). También se advierten esterilidades completas cuando las fisuras discurren por pizarra metamorfozadas ricas en andalucita.

No obstante lo irregular de la distribución de "árboles rícos y zonas estériles, puede indicarse, con carácter de orden local, en el sector de Linares, la existencia de una faja estéril entre 100 y 150 metros de profundidad, y otra muy pobre entre 350 y 400 metros, circunstancia que, mal interpretada, ha inclinado a algunos geólogos, como L. de Launay, a cierto infundado pesimismo sobre el porvenir del distrito.

No es difícil esbozar la génesis de la formación metalífera de conformidad con las ideas de Le Conte, van Hise y otros tratadistas, más en armonía con cuanto se observa en esta comarca que la teoría hidrotermal estricta que sustentó S. F. Emmons.

Todas las fracturas que forman el vasto campo de Linares-La Carolina son anteriores a la arenisca del Buntsanstein, que, salvo rarísimas excepciones, nunca llegan a atravesar. Esta circunstancia y su situación toponímica expresan su dependencia de los movimientos hercínianos, y parece lógico admitir que el intenso diastrofismo que produjo en aquella época el descenso del segmento meridional de la meseta originaría como corolario una extraordinaria actividad endógena, que dió lugar

a la irrupción de masas plutónicas en las áreas de menor resistencia.

Así debieron de formarse los batolitos intrusivos, que quedaron a un nivel profundo y fueron consolidándose a presión y temperatura muy elevadas; pero, a la vez que ellos, se producirían desplazamientos centrifugos de aguas juveniles y de circulación profunda al estado de vapor recalentado, que, acompañadas de mineralizadores, como el cloro, fluor, ácido sulfhídrico y anhídrido carbónico, ocasionarían el desplazamiento del plomo y los demás metales asociados.

La precipitación se verificaría en varias fases, debiendo depositarse en la primera los minerales cupríferos, que después disminuyeron considerablemente para dejar su lugar al sulfuro de plomo. La falta de especies minerales, como la magnetita, piroxenos, granates, turmalina, etc., indica que durante la formación de los depósitos reinaría una temperatura moderada, probablemente de 175 a 300° en las aguas mineralizadoras, y de 50 a 125° en las rocas de la caja, a juzgar por la estabilidad de las especies características.

El cuarzo del relleno de la mayoría de los filones evidencia el ataque de los silicatos del magma por el anhídrido carbónico y el vapor de agua a gran presión y elevada temperatura.

Después de la mineralización de las fisuras comenzó la actuación de los agentes exógenos, a principios del Secundario, sobre el relieve de la meseta ya individualizada, y así llegaron a depositarse al pie del escalón importantes masas de areniscas rojas y, junto con ellas, bancos arcillosos del propio matiz, como corresponde a los productos ferruginosos de descomposición subaérea.

Durante la etapa secundaria los bordes de la meseta se sumergieron o emergieron del mar por ondulaciones y levantamientos alternativos en forma de movimientos de báscula. Estos fenómenos fueron causa de que los sedimentos triásicos llega-

ran a emerger finalmente, determinando un cinturón al S. del territorio.

Por continuar la emersión durante el Jurásico, Cretáceo Paleogeno, no se depositaron los sedimentos de estas edades que faltan en la comarca, como es lógico, y al llegar los tiempos miocenos se formaron los correspondientes estratos, que descansan sobre los triásicos, sin modificaciones en la posición relativa de ambas series.

El período Mioceno se manifestó por movimientos lentos que modificaron la fisiografía comarcal. En el Sarmatiense comenzó otra vez la emersión del fondo marino, y durante el Pontiense debió proseguir la retirada de las aguas, que abandonaron definitivamente los lugares que habían invadido.

Se ve, pues, que estos yacimientos, después de su formación, han quedado resguardados hasta cierto punto de las denudaciones por un manto protector triásico, del que todavía subsisten retazos, y así se explica su riqueza excepcional, toda vez que la erosión sólo ha llegado a destruir la zona de catamorfismo.

* * *

Es bastante general la idea de haberse agotado las zonas ricas de este distrito, y aunque no pueda negarse el empobrecimiento de los criaderos en los niveles más profundos que se han alcanzado, no parece menos cierto que los trabajos llevados a cabo al objeto de lograr nuevos hallazgos no se han efectuado debidamente ni cuentan, por diversas causas, con el desarrollo que exige el fin propuesto.

Si se considera la importancia de estos filones, que constituyen verdaderas fracturas tectónicas en estrecha dependencia genética con la falla del Guadalquivir, y la tan comprobada relación entre la longitud y la profundidad de las grandes paraclasas, cabe deducir que muchos de estos yacimientos, cuy-

corrida alcanza varios kilómetros, habrán de continuar a una profundidad tal, que su límite inferior acaso haya de encontrarse fuera del alcance de las labores mineras.

Está demostrada, además, la alternancia en la comarca de rozas ricas y estériles, sin que falten filones donde las fajas de máxima mineralización se encuentran a profundidad considerable; y baste recordar, por ejemplo, que en la mina "Ojo Vecino", bajo el "árbol" rico explotado entre los niveles 100 y 385 metros, se halló una zona pobre de 135 metros; pero después de atravesada, entre los niveles 520 y 700 metros apareció una nueva banda con mayor riqueza que la de los niveles superiores.

Del examen de las leyes metalogénicas que han presidido la formación de estos yacimientos se deduce la prolongación y aun el enriquecimiento de los mismos a mayor profundidad que la actualmente alcanzada. Trátase, en efecto, de formaciones hidrotermales debidas a aguas ascendentes de circulación profunda, según lo prueban el tipo "costrificado", la carencia de diferenciaciones mineralógicas en sentido vertical y la repetición en profundidad de zonas ricas y estériles. Además, en los sectores de rocas duras se presenta la estructura fajeada con notable regularidad en grandes longitudes y distancias verticales, y por último se advierten ciertos huecos o "chimeneas" con abundancia de minerales cristalizados.

También se observa una diferenciación mineralógica horizontal, normal a los hastiales, con superficies de separación bien definidas y paralelas a las paredes; gran pureza de las menas, que no ofrecen vestigios de ataques oxidantes; falta de limonita, arcilla ferruginosa o cualquier sustancia originada por las aguas descendentes, y tantas otras de las características que van Hise señala en las formaciones metalíferas de Joplin, Missouri y Colorado (Estados Unidos), que pertenecen a este tipo genético.

El expresado origen hace verisímil que las condiciones de temperatura y presión correspondientes a la precipitación de los sulfuros en diaclasas tan potentes, profundas y con hastiales precisamente definidos, es decir, tan favorables a la circulación hidrotermal, se hayan mantenido a distancias semejantes a las que se advierten en diferentes distritos de Europa y América, como Przibram (Bohemia), San Juan (Colorado) y Coeur d'Elene (Idaho), en los que los trabajos mineros han llegado a profundidad considerable.

La regularidad de las fracturas que nos ocupan, continuidad de las metalizaciones, falta de indicios de acciones epigénicas y otros caracteres, vienen a probar que las aguas profundas ascendentes depositaron los sulfuros metálicos a gran profundidad. A su vez, el perfecto desarrollo de la estructura en fajas paralelas y los huecos rellenos de cristales indica que la formación no debió llegar a 3.000 metros, pues con la presión allí reinante, aunque no fuese más que por la acción hidrostática, la estructura de los yacimientos hubiese sido acuatadamente compacta, sin geodas y con una limitación en el desarrollo de las fracturas que se habrían hecho más irregulares.

De imaginar que las geodas con cristalizaciones de galena halladas a la profundidad actual de 500 metros han podido formarse primitivamente entre 800 y 1.500 metros, como supone A. de Alvarado, se obtienen, respectivamente, 300 y 1.000 metros de estratos superiores derrubados. Esta evaluación, claro es que sólo cuenta con una exactitud muy relativa pero no deja de constituir un argumento favorable a la continuación de las metalizaciones a niveles más hondos que los actuales, ya que sólo se ha destruido por erosión una zona poco importante.

Resulta, en definitiva, que mientras no varíen las condiciones de las rocas encajantes hay posibilidad de encontrar

nuevas metalizaciones en estos yacimientos, que por muchos se consideran estériles; ahora que, con cierta probabilidad, la estructura será más compacta y aumentarán las cantidades de blenda y de pirita.

* * *

Se halla, pues, manifiesta la conveniencia de acometer exploraciones en buen número de criaderos del distrito ante la importancia de los resultados que con tales trabajos pudieran obtenerse. Este punto de vista ha sido confirmado por el Ingeniero E. Carvajal, que tan acertadamente desempeña en la actualidad la Dirección General de Minas y Combustibles, el cual, en un fundamentado artículo publicado en la revista *Minería y Metalurgia*, ha señalado muy atinadamente el interés de una investigación en "Arrayanes", llegando a los 850 metros de profundidad en el pozo "San José", situado en la zona central—la más rica de la mina—, para avanzar galerías de dirección de 500 metros, por lo menos, en cada rumbo: exploración que debería acometer el Estado, por corresponderle en primer término el descubrimiento de posibles riquezas.

Asimismo pone de relieve la conveniencia de explorar el extenso grupo de concesiones que se encuentran en el paraje Cerro Pelado, entre Linares y Bailén; al E. del filón "Matacabras", uno de los más ricos de esa zona, hay más de un kilómetro de corrida, en el que apenas se han reconocido 200 metros.

Muy interesante es también el área de "La Tortilla", al Oeste de Linares, donde quedan más de 2.000 metros sin reconocimiento alguno; y lo propio sucede en el sector de "La Española", en La Carolina, donde sobre un filón tan importante como el de "Los Guindos" queda una extensa zona por explorar entre el pozo "San José" de la citada mina y el "Número 3" de "La Aquisgrana"; zona que puede estudiarse desde

el segundo de dichos pozos para poner de manifiesto la continuidad del criadero.

Queda igualmente por resolver en Santa Elena el problema del filón de la mina "Soledad", cuya explotación ha venido aplazándose por dificultades de desagüe y de propiedad minera, pero que, según expusimos en oportuno informe, puede solucionarse mediante la constitución de un coto que englobe las concesiones afectadas, para emprender conjuntamente labores precisas.

También en Montizón, al NO. de Chiclana de Segura cabe investigar las posibles continuaciones de los yacimientos explotados en el grupo "El Centenillo", y, por último, el campo filoniano de Andújar y Villanueva de la Reina, que llega por el E. hasta Baños de la Encina y por el O. a Marmolejo, el que sobresalen tres grupos de criaderos casi paralelos, con potencia que llega a veces a los siete metros.

* * *

La naturaleza de las fracturas que han determinado estos criaderos hace presumir, con probabilidades de acierto, la continuación de las mismas, y aun de las metalizaciones, en la zona situada entre los campos de Linares y La Carolina.

Este área se halla, puede decirse, inexplorada, a causa del espesor de estratos triásicos y miocenos que, como hemos visto, cubren el Siluriano y el Granito, espesor que ha ofrecido un obstáculo serio para las investigaciones por labores minearias ordinarias.

En la actualidad el problema de la prospección se simplifica notablemente merced a la posibilidad de aplicación de modernos métodos geofísicos, cuyo adecuado empleo permitiría determinar: en primer término, la potencia del Triás y el Mioceno, que se encuentran sobrepuestos a las formaciones

nes hipogénica y antigua; después, la disposición del Granito y el Siluriano, y, finalmente, la existencia de filones metalizados en estos últimos terrenos.

Puede acudir con éxito al método eléctrico de corriente continua y a los sísmicos de refracción y de reflexión. Para el primero se utilizarían los aparatos "Ambron", perfeccionados por el Ingeniero J. G. Siñeriz, empleados ya satisfactoriamente en la determinación de diferentes mantos acuíferos, en el estudio de los filones argentíferos de Hiendelaencina y en los de piritita cuprífera de Alcaracejos. Pero como este procedimiento sólo rinde buenos resultados con pequeñas profundidades, no podrá ser aplicado sino en aquellos puntos en que el espesor de terrenos muertos resulte inferior a 250 metros.

Es, pues, necesario emplear previamente el método sísmico de refracción, que ofrece gran eficacia hasta los 1.000 metros de profundidad. Los aparatos "Askania Werke" permitirían deducir el espesor del Triás y el Mioceno que recubren a los terrenos metalíferos y, en consecuencia, la posibilidad de un reconocimiento por el método de corriente continua.

Asimismo encuentra aplicación el procedimiento sísmico de reflexión, particularmente en esta zona, en que la velocidad de transmisión de las rocas ha de aumentar en profundidad. La exploración puede llegar en este caso a varios kilómetros bajo la superficie, y se tiene, además, la ventaja de un coste menor, por ser más reducido el consumo de explosivos.

* * *

Si se consideran las causas originarias del paro que se observa actualmente en esta región, se percibe, en la mayor parte de los casos, la influencia de los gastos de desagüe, que han ido encareciendo la explotación hasta que a una determinada profundidad dejaba aquélla de ser remuneradora.

En términos generales, en el distrito Linares-La Carolina han quedado explotadas las zonas de laboreo más fácil, y as resulta hoy encarecido aquél por la mayor profundidad a que ha de realizarse y por el natural aumento de los gastos de desagüe.

Se concibe, pues, que un adecuado aumento del precio que se fija para los minerales, significaría la posibilidad del laboreo de zonas bastante extensas que se hallan lejos de estas agotadas.

Buena prueba es el caso de "El Mimbres", donde, después de alcanzar a los 500 metros de hondura la zona en que ha solido empobrecer los yacimientos de Linares, se profundizaron 100 metros más, encontrándose la continuación de las metalizaciones.

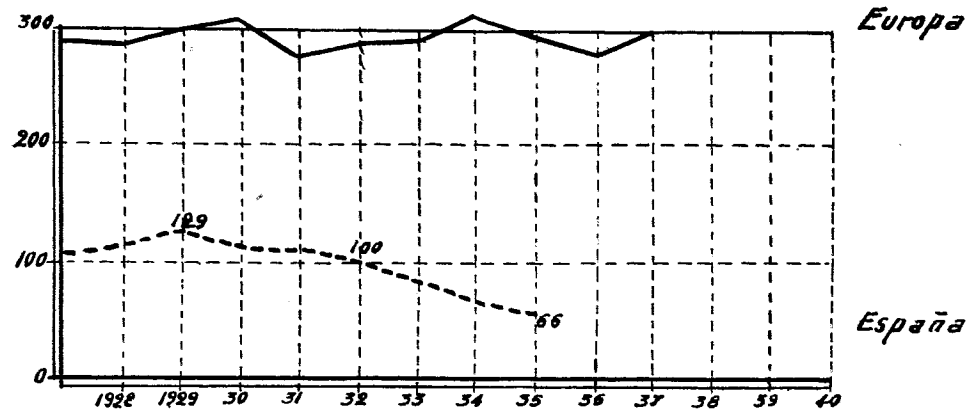
Los gráficos adjuntos de producción y precios del plomo ponen bien de relieve que las oscilaciones de los últimos han ido siempre acompañadas de una mayor o menor producción; pero no debe perderse de vista que en determinados casos la repercusión no es inmediata, ya que obligada a parar una mina e inundadas, como consecuencia, las labores, viene a quedar en una situación que sólo puede ser vencida con grandes desembolsos destinados a desagüe y reconquista.

Los citados gráficos expresan:

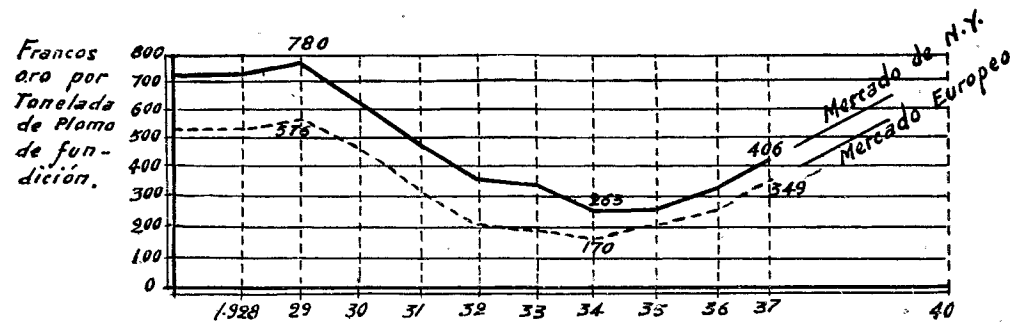
a) Que los precios del plomo han sido siempre diferentes en los mercados de Londres y de Nueva York. En el primero, mercado consumidor, había siempre interés en comprarlo más bajo posible, mientras que en el último se concedían primas al plomo para evitar el paro de las minas que no se costeaban.

b) Relativamente a Europa, la baja del precio del plomo no ha logrado reducir la producción, a causa, principalmente, del sistema de ayuda a los productores establecido en los países totalitarios.

PRODUCCION DE PLOMO. (Plomo puro contenido en los minerales extraídos, en miles de toneladas.)



PRECIOS DEL PLOMO en los mercados de Nueva York (productores) y de Londres (consumidores).



c) Respecto a España, el precio del plomo ha repercutido directamente en la producción, ya que en 1929 se obtuvieron 129.000 toneladas de metal puro (deducido de las menas extraídas), siendo la cotización 780 francos oro la tonelada en el mercado protegido de Nueva York y 576 francos en el de Londres, que cotizaba por bajo al plomo español.

Hasta 1934, el precio en ambos mercados baja paulatinamente hasta 170 francos oro en Londres, y la producción española sólo asciende a 70.000 toneladas.

En el año 1935 se inició un alza ligera de las cotizaciones, que no se llega a manifestar en la producción, ya que no fué suficiente para costear las explotaciones. Posteriormente, la dominación marxista no permite efectuar más comparaciones.

Actualmente el mercado europeo paga 170 dólares libres por tonelada, y, sin embargo, el precio que recibe el productor de mineral, relativamente al índice de gastos, es el más bajo registrado desde hace mucho tiempo, lo cual queda de manifiesto en nuestra producción, que solamente ha alcanzado 42.000 toneladas de plomo en el pasado año de 1940. Esto teniendo en cuenta que los mineros han estado estimulados, hasta cierto punto por los precios exteriores, con la esperanza de su repercusión en el mercado nacional.

La demanda y los correspondientes precios del plomo durante la Gran Guerra de 1914, han demostrado que aquél no constituye un metal típico de guerra, sino más bien de reconstrucción. Así se observa que el precio, que inició una lenta subida antes de dicho conflicto (se cotizaba a 18 libras), continuó ascendiendo durante el mismo y sufrió un alza brusca en 1920, en plena fiebre de reconstrucción de Europa, hasta cotizarse a 52 libras en Londres, con un precio medio de 38-4-0 durante el propio año. Más tarde volvió a retroceder, probablemente a causa de un aumento anormal de la produc-

ción, estimulada por los precios anteriores; pero después tornó a una media de 33 y 35 libras en los años 1924 y 1925.

Estos antecedentes hacen imaginar en el futuro mejores precios para el plomo, tanto si continúan las destrucciones de la actual contienda, como si cesa ésta y comienza la reconstrucción de Europa.

Al presente, la mayoría de las minas españolas trabajan, por desdicha, en pérdida, y en tales circunstancias es difícil intentar la explotación de nuevos yacimientos si el precio señalado en el mercado interior no es remunerador ni aun para aquellas concesiones que trabajan con material e instalaciones ya amortizados. Y hay que considerar que el precio en el exterior basta para aumentar el ritmo de las minas actuales.

Es, pues, indispensable proceder al descubrimiento de nuevos yacimientos y, a la vez, favorecer el desarrollo de la minería del plomo, caracterizada hoy por un acentuadísimo descenso de la producción y en trance casi de desaparecer si no se la desvía del camino que viene siguiendo. Debe tenerse presente que esta industria constituye parte principalísima del patrimonio nacional, necesitado más que nunca de primeras materias que sirvan de base a las relaciones comerciales con los demás países.

La categoría del distrito Linares-La Carolina, que atraviesa actualmente hondísima crisis, lo hace acreedor a que se acometan las investigaciones precisas para poner al descubierto nuevas zonas metalizadas. Pero al propio tiempo debe estimularse la minería existente con precios remuneradores, y el laboreo recobraría automáticamente la amplitud necesaria para que esta región tornase a la posición de privilegio que ha disfrutado en los pasados tiempos.

JESÚS MIR

Ingeniero de Minas

DETERMINACIÓN MINERALÓGICA DE LAS SALES POTÁSICAS

I

Mineralogía de las Sales Potásicas

Los minerales de los yacimientos potásicos son Cloruros Sulfatos de Potasio, Sodio, Calcio y Magnesio, a los que a gunas veces acompañan Boratos en pequeña cantidad. También el Bromo puede figurar como uno de los componentes así como el Rubidio, el Cesio y el Amonio. El Hierro y Aluminio entran en la composición de unos pocos minerales

De todos los que pasamos a describir, sólo unos pocos presentan interés puramente industrial, y son objeto de explotación las menas de Silvinita, Carnalita, Sal dura (Hartsal) y Kainita. También en algunos yacimientos se explota Kieserita, que acompaña a la Carnalita, y en Polonia extrae una mena con Langbainita, que se expende al mercado después de molida.

Los demás minerales tienen interés científico o secundario

Para su descripción los agruparemos según su composición, clasificándolos en Cloruros, Sulfatos, Cloruro-Sulfato y Boratos.

1. Cloruros

Halita (sal común).—NaCl. Contiene 39,3 por 100 Na y 60,7 por 100 Cl. Cristaliza en el sistema regular. Índice r., 1,5442. P.e., 2,162. Dureza, 2. Fusibilidad, 1,5. Crucero cúbico. Lustre vítreo. De sabor salado. Transparente, blanca amarillenta, de aspecto grisáceo por la arcilla, coloreada en rojo por el óxido de hierro y más raramente en azul. Este último color puede ser debido a la presencia de Na metálico (Siedentopf), y recientemente se considera debido a la acción del Radium, ya que la presencia del Helio ha sido comprobada. R. Strutt da las siguientes cifras para el Uranio y el Helio, encontrados en Sal común:

$$\frac{\text{cc} \cdot \text{He}}{100 \text{ gr}} = 0,0233; \frac{\text{gr U}^3\text{O}^8}{100 \text{ gr}} = 7,1 \cdot 10^{-6}; \frac{\text{cc He}}{\text{gr U}^3\text{O}^8} = 3,3$$

También se ha encontrado Sal común que contenía CO² por oclusión. Es fácilmente soluble en agua. Colorea la llama intensamente de amarillo. Se encuentra en grandes masas en todos los yacimientos potásicos.

Silvina.—KCl. Contiene 52,35 por 100 K y 47,65 por 100 Cl. Cristaliza en el sistema regular. Índice r., 1,4903. P.e., 1,998. Dureza, 2. Fusibilidad, 1,5. Lustre vítreo. Crucero cúbico. Blanco, gris, amarillento, rojizo, raramente azul. De sabor picante característico. Se ha constatado la presencia de Br y algunas veces de I, Rb, NH⁴, U y de He. El contenido en estos dos últimos elementos hallado por R. Strutt es:

$$\frac{\text{cc} \cdot \text{He}}{100 \text{ gr}} = 0,55; \frac{\text{gr U}^3\text{O}^8}{100 \text{ gr}} = 2,15 \cdot 10^{-6}; \frac{\text{cc He}}{\text{gr U}^3\text{O}^8} = 256,00$$

Es fácilmente soluble en agua y difícilmente soluble en alcohol a 15 grados. El HCl libre de agua no le altera. Co-

lorear la llama de violeta. Mezclado con la Halita, constituye la Silvinita, la mena más apreciada de los yacimientos potásicos, objeto de explotación en todos ellos. Se encuentra en los yacimientos potásicos de España, Alemania, Francia, Polonia, Rusia y Estados Unidos. Mezclado con la Halita y la Kieserita constituye la Sal dura (Hartsalz) muy conocida en Alemania.

Bischofita.—MgCl².6H²O. Cristaliza en el sistema monoclinico holoédrico. Índices r., $\alpha = 1,495$. $\beta = 1,507$. $\nu = 1,528$. Signo óptico (+). P.e., 1,59. Dureza, 1,5-2. Incolora a blanca amarillenta. Fácilmente soluble. Muy higroscópica. Aparece en las margas saladas y en la Carnalita.

Carnalita.—KCl.MgCl².6H²O. Contiene 26,9 por 100 KCl, 34,2 por 100 MgCl², 38,9 por 100 H²O. Cristaliza en el sistema rómbicoholoédrico. Índices r., $\alpha = 1,466$, $\beta = 1,475$, $\nu = 1,494$. Signo óptico (+). P.e., 1,6. Dureza, 1. Fusibilidad, 1-1,5. Lustre vítreo. Fractura concooidal. Blanca, rojiza por el óxido de hierro, del cual un 0,04 por 100 basta para colorearla (E. Boeke), amarillenta por el cloruro de hierro, algo grisácea y hasta negra por la Magnetita. La Carnalita contiene generalmente Br, y a veces puede encontrarse Ru, Ce y NH⁴. E. Erdmann ha encontrado en Carnalita, procedente de Stassfurt, un contenido en Rb del 0,015 al 0,030 por 100, y en Carnalita, procedente de Aschersleben, del 0,015 al 0,037 por 100. En cuanto al Amonio, Stolle ha determinado un 0,008 por 100 de Cloruro amónico, en una Carnalita de Stassfurt. También algunas veces la Carnalita puede contener en forma isomorfa, algo de Bromocarnalita KBr.MgBr².6H²O. Las cifras que da R. Strutt para el contenido en He y en U son las siguientes:

$$\frac{\text{cc} \cdot \text{He}}{100 \text{ gr}} = 0,151; \frac{\text{gr U}^3\text{O}^8}{100 \text{ gr}} = 3,23 \cdot 10^{-6}; \frac{\text{cc He}}{\text{gr U}^3\text{O}^8} = 47,6$$

Fácilmente soluble. Muy higroscópica. Colorea la llama de

violeta. Es una sal muy importante de la industria potásica y una de las menas objeto de explotación. Se encuentra en España, Alemania, Francia, Rusia y escasamente en Polonia y Norteamérica.

Taquidrita. — $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Contiene 21,5 por 100 CaCl_2 , 36,7 por 100 MgCl_2 y 41,8 por 100 H_2O . Hexagonal-romboédrica. Índices $r., \omega = 1,5215$ $\epsilon = 1,5128$. Signo óptico (—) fuerte. P.e., 1,6-1,8. Dureza, 2. Fusibilidad, 1. Lustre vítreo. De color amarillo de paja a amarillo de miel. Fuertemente higroscópica. Colorea la llama de rojo amarillento. Encontrada en la Carnalita y en Neu Stassfurt, en la Carnalita y Kieserita. Junto con la Bischofita, en Vienenburg.

Rineitita. — $3\text{KCl} \cdot \text{NaCl} \cdot \text{FeCl}_2$. Cristaliza en el sistema hexagonal. Índices $r., \omega = 1,5886$, $\epsilon = 1,5894$. Signo óptico (+) muy débil. P.e., 2,35. Dureza, 3. Incolora hasta rosa pálido. Fácilmente soluble. Encontrada con la Kieserita, Silvinita y Sal común en Nordhausen y en Hildesheim (Alemania).

Duglasita. — $2\text{KCl} \cdot \text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Verde amarillenta hasta muy verde. Higroscópica. Encontrada en la Silvinita de las arcillas saladas. Muy rara.

Koenenita. — $2\text{MgCl}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hasta $8\text{H}_2\text{O}$. P.e., 1,98. Rojiza cobriza. Muy blanda. Es muy rara y se ha encontrado en arcillas saladas, con la Sal común, Anhidrita y Carnalita.

2. Sulfatos

Thenardita. — Na_2SO_4 . Cristaliza en el sistema rómbico. Índices $r., \alpha = 1,471$, $\beta = 1,477$, $\nu = 1,484$. Signo óptico (+). P.e., 2,67-2,69. Dureza, 2,7. Fusibilidad, 1,5-2. Lustre vítreo. Incolora, blanca, rojiza. Tiene un débil sabor salado. Fácilmente soluble y en el aire húmedo se convierte en Sal de Glauber. Colorea la llama de amarillo. Encontrada con bastante rareza.

Sal de Glauber. Mirabilita. — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Monocónica prismática. Índices $r., \alpha = 1,396$, $\beta = 1,410$ $\nu = 1,41$. Signo óptico (—). P.e., 1,4-1,5. Dureza, 1,8. Fusibilidad, 1. Lustre vítreo. Crucero pinacoidal. Cristales grandes, incoloros, transparentes. Se recubre de un polvo blancuzco en aire. Fácilmente soluble. Colorea la llama de amarillo. Se ha encontrado en algunos yacimientos de Sal común (Ausse Hallstatt).

Kieserita. — $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Contiene 87 por 100 MgSO_4 y 13 por 100 H_2O . Cristaliza en el sistema monoclinico. Índices $r., \alpha = 1,5178$, $\beta = 1,5310$, $\nu = 1,5837$. Signo óptico (—) muy fuerte. P.e., 2,59. Dureza, 3-3,5. Fusibilidad, 2-3. Lustre vítreo. Se presenta con la Sal común y la Carnalita. Es de color claro hasta gris oscuro. Junto con la Silvinita y la Sal común forma la Sal dura (Hartsalz). En algunas minas de Alemania es objeto de explotación. Falta en España, Francia y Rusia.

Epsomita (Reichardita). — $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Romboédrica hemiédrica. Índices $r., \alpha = 1,433$, $\beta = 1,455$, $\nu = 1,461$. Signo óptico (—) medio. P.e., 1,68. Dureza, 2-2,5. Fusibilidad, 2-3. Transparente o translúcida. De color blanco grisáceo. Muy fácilmente soluble en agua. Se encuentra en Stassfurt con transformación de la Kieserita.

Anhidrita. — CaSO_4 . Contiene 41,2 por 100 CaO y 58,8 por 100 SO_3 . Rómbica-holoédrica. Índices $r., \alpha = 1,569$, $\beta = 1,575$, $\nu = 1,613$. Signo óptico (+) fuerte. P.e., 2,9. Dureza, 3-3,5. Fusibilidad, 3-3,5. Lustre vítreo, perla. Incoloro, blanca, rojiza, gris azulada. Se encuentra en todos los yacimientos potásicos.

Yeso. — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Contiene 79,1 por 100 CaSO_4 y 20,9 por 100 H_2O . Monoclinico prismático. Índices $r., \alpha = 1,5226$, $\beta = 1,5226$, $\nu = 1,5296$. Signo óptico (+). P.e., 2,32. Dureza, 1,5-2. Fusibilidad, 3-3,5. Lustre vítreo. Incoloro o colorea

ligeramente en amarillo, azul o pardo. Se forma por hidratación de la Anhidrita. En casi todos los yacimientos constituye, junto con la Anhidrita, el yaciente de la Sal vieja.

Vanthofita. — $3\text{Na}^2\text{SO}^4 \cdot \text{MgSO}^4$. Cristaliza en el sistema monoclinico. Indices $r., \alpha = 1,485, \beta = 1,488, \gamma = 1,489$. Signo óptico (—) débil. P.e., 2,7. Dureza, 2-3. Incolora, blanca. Rara. Encontrada alguna vez con la Loewita y Glaserita y también con la Loewita y Astrakanita.

Astrakanita (Blodita). — $\text{Na}^2\text{SO}^4 \cdot \text{MgSO}^4 \cdot 4\text{H}^2\text{O}$. Cristaliza en el sistema monoclinico. Indices $r., \alpha = 1,486, \beta = 1,488, \gamma = 1,489$. Signo óptico (—). P.e., 2,25. Dureza, 2,5-3,5. Fusibilidad, 1,5. Lustre vítreo. Incolora o ligeramente coloreada en azul, verde o rojo. Fácilmente soluble. Aparece raramente en la Sal dura, Silvinita y Kainita, generalmente en cristales grandes y bien constituidos.

Loewita. — $2\text{Na}^2\text{SO}^4 \cdot 2\text{MgSO}^4 \cdot 5\text{H}^2\text{O}$. Cristaliza en el sistema trigonal. Indices $r., \omega = 1,490, \varepsilon = 1,471$, P.e., 2,37. Dureza, 2,5-3. Fusibilidad, 1,5. Lustre vítreo. Blanca amarillenta, verdosa, violeta claro. Fácilmente soluble en agua. Se ha encontrado unas veces con Langbainita y otras con la Glaserita y Vanthofita.

Glauberita. — $\text{Na}^2\text{SO}^4 \cdot \text{CaSO}^4$. Cristaliza en el sistema monoclinico-holoédrico. Indices $r., \alpha = 1,515, \beta = 1,532, \gamma = 1,536$. Signo óptico (—). P.e., 2,7-2,8. Dureza, 2,5-3. Fusibilidad, 1,5. Lustre vítreo. Incolora, blanca, gris, amarillenta, rojiza. Bastante rara.

Glaserita (Arcanita). — $3\text{K}^2\text{SO}^4 \cdot \text{Na}^2\text{SO}^4$. Cristaliza en el sistema trigonal. Indices $r., \omega = 1,4901, \varepsilon = 1,4996$. Signo óptico (+) débil. P.e., 2,66-2,69. Dureza, 3-3,5. Incolora, amarillenta, rojiza, gris. Rara.

Langbainita. — $2\text{MgSO}^4 \cdot \text{K}^2\text{SO}^4$. Contiene 42 por 100 K^2SO^4 y 58 por 100 MgSO^4 . Cristaliza en el sistema regular. Índice $r., 1,5329$. P.e., 2,81. Dureza, 4. Fusibilidad, 1,5-2. Co-

lorea la llama de violeta. Muy difícilmente soluble. De aspecto vidrioso acaramelado muy característico. De color ligeramente amarillento y también lila rojizo. Es una sal muy fácil de reconocer. Frecuente en los yacimientos alemanes. Al cabo de un cierto tiempo de estar al aire se recubre de polvo blancuzco de Sulfato magnésico hidratado. Dificulta el tratamiento de las menas por su dureza y poca solubilidad. En Polonia forma parte de una mena que se tritura y expone directamente al mercado como abono.

Leonita. — $\text{K}^2\text{SO}^4 \cdot \text{MgSO}^4 \cdot 4\text{H}^2\text{O}$. Monoclinica-holoédrica. Indices $r., \alpha = 1,483, \beta = 1,487, \gamma = 1,490$. Signo óptico (—). Blancuzca amarillenta. Rara. Encontrada en la Kainita y algunos yacimientos alemanes.

Schoenita (Picromerita). — $\text{K}^2\text{SO}^4 \cdot \text{MgSO}^4 \cdot 6\text{H}^2\text{O}$. Monoclinica-holoédrica. Indices $r., \alpha = 1,451, \beta = 1,463, \gamma = 1,47$. Signo óptico (+) débil. P.e., 2,03. Dureza, 2,7. Fusibilidad, 1,5-2. Lustre vítreo. Colorea la llama de violeta. Incolora, azulada lustrosa. Encontrada en cantidad en Alemania y a veces en Polonia.

Syngenita. — $\text{K}^2\text{SO}^4 \cdot \text{CaSO}^4 \cdot \text{H}^2\text{O}$. Monoclinica prismática. Indices $r., \alpha = 1,500, \beta = 1,517, \gamma = 1,5183$. Signo óptico (—) bastante alto. Densidad, 2,6. Dureza, 2,5. Fusibilidad, 1,5-2. Colorea la llama de violeta. Poco soluble en agua. Encontrada en Alemania.

Polihalita (Mamanita). — $\text{K}^2\text{SO}^4 \cdot \text{MgSO}^4 \cdot 2\text{CaSO}^4 \cdot 2\text{H}^2\text{O}$. Contiene 28,9 por 100 K^2SO^4 , 19,9 por 100 MgSO^4 , 45 por 100 CaSO^4 , 6 por 100 H^2O . P.e., 2,77. Cristaliza en el sistema triclinico. Indices $r., \alpha = 1,548, \beta = 1,562, \gamma = 1,56$. Signo óptico (—) bastante fuerte. P.e., 2,77. Dureza, 3. Fusibilidad, 2. Lustre vítreo a resinoso. De color gris rojizo blanco azulado y de aspecto muy característico. Colorea la llama de violeta. Muy lentamente e incompletamente soluble en agua. Abunda en los yacimientos alemanes y norteamericano

Krugita.—Se denomina Krugita a una mezcla de Polihalita y Anhidrita, que por algunos ha sido considerada como un mineral.

3. Cloruro Sulfato

Kainita.— $\text{KCl.MgSO}_4.3\text{H}_2\text{O}$. Cristaliza en el sistema monoclinico-holoédrico. Índices $r., \alpha = 1,4947, \beta = 1,506, \gamma = 1,520$. Signo óptico (—) fuerte. P.e., 2,1. Dureza, 2,5-3. Fusibilidad, 1,5-2. Lustre vítreo. De color muy variable, puede ser blanca, rojiza amarillenta, gris clara hasta gris oscura. Se designa en el mercado con el nombre de Kainita, a una sal cruda del 12-15 por 100 K_2O , que generalmente es una Silvinita o una Sal dura (Hartsalz). Se encuentra en muchos yacimientos y es objeto de explotación en Alemania y en Polonia. Se han encontrado muestras conteniendo por occlusión hasta un 0,20 por 100 de H_2S .

4. Boratos

Boracita.— $\text{Mg}^7\text{B}^{16}\text{O}^{30}\text{Cl}^2$, o bien $6\text{MgOB}^2\text{O}^3\text{MgCl}^2$. Su constitución no es muy clara. Cristaliza en el sistema rómbico. Índices $r., \alpha = 1,662, \beta = 1,667, \gamma = 1,673$. Dureza muy elevada, igual a 7. Fusibilidad, 3. Lustre vítreo. Insoluble en el agua. Blanca, amarillenta o verdosa. Este mineral forma núcleos en el interior de la Carnalita.

Kaliborita.— $\text{K}^2\text{O}.4\text{MgO}.11\text{B}^2\text{O}^3.18\text{H}_2\text{O}$. Cristaliza en el sistema monoclinico. Se presenta en cristales pequeños opacos o transparentes, incoloros o blancos, y también en masas. P.e., 2,05-2,13. Dureza, 4-5. Colorea la llama de verde intenso. Difícilmente soluble. Se ha encontrado en Stassfurt, en cristales contenidos en otros de Pinoitita. En Aschersleben se ha hallado masiva con Boracita y Pinoitita en la Kainita.

Pinoitita.— $\text{Mg}(\text{BO})^2.3\text{H}_2\text{O}$. Tetragonal-piramidal. Índices $r., \omega = 1,565, \varepsilon = 1,575$. P.e., 2,27-2,37. Dureza, 3-4. Fusibilidad, 3. Lustre vítreo. De color amarillo de azufre amarillo de paja. Bastante rara. Se ha encontrado en algunos yacimientos alemanes, siempre acompañada de Boracita.

Además de los descritos, se encuentran en los yacimientos potásicos algunos varios minerales, como son: Hematite Fe^2O^3 , Magnetita Fe^3O^4 , Pirita FeS^2 (hallada en la Carnalita), Pirita ferrocobrizada CuFeS^2 y una Boracita que contiene hierro. El azufre se encuentra a menudo en la Anhidrita; también se ha cortado en masa al perforar un pozo en Leopoldshall.

También en algunos yacimientos se desprenden gases. El H en Neustassfurt. El CO^2 en la cuenca del Werra, en cantidad tal, que obliga a tomar determinadas precauciones en la explotación. El H_2S se ha encontrado en grandes cantidades al perforar los pozos en Ascherleben y Leopoldshall. El N se ha encontrado a menudo y también mezclas de los gases anteriores con CH^4 .

En la cuenca del Werra formaciones basálticas atraviesan el yacimiento potásico.



II

**La determinación mineralógica por el
análisis químico**

Para el análisis de las sales potásicas deben hacerse las siguientes determinaciones:

K²O
Insoluble
Cl total
MgO total
MgCl²
CaCl²
SO³
CaO total
H²O

y con los datos que proporciona este análisis total, se opera de la siguiente forma:

El CaO se expresa en CaSO⁴ y el magnesio no soluble (diferencia entre el magnesio total y el soluble MgCl²) en MgSO⁴. Si hubiera más SO³ que el necesario al calcio y al magnesio, se expresará el resto en K²SO⁴, deduciendo del KCl, en este caso, el potasio que corresponda (p.e. en presencia de Glaserita, Langbainita, Leonita, Schoenita, Syngénita, Polihalita). Del cloro total se deduce el del KCl y MgCl², y el restante se expresa en NaCl. En el caso de que la muestra contuviera calcio en forma de CaCl² (Taquidrita), claro está que del cloro total, se debería deducir, además del correspondiente al KCl y MgCl², el correspondiente al CaCl², y el resto se expresaría en NaCl. Además, en este caso, al expresar el

CaO en CaSO⁴, deberá tenerse en cuenta la parte de ca correspondiente al CaCl². Si resultara que el potasio hallado no bastara al SO³ después de deducido el correspondiente CaSO⁴ y MgSO⁴, este resto de SO³ se expresaría en Na²S (Vanthofita, Astrakanita, Loewita, Glauberita, Arkanita) el cloro restante, después de deducir el del MgCl² y Ca en NaCl.

Los resultados del análisis total de una sal cruda permiten en la mayoría de los casos, hacer un cálculo mineralógico; decir, pasar de los componentes químicos a los componentes mineralógicos.

De entre todas las sales descritas, las que se encuentran más corrientemente en los yacimientos potásicos son las siguientes:

Silvina, Halita, Carnalita, Kainita, Kieserita, Anhidrita, Langbainita y Polihalita.

En general, pueden tenerse en cuenta las siguientes consideraciones para el cálculo mineralógico.

Un alto contenido en H²O y en MgCl² indicará que la sal es una Carnalita. El MgSO⁴ corresponde a Kainita o Kieserita. La presencia simultánea de MgSO⁴ y K²SO⁴ Langbainita, en la cantidad correspondiente al K²SO⁴, calculándose el exceso de MgSO⁴ como Kieserita o Kainita, se proceda. Ambos sulfatos pueden corresponder también a Polihalita. El KCl sobrante de la Carnalita y de la Kainita expresará en Silvina.

Obsérvese, pues, que los cálculos mineralógicos, sobre todo en algunos casos, pueden ser muy complicados.

Todo lo dicho anteriormente se refiere al caso en que las sales que se trata de determinar sean las citadas como más corrientes. Considérese las dificultades del método químico para el cálculo mineralógico cuando se trate de muestras que contengan sales poco frecuentes.

Para los cálculos químicos recomendamos el empleo de las Tablas de Erhardt (1).

Los factores de cálculo mineralógico correspondientes a las sales citadas como más frecuentes e importantes, son:

	Dato	Se busca	Factor	Logaritmo
Silvinita	K ² O	2KCl	1,5830	19949
Carnalita	MgCl ²	KCl	0,78287	89369
	MgCl ²	6H ² O	1,1350	05498
Kainita	MgSO ⁴	3H ² O	0,44893	65218
	MgSO ⁴	KCl	0,61933	79192
	KCl	MgSO ⁴	1,6147	20808
Kieserita	MgSO ⁴	H ² O	0,14964	17506
Langbainita	K ² SO ⁴	2MgSO ⁴	1,3816	14039
Polihalita	K ² SO ⁴	MgSO ⁴	0,69081	83936
	MgSO ⁴	2CaSO ⁴	2,2620	35449

El análisis completo de una Kainita (2) nos ha dado el siguiente resultado:

K ² O	12,39 %
Cl total.....	29,15 %
MgO total.....	10,66 %
MgCl ²	1,70 %
SO ³	20,82 %
CaO	0,78 %
H ² O	15,10 %
Insoluble	1,40 %

(1) Tabellen zur berechnung von Kalianalysen. R. Erhardt. W. Knapp. Halle.

(2) Se designa con el nombre de Kainita, en el mercado internacional, a una mezcla de sales con un contenido en K²O superior al 12 por 100.

Apliquemos al mismo cuanto acabamos de decir, para llegar a la composición mineralógica de esta sal cruda.

12,39 % K²O equivalen a..... 19,60 % KCl

19,60 % KCl corresponden a..... 9,32 % Cl

1,70 % MgCl² corresponden a..... 1,27 % Cl

Cl del KCl y MgCl²..... 10,59 % Cl

Cl total

29,15 % Cl

Cl del KCl y MgCl²..... — 10,59 % Cl

Cl del NaCl..... 18,56 % Cl

18,56 % Cl corresponden a..... 30,6 % NaCl

1,70 % MgCl² corresponden a..... 0,72 % MgO

MgO total

10,66 % MgO

MgO del MgCl²..... — 0,72 % MgO

MgO del MgSO⁴..... 9,94 % MgO

9,94 % MgO corresponden a

29,60 % MgS

0,78 % CaO corresponden a

1,90 % CaSO

1,90 % CaSO⁴ corresponden a

1,12 % SO³

SO³ total

20,82 % SO³

SO³ del CaSO⁴..... — 1,12 % SO³

19,70 % SO³

19,70 % SO³ corresponden a..... 29,60 % MgS
(comprobación del MgSO⁴)

El análisis total se expresará como sigue:

KCl	19,6 %
MgSO ⁴	29,6 %
MgCl ²	1,7 %
CaSO ⁴	1,9 %
NaCl	30,6 %
H ² O	15,1 %
Insoluble	1,4 %
<i>Total</i>	99,9 %

El MgSO⁴ corresponde a Kainita, de fórmula KCl.MgSO⁴.3H²O

$$29,6 \% \text{ MgSO}^4 \text{ requieren } \left\{ \begin{array}{l} 29,6 \times 0,619 \text{ KCl} = 18,3 \% \text{ KCl} \\ 29,6 \times 0,448 \text{ H}^2\text{O} = 13,2 \% \text{ H}^2\text{O} \end{array} \right.$$

el MgCl² corresponde a Carnalita, de fórmula MgCl².KCl.6H²O

$$1,7 \% \text{ MgCl}^2 \text{ requieren. } \left\{ \begin{array}{l} 1,7 \times 0,782 \text{ KCl} = 1,3 \% \text{ KCl} \\ 1,7 \times 1,135 \text{ H}^2\text{O} = 1,9 \% \text{ H}^2\text{O} \end{array} \right.$$

La corrección del cálculo queda comprobada por la correspondencia en las cantidades de KCl y H²O, halladas independientemente al calcular la Kainita partiendo del sulfato magnésico, y la Carnalita partiendo del cloruro magnésico.

El CaSO⁴ corresponde a Anhidrita y el NaCl a Halita.

La composición mineralógica de la sal analizada es, por lo tanto:

29,6 % MgSO ⁴	Kainita	61,1 %
18,3 % KCl		
13,2 % H ² O	Carnalita	4,9 %
1,3 % KCl		
1,7 % MgCl ²		
1,9 % H ² O		
1,9 % CaSO ⁴	Anhidrita	1,9 %
30,6 % NaCl	Halita	30,6 %
1,4 % Insoluble	Insol	1,4 %
99,9 %	<i>Total</i>	99,9 %

III

La determinación mineralógica por el método óptico

La determinación mineralógica exacta, en muchos casos sólo es posible hacerla por el método óptico, que permite la clasificación de los minerales que entran en una muestra con toda seguridad, apreciando aun los componentes más insignificantes.

El principio del método está basado en la observación de las líneas de Beck, utilizando medios de variados índices de refracción conocidos. A esta observación acompaña la de las características de cada mineral, que en algunos casos puede ser muy instructivas.

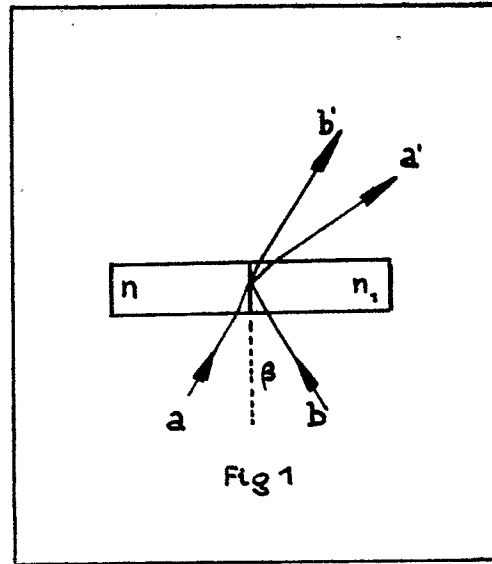
El fenómeno de las líneas de Beck se produce cuando se observa al microscopio un objeto constituido por dos medios de distinto índice de refracción (cristal y un medio líquido en nuestro caso), colocados ambos en el plano del portaobjeto.

Producido el enfoque, al elevar el tubo del microscopio, se observan unas líneas iluminadas, que se producen en la frontera de los dos medios y que se desplazan hacia el medio de índice de refracción más elevado. Contrariamente, por descenso del tubo del microscopio, las líneas de Beck se desplazan hacia el medio de índice más bajo.

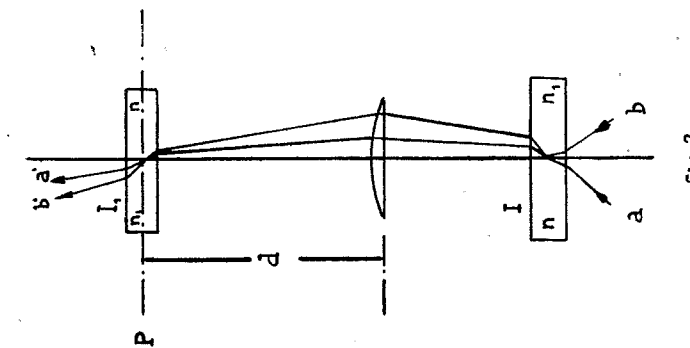
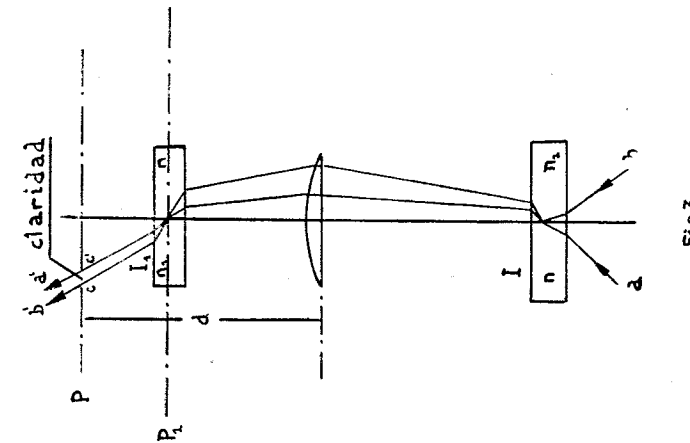
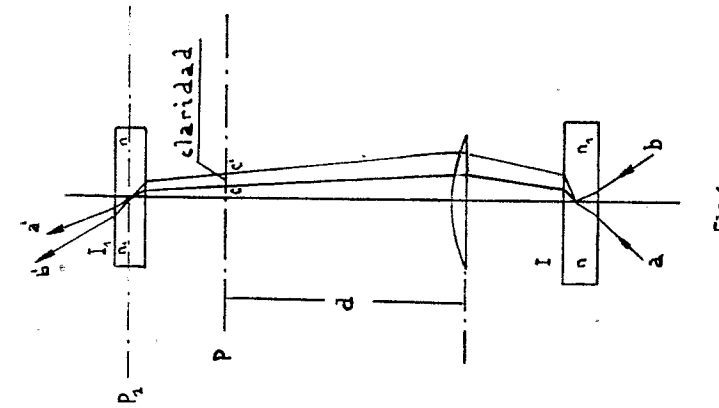
La explicación es muy sencilla. Sean (fig. 1) dos medios de caras paralelas y de índices de refracción n , n_1 ($n_1 > n$) atravesados por un haz de luz convergente. Todos los rayos a emergen según a' , y todos los rayos b , comprendidos dentro de cierto ángulo β emergen según b' , por sufrir la reflexión total en el medio n , de suerte que del conjunto de rayos sólo una parte atraviesa el medio n . Los rayos que emerge

según a' se verán, por tanto, reforzados en cierta zona por los rayos b' , que han sufrido la reflexión total en el medio n .

Observemos al microscopio el objeto constituido por los dos medios anteriores. En la posición de enfoque (fig. 2), la imagen I_1 de I se formará en el plano P . Elevamos ahora el tubo del microscopio. Con este movimiento se conservarán las



distancias entre objetivo, plano P y ocular (no representado en la figura); pero variando las distancias de los mismos al objeto, la imagen I_1 (fig. 3) no se formará en el plano P , sino en otro P_1 situado por debajo de P . El ojo acomodado a través del ocular al plano P , descubrirá una zona de claridad cc' (línea de Beck) en el contorno de los dos medios, zona desplazada hacia n_1 , medio de índice de refracción más elevado. Al descender el tubo del microscopio (fig. 4), el ojo descubrirá una zona de claridad (línea de Beck) en el contorno de separación de los dos medios, y esta vez estará desplazada hacia n , medio de índice de refracción más bajo.



El ángulo β , dentro del cual están comprendidos los rayos que por sufrir la reflexión total en el medio n dan lugar a la formación de las líneas de Beck, puede expresarse fácilmente en función de los índices n , n_1 de los dos medios.

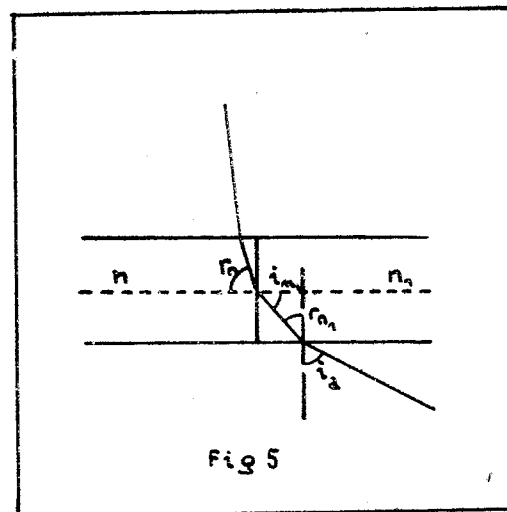
La ley de los senos nos permite establecer (fig. 5):

$$\frac{\text{sen } i_a}{\text{sen } r_{n1}} = n_1 \quad \frac{\text{sen } i_{n1}}{\text{sen } r_n} = \frac{n}{n_1}$$

en el caso de la reflexión total $i_a = \beta$; $r_n = \frac{\pi}{2}$ y, por tanto,

$$\beta = \text{arc sen } \sqrt{n_1^2 - n^2}$$

Si nosotros observamos al microscopio un cristal de una sal cualquiera, situado en un medio de índice de refracción conocido, por elevación del tubo del microscopio, las líneas



de Beck se desplazarán hacia el medio o hacia el cristal, según que el índice de refracción de este último sea inferior o superior al del primero. Se comprende que por tanteos sucesivos lograremos siempre localizar el índice de refracción del cristal,

entre dos índices de dos distintos medios, uno inferior y otro superior, de tal forma, que el índice del cristal, y, en su consecuencia, el mismo, quede caracterizado.

También puede suceder que el índice de refracción del medio coincida con el del cristal. En este caso, el cristal será difícil de percibir y sus contornos aparecerán desdibujados y coloreados de amarillento anaranjado. También ahora el cristal quedará caracterizado por su índice, que es el del medio utilizado.

Consideradas ópticamente las sales de los yacimientos potásicos, se clasifican en:

Isótropas: Halita, Silvino y Langbainita.

Uniáxicas: Glaserita, Rineitita, Loeweita, Taquidrita, Pinoitita.

Biáxicas: Anhidrita, Bischofita, Carnalita, Yeso, Kieserita, Schoenita, Thenardita, Astrakanita, Glauberita, Sal de Glauber, Kainita, Leonita, Polihalita, Epsomita, Syngenita, Wanthofita y Boracita.

Las sales del primer grupo tienen un solo índice de refracción. Observadas al microscopio con los nicoles cruzados al hacer girar la plataforma portaobjetos, los cristales se mantienen completamente oscuros. La isotropía sirve así para un primer criterio de clasificación. Los cristales que con los nicoles cruzados se mantienen oscuros al girar la plataforma portaobjetos, son de Halita, Silvino o Langbainita. Retirado el analizador, la observación de las líneas de Beck con el medio adecuado permitirá fácilmente la clasificación definitiva. Si sucediera, por casualidad, que en un cristal muy pequeño de una sal uniáxica la luz incidiera según el eje principal, o en una sal biáxica según uno de los ejes principales, podría tomarse por isotrópico un cristal que no lo es. Para salvar este caso, basta mover ligeramente el portaobjetos en la plataforma del microscopio

pues como se opera con luz convergente, la incidencia será otra.

Las sales del segundo grupo tienen dos índices de refracción principales: ω , ε . Las del tercer grupo tres: α , β , ν . Con unas y otras debe operarse como sigue. Con los nicoles cruzados y haciendo girar la plataforma portaobjetos, se busca una posición de oscuridad del cristal, se retira el analizador y se observan las líneas de Beck, pues en esta posición los ejes de elasticidad, siendo paralelos a las secciones de los nicoles cruzados y no pudiendo efectuarse la descomposición de la vibración incidente, el índice coincide con uno de los ejes de la elipse, según la cual el plano de la lámina corta al elipsoide óptico. A 180° el índice es el mismo y a 90° el correspondiente al otro eje de la misma elipse. Ambos índices serán, o bien iguales, o estarán comprendidos entre ω , ε en las sales uniáxicas, y o bien serán iguales a dos de los α , β , ν , o estarán comprendidos entre α , ν en las sales biáxicas.

El medio empleado es siempre un líquido que, a la condición de ser inalterable al aire, debe reunir la de no disolver ni alterar a su vez la sal que se analiza.

Una pequeña cantidad de sal se pulveriza finamente, se deposita en el cristal portaobjetos y se inunda con una gota del medio que se utilice, recubriendo con el cubreobjetos.

Hemos construido un gráfico (fig. 6) en el que las ordenadas representan los valores de los índices de refracción de los distintos minerales, y en el lugar que les corresponde, ordenados por orden creciente de índice, figuran también los valores de los índices de los medios utilizables.

Disponiendo de este cuadro y basándose en lo que llevamos dicho, puede procederse a la clasificación mineralógica muy fácilmente, pues basta llegar a intercalar la ordenada de la observación entre dos, una inferior y otra superior, de valor conocido.

Trazando paralelas al eje de las abscisas por los extremos de ordenadas adecuadas, hemos dibujado en el mismo gráfico una serie de rectángulos que encierran en su recinto los valores de los índices de refracción de determinados minerales. Las ordenadas que limitan dichos rectángulos corresponden a los medios utilizables para el estudio de todos los minerales comprendidos en el recinto correspondiente y los valores de las ordenanzas de los vértices b_i d_i son los de los índices de refracción de aquellos medios.

En el ensayo de clasificación que nos ocupa hemos formado diez rectángulos, alguno de los cuales encierra varios minerales, para los cuales indicaremos los medios adecuados a su diferenciación.

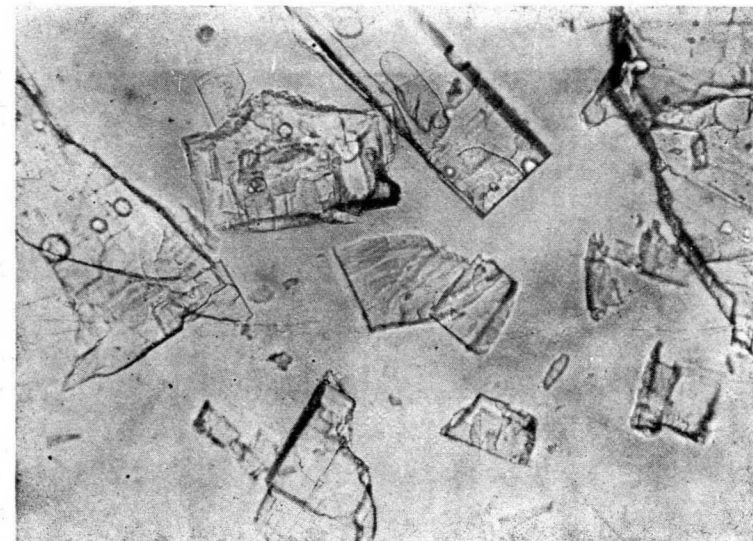


Figura 7

Aumento 1×140

Cristales de Silvina en Creosota. El tubo del microscopio está levantado, las líneas de Beck se han desplazado hacia el medio (el índice de la Creosota es mayor que la de la Silvina). La Silvina presenta líneas de fractura características.

Rectángulo $a_1 b_1 c_1 d_1$, encierra en su recinto a la sal de Glauber, siendo los medios límites el propilalcohol y el cloroformo. Para operar con un solo medio podemos recurrir al paraldehido.

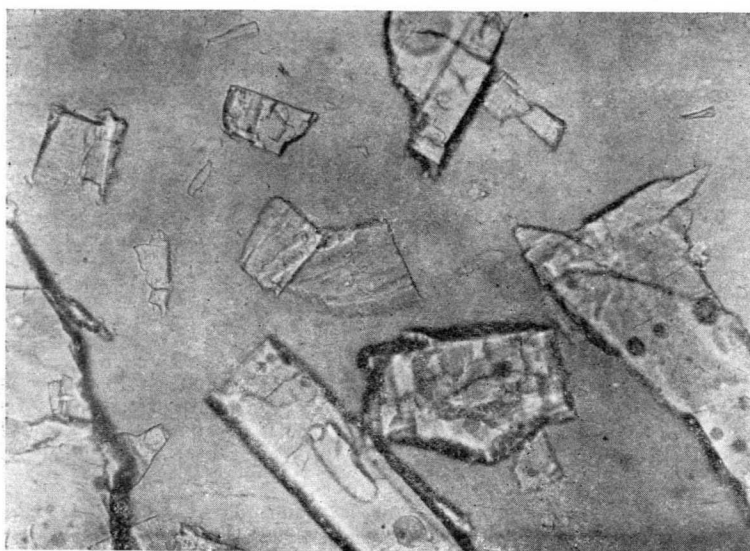


Figura 8

Aumento 1×140 .

Cristales de Silvina en Creosota. El tubo del microscopio se ha descendido, las líneas de Beck se han desplazado hacia los cristales.

Rectángulo $a_2 b_2 c_2 d_2$, encierra en su recinto a la Epsomita y está limitado por el paraldehido y la esencia de bergamota. La Epsomita puede estudiarse con el cloruro de etileno o con el cloroformo p.e.

Rectángulo $a_3 b_3 c_3 d_3$, limitado por el cloruro de etileno y el aceite de ricino. Encierra a la Schoenita, que puede ser estudiada con la esencia de lavanda.

Rectángulo $a_4 b_4 c_4 d_4$, limitado por la esencia de bergamota y el benzol. Encierra la Thenardita, Carnalita y Loewita;

así como otros minerales que hemos encerrado entre límites más precisos. El aceite de parafina o de ricino permite el estudio de la Thenardita, el aceite de parafina y el xilol el de la Carnalita y el aceite de trementina el de la Loewita.

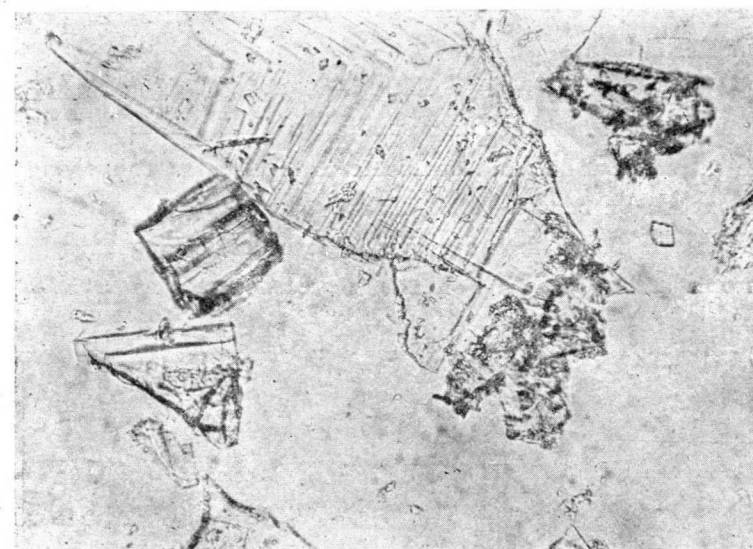


Figura 9

Aumento 1×140 .

Sal común en aceite de bergamota. Las líneas de fractura son muy definidas.

Rectángulo $a_5 b_5 c_5 d_5$, limitado por el aceite de ricino y el toluol. Encierra la Wanthofita, Astrakanita, Leonita y Silvina, que se estudiarán independientemente con el aceite de linaza, cimol y firnis, respectivamente, por lo que a las tres primeras se refiere, pues en cuanto a la Silvina su isotropía le clasifica previamente.

Rectángulo $a_6 b_6 c_6 d_6$, limitado por el cimol y el benzol. Encierra a la Silvina y a la Glaserita.

Rectángulo $a_7 b_7 c_7 d_7$, limitado por el toluol y el cresol.

Encierra la Kainita, Bischofita, Singenita, Taquidrita y Langbainita, así como otros minerales que quedan comprendidos en el rectángulo siguiente. La Kainita puede estudiarse con el xilol, la Bischofita con el monoclóruo de benzol, la Singenita con el benzol y la Taquidrita con el yoduro de etileno. La Langbainita se clasifica por su isotropía.

Rectángulo $a_8 b_8 c_8 d_8$, limitado por el yoduro de etileno y la anilina. Encierra el Yeso, la Glauberita, Halita, Kieserita, Polihalita y Pinoitita. Descartando la Halita, que es isotrópica, se pueden estudiar independientemente el Yeso con el monoclóruo de benzol, la Glauberita con el propio yoduro de etileno, la Kieserita con el aceite de cedro, el eugenol y la propia anilina p.e. La Polihalita se reconoce inmediatamente,

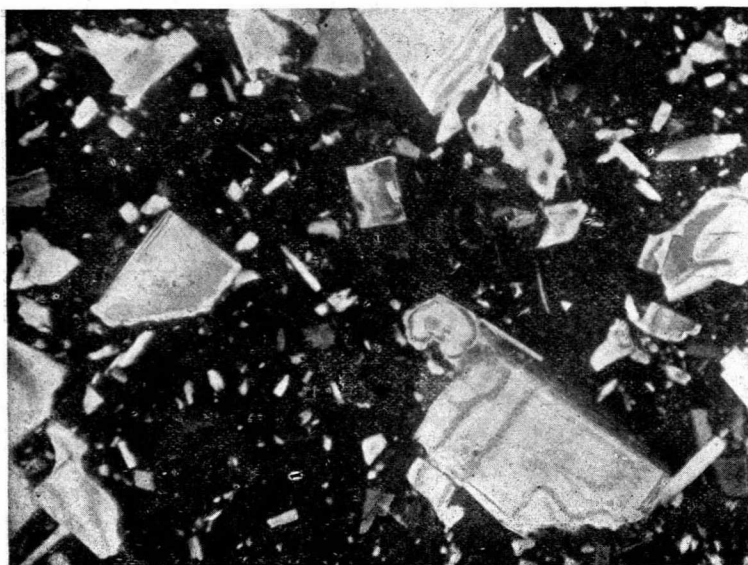


Figura 10

Aumento 1×140

Anhidrita en benzoato de bencilo. Nicoles cruzados. Las líneas de fractura son características. Bellos colores de polarización.

porque sus cristales forman agregados característicos. La Pinoitita la incluimos en el rectángulo siguiente.

Rectángulo $a_9 b_9 c_9 d_9$, limitado por el anisol y el monoyodobenzol. Encierra la Pinoitita, Anhidrita y Rineitita, que pueden estudiarse, respectivamente, con el benzoato de bencilo las dos primeras y con el bromoformo la última.

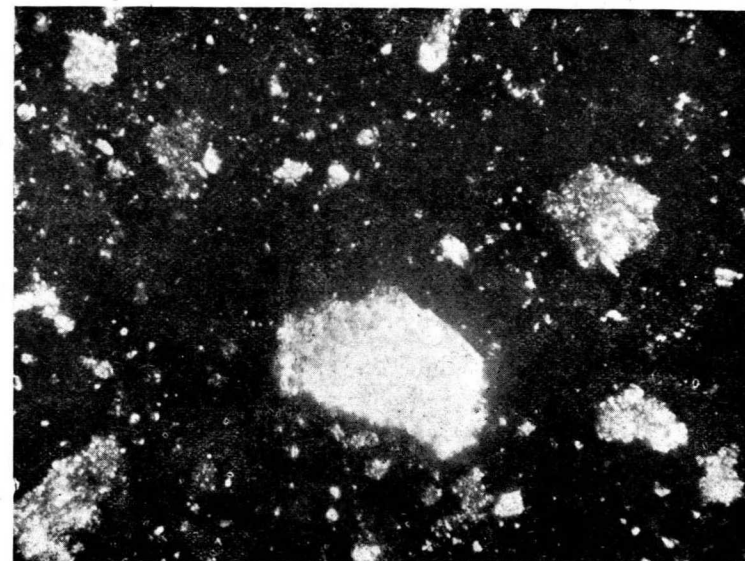


Figura 11

Aumento 1×140

Polihalita en benzoato de bencilo. Nicoles cruzados. Los cristales de Polihalita constituyen agregados.

Rectángulo $a_{10} b_{10} c_{10} d_{10}$, limitado por la α — monobromonaftalina y el yodomercuriato potásico. Encierra la Boracita, que puede ser estudiada con el primer medio, de índice inferior a los del mineral.

Las sales que conocemos como las más corrientes ofrecen características que permiten distinguirlas con bastante faci-

dad, y un mismo medio puede servir para diferenciar bastantes de ellas.

Empleando creosota, en una misma muestra pueden distinguirse el Silvino, Halita, Langbainita, Anhidrita y Polihalita. El índice de la creosota es 1,5335 y está comprendido entre el de la Silvina, 1,4903, y el de la Halita, 1,5442. Las líneas de

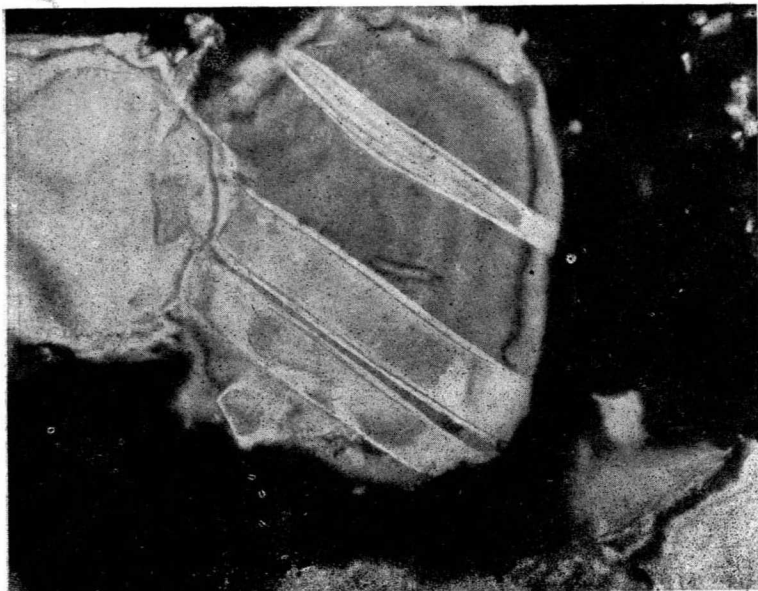


Figura 12
Aumento 1×140

Cristales de Carnalita con laminillas gemelas en xilol. Nícoles cruzados. La Carnalita ofrece bellos colores de polarización.

Beck permitirán distinguir entre sí estas sales, que junto con la Langbainita se pueden clasificar previamente por su isotropía (figs. 7 y 8). Los planos de fractura de la Silvina y Halita son muy definidos (figs. 7, 8 y 9), y esta propiedad sirve para diferenciarlos de la Langbainita que los tiene poco precisos. El índice de esta última sal, 1,5329, es muy próximo al de la

creosota. La Anhidrita tiene planos de fractura muy definidos, y observada con los nícoles cruzados, ofrece bellos colores de polarización (fig. 10). La Polihalita es muy fácil de distinguir; sus cristales forman agregados muy típicos (fig. 11).



Figura 13
Aumento 1×140

Kainita en xilol. Nícoles cruzados. La Kainita ofrece bellos colores de polarización.

También un observador ejercitado reconocerá la Kieserita con la creosota, pues sus tres índices principales son 1,5178-1,5310-1,5837. La Carnalita, Kainita y Kieserita ofrecen bellos colores de polarización y ningún plano de fractura definido (figuras 12, 13 y 14); así, pues, es recomendable estudiarlas con sus medios adecuados.

Para el método óptico es cómodo emplear una relación de aumento $1 \times 80-1 \times 140$, y la iluminación eléctrica es preferible a la de luz natural por su constancia e invariabilidad,

y es muy recomendable el empleo de un filtro ligeramente azulado, que hace la observación muy agradable.

También es factible emplear el método óptico para análisis cuantitativos. La muestra se tritura y se tamiza a 0,1-0,2

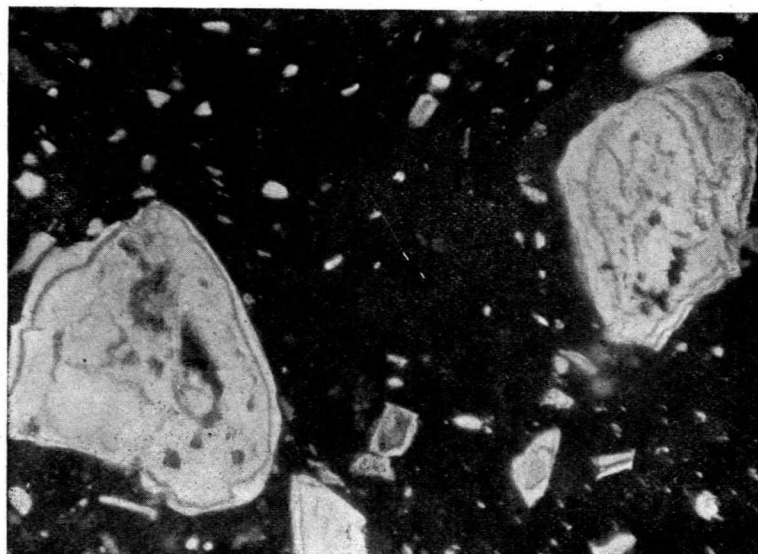


Figura 14

Aumento 1×140

Kieselita en esencia de cedro. Nícoles cruzados. La Kieselita ofrece colores de polarización.

milímetros, haciéndose un cuarteo y toma como es costumbre, observando una parte colocada en el portaobjetos con su medio adecuado.

A ser posible, conviene operar con un solo medio o en su caso, con el número de medios mínimos para obtener la diferenciación total de cristales. Cuando se tiene mucha práctica, puede emprenderse el análisis cuantitativo directamente, pero a un operador no muy ejercitado se le facilitará la labor haciendo previamente un análisis cualitativo.

Colocado el portaobjetos en la plataforma, se cuenta el número de cristales que corresponden a cada mineral, y repite la operación, variando la posición del portaobjetos tantas veces como sea necesario, hasta contar un número de cristales por lo menos igual a cien. Se establece el correspondiente porcentaje, y se tendrá expresada en tanto por ciento la composición mineralógica de la muestra.

Para tener un campo adecuado que permita contar un número suficiente de cristales, el aumento no debe ser muy grande. La relación 1×80 es muy propia.

La práctica demuestra que pueden hacerse análisis con una aproximación del 2 y hasta del 1 por 100.

El método óptico permite, por una parte, una rapidez extraordinaria, y por otra, da siempre la exacta composición mineralógica cualitativa de la muestra, composición a la que es difícil de expresar basándose solamente en los resultados de un análisis químico.

Reproducimos al final un cuadro de las sales potásicas y sus medios para su estudio óptico.

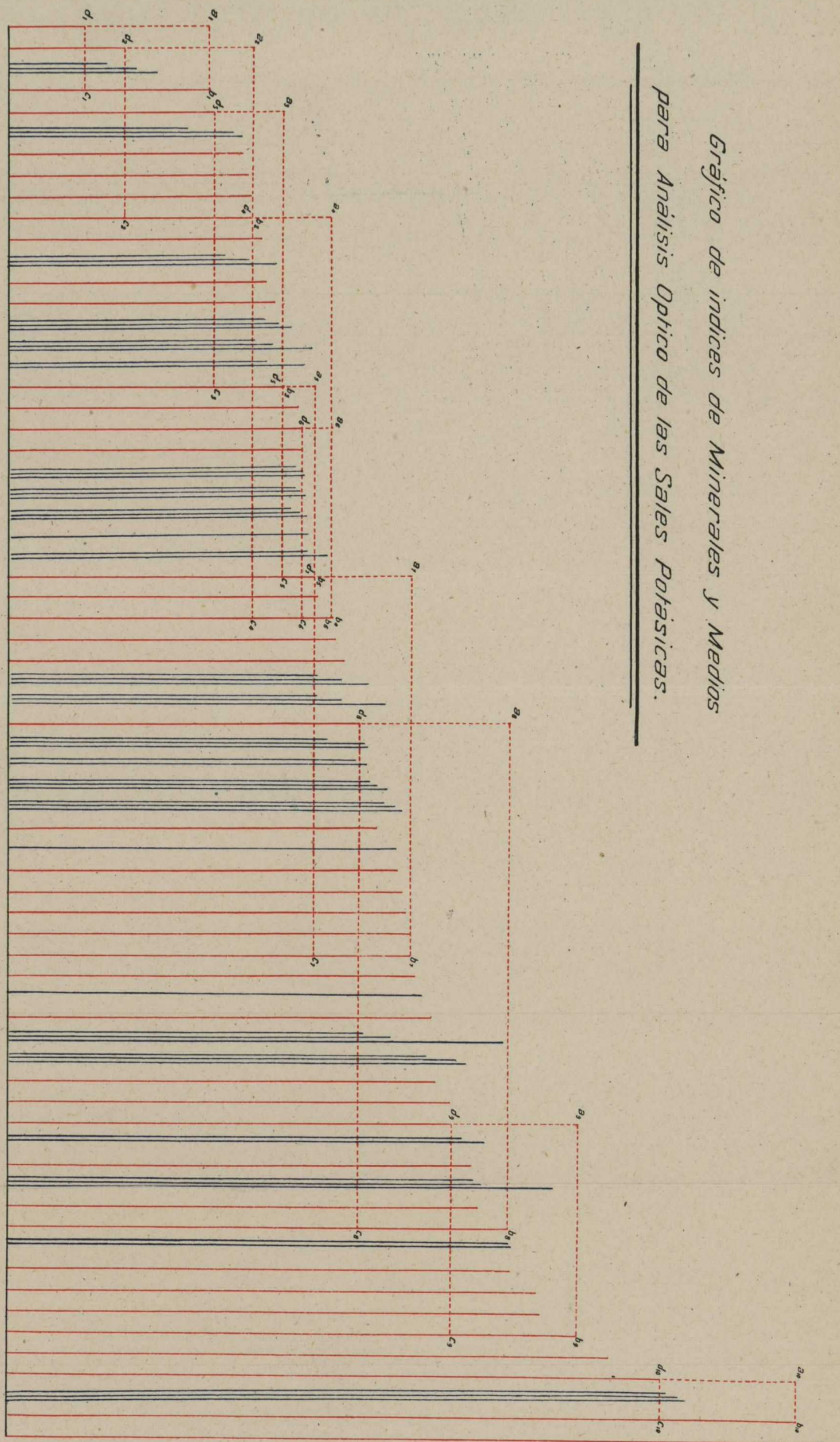
**CUADRO DE LAS SALES POTÁSICAS Y MEDIOS ADECUADOS
PARA SU ESTUDIO ÓPTICO. (Según G. Hartwig)**

MINERALES Y MEDIOS	COMPOSICIÓN	SISTEMA CRISTALINO	ÍNDICES DE REFRACCIÓN			CARÁCTER ÓPTICO
			α Na ω Na no	β Na	γ Na ε Na ne	
Propilalcohol	—	—	—	1,385	—	—
Paraldehido	—	—	—	1,404	—	—
Sal de Glauber	Na ² SO ² .10H ² O	Monoclínico	1,396	1,410	1,419	(—) 2 ejes
Cloroformo	—	—	—	1,443	—	—
Cloruro de etileno.....	—	—	—	1,446	—	—
Epsomita	Na ² SO ⁴ .7H ² O	Rómbico	1,433	1,455	1,461	(—) medio 2 ejes
Glicerina	—	—	—	1,460	—	—
Tetracloruro de carbono.....	—	—	—	1,461	—	—
Esencia de lavanda.....	—	—	—	1,463	—	—
Esencia de bergamota.....	—	—	—	1,465	—	—
Aceite de oliva.....	—	—	apr.	1,468	—	—
Schoenita	MgSO ⁴ .K ² SO ⁴ .6H ² O	Monoclínico	1,451	1,463	1,476	(+) débil 2 ejes
Aceite de trementina.....	—	—	—	1,471	—	—
Aceite de parafina.....	—	—	—	1,475	—	—
Thenardita	Na ² SO ⁴	Rómbico	1,471	1,477	1,484	(+) 2 ejes
Carnalita	KCl.MgCl ² .6H ² O	Rómbico	1,466	1,475	1,494	(+) 2 ejes
Loweita	2MgSO ⁴ 2Na ² SO ⁴ 5H ² O	Trigonal	1,490	—	1,471	(—) fuerte 1 eje
Aceite de ricino.....	—	—	—	1,479	—	—
Aceite de linaza.....	—	—	—	1,485	—	—
Cimol	—	—	—	1,488	—	—
Firnis	—	—	—	1,489	—	—
Vanthofita	3Na ² SO ⁴ .MgSO ⁴	Monoclínico	1,485	1,488	1,489	(—) débil 2 ejes
Astrakanita	Na ² SO ⁴ .MgSO ⁴ .4H ² O	Monoclínico	1,486	1,488	1,489	(—) 2 ejes
Leonita	K ² SO ⁴ .MgSO ⁴ .4H ² O	Monoclínico	1,483	1,487	1,490	(—) 2 ejes
Silvina	KCl	Regular	—	1,4903	—	—
Glaserita	K ² SO ⁴	Trigonal	1,4901	—	1,4996	(+) débil 1 eje
Toluol	—	—	—	1,4932	—	—
Xilol	—	—	—	1,4950	—	—
Benzol	—	—	—	1,502	—	—
Aceite de cedro.....	—	—	—	1,503	—	—
Aceite de sándalo.....	—	—	—	1,508	—	—
Kainita	KCl.MgSO ⁴ .3H ² O	Monoclínico	1,4947	1,506	1,520	(—) fuerte 2 ejes
Bischofita	MgCl ² .6H ² O	Monoclínico	1,495	1,507	1,528	(+) 2 ejes

MINERALES Y MEDIOS	COMPOSICIÓN	SISTEMA CRISTALINO	ÍNDICES DE REFRACCIÓN			CARÁCTER ÓPTICO
			α Na ω Na n_o	β Na	γ Na ϵ Na n_e	
Yoduro de etileno.....	—	—	—	1,515	—	—
Syngenita	CaSO ⁴ .K ² SO ⁴ .H ² O	Monoclínico	1,500	1,517	1,5183	(-) alto 2 ejes
Yeso	CaSO ⁴ .2H ² O	Monoclínico	1,520	1,5226	1,5296	(+) 2 ejes
Glauberita	CaSO ⁴ .Na ² SO ⁴	Monoclínico	1,515	1,532	1,536	(-) 2 ejes
Taquidrita	CaCl ² .2MgCl ⁴ .12H ² O	Hex. romboe	1,5215	—	1,5128	(-) fuerte 1 eje
Monocloruro de benzol.....	—	—	—	1,523	—	—
Langbainita	K ² SO ⁴ .2MgSO ⁴	Regular	—	1,5329	—	isótropo
Creosota	—	—	—	1,5335	—	—
Kollolita	—	—	—	1,5354	—	—
Bromuro de etileno.....	—	—	—	1,537	—	—
Salicilato de metilo.....	—	—	—	1,537	—	—
Cresol	—	—	—	1,5388	—	—
Eugenol	—	—	—	1,5415	—	—
Halita	NaCl	Regular	—	1,5442	—	isótropo
Bálsamo del Canadá.....	—	—	—	1,549	—	—
Kieserita	MgSO ⁴ .H ² O	Monoclínico	1,5178	1,5310	1,5837	(+) muy fuerte 2 ejes
Polihalita	K ² SO ⁴ MgSO ⁴ .2CaSO ⁴ .2H ² O	Triclí.	1,548	1,562	1,567	(-) bas. fuerte 2 ejes
Nitrobenzol	—	—	—	1,552	—	—
Monobromobenzol	—	—	—	1,559	—	—
Anisol	—	—	—	1,560	—	—
Pinoitita	Mg(BO ²) ² .3H ² O	Tetrg. Piram.	1,565	—	1,575	1 eje
Benzoato de bencilo.....	—	—	—	1,569	—	—
Anhidrita	CaSO ⁴	Rómbico	1,569	1,575	1,613	(+) fuerte 2 ejes
Ortotoaluidin	—	—	—	1,572	—	—
Bromoformo	—	—	—	1,5881	—	—
Rineitita	FeCl ² .3KCl.NaCl	Hexagonal	1,5886	—	1,5894	(+) muy débil 1 eje
Anilina	—	—	—	1,586	—	—
Aceite de almendras amargas.....	—	—	—	1,600	—	—
Esencia de canela.....	—	—	—	1,602	—	—
Monoyodobenzol	—	—	—	1,618	—	—
α - Monocloronaftalina	—	—	—	1,633	—	—
α - Monobromonaftalina	—	—	—	1,657	—	—
Boracita	Mg ⁷ B ¹⁶ O ³ Cl ²	Rómbico	1,662	1,667	1,673	2 ejes
Yodomercuriato potásico.....	—	—	—	1,72	—	—
Yoduro de metileno	—	—	—	1,740	—	—

Gráfico de índices de Minerales y Medios
para Analisis Optico de las Sales Potasicas.

Propilalcohol	1.385
Paraldehido	1.404
Sal de Glanber	1.396
	1.410
	1.419
Cloroformo	1.443
Cloruro de etileno	1.446
Epsomita	1.433
	1.455
	1.461
Glicerina	1.460
Tetracloruro de carbono	1.461
Esencia de lavanda	1.463
Esencia de bergamota	1.465
Aceite de oliva	1.468
Schoenita	1.451
	1.463
	1.476
Aceite de Trementina	1.471
Aceite de Parafina	1.475
Tenardita	1.471
	1.477
	1.484
	1.485
Carnalita	1.485
	1.494
	1.491
Loewita	1.490
Aceite de ricino	1.479
Aceite de linaza	1.485
Cimol	1.488
Firnis	1.489
Wanthofita	1.485
	1.489
	1.485
Astrakanita	1.488
	1.489
	1.491
Leonita	1.487
	1.490
Silvino	1.4903
Glaserita (?)	1.4901
	1.4986
Tolmol	1.4932
Xilol	1.495
Benzol	1.502
Aceite de Cedro	1.503
Aceite de Sándalo	1.508
Kainita	1.4997
	1.506
	1.520
Bischofita	1.505
	1.528
Yoduro de etileno	1.515
Singenita	1.500
	1.517
	1.5183
Taquidrita	1.5213
	1.5228
Yeso	1.520
	1.5226
	1.5293
Glanberita	1.525
	1.532
	1.536
Monocloruro de benzol	1.523
Langbainita	1.5329
Creosota	1.5333
Kallolita	1.5354
Bromuro de etileno	1.537
Salicilato de metilo	1.537
Cresol	1.5388
Eugenol	1.5415
Halita	1.5442
Bálsamo del Canadá	1.549
Kieserita	1.5178
	1.5310
	1.5357
Polihalita	1.548
	1.552
	1.567
Nitrobenzol	1.552
Monobromobenzol	1.559
Anisol	1.560
Pinoitita	1.565
	1.575
Benzoato de bencilo	1.569
Anhidrita	1.569
	1.575
Ortololuidin	1.572
Anilina	1.586
Rineitita	1.5886
	1.5894
Bromoformo	1.5881
Aceite de almendras amargas	1.600
Esencia de canela	1.602
Monoyodobenzol	1.618
α Monocloroneftalina	1.633
α Monobromoneftalina	1.637
Boracita	1.662
	1.667
	1.673
Yodomercuriato potásico	1.720
Yoduro de metileno	1.740



L. DE AZCONA Y ABBAD

MANGANOAPATITO DE HORNACHUELOS-CÓRDOBA (ESPAÑA)

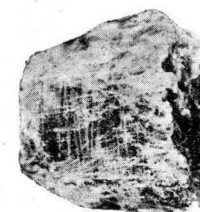
Especie mineralógica: Apatito.

Variedad: Manganoapatito.

Localidad: Provincia de Córdoba. Ayuntamiento de Hornachuelos. Paraje: Afloramiento número 14 de la mina "Interjección", situado en la quinta de Juan Calvillo.—Solana del Aguila en las proximidades del barranco de Nava Hermosa.

Encontrado por D. Luis Carbonell.

Localidades de España en que se cita: En la bibliografía



consultada no encontramos ninguna cita de España, aunque han sido citados apatitos verdes en Castilla la Nueva y Extremadura, pero ninguno de ellos contenía manganeso en proporción suficiente para que se trate de esta variedad.

Localidades del extranjero más características: San Roque, en Córdoba; Argentina, Branchville, etc.

Caracteres macroscópicos: Color verde azulado, lustre, brillante. Dureza, 5. Fractura, concoidea. Frágil, Raya, blanca. Color del polvo, blanco verdoso.

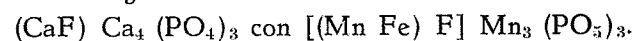
Forma cristalina: Prisma hexagonal. Crucero. Paralelo a la base, imperfecto.

Carácteres ópticos (determinados por los Sres Baselga y Abbad): Transparente. Índice de refracción, superior a 1,52 (aceite de cedro). Birrefringencia, negativa.

Composición espectroquímica (determinada por el Sr. L. de Azcona):

Ca,	igual o mayor del 30 por 100.
P,	igual o menor del 20 por 100.
Mn,	igual o mayor del 5 por 100.
Al,	igual o mayor del 1 por 100.
Na,	igual o mayor del 1 por 100.
Fe,	aproximadamente 1 por 100.
Si,	aproximadamente 1 por 100.
K,	igual o mayor del 1 por 100.

Fórmula general:



Actualmente se efectúa un estudio completo en los laboratorios de este Instituto.

L. DE AZCONA Y ABBAD

INSTRUMENTOS ENEOLÍTICOS DE MONTORO (CÓRDOBA)

Clase de instrumento: Martillos eneolíticos de piedra limentada.

Localidad: Provincia de Córdoba. Ayuntamiento de Montoro. Paraje: Labores prehistóricas en el afloramiento del de Navalamojeda.

Encontrado por la Sección de Geofísica.

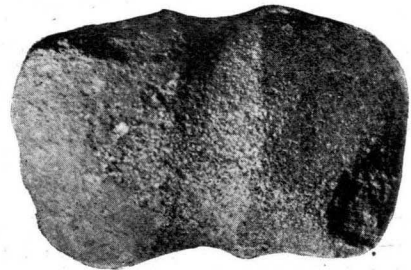
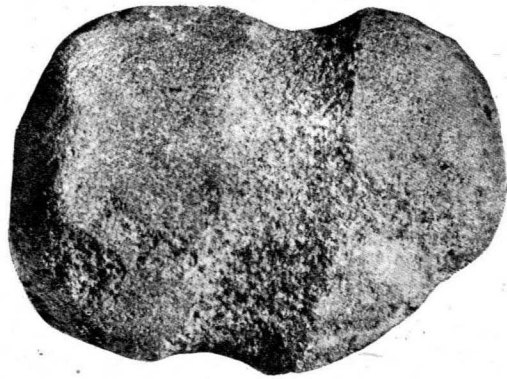
Otras localidades en que se cita: En muchas localidades tanto de España como del Extranjero.

Roca que los constituyen (determinada por el Sr. Ro y Ortiz de Villacián): Porfirita de augito muy descompuesta.

Tamaño: De 7 a 17 centímetros de longitud.

Edad: Eneolítica, por encontrarse en el tránsito entre la edad de piedra pulimentada y la de los metales.

Observación: En este yacimiento prehistórico no se ha encontrado ningún instrumento de metal.



ANTONIO COMBA

ESTUDIO SOBRE LA POSIBILIDAD DE FABRICAR EN ESPAÑA LOS ARSENIATOS NECESARIOS PARA CONSUMO NACIONAL

Con objeto de cumplimentar la orden dada por la Dirección de este Centro, de hacer un estudio sobre las posibilidades de fabricar en España los diferentes tipos de arseniatos que consume nuestro mercado, unos necesarios para la erradicación de plagas del campo y parásitos perjudiciales a las viñas y plantas de algodón, y otros para la industria de vidrios esmaltados, colores, etc., así como para poder abastecer de este producto, si fuera preciso, a nuestros Servicios de Guerra Química, que emplean ciertos arseniatos y arsenitos, como materia prima para la fabricación de gases, vamos a estudiar las condiciones en que se podría llevar a cabo la implantación de esta nueva industria, comenzando por hacer algunas consideraciones técnicas sobre este particular.

Datos que deben conocerse para la fabricación de arseniatos

Según los últimos datos que nos ha proporcionado el Diccionario de Productos Químicos, la importación de arseniatos en el año 1935 fué de *150 toneladas de arseniato* só-

500 toneladas de arseniato de plomo y 100 toneladas de arseniato de calcio, o sea un total de unas 750 toneladas al año, que aun teniendo en cuenta el aumento gradual de consumo que al desarrollarse una nueva industria suele notarse, puede tomarse como base para la futura producción de arseniatos en España.

Tanto más si se tiene en cuenta que esta cifra podría tal vez cubrir las necesidades de nuestro Servicio de Guerra Química, en el caso eventual de un conflicto armado.

Obtención de los arseniatos

Para la obtención de los arseniatos, unas veces se parte directamente de los minerales de arsénico, por tratamientos químicos y reacciones sucesivas sobre las diferentes bases, para lo cual es preciso partir de minerales ricos, que tengan como mínimo un 30 por 100 de As, y otras se parte del anhídrido arsenioso (As_2O_3), en cuya fabricación se pueden aprovechar minerales pobres, como es el tipo de los que hoy se explotan en España. Por cuyo motivo, de este producto es del que se deberá partir para nuestra producción de arseniatos, sobre todo si se tiene en cuenta que el anhídrido arsenioso hace ya varios años que se viene produciendo en nuestra nación, cuya industria se ha desarrollado notablemente en estos últimos años al amparo de la protección oficial.

El producto que más se consume en el mercado es el arseniato sódico, aun cuando en España su empleo no ha sido hasta la fecha muy generalizado. Este producto se emplea, según queda ya indicado, en la agricultura, especialmente en los frutales americanos y viñas francesas, para la extirpación de las plagas, generalmente mezclado con arseniato de plomo, para conseguir una mejor fijación de este producto, y en las plantaciones de algodón, donde también tiene gran consumo.

Fabricación del arseniato sódico.—Tostando minerales ricos de arsénico del 30 por 100 de As, como mínima presencia de sosa cáustica, se obtiene arseniato sódico que se purifica disolviéndolo en agua para separarlo de las impurezas, obteniéndose así por evaporación un producto comercial bastante puro, cuyo procedimiento sólo puede aplicarse a minerales de alta ley de As, según queda consiguientemente indicado.

En cambio, partiendo de minerales pobres de arsénico se obtiene el arseniato sódico, fundiendo el anhídrido arsenioso que se obtiene, por tostión previa de los mismos, con carbonato sódico. Aun cuando el procedimiento generalmente empleado es el de neutralizar el ácido arsénico, que se obtiene por oxidación del As_2O_3 y disolución de dicho ácido en agua con un exceso de lejía sódica, hirviendo el líquido obtenido que deje de desprender ácido carbónico, con lo cual se obtiene el $Na_2HAsO_4 + 12 H_2O$, que deshidratado, es el producto comercial corriente, que contiene del 40 al 60 por 100 de As_2O_3 .

Ahora bien: si se calienta moderadamente durante un tiempo este producto, se llega a obtener una sal monohidrada cristalizada (NaH_2AsO_4), que contiene un 65 por 100 de As_2O_3 .

Fabricación de los arseniuros de plomo y cal.—Así se obtiene el arseniato de plomo y el de cal por combinación del arseniato de sodio con el cloruro de plomo o el cloruro de calcio, purificándolos por los mismos procedimientos anteriormente indicados.

La Casa L. L. O. F. A. R., de Madrid, que tiene fábricas de productos químicos y farmacéuticos en Carabanchel, se proponía montar en Galicia, en la época en que se hizo este estudio, una fábrica para la obtención de arseniatos, por el procedimiento últimamente descrito, o sea partiendo del anhídrido arsenioso, producido por la Sociedad Arseniacales y Químicas, S. A., filial de la anterior, que tiene montada la fábrica en Galicia.

para dar unas 30 toneladas al mes de este producto, en Tejeiro (La Coruña); y, en efecto, así lo ha hecho, montando también en este punto la fábrica de arseniatos, la cual está en funcionamiento desde el mes de mayo de 1941, siendo la capacidad de producción de ésta de unas *tres toneladas diarias de arseniatos de sodio, plomo y calcio*, obtenidos en períodos sucesivos de fabricación cíclica, o sea de unas *750 toneladas al año*, aun cuando hoy le falta aún mucho para dar esta producción.

Además de esta fábrica de anhídrido arsenioso de Tejeiro hay otras dos funcionando en Galicia, que vienen a dar una producción de unas *cinco toneladas mensuales* cada una, estando las dos en condiciones de poder doblar, en caso necesario, su producción, o sea, de dar un total de *20 toneladas al mes*. Estas son: la de Valdoviño, propiedad de D. José Castro Dans, y la de Castro de Rey, explotada por la razón social Explotaciones Mineras de Arsénico.

Con el fin de ver en qué condiciones se desarrollaba esta industria, me personé en estas fábricas, de las que haremos una somera descripción a continuación y un estudio de las condiciones técnicas en que se desenvolvían.

Fabricación del anhídrido arsenioso.—Para obtener el anhídrido arsenioso en dichas fábricas se parte de la pirita arsenical (AsSFe), o mispíquel, en la que el arsénico se encuentra teóricamente en la proporción del 46 por 100.

En Galicia, donde se encuentra este mineral con cierta profusión, la ley en arsénico es mucho más baja, oscilando entre el 15 y el 35 por 100 de As, según veremos.

Para obtener el anhídrido arsenioso, partiendo de este mineral, basta llevar a cabo una tostión oxidante, con objeto de obtener la disociación de sus elementos, con formación de anhídrido arsenioso y algo de ácido sulfúrico, que proviene de la acción de la humedad sobre el anhídrido sulfuroso que

se forma, aunque éste en mucha menor proporción que exterior.

La operación se lleva a cabo generalmente en horno reverbero, o en hornos giratorios cilíndricos de pisos puestos, con raederas mecánicas, que transportan el mineral previamente triturado, de unos pisos a otros, siendo, en general, este tipo de hornos últimamente mencionado el más conveniente para esta clase de operaciones, ya que a veces puede llegarse a la autocombustión, sobre todo si la proporción de azufre y arsénico es suficiente para que en su combustión produzcan, por lo menos, los 300° de temperatura que se necesita para llevar a fondo la tostión de este mineral.

En la marcha de la operación se producen, dentro del horno, vapores de anhídrido arsenioso y ácido arsenioso accionando generalmente este último con el hierro metálico que se forma en las escorias y con la cal de las soleras de los hornos, para formar arseniatos que, en unión del oro y la plata, al estado metálico, que suelen contener estos minerales, forman las escorias del horno. Pudiéndose aumentar el rendimiento en As_2O_3 en esta operación, si al observar la cantidad de producción de vapores se agrega a la carga polvo de carbón, para evitar que el mineral tostado, que contiene un exceso de óxidos, no pueda convertirse en arseniuros fusibles, o no ser que este óxido sea fácilmente reductible, obteniéndose de todos modos, al final, una mezcla de óxidos y arseniatos, en los que, para obtener un buen resultado, la proporción de arsénico no debe pasar del 2,50 por 100.

Para recoger el anhídrido arsenioso producido, como en el comercio con el nombre de arsénico blanco, se hace pasar los humos que salen de los hornos de tostión por cámaras de condensación, operación sumamente delicada, es bastante ligero. Para lo cual, después de pasar los humos por las cámaras de condensación se deben filtrar éstos por

dio de cámaras de sacos de franela, o por una capa de arena u otra sustancia filtrante, antes de ser lanzados a la chimenea, siendo el mejor procedimiento, sin duda alguna, hacer pasar los humos por un aparato electrostático Cottrel, aun cuando su puesta en punto es algo difícil, sobre todo cuando se tratan en el horno minerales complejos.

El producto obtenido en las cámaras de condensación suele ser un producto impuro, por lo que, una vez recogido, debe ser refinado en hornos de mufla, de calentamiento externo, seguidos de cámaras de condensación, en las que se obtiene ya un producto comercial del 95 al 97 por 100 de As_2O_3 .

Una vez descritos los procedimientos que deben seguirse para un buen aprovechamiento del mineral tratado, vamos a describir los procedimientos que se siguen en las fábricas de Valdoviño, Tejeiro y Castro de Rey, antes mencionadas, para obtener el anhídrido arsenioso, en las que se tuesta mispíquel de las minas, que estas mismas fábricas tienen a pie de obra, de las que haremos también una sucinta descripción, haciendo constar la ley en oro y plata que tienen todos los minerales que en éstas se tratan, como dato interesante, ya que no solamente pueden beneficiarse estos minerales como menas de arsénico, sino también como menas de oro y plata, de cuyas escorias pueden extraerse estos metales nobles por copelación mezclándolas con lingotes y recortes de plomo metálico.

Por otra parte, es de gran interés también tener en cuenta la gran profusión con que se encuentra el mispíquel en ciertas zonas de Galicia, cuya región puede considerarse como una gran "Provincia arseniacal española", en la que las manifestaciones de oro y plata son frecuentes en todos aquellos puntos donde se presenta este mineral.

Fábrica de Valdoviño.—Al pie del monte Campelo, donde hay una importante formación de filones capas de mispíquel,

está montada esta fábrica, que viene funcionando desde ya varios años, aunque con escasa producción de anhídrido arsenioso, debido a haber sido acotada una gran extensión para esta formación para el campo de tiro de las baterías de guerra que han sido emplazadas en dicho monte, siendo las condiciones que en ésta se llevan a cabo las siguientes:

El mineral de arsénico, según sale de la mina, sin trituración y sometido solamente a un simple escogido a mano se mezcla con un 20 por 100 aproximadamente de carbón y se somete a la tostión en un horno de cuba de unos tres metros de altura, en el cual el hierro del mispíquel queda al estado de óxido, formando escoria con el cuarzo de la ganga que le acompaña, en íntima mezcla con los arseniatos y el oro y plata que este mineral contiene, mientras que el arsénico y el azufre pasan al estado de anhídrido arsenioso y anhídrido arsénico, que, mezclados con los humos del horno, son extraídos por medio de una corriente de aire producida por un ventilador aspirante, que va acoplado en el extremo de una batería de tubos o cámaras de condensación, tipo Messerschmitz, compuestas de cinco pares de tubos de palastro unidos en forma de serpentín, donde se deposita el anhídrido arsenioso, el arsénico blanco, más o menos puro, según los casos, que es recogido en las cámaras o registros de unión de cada par de tubos. Siendo los humos lanzados, después de pasar por un ventilador, directamente a la chimenea de la fábrica.

La instalación completa de ésta, consta de dos hornos de cuba y dos baterías de cinco pares de tubos Messerschmitz, así como dos grupos de ventiladores, uno aspirante y otro impelente, acoplados, según queda dicho, entre éstos y la chimenea.

Las condiciones en que trabaja esta fábrica son bastante malas, pues no solamente se hace un trabajo intermitente unos ocho días al mes, en el que se tuestan unas 100

ladas de mineral del 15 por 100 de arsénico, para producir solamente cinco toneladas mensuales de anhídrido arsenioso, sino que el producto obtenido resulta a veces bastante impuro, motivo por el cual es preciso refinarlo de nuevo, repitiendo estas mismas operaciones una o dos veces, para obtener un producto comercial del 95 por 100 de As_2O_3 . Siendo generalmente el producto obtenido en el primer registro bastante impuro, debido a estar acoplados los dos primeros tubos demasiado cerca del horno y ser descompuesto este producto por causa del calor radiado por éste.

Por otra parte, dado el escaso número de elementos de condensación de que disponen, y ser enviados los humos directamente desde el ventilador a la chimenea, sin pasar por cámaras de sacos u otro tipo de aparato de condensación de las partículas más volátiles, es indudable que una buena parte de este producto es lanzado por la chimenea, en pura pérdida y con probable perjuicio para la agricultura y montes próximos a este lugar.

Si además de esto se tiene en cuenta que el sistema de tostión de este tipo de mineral en horno de cuba es el menos apropiado para esta industria, dado el gran número de fugas que éstos tienen por la boca, no solamente por no llevar cierre automático, ya que van cubiertos simplemente por una tapa de palastro, que generalmente ajusta bastante mal, sino en la carga del mismo, fácilmente se comprende el mal rendimiento de esta operación.

Todo unido a la baja ley del mineral tratado, que generalmente no pasa del 15 por 100 de arsénico, debido a la mezcla que hacen del mineral puro con el cuarzo de la ganga, para evitar los lobos que se forman en las paredes del horno, cuando podrían tratarse minerales de primera, como el de una muestra que cogimos en la misma fábrica, que, analizada en el Laboratorio de este Centro por el Ingeniero Sr. Menéndez Puget,

nos dió: *26,60 por 100 de arsénico y 1,80 gramos de oro tonelada.*

Dicha ley en oro, aunque no es elevada, indica claramente se trata de un mineral aurífero en el que este metal noble presenta generalmente unido a la plata en proporciones dignas de tener en cuenta, siendo una verdadera lástima que las rías producidas, en lugar de ser arrojadas al río, como lo se hace, no fuesen tratadas de nuevo para extraer estos metales nobles, ya que no tendrían que soportar más gastos que de este tratamiento, y éstos quedarían suficientemente cubiertos si se tiene en cuenta que en el análisis que hemos hecho una muestra de escorias que cogimos al pie de la fábrica nos ha dado *40 gramos de plata y 4,80 gramos de oro en tonelada.*

Por todo lo cual, si se corrigieran los defectos que quedan enumerados, aun tratando minerales del 15 por 100 de arsénico, una producción mínima de 100 toneladas mensuales, la producción de anhídrido arsenioso, que hoy día es solamente unos 600 kilos por día, para un tratamiento de unos 12 kilos de mineral, podría doblarse, pudiendo obtenerse un mínimo de 10 a 12 toneladas mensuales de As_2O_3 del 97 por 100.

Minas de Valdoviño.—Durante nuestra pasada guerra de liberación se han hecho varios proyectos para aumentar lo posible la producción de estas minas, por ser las únicas que estaban en condiciones de dar una buena producción de anhídrido arsenioso, dentro del campo reducido a que han quedado limitadas por la zona acotada del campo de tiro, ninguno de los intentos hechos han dado resultado alguno.

No obstante lo cual, estas minas están hoy día preparadas para poder dar una producción mensual de 300 toneladas de mineral del 15 por 100 de As, no obstante ser la producción actualmente de 100 toneladas al mes, dada la excesiva economía con que se llevan los trabajos en las mismas, c

procedimientos de arranque son de lo más rudimentarios, ya que toda la explotación se viene haciendo siguiendo las zonas metalizadas por medio de trancadas descendentes y galerías en dirección, que luego son rellenadas de escombros.

El criadero está formado, por filones de cuarzo con mispíquel, en masas algo irregulares, los cuales arman en el terreno estratocristalino, representado unas veces, por el *gneis*, y otras por el *gneis* granitoide, en su tránsito al granito, que se presenta en varios puntos al contacto con este criadero.

Las zonas metalizadas de estos filones tienen, en general, poca corrida (de 15 a 35 metros), pues se trata de filones de secreción interna, en los que el cuarzo forma el relleno del filón, en formas lenticulares, interestratificados en el *gneis*, con zonas más o menos metalizadas, cuya corrida se presenta en la misma dirección de los estratos del *gneis* (N.-60° O.) con pendiente casi vertical, en los que las zonas metalizadas se presentan en forma columnar, con ensanchamientos que no pasan de 1,20 metros de potencia y estrechamientos más o menos pronunciados en su proyección vertical, cuya profundidad no ha sido aún reconocida, ya que el reconocimiento más profundo que se ha hecho no pasa de los 35 metros.

Con el fin de ver la capacidad de producción actual de este criadero dentro de la zona no acotada por el campo de tiro, hemos visitado las labores que hay hechas sobre cinco filones, que son los que están dando la producción actual, cuyos afloramientos están comprendidos en menos de 200 metros, en el sentido normal a su corrida principal, siendo sus labores las que describimos a continuación.

En el filón número 1 hay montados tres pisos en trancada, con un desnivel de unos 20 metros y un recorrido de unos 30 metros, en el que la potencia del mismo varía entre los 25 y los 80 centímetros. En esta labor estaban trabajando tres parejas de barreneros, que vienen a dar unas dos tonela-

das diarias de mineral, en el que abunda el cuarzo, que al lugar de ser separado del mispíquel es enviado con éste a la fábrica, para hacer más fluida la masa del horno de cub

Del todouno sin escoger que había en la bocamina tomamos una muestra, que analizada nos ha dado 5,32 por ciento de As, y 3,20 gramos de oro en tonelada.

En el filón número 2, que tiene unos 60 centímetros de potencia y unos 80° de inclinación, hay hecha otra trancada de unos 25 metros de longitud, al final de la cual hay montado un nivel de poca corrida, en el que estaba trabajando una pareja, que viene a dar unos 1.500 kilos de mineral por día con análogas características que el anterior.

Del todouno sin escoger de la bocamina tomamos una muestra, que analizada nos dió 1,62 por 100 de As y 5 gramos de oro en tonelada, habiendo aumentado sin duda en esta muestra la ley en oro, por dominar en ella la ganga de cuarzo que suele ser aurífero en toda esta zona.

En el filón número 3, que tiene unos 60 centímetros de potencia por término medio, hay hecha otra trancada con tres pisos o galerías hechas sobre la corrida del filón metalizado que viene a ser de unos 23 metros, en el que estaba trabajando otra pareja, que viene a dar una tonelada por día de mineral escogido, del cual tomamos una muestra, que analizada nos dió 13,72 por 100 de As y 13 gramos de oro por tonelada.

En el filón número 4, que está muy próximo al anterior, hay hecha otra trancada de menos profundidad que las anteriormente descritas, estando parada esta labor el día que visitamos la mina, no obstante lo cual tomamos una muestra de mineral escogido que había a bocamina procedente de explotación, que analizada nos dió 15,54 por 100 de As y 15,54 gramos de oro en tonelada.

Y, por último, en el filón número 5, que es el que ha sido el al parecer, más mineral, hay montados cinco pisos, con

desnivel de unos 25 metros y una corrida de unos 30 metros, en cuya labor estaba trabajando una pareja, que viene a dar una tonelada por día de un mineral bastante rico, según se puede ver por la muestra que de allí cogimos, que analizada nos dió *16,10 por 100 de As y 2,60 gramos de oro en tonelada.*

También vimos cerca de la batería de costa número 2, y dentro aún de la zona que se puede explotar, dos afloramientos de filón de unos 40 centímetros de potencia, con muy buenas trazas de metalización, en los que aún no se ha hecho ninguna labor de preparación ni de reconocimiento, no obstante poder disponer en éstos de una cota sobre el nivel del mar de unos 60 metros.

Fábrica de Tejeiro.—Esta fábrica ha sido montada por la Sociedad Industrias Arseniacales Reunidas, que tiene su domicilio en La Coruña, habiendo comenzado ésta a producir anhídrido arsenioso en el mes de enero de 1940.

En la época que visitamos la fábrica tenían montados dos hornos de cuba (uno de ellos en período de pruebas), que trabajaban en marcha continua, habiendo dado en los primeros meses con un solo horno unas *siete toneladas mensuales*, teniendo el proyecto de montar otra batería completa de otros dos hornos, con lo que no solamente se proponen doblar la producción, sino que están en condiciones de poder dar *30 toneladas mensuales.*

La fabricación del anhídrido arsenioso se hace en esta fábrica en análogas condiciones que en la anteriormente descrita, o sea tostando el mineral en un horno de cuba de tres metros de altura, en el que se vienen a tratar por día unas tres toneladas de mineral de un 15 por 100 de arsénico, con un consumo de carbón de unos 250 kilogramos por tonelada y una producción normal diaria de 350 kilogramos de anhídrido arsenioso del 95 por 100 de As_2O_3 .

El sistema de condensación es el mismo, anteriormente crito, que se emplea en la fábrica de Valdoviño, aunque ligeras modificaciones para aumentar el rendimiento.

Así, por ejemplo, el sistema de tubos en serpentín, que dicha fábrica se compone solamente de cinco pares de tu en ésta consta de seis, teniendo en proyecto aumentar el mero de elementos, con objeto de dar mayor recorrido a humos dentro de éstos.

El primer par de elementos está suficientemente separ del horno, para evitar reciba el calor del mismo, y el sist de tubos empleado, en lugar de ser de fundición, son de ch de palastro, con lo que se consigue que los humos se enf más rápidamente, aumentando con esto considerablement rendimiento en la condensación.

En cambio, la salida de humos se hace directamente de el ventilador, que está colocado en el extremo de la bat del condensador Messerschmitz, a la chimenea, sin previa tración de éstos por otros aparatos de limpieza de humos, lo que el rendimiento que se saca a esta fábrica es toda bajo, pudiendo muy bien doblarse éste si se empleasen es aparatos y se tratase el mineral en hornos de reverbero, lugar de hornos de cuba, como los que hoy se emplean.

El mineral que se trata en esta fábrica proviene en pa de la mina "Arriba España", propiedad de esta misma ciudad, de cuyo mineral tomamos una muestra, que analiza nos dió *34 por 100 de As y 0,40 gramos de oro por tonela* siendo, por tanto, como se ve, mineral bastante rico en sénico.

También se quemá algunas veces mineral de Riaño (Leó del cual tomamos otra muestra, que analizada nos ha dado *25 por 100 de As y 1,20 gramos de oro por tonelada.*

Asimismo, para ver la proporción de oro y plata que tier las escorias que salen de cada una de las hornadas que corr

ponden a estos dos tipos distintos de mineral, tomamos una muestra de cada una de ellas, que analizadas nos dieron *60 gramos de plata y 5,60 gramos de oro por tonelada*, en las que proceden de los minerales de la mina "Arriba España", y *40 gramos de plata y 0,20 gramos de oro* en las que proceden del tratamiento de los minerales de Riaño.

Minas de Tejeiro.—Además de dicha fábrica, tiene esta Sociedad otras minas dentro del término de Tejeiro y en otros puntos de Galicia, en las que está haciendo varios trabajos de preparación y reconocimiento, en unos 16 registros mineros.

Nosotros visitamos la mina "Arriba España", que estaba este verano en plena producción, la cual se encuentra a unos cuatro kilómetros de distancia de la fábrica, dentro del término municipal de Tejeiro, dando una producción diaria de unas 50 toneladas de mineral de arsénico, de análogas características que las de la muestra de mispíquel que antes hemos mencionado.

El mineral se presenta en cinco filones paralelos, de forma de rosario, que encajan en las pizarras del estrato cristalino. Su corrida es de unos 100 metros, presentándose éstos en posición casi vertical y muy próximos unos de otros, comprendidos todos ellos dentro de una faja de unos 50 metros.

La dirección de éstos es N.-55° E., casi normal a la estratificación de las pizarras, yendo interrumpidos por otros dos filones norteados, de época más moderna que los anteriores y mucho menos metalizados que éstos, no siendo en los puntos de cruce donde, siguiendo la ley normal en estos casos, enriquece la metalización de los mismos.

Para explotar estos filones se ha abierto en el extremo oriental de esta formación un pozo de unos ocho metros de profundidad, donde vierten todas las aguas de las labores que se han hecho para explotar el mineral, que consisten en otras cinco trincheras de unos seis metros de profundidad, excava-

das sobre dichos filones, siendo conducido todo el mineral se explota a dicho pozo para ser extraído por él a la superficie.

En su extremo occidental, estos filones quedan interrumpidos por una falla, en la que se observa un hundimiento terreno donde encajan estos filones, cuyo plano de falla va cortado por el cauce del río Mandeo, situado a nivel inferior de estos trabajos mineros, donde vierten también las aguas una parte de estas labores, apareciendo el granito en la margen del río.

En esta mina trabajaban el día que la visitamos unos 30 obreros, que venían a dar unas 20 toneladas mensuales pues los filones son muy irregulares en su metalización y poca potencia.

El mineral es escogido a mano en bocamina, separándose de la ganga de cuarzo que le acompaña como roca de relleno de cuyo cuarzo tomamos una muestra, que analizada nos dio *67 gramos de plata y un gramo de oro en tonelada*.

Fábrica de Castro de Rey.—En el término de Azúmar, en el Ayuntamiento de Castro de Rey, situado a 34 kilómetros de Lugo, está situada esta fábrica de anhídrido arsenioso, explota la razón social Explotaciones Mineras de Arsénico.

Consta esta fábrica de un horno de cuba de análogas características que los anteriormente descritos, en el que los minerales son forzados a circular, por medio de un ventilador a través de una batería de tubos Messerschmitz, compuesta de ocho elementos, colocados en el extremo de dicha batería siendo lanzados los humos desde el ventilador a una chimenea presentando esta instalación los mismos inconvenientes que anteriormente mencionadas.

En la época que visitamos esta fábrica se venían quemando unas 80 toneladas al mes de mineral de un 20 por 100 de arsénico con una producción normal de unas cinco toneladas mensuales de As_2O_3 , pudiéndose muy bien doblar la producción

se introdujeran en ésta las mismas modificaciones que hemos indicado para las anteriores.

Con el fin de ampliar ésta, se proponen instalar otras dos baterías, compuestas de horno y tubos de condensación, así como unos hornos de retorta para el refinado del producto obtenido en la primera hornada, instalación que es sumamente necesaria, pues el mineral que se trata es muy complejo, ya que no solamente lleva mispíquel, sino que suele ir acompañado de estibina y piritas de cobre, y esto les obliga a tratar por segunda vez, en el horno de cuba, el producto obtenido en la primera hornada, con las enormes pérdidas de As_2O_3 que esto representa.

El mineral que se trata en esta fábrica proviene de la mina "El Pilar", que se halla enclavada al pie de la misma, del cual tomamos una muestra, que analizada nos dió *21 por 100 de As y dos gramos de oro por tonelada.*

Asimismo tomamos una muestra de las escorias que salen del horno, que son arrojadas a la escombrera de la mina, que analizada nos dió *116 gramos de plata y 1,80 gramos de oro por tonelada, con algo de antimonio*, por lo que deberían éstas someterse a un tratamiento ulterior, con el fin de aprovechar también estos metales como subproductos, que probablemente costearían estas nuevas operaciones.

Minas de Castro de Rey.—El mineral de arsénico que se explota en estas minas se encuentra en filones de cuarzo que encajan en pizarras, también del estratocristalino, presentándose éste en forma de mispíquel, mezclado con estibina y piritas de cobre y de hierro, en forma de mineral complejo, en el que predomina el sulfoarseniuro de hierro.

Actualmente se explota la mina "El Pilar" por un transversal hecho en el nivel de carga de los hornos, en el que se han cortado dos filones de cuarzo de potencia muy irregular, pues se presentan en forma de rosario, los cuales han sido

reconocidos y explotados con bastante éxito en otros tres sos superiores.

El primer filón, que ha sido reconocido y explotado en de 150 metros, se compone de dos venas de cuarzo, separadas por un lecho de arcilla gris muy plástica, en el que la v superior, que tiene unos 50 centímetros de potencia media (aunque ésta varía entre los 90 y 10 centímetros en algunos tramos), suele ser la más mineralizada, mientras que la v inferior, aunque es más potente, suele llevar menos mineral.

Cuando visitamos la mina solamente se trabajaba en un filón, que venía a dar una producción mensual de 100 toneladas, estando preparándose las labores en el segundo filón para poder aumentar la producción mensual de As_2O_3 .

Asimismo se van a montar dos pisos más, a niveles inferiores al actual, para poder poner en marcha un tercer horizonte.

También, parece ser, se va a instalar un lavadero mecánico para poder separar la estibina y la calcopirita del mispíquel ya que el escogido que hoy se hace con el mineral a bocan es muy rudimentario, pues sólo se lavan los menudos en rolo de mano, haciéndose el escogido del mineral grueso también a mano.

Y, por último, se está construyendo un salto de agua de 50 kilovatios para electrificar la mina y la fábrica.

CONCLUSIONES

A) Por cuanto queda expuesto puede verse cómo es posible la implantación de la industria de la fabricación de arseniatos en España, ya que las dificultades técnicas que esta nueva industria presenta, como son las de la importación de alguna maquinaria extranjera, como los filtros, prensas y aparatos de secado de los productos obtenidos, no son grandes obstáculos, puesto que pagando las patentes o recurriendo

procedimientos de menor rendimiento, pueden muy bien fabricarse en nuestra nación.

Con objeto de vencer esto, la Casa L. L. O. F. A. R. se puso al habla con una importante casa alemana, que les ha proporcionado los planos de montaje de la nueva fábrica de Tejeiro, para que pudiera ser montada con material español.

Por tanto, es de esperar que en breve plazo, a base de esta fábrica y otras análogas, pueda nuestro mercado contar con una producción de unas *900 toneladas de arseniatos de plomo, cal y sodio*, suficientes para cubrir las necesidades de nuestro mercado interior.

B) Dada la importancia que para la implantación de esta nueva industria tiene la fabricación del anhídrido arsenioso, debería dedicarse una mayor atención al desarrollo de su fabricación, obligando a los productores a limpiar los humos antes de ser lanzados a la chimenea, que contienen sin duda alguna lo que pudiéramos llamar "el polvo impalpable del arsénico blanco", y todas las partículas más o menos gruesas que se escapan de los tubos de condensación Messerschmitz, eliminándose así los perjuicios que se puedan causar a la agricultura y montes colindantes a estas fábricas y consiguiendo a su vez una mayor producción de este producto.

Asimismo deberá aconsejarse el empleo de hornos de reverbero, en sustitución de los hornos de cuba que hoy se emplean, o mejor aún, hornos de pisos superpuestos con batido mecánico del mineral por medio de raederas, para librar de las enfermedades que corrientemente padecen los maestros horneros al aspirar con exceso los vapores de arsénico y evitar las pérdidas de As_2O_3 que hoy se tienen con el empleo de dichos hornos.

Con lo cual no solamente podría aumentarse la producción actual, que viene a ser de unas *40 a 50 toneladas mensuales de As_2O_3 del 95 al 97 por 100 de anhídrido arsenioso*, sino

que podría tal vez doblarse esta producción, sirviendo de l para la fabricación de los arseniatos en la proporción que son necesarios para abastecer nuestro mercado.

C) *Debe clasificarse* el mispíquel que se explota para obtención del anhídrido arsenioso, como *mineral aurífero*, se todo el que se explota en la región gallega, obligando a productores de este producto a que beneficien las escorias los hornos, como mineral auroargentífero, y no consentir estas escorias sean arrojadas a los ríos o a las escombe sin beneficiar, por suponer esto una riqueza en oro y p. que queda hoy enterrada, obligando a los concesionarios minas de arsénico, o, mejor dicho, de mispíquel, a que hag después de un reconocimiento previo, un plan completo de plotación, ajustándose a las normas de una minería adecuada obteniendo de estas minas el máximo rendimiento, con lo se aseguraría una mayor producción de anhídrido arseni y de arseniatos.

Asimismo debería obligarse a concentrar los minerales arsénico por medio de una preparación mecánica apropiada con lo que podrían obtenerse minerales de más del 30 por 1 de arsénico, que permitieran la obtención directa de los arseniatos partiendo de dichos minerales.

Con todo lo cual no solamente puede llegarse a conseguir el poder dar una producción normal de *75 a 90 toneladas mensuales de arseniatos* en España, sino que podría aumentarse ésta notablemente, a medida que aumenten las necesidades de mercado.

IGNACIO PATA C

CRÓNICA DEL SEGUNDO CONGRESO DE ESTRATIGRAFÍA CARBONÍFERA

Geología

El Museo Hullero de Heerlen

Terminado el Congreso permanecí algunos días más en Heerlen a fin de examinar detenidamente el excelente Museo Hullero y efectuar en él unos estudios comparativos, principalmente entre la fauna marina limburguesa y las de las cuencas hulleras de Asturias. Con este objeto llevaba mi equipaje material escogido de esta procedencia.

De otra parte, dicho Museo, creado cuando empezaron los trabajos de reconocimiento de la cuenca del Limburgo, reviste un gran interés, por poseer un rico arsenal de material científico recogido y estudiado con el mayor cariño por el alma y fundador del mismo, profesor W. J. Jongmans, que tituló "Geologisch Bureau voor het Nederlandsche Mijngewest te Heerlen", o sea, Buró Geológico para el Estudio de las minas holandesas de Heerlen.

Este Buró, de carácter semioficial, está sostenido, sin prodigalidad ciertamente, por el Estado y por las Empr

mineras, y ha hecho y sigue haciendo muy útiles servicios a las explotaciones y una férvida contribución al conocimiento del terreno hullero de Europa. En él se coleccionan y se ponen al día los cortes estratigráficos detallados, con todos sus accidentes, fallas, plegamientos, etc., de las galerías principales y de otros trabajos de las minas, así como los planos de laboreo de las mismas.

Posee una numerosa colección de ejemplares, especialmente de flora de los distintos grupos de la cuenca, e igualmente, aunque en menor número, de las faunas continental y marina de los niveles más característicos. La mayoría de estos ejemplares se ofrecen acompañados de sendas fotografías y microfotografías que permiten observar con claridad el detalle de las nerviaciones de las pínulas, formas de los cojinetes foliares de los troncos, etc.

A continuación damos las listas de las especies vegetales de la escala estratigráfica del Limburgo holandés, listas que hemos confeccionado apoyándonos principalmente en los estudios de W. J. Jongmans y R. G. Koopmans, a quienes prestó también su colaboración el profesor Gothan, de Berlín (1).

- (1) Dr. W. J. Jongmans: *Stratigraphische Untersuchungen in Karboon von Limburg* (Niederlande) (*Congrés de Stratigraphie carbonifère*, Heerlen, 1927. Liege, 1928.)
 — *Beschrijvin der boring Gulpen*, (Geologisch Bureau, Jaarverslag, 1926.)
 — *Overzichtsprofielen van het Limburgsche Karboon*. (Geologisch Bureau, Jaarverslag, 1927.)
 — *Algemeene Bouw van het Limburgsche Karboon: I. Maurits Groep*. (Geologisch Bureau, Jaarverslag, 1926.)—II. *Hendrik Groep*. (Geologisch Bureau, Jaarverslag, 1928.)
 — *Stratigraphie van het Karboon in het algemeen en van Limburg in het bijzonder*. (Geol. Bur., 1928.)
 — *On the fructification of Sphenopteris Hoeninghausi and its relations with Lyginodendron oldhamium and cronotheca schatzlaensis*. (Geol. Bur. Jaarverslag, 1929.)
 — *Hoe Heerlen er in den Karboontijd nitgezien heeft*. Heerlen, 1932.

Esta flora procede, en su mayor parte, de los sondeos de investigación llevados a cabo por el Estado, durante años, en la cuenca, y de otra, de los trabajos mineros. El estudio sistemático de dicha flora, efectuado desde un principio en el "Geologisch Bureau", teniendo en cuenta rigurosa el nivel estratigráfico de que procedía cada especie, rev. máxima garantía respecto a su valor paleontológico.

Flora del limburgo holandés

Grupo de Gulpen

(PARTE INFERIOR DEL NAMURIENSE)

Norte de Francia y Paso de Calais: Parte inferior del "Haz de F
 Inglaterra: "Bowland Schahles".
 Bélgica.—Haineaut y Lieja: "Hilada de Chokier".
 Bélgica.—Campine: Parte inferior del "Haz de Westerloo".
 Alemania.—Westfalia: "Onderste Flözleeres + Bovenste Alaunsch
 Alemania.—Aix-La Chapelle: "Grupo Walhorner".
 España.—Cuenca central de Asturias: "Subhullero", de Adaro.

Calamites undulatus.
Calamites Suckowi.
Calamites cf. Roemeri.
Calamites cf. Haueri.
Calamites cf. ramifer.
Calamites cistiformis.
Calamites approximataeformis (Mesocalamites).
Calamites pseudogermarianus.
Calamites sp.
Calamostachys sp.
Asterophyllites longifolius.
Asterophyllites sp.
Sphenophyllum cf. saxifragaefolium.
Sphenophyllum tenerrimum.
Sphenophyllum nov. sp.
Bothrodendron.
Lepidophyllum lanceolatum.

Lepidophyllum sp.
Lepidodendron cf. *serpentigerum*.
Lepidofloios sp.
Lepidostrobus variabilis.
Lepidostrobus sp.
Sigillaria sp.
Sigillariophyllum sp.
Sigillariostrobus sp.
Macroscoporas de *Sigillarias*.
Stigmaria ficoides.
Neuropteris gigantea.
Neuropteris Schlehani.
Neuropteris cf. *antecedens*.
Alethopteris lonchitica.
Alethopteris sp.
Aulacopteris sp.
Mariopteris acuta.
Mariopteris cf. *laciniata*.
Mariopteris (Eremopteris ?).
Mariopteris nov. sp.
Palmatopteris cf. *subgeniculata*.
Pecopteris cf. *aspera*.
Pecopteris sp.
Gulpenia limburgensis nov. sp. }
Sphenopteris hollandica nov. sp. } Lámina 1.
Sphenopteris gulpeniana nov. sp. }
Sphenopteris straitula.
Sphenopteris kilimilit.
Sphenopteris Corneti.
Sphenopteris Baumleri.
Sphenopteris elegans ?
Sphenopteris cf. *Stangeri ?*
Sphenopteris decomposita ?
Sphenopteris sp. (grupo *Hoeninghausi ?*)
Sphenopteridium Tschermaki.
Psymophyllum sp.
Adiantites tenuifolius.
Alloiopteris sp. (*pecopteridiae*).
Alloiopteris sp. (*sphenopteridiae*).
Alloiopteris cf. *Sphenopteris Dumonti*.
Alloiopteris aff. *pseuderosa*.
Cordaianthus Pitcarniae.

Rhodea sp.
Cordaites principalis.
Cordaites sp.
Artisia transversa.
Trigonocarpus.
Knorria sp.
 cf. *Dicranophyllum* sp.

Grupo de Epen

(PARTE SUPERIOR DEL NAMURIENSE)

Norte de Francia y Paso de Calais: Parte superior del "Haz de Inglaterra: "Millstone Grit".
 Bélgica.—Haïneaut y Lieja: "Hilada de Andenne".
 Bélgica.—Campine: Parte superior del "Haz de Westerloo".
 Alemania.—Westfalia: Onderste Mager kolen onder Sarnsbarvenste Flözleeres.
 Alemania.—Aix-La Chapelle: Grupo "Onderste Stolberger".
 España.—Cuenca central de Asturias: Subtramos de las "ca de las "Generalas".

Calamites undulatus.
Calamites Suckowi.
Calamites Haueri.
Calamites Roemeri.
Calamites ramifer.
Calamites cistiformis.
Calamites sp.
Calamostachys sp.
Asterophyllites longifolius.
Asterophyllites unguis.
Asterophyllites Heimausi.
Asterophyllites tener.
Annularia filiformis.
Lepidophyllum lanceolatum.
Lepidodendron sp.
Lepidofloios sp.
Lepidostrobus variabilis.
Sigillaria sp.
Sigillariostrobus sp.
Neuropteris gigantea.

Neuropteris Schlehani.
Neuropteris cf. *antecedens.*
Alethopteris decurrens var. *intermedia.*
Corynepteris Sternbergi forma *curta.*
Mariopteris acuta.
Mariopteris acuta, forma *epeniana.*
Mariopteris cf. *laciniata.*
Pecopteris cf. *aspera.*
Pecopteris minima.
Sphenopteris hollandica.
Sphenopteris Bäumléri.
Sphenopteris elegans.
Sphenopteris rhacopteroides.
Psymmophyllum.
Sphyropteris epeniana.
Rhodea.
Cordaites principalis.
Cordaianthus crassus.
Cordaianthus cf. *Volkmani.*
Samaropsis fluitans.
Dicranophyllum ?

Grupo Baarlo

(PARTE INFERIOR DEL TRAMO A)

Norte de Francia y Paso de Calais: "Haz de Olympe".
 Inglaterra: "Lower Coal Measures".
 Bélgica.—Haineaut y Lieja: "Hilada de Chatelet".
 Bélgica.—Campine: "Haces de Beeringen y de Norderwyck".
 Alemania.—Westfalia: "Bovenste Magerkolen tot Sarnsbank".
 Alemania.—Aix-La Chapelle: "Grupo Bovenste Stolberger".
 España.—Cuenca central de Asturias: Subtramo de "San Antonio".

Calamites carinatus.
Calamites undulatus.
Calamites Suckowi.
Calamites Sachsei.
Archaeocalamites.
Mesocalamites.
Calamostachys Binneyana.

Calamostachys Ludwigi.
Asterophyllites equisetiformis.
Asterophyllites grandis.
Asterophyllites longifolius.
Annularia radiata.
Annularia fertilis.
Sphenophyllum cuneifolium.
Sphenophyllum Laurae.
Bothrodendron minutifolium.
Lepidophyllum lanceolatum.
Lepidophyllum majus.
Lepidophyllum walderburgense.
Lepidodendron obovatum.
Lepidodendron aculeatum.
Lepidodendron lycopodioides.
Lepidophloios laricinus.
Lepidostrobus variabilis.
Lepidostrobus spinosus.
Sigillaria elegans.
Sigillaria rugosa.
Sigillaria elongata.
Neuropteris gigantea.
Neuropteris Schlehani.
Neuropteris obliqua.
Neuropteris heterophylla.
Alethopteris lonchitica.
Alethopteris valida.
Adiantites sessilis.
Corynepteris Sternbergi.
Mariopteris acuta.
Mariopteris muricata.
Pecopteris Miltoni.
Pecopteris (Dactylothea) plumosa.
Pecopteris aspera.
Sphenopteris hollandica.
Sphenopteris Hoeninghausi.
Sphenopteris obtusiloba.
Sphenopteris Bäumléri.
Sphenopteris gracilis.
Sphenopteris Schillingsi.
Cordaites principalis.
Samaropsis fluitans.

Palaeostachya.
Macrostachya Hauchercornei.
Trigonocarpus.
Cardiocarpus.
Potioniea adiantiformis.
Whittleseya.
Rhodea cf. *Subpetiolata.*

A esta lista es necesario añadir la muy interesante de flora de estructura conservada dentro de los nódulos dolomíticos (*coalballs*) que se encuentran al techo de la capa "Finefrau" del centro de este tramo.

Dicho horizonte de *coalballs* se halla a idéntico nivel que los de la misma composición de las hulleras de Inglaterra, Bélgica y Alemania.

Estos nódulos han sido recogidos y estudiados por los profesores W. J. Jongmans y R. G. Koopmans. El segundo de estos distinguidos paleobotánicos ha hecho unas 350 preparaciones con 160 nódulos procedentes de la mina "Domaniale" en Kerkrade, y ha publicado primeramente, en 1927, una nota con una lista de las especies encontradas (1), que al año siguiente amplió mucho en su notable monografía titulada *Researches on the flora of the coal-balls from the "Finefrau-Nebenbank" horizon in the Province of Limburg (The Netherlands)*. En este trabajo se publican 136 de estas bellísimas preparaciones en magníficas fototipias.

He aquí dicha lista:

Amyelon radicans.
Anachoropteris Willianssoni.
Ankyropteris corrugata.
Ankyropteris Grayi.
Ankyropteris westfaliensis.

(1) R. G. Koopmans: *Voorloopig verslag over het onderzoek der Dolomietknollen uit de Domaniale Mijn* (Geologisch Bureau. Jaarverslag, 1926-1927.)

Ankyropteris Williamsoni.
Bothrodendron mundum.
Botryopteris cylindrica.
Botryopteris Fraiponti.
Botryopteris tridentata.
Calamites communis.
Calamostachys Binneyana.
Calamostachys Casheana.
Calamostachys oldhamia.
Conostoma anglo-germanicum.
Conostoma oblongum.
Cordaites Felicis.
Etapteris Bertrandi.
Etapteris Scotti.
Heterangium sp.
Lagenostoma Lomaxi.
Lagenostoma ovooides.
Lepidocarpon Lomaxi.
Lepidodendron aculeatum.
Lepidodendron Hickii.
Lepidodendron macrophyllum.
Lepidodendron obovatum.
Lepidodendron vasculare.
Lepidophloios laciniosus.
Lepidophloios macrolepidotus.
Lepidostrobus Binneyanus.
Lepidostrobus foliaceus.
Lepidostrobus gracilis.
Lepidostrobus oldhamius.
Lyginopteris oldhamia.
Mazocarpon shoreense.
Medullosa anglica.
Medullosa centroflis.
Mesostrobus Scottii.
Mesoxylon multirame.
Mesoxylon poroxyloides.
Miadesmia membranacea.
Mitrospermum compressum.
Myeloxylon.
Palacostachya vera.
Physostoma elegans.
Psaronius Renaultii.

Pteridotheca Williamsoni.
Sigillaria sp.
Sigillariopsis laevis.
Sigillariopsis sulcata.
Spencerites insignis.
Spencerites majusculus.
Sphenophyllostachys Dawsoni.
Sphenophyllostachys fertilis.
Sphenophyllum minus.
Sphenophyllum perforatum.
Sphenophyllum plurifoliatum.
Stauropteris oldhamia.
Stigmara arachnoidea.
Stigmara bacupensis.
Stigmara ficoides (axis).
Stigmara Lohesti.
Stigmara Weissiana.
Telangium Scotti.
Trigonocarpus Parkinsoni.
Trigonocarpus shorensis.
Xenophyton radiculosum.

Grupo *Wilhelmina*

(PARTE SUPERIOR DEL TRAMO A)

Norte de Francia y Paso de Calais: "Hilada de Vicoigne: Haz de Modeste".

Bélgica.—Haineaut y Lieja: Zona inferior de la "Hilada de Charleroi".

Bélgica.—Campine: "Haz de Genek".

Alemania.—Westfalia: "Haz de Fettkohlen".

Alemania.—Aix-La Chapelle: "Grupo Kohlscheider".

España.—Cuenca central de Asturias: Subtramo de "María Luisa".

Calamites carinatus.
Calamites undulatus.
Calamites paleaceus.
Calamites Suckowi.
Calamites Schützei.
Calamites Sachsei.
Calamostachys.

Asterophyllites equisetiformis.
Asterophyllites grandis.
Asterophyllites longifolius.
Annularia radiata.
Annularia sphenophylloides.
Annularia microphylla.
Sphenophyllum majus.
Sphenophyllum cuneifolium.
Bothrodendron minutifolium.
Lepidophyllum lanceolatum.
Lepidodendron obovatum.
Lepidodendron aculeatum.
Lepidodendron lycopodioides.
Lepidophloios laricinus.
Lepidostrobus variabilis.
Lepidostrobus ornatus.
Sigillaria elongata.
Sigillaria ovata.
Sigillaria Boblayi.
Sigillaria Species.
Neuropteris obliqua.
Neuropteris gigantea.
Neuropteris callosa.
Neuropteris Schlehani.
Neuropteris tenuifolia.
Neuropteris microphylla.
Linopteris neuropteroides.
Alethopteris lonchitica.
Corynepteris.
Mariopteris muricata.
*Mariopteris acuta (del grupo *Muricata*).*
Mariopteris Daviessi.
Pecopteris Miltoni.
Pecopteris (Dactylothea) plumosa.
Sphenopteris Hoeninghausi.
Sphenopteris obtusiloba.
Sphenopteris gracilis.
Sphenopteris Schillingsi.
Lonchopteris rugosa.
Cordaites principalis.
Cordaites Delvali: Renier.
Samaropsis fluitans.

Grupo Hendrik**(PARTE INFERIOR DEL TRAMO B)**

Norte de Francia y Paso de Calais: "Hilada de Anzin: Haz de Meunier".

Inglaterra: Entre "Nivel de Mansfield" y "Gin Mine".

Bélgica.—Haineaut y Lieja: "Hilada de Charleroi". Zona media.

Bélgica.—Campine: "Haz de Asch".

Alemania.—Westfalia: Carbones de gas "Gaskohlen".

Alemania.—Aix-La Chapelle: Parte inferior del "Grupo de Alsdorf".

España.—Cuenca central de Asturias: Subtramo de "Sotón bajo" y la mitad inferior de "Sotón alto".

Calamites carinatus.

Calamites undulatus.

Calamites Suckowi.

Calamites Schützeiformis.

Calamites Goeperti.

Calamites Sachsei.

Calamites paleaceus.

Calamostachys sp.

Calamostachys paniculata.

Palaeoastachya Ettingshauseni.

Palaeoastachya elongata.

Equisetites.

Equisetostachys nov. sp. ?

Asterophyllites equisetiformis.

Asterophyllites charaeformis.

Asterophyllites grandis.

Asterophyllites longifolius.

Annularia radiata.

Annularia sphenophylloides.

Annularia microphylla.

Annularia galioides.

Annularia ramosa.

Sphenophyllum myriophyllum.

Sphenophyllum majus.

Sphenophyllum cuneifolium.

Sphenophyllum emarginatum.

Sphenophyllum trichomatosum.

Macrostachya.

Myriophyllites gracilis.

Bothrodendron minutifolium.

Bothrostobus.

Pinakodendron Ohmanni.

Ulodendron Montagnei.

Ulodendron sp.

Halonia.

Lepidophyllum lanceolatum.

Lepidophyllum anthemis.

Lepidophyllum triangulare.

Lepidophyllum sp.

Lepidodendron obovatum.

Lepidodendron aculeatum.

Lepidodendron rimosum.

Lepidodendron ophiurus.

Lepidodendron fusiforme.

Lepidodendron Jaraczewski.

Lepidodendron Wortheni.

Lepidodendron Tijoni.

Lepidodendron sp.

Lepidophloios laricinus.

Lepidostrobus spinosus.

Lepidostrobus variabilis.

Lepidostrobus Goldenbergi.

Lycopodites.

Sigillaria rugosa.

Sigillaria scutellata.

Sigillaria tessellata.

Sigillaria elongata.

Sigillaria ovata.

Sigillaria Micaudi.

Sigillaria discophora.

Sigillaria laevigata.

Sigillaria reniformis.

Sigillaria mamillaris.

Sigillaria Boblayi.

Sigillaria sp. *diversae.*

Asolanus camptotaenia.

Sigillariostrobus Crépini.

Sigillariostrobus nobilis.

Sigillariostrobus fimbriatus.

Sigillariostrobus Goldenbergi.

Sigillariostrobus sp.
Stigmaria eveni.
Cingularia típica.
Stigmariosis.
Selaginellites primaevus.
Phialophloios.
Whittleseya.
Neuropteris obliqua.
Neuropteris Scheuchzeri.
Neuropteris gigantea.
Neuropteris pseudogigantea.
Neuropteris callosa.
Neuropteris tenuifolia.
Neuropteris Grangeri.
Neuropteris rarinervis.
Neuropteris heterophylla.
Neuropteris diversiformis, n. sp.
Neuropteris microphylla.
Neuropteris Schützei.
Linopteris neuropteroides.
Linopteris obliqua.
Cyclopteris sp. div.
Potoniaea.
Aphlebia.
Alethopteris decurrens.
Alethopteris lonchitica.
Alethopteris Davreuxi.
Corynopteris coralloides.
Corinepteris n. sp. (*intermedia*).
Mariopteris Sauveri.
Mariopteris pseudosauveri.
Mariopteris latifolia.
Mariopteris Jacquoti.
Mariopteris fa. *oblongata*.
Mariopteris coarctata.
Mariopteris nervosa.
Mariopteris Daviesi.
Mariopteris Soubeirani.
Mariopteris n. sp.
Diplotmema schatzlarensis.
Diplotmema Duponti.
Diplotmema Sturi.

Diplotmema geniculatum.
Pecopteris Miltoni.
Pecopteris (Dactylothea) plumosa.
Pecopteris Volkmani.
Pecopteris pennaeformis.
Sphenopteris striata.
Sphenopteris obtusiloba.
Sphenopteris artemisiaefolioides.
Sphenopteris bella amoena.
Sphenopteris pulchior.
Sphenopteris spiniformis.
Sphenopteris Laurenti.
Sphenopteris Sauveri.
Sphenopteris trifoliata.
Sphenopteris gracilis.
Sph. (Boweria) Schatzlarensis.
Sphenopteris Schwerini.
Sphenopteris Footneri.
Sphenopteris Stipulataeformis.
Sphenopteris Schillingsi.
Sphenopteris Andraena.
Sphenopteris trigonophylla.
Sphenopteris Gilkineti.
Sphenopteris nummularis.
Sphenopteris microscopica.
Sphenopteris sp. *diversae*.
Sphyropteris Crepini.
Sphyropteris sp.
Renaultia gracilis.
Renaultia Schwerini.
Renaultia Schatzlarensis.
Crossothea Schatzlarensis.
Crossothea communis.
Crossothea cf. *Pteridospermostrobus*.
Crossothea sp.
Palmatopteris furcata.
Palmatopteris Duponti.
Palmatopteris Sturi.
Margaritopsis Coemausi.
Mauritsia aphlebifera.
Rhodea subpetiolata.
Lonchopteris rugosa.

Megaphyton approximatum.
Patheroteca.
Coseleya cf. glomerata.
Oligocarpia sp.
Cordaites principalis.
Cordaites palmaeformis.
Cordaites borassifolius.
Cordaianthus Pitcairniae.
Cordaicladus.
Cordaicarpus Cordai.
Cardiocarpus Boulayi.
Trigonocarpus Parkinsoni.
Trigonocarpus perpusillus.
Samaropsis fluitans.
Lamaropsis emarginata.
Carpolithes perpusillus.
Pinnularia capillacea.
Pinnularia columnaris.
Artisia transversalis.
Artisia approximata.
Guetopsis.
Zeilleria avoldensis.
Zaden div.

Grupo Maurits

(PARTE SUPERIOR DEL TRAMO B)

Norte de Francia y Paso de Calais: Zona superior de la "Hilada de Anzin: Haz de Pouilleux".

Inglaterra: Zona superior del "Nivel de Mansfield inferior".

Bélgica.—Haineaut y Lieja: Zona superior de la "Hilada de Charleroi".

Bélgica.—Campine: "Hilada de Eikenberg".

Alemania.—Westfalia: "Untere Gasflammkohlen".

Alemania.—Aix-La Chapelle: "Obere Alsdorfer Gruppe".

España.—Cuenca central de Asturias: Mitad superior del subtramo de "Sotón alto" y subtramo de "Entrerregueras".

Calamites carinatus.
Calamites undulatus.
Calamites Suckowi.
Calamites cf. Schutzei.

Calamites Goepperti.
Calamites Sachsei.
Calamites paleaceus.
Calamites Schutzeiformis.
Calamostachys.
Palaeostachya.
Equisetites sp.
Asterophyllites equisetiformis.
Asterophyllites charaeformis.
Asterophyllites eq. forma Schlotheimii.
Asterophyllites cf. jubatus.
Asterophyllites cf. grandis.
Annularia cf. stellata.
Annularia radiata.
Annularia sphenophylloides.
Annularia microphylla.
Annularia galiodes.
Sphenophyllum myriophyllum.
Sphenophyllum majus.
Sphenophyllum cuneifolium.
Sphenophyllum emarginatum.
Myriophyllites gracilis.
Bothrodendron minutifolium.
Pinakodendron Ohmanni.
Pinakodendron sp.
Ulodendron majus.
Lepidophyllum lanceolatum.
Lepidophyllum cf. problematicum.
Lepidophyllum anthemis.
Lepidophyllum triangulare.
Lepidophyllum sp.
Lepidodendron obovatum.
Lepidodendron aculeatum.
Lepidodendron cf. rimosum.
Lepidodendron lycopodioides.
Lepidodendron ophiurus.
Lepidodendron sp.
Lepidophloios laricinus.
Lepidostrobos spinosus.
Lepidostrobos variabilis.
Lepidostrobos sp.
Sigillaria rugosa.

Sigillaria scutellata.
Sigillaria cf. Brardi.
Sigillaria sp.
Asolanus comptotaenia.
Sigillariostrobus sp.
Stigmaria ficoides.
Stigmaria Eveni.
Stigmariopsis.
Macrosporen.
Neuropteris obliqua.
Neuropteris Scheuchzeri.
Neuropteris gigantea.
Neuropteris pseudogigantea.
Neuropteris callosa.
Neuropteris tenuifolia.
Neuropteris cf. Grangeri.
Neuropteris rarinervis.
Neuropteris heterophylla.
Neuropteris sp.
Linopteris Münsteri.
Linopteris neuropteroides.
Cyclopteris sp.
Potonia.
Alethopteris decurrens.
Alethopteris lonchitica.
Alethopteris Davreuxi.
Alethopteris sp.
Corynepteris coralloides.
Corynepteris sp.
Mariopteris Sauveri.
Mariopteris muricata.
Mariopteris latifolia.
Mariopteris cf. hirta.
Mariopteris Jacquoti.
Mariopteris sp.
Pecopteris Miltoni.
Pecopteris (Dactylothea) plumosa.
Pecopteris Volkmanni.
Pecopteris sp.
Sphenopteris striata.
Sphenopteris obtusiloba.
Sphenopteris cf. herbácea.

Sphenopteris artemisiaefolioides.
Sphenopteris bella-amoenae.
Sphenopteris pulchrior.
Sphenopteris spinosa.
Sphenopteris cf. Laurenti.
Sphenopteris sp.
Sphyropteris sp.
Renaultia sp.
Palmatopteris furcata.
Palmatopteris sp.
Lonchopteris cf. rugosa.
Lonchopteris sp.
Zeilleria avoldensis.
Zeilleria sp.
Whittleseyia sp.
Cordaites principalis.
Cordaites cf. borassifolius.
Cordaites sp.
Cordaicladus sp.
Cordaianthus Pitcairniae.
Samaropsis emarginatus.
Samaropsis fluitans.
Samaropsis sp.
Corpolithes perpusillus.
Corpolithes areolatus.
Trigonocarpus pusillus.
Trigonocarpus Parkinsoni.
Trigonocarpus sp.
Cardiocarpus sp.
Radiospermum ornatum.
Zaden.

Grupo Jabeck

(PARTE INFERIOR DEL TRAMO C)

Norte de Francia y Paso de Calais: "Hilada de Bruay".
 Inglaterra: Zona superior del "Nivel de Mansfield".
 Bélgica.—Haineaut y Lieja: "Haz de Donderslag".
 Alemania.—Westfalia: Zona superior de "Gasflammkohlen".
 España.—Cuenca central de Asturias: Subtramo de "Sorriego".

En la base de este grupo, o sea en el conocido "Nivel Aegir", que se paraleliza con el de "Petit Buisson" o de "Maurage", de Francia y Bélgica, existe un interesante horizonte de nódulos dolomíticos (*coalballs*) que contienen restos de vegetales con estructura conservada. Este horizonte de nódulos, aunque no es frecuente encontrarlo a un nivel tan elevado en las cuencas hulleras occidentales de Europa, se ha señalado también en Bélgica (centro del macizo de Borinage), al techo de la capa *Sainte-Barbe*, que, como se sabe, corresponde al mismo nivel.

Los nódulos de la cuenca limburguesa fueron estudiados también, como los del "Nivel Finefrau", por el profesor R. G. Koopmans (1).

En su notable trabajo, el profesor Koopmans presenta 24 magníficas fotografías (con un aumento de 10 diámetros) de algunas de las especies vegetales encontradas en dichos nódulos, en las que se observan la fina estructura celular de muchas de ellas, formas de esporangios, de esporas, etc.

He aquí dichas especies:

Lepidodendron vasculare (probablemente *ophiurus*).
Lepidodendron Hickii.
Lepidodendron Lomaxi.
Stigmaria ficoides.
Lepidophyllum sp.
Calamites sp.
 Raíces de *Calamites*.
Sphenophyllum cf. *plurifoliatum*.
Sphenophyllostachys nov. sp.
Heterangium sp.
Myeloxilon sp.
Botryopteris cf. *tridentata*.
Etapteris Scotti.

(1) R. G. Koopmans: *Researches on the Flora of the coal-balls from the Aegir Horizon in the Province of Limburg*. (The Netherlands. Geologisch Bureau. Jaaverslag, 1933, Heerlen.)

Anachoropteris cf. *Williamsoni*.
Anachoropteris nov. sp.
Mesoxylon sp.
Cordaites Felicis.
Amyelon radicans.
Trigonocarpus sp.
Sporangia.
Sporas.
Semillas.

Como se ve, casi todas estas especies se han encontrado también en el nivel de concreciones dolomíticas de la capa "Finefrau" del grupo "Baarlo".

La flora fósil habitual del grupo "Jabeek" es la siguiente:

Calamites carinatus, forma *rugosa*.
Calamites undulatus.
Calamites Suckowi.
Calamites Sachsei.
Asterophyllites equisetiformis.
Asterophyllites charaeformis.
Asterophyllites longifolius.
Asterophyllites grandis.
Calamostachys sp.
Macrostachya sp.
Palaeostachya ?
Annularia stellata.
Annularia radiata.
Annularia sphenophylloides.
Annularia microphylla.
Annularia galioides.
Sphenophyllum cuneifolium.
Sphenophyllum emarginatum.
Sphenophyllum trichomatosum.
Sphenophyllum sp.
Sphenophyllostachys.
Myriophyllites gracilis.
Bothrodendron minutifolium.
Pinakodendron sp.
Ulodendron majus.
Lepidophyllum lanceolatum.

Lepidophyllum triangulare.
Lepidophyllum majus.
Lepidophyllum sp.
Lepidodendron cf. serpentigerum.
Lepidodendron sp.
Lepidophloios laricinus.
Lepidostrobos variabilis.
Lepidostrobos squarrosus.
Lepidostrobos ornatus.
Lepidostrobos sp.
Sigillaria tessellata.
Sigillaria cf. laevigata.
Sigillaria sp.
Asolanus camptotaenia.
Sigillariostrobos sp.
Sigillariophyllum.
Stigmaria Eveni.
Stigmaria sp.
Stigmariopsis.
Neuropteris obliqua.
Neuropteris Scheuchzeri.
Neuropteris gigantea.
Neuropteris callosa.
Neuropteris tenuifolia.
Neuropteris rarinervis.
Linopteris Münsteri.
Linopteris neuropteroides.
Linopteris obliqua.
Potonia sp.
Alethopteris decurrens.
Alethopteris lonchitica.
Alethopteris Davreuxi.
Alethopteris Serli.
Alethopteris cf. valida.
Alethopteris sp.
Corynepteris coralloides.
Corynepteris Essinghi.
Corynepteris cf. Sternbergi.
Corinepteris sp.
Mariopteris Sauveri.
Mariopteris muricata.
Mariopteris latifolia.

Mariopteris aff. Jacquoti.
Mariopteris nervosa.
Mariopteris sphenopteroides.
Pecopteris Miltoni.
Pecopteris (Dactylothea) plumosa.
Pecopteris sp.
Senftenbergia sp.
Sphenopteris striata.
Sphenopteris obtusiloba.
Sphenopteris artemisiaefolioides.
Sphenopteris cf. charaephylloides.
Sphenopteris typ. flexuosissima.
Sphenopteris typ. membranacea.
Sphenopteris crepini.
Sphenopteris aff. Schillingsi.
Sphenopteris cf. trifoliata, Zeiller.
Palmatopteris furcata.
Lonchopteris rugosa.
Lonchopteris sp.
Zeilleria avoldensis.
Cordaites principalis.
Cordaicladus sp.
Cordaianthus Pitkairniae.
Cordaianthus sp.
Samaropsis sp.
Carpolithes sp.
Trigonocarpus sp.
Rhabdocarpus sp.
Cardiocarpus sp.
Artisia transversa.

OBSERVACIONES

Dado el carácter francamente *alóctono*, a nuestro juicio, de los depósitos hulleros de las cuencas westfalienses de Europa, y el haberse efectuado dichos depósitos en un medio predominantemente marino, es natural observar en toda la serie estratigráfica hullera la ausencia de delgados horizontes bien definidos de restos vegetales.

Lo que resalta más en la distribución vertical de las distintas especies de flora carbonífera es la persistencia de muchas de ellas en toda la altura, y la aparición y desaparición bruscas, al parecer, de otras, en distintos niveles; estas últimas especies son precisamente las que nos sirven para localizar determinadas hiladas o tramos de la escala estratigráfica.

No obstante, sin perder de vista la forma en que se ha depositado esta flora, no sería prudente conceder a estos grupos de especies vegetales *alóctonas* un valor estratigráfico riguroso, ni sacar conclusiones de orden general, que no podrían ser aplicadas a todas las cuencas.

El estudio de la distribución de la flora hullera, tanto en extensión horizontal como en el sentido vertical, no se encuentra aún en el estado de madurez necesario para concederle una importancia decisiva en la determinación de los tramos hulleros.

En lo que respecta a la flora del westfaliense holandés conocida hasta ahora, las siguientes especies, por encontrarse en todos los tramos, desde el más inferior, o grupo de "Gulpen", hasta el más alto conocido hasta ahora, o sea, el grupo "Jabeek", carecen de todo valor estratigráfico.

Calamites undulatus.
Calamites Suckowi.
Calamostachys.
Asterophyllites longifolius.
Bothrodendron.
Lepidophyllum lanceolatum.
Lepidodendron cf. serpentigerum.
Lepidophloios laricinus.
Lepidostrobos variabilis.
Sigillariophyllum.
Sigillariostrobos.
Stigmaria ficoides.
Neuropteris gigantea.
Alethopteris lonchitica.

Sphenopteris striata.
Cordaites principalis.
Artisia transversa.
Trigonocarpus.

A esta lista sería conveniente añadir varias especies más, singularmente las de estructura conservada, encontradas en los nódulos dolomíticos de los niveles "Finefrau" y "Aegir", cuyas listas, como ya hemos hecho observar, son idénticas.

Transcribimos el cuadro confeccionado por el Dr. Jongmans de la distribución vertical de las especies vegetales más características del carbonífero del Sur del Limburgo holandés.

Fauna continental

NAMURIENSE

Grupos de Gulpen y Epen

Los grupos inferiores del hullero del Limburgo holandés, al igual que los correspondientes de las demás cuencas del centro y occidente de Europa, se caracterizan por su casi esterilidad en carbón y por sus numerosos horizontes de fauna marina. Asimismo, más al Sur, en la cuenca hullera central de Asturias, el Westfaliense inferior es muy rico en fauna marina; pero, contrariamente a lo que ocurre en aquellas cuencas, es bastante productivo, principalmente en sus hiladas superiores.

En las capas de transición entre los dos grupos del Westfaliense inferior, "Gulpen" y "Epen" (hiladas de "Chokier" y de "Andenne", de Bélgica), más bien en la parte alta del primer grupo, el profesor Jongmans ha encontrado en un tesigo de sondeo, a la profundidad de 245 metros (1), una im-

(1) W. J. Jongmans: *Beschrijving der boring Gulpen*.—Núm. 106. Geologisch Bureau. Jaaverslag, 1926. Pág. 54.

presión bastante bien conservada del ala de un insecto, que por su posición estratigráfica, según se ha dicho anteriormente, puede considerarse como el ala de insecto más antigua conocida hasta ahora.

Es verdad que Brongniart ha descrito brevemente una impresión procedente del Siluriano medio de Calvados (Normandía) y a la que denominó *Palaeoblata Douvillei*, Brong (1); pero, examinada con más atención, se ha visto que se trata de un resto de Trilobite.

De la misma manera, la fauna de hexápodos de *Fern Ledges* de St. Juan (Nueva Brunswick), *Platephmera antiqua* Scudd, *Homotetus fossilis* Scudd (2), etc., considerada como perteneciente al Devoniano, estudios recientes han demostrado que esta fauna se encuentra en el Westfaliense medio.

No obstante, probablemente en el Devoniano existía ya esta fauna de hexápodos, pues se han encontrado en capas de vegetales del Devoniano de Escocia impresiones de mandíbulas y palpos de insectos, o sea apéndices cefálicos, pero sobre esta clase de restos es imposible hacer, como reconoce Pruvost, ninguna determinación precisa.

Por tanto, el insecto más antiguo que actualmente se puede describir y clasificar por su ala es, indudablemente, el de Gulpen. (Lámina 2.)

Dicha ala ha sido estudiada por el profesor de la Universidad de Lila M. Pierre Pruvost (3), y ofrece, además, la

- (1) C. Brongniart: *Recherches pour servir a l'histoire des insectes fossiles*. Fasc. I. Paris, 1881.
— *Aperçu sur les insectes fossiles en général*. Paris, 1883.
— Karl. A. Zittel: *Traité de Paléontologie*. T. II, pág. 752.
- (2) S. H. Scudder: *The devonian insects of New-Brunswick*. (Anniv. Mem. Bost. Loc. nat. hist., 1880. Boston).
— Karl. A. Zittel: *Traité de Paleontologie*. T. II, págs. 758 y 759.
- (3) M. P. Pruvost: *Sur une aile d'insecte fossile trouvée au sondage de Gulpen*. Geologisch Bureau. Jaarverslag, 1926. Págs. 76-77.

particularidad de haberse encontrado en un horizonte marino de *Goniatites*, formado de ampelitas hojosas con *Reticulocera reticulatum*, Phill.

Se trata de un género nuevo, perteneciente al orden de los *Hapalopteroidea*, Hand., y a la familia *Hapalopteroidae*. Hand. Pruvost le denominó género *Ampeliptera*, y a la especie *Ampeliptera limburgica*, Prouv. nov. sp., que describe del siguiente modo:

"Impresión negativa de un ala anterior izquierda que debía alcanzar unos 11 milímetros de longitud, aproximadamente (la longitud de la parte conservada en la impresión es de nueve milímetros). Falta la región apical. Su forma es ovalada, estrecha y muy alargada. La membrana del ala era muy delgada. Nervio subcostal (Sc), ligeramente ondulado, simple, terminando en el borde anterior a los 3/4 de su longitud. El Radius (Rd) paralelo al nervio anterior, presentando hacia la base un sector (Sr) tardío y pobremente ramificado (con dos o tres ramas solamente) hacia atrás. Mediana (Md), dirigiéndose hacia la región apical del ala, llevando simplemente dos ramas, una de ellas bífida, hacia atrás. Existe en el tercio proximal del ala una anastomosis medio cubital muy clara. El nervio cubital (Cb), pobre y tardíamente ramificado (tres venas cortas hacia atrás). La loba anal, desarrollada y bien circunscrita por un primer nervio bífido; sobre la loba se ven otros tres nervios: los últimos, con la curvatura cóncava hacia adelante.

"La nerviación intercalar, muy débil, formada de anastomosis transversales simples, ampliamente espaciadas.

"Las características principales del ala consisten en su pequeño tamaño, la delicadeza de su membrana, la sencillez de su nerviación, su red intercalar escaleriforme y débil, sus campos medio y cubital muy reducidos; su campo anal muy especializado, a la manera de los *Protoblatoides*; su nervio sub-

costal simple, de *Protorthoptero*, y su sector del Radius bastante desarrollado.”

Es curioso observar, como lo hace Pruvost, que este insecto, encontrado en estratos más antiguos que todos los demás restos de insectos conocidos hasta ahora, está ya bastante especializado, teniendo sus alas mucho menos primitivas que las de los *Paleodictyopteros*. Este hecho, por otra parte, es bastante frecuente en Paleontología.

Del mismo curioso grupo de los *Hapalopteroides*, que es, sin duda, un grupo bastante importante de insectos paleozoicos, erigido en género por el Doctor americano A. Handlirsch, se ha encontrado *Hapaloptera gracilis*, Handl., en el terreno hullero de Tremont. (Pensilvania), en la serie “antra-cifera” del Westfaliense superior (1).

En Europa, Pruvost encontró un segundo representante del mismo grupo en el terreno hullero de Lens (hilada de Bruay), al que denominó género *Emphyloptera*, Pruv. (2).

El nombre dado al ala del insecto limburgués hace referencia, a un mismo tiempo, al nivel de ampelitas y al país de origen.

En el grupo inmediato superior, o sea, en el grupo “Epen”, se ha encontrado la impresión de un insecto *protorthoptero*, que por su mal estado de conservación no ha podido ser determinado específicamente.

(1) A. Handlirsch: *Rev. of amer. paleoz. insects*, Proc. V. S. Nat. Mus. V. 29, pág. 694, fig. 22.

(2) P. Pruvost: *La faune continentale du terrain houiller du Nord de la France*. Mem. Cart. géol. France 1919, pág. 117, pl. V, figs. 3 y 4.

WESTFALIENSE

Grupo Baarlo

(MITAD INFERIOR DEL TRAMO A)

En este grupo, como en los anteriores, dominan los horizontes de fauna marina y no se han encontrado hasta ahora restos de fauna francamente continental.

Grupo Wilhelmina

(MITAD SUPERIOR DEL TRAMO A)

En la parte superior del grupo, en la mina “Oranje Nassau número III”, de Herderheide, entre los niveles “Catharina” y “Anthrapalaeomon”, a unos 15 metros por encima de la *capa B* (1) y a unos 318 metros de la superficie, se ha encontrado un curioso escorpión carbonífero que ha sido examinado y descrito por L. J. Wills, quien lo considera perteneciente al género *Eobuthus*, de Fritsch. (2) (Lámina 3).

Sabido es que los escorpiones constituyen el orden de Arácnidos mejor delimitados y el más antiguo, puesto que son conocidos desde el Siluriano superior (*capas de Ludlow*) de Gotland, de Escocia y de Nueva York.

Se encuentran numerosas formas en los terrenos carboníferos de Europa y de Norteamérica, cuyas características principales difieren poco de las que presentan los escorpiones actuales.

(1) “Capa núm. 27”, según la numeración que empieza en la primera capa del grupo “Baarlo”.

(2) L. J. Wills: *Notes on a rare carboniferous scorpion from the Oranje Nassau Mine n.º III*. (Geologisch Bureau). Jaarverslag, 1933. Pág. 101.

— A. Fritsch: *Palaeozoische Arachniden*. Prag., 1904, pág. 72.

Su cuerpo es deprimido y sus cefalotórax y abdomen, claramente separados. El primero va provisto, en su parte frontal, de un par de apéndices articulados, que terminan en forma de pinzas, bien desarrollados, que se denominan *palpis* o "palpos maxilares", homólogos de las mandíbulas de los crustáceos y de los insectos. También van provistos de cuatro pares de patas o miembros articulados.

El abdomen se compone de siete segmentos que pueden estar o no recubiertos de placas laminares. En su cara inferior llevan un par de apéndices pectiniformes; además están provistos de una cola o postabdomen delgado, formado de seis segmentos, cuyo artejo final, de forma triangular, encierra el aguijón venenoso.

No obstante reunir estas características principales, tan semejantes a las de los de nuestros días, los escorpiones paleozoicos constituyen un grupo especial totalmente extinguido y, en general, perteneciente al suborden *Antracoscorpia*, de Thorel, que presentan el borde anterior del cefalotórax estirado hacia adelante en su parte media; el tubérculo ocular dorsal se halla colocado, ya sea sobre el mismo borde anterior o a una pequeña distancia de este borde, por delante de los ojos laterales o entre ellos; los ojos dorsales, cuando existen, generalmente son grandes; el núcleo del apéndice pectiniforme se compone de cuatro o más placas. Este suborden se divide en dos familias: *Palacophonidae*, Thorel, que comprende todos los escorpiones del Siluriano de Europa, y *Eoscorpionidae*, Scudder, que contiene los del Siluriano de América y todas las demás formas de los terrenos hulleros de Europa y de Norteamérica.

Los *Eoscorpionidae* se caracterizan por tener el borde anterior del cefalotórax alargado en el medio y redondeado o anguloso. El *Sternom* compuesto, limitado en su parte anterior por el segundo par de artejos coxales. Las pinzas, delgadas, y

las patas, relativamente largas y casi del mismo grueso; los fémures y las tibias son de mucha mayor longitud que anchura; el artejo terminal es cilíndrico, romo y está armado de un par de garfios.

Pocock (1) ha dividido los escorpiones carboníferos en dos subórdenes: *Lobosterni* y *Orthosterni*, que se diferencian en los caracteres siguientes, no muy claramente definidos; en los *Lobosterni*, las placas esternales, de forma laminar, van colocadas en el opistosoma, y las placas esqueléticas, pertenecientes o no a la cuarta pata, van colocadas a uno y otro lado del opérculo genital. En los *Orthosterni*, estas mismas placas presentan una estructura análoga a la que ofrecen los escorpiones actuales.

Las dimensiones de las tres partes del cuerpo del ejemplar limburgués son las siguientes:

Caparazón cefalotorácico	8 milímetros.
Abdomen	20 —
Cola	29 —

Hay, además, muchos trozos apendiculares en mal estado de conservación, de los cuales no pueden deducirse conclusiones acerca de su número, forma o función.

La posición sistemática de este fósil es muy problemática actualmente, a causa de la falta de características bien definidas para poder llegar a determinaciones específicas exactas.

Wills considera que, respecto a los *Lobosterni*, existe una gran confusión sobre los caracteres de las superficies ventral y dorsal de los miembros de este grupo, por la falta de un buen ejemplar fósil que revele satisfactoriamente la naturaleza de estas superficies, pues sólo se cuenta con el ejemplar del

(1) R. I. Pocock: *Monogr. of the Terrestrial Carboniferous Arachnida of Great Britain*. (Palaentographical Society, 1911.) Pág. 10.

"British Museum", clasificado por Frisch como un *Lobosterni* y denominado *Eobuthus rakornicensis*, Frisch, y por Pocock, como un *Orthosterni*, al que se denominó *Anthracoscorpio sparthensis*, Balwin y Sutcliff.

El fósil limburgués tiene también la superficie ventral del género *Eobuthus*, pero el caparazón o escudo dorsal del cefalotórax tiene estrechas semejanzas con el del género *Anthracoscorpio*.

El examen efectuado por Wills del ejemplar existente en el "British Museum" le inclina a considerarlo como un verdadero *Lobosterni* y probablemente perteneciente al género *Eobuthus*.

La confusión proviene de que los caracteres de la superficie dorsal de los *Lobosterni* y de los *Orthosterni* son casi idénticos, y únicamente las superficies ventrales difieren en la posición del coxa de la cuarta pata y en la disposición del aparato respiratorio, siendo este último completamente diferente en los dos grupos.

Wills prefiere guiarse más bien por la estructura de las placas esternales que por la forma del cuerpo y características del escudo dorsal, y por esta razón refiere el fósil limburgués al suborden de los *Lobosterni* y, provisionalmente, al género *Eobuthus*, Frisch, y esperar a que los caracteres del género sean más precisos y mejor comprendidos para que permitan crear una nueva especie.

Tanto este fósil como el del ala de insecto *Ampeliptera limburgica*, Pruv., anteriormente descrita, que se conservan en el Museo Geológico de Heerlen, constituyen dos interesantes reliquias de la fauna continental del terreno hullero medio de Holanda.

Grupo Hendrik

(MITAD INFERIOR DEL TRAMO B)

El Dr. Jongmans ha descubierto al techo de la capa B (1) de la mina "Emma" un interesante horizonte mixto de plantas y de faunas marina y continental (2). De esta última se han encontrado varias impresiones de alas de insectos variados cuya determinación específica se halla pendiente de estudio.

Fauna Marina

Grupo Baarlo

NIVEL «FINEFRAU-NEBENBANK»

Este nivel se paraleliza con el de la capa "Angelita", de la cuenca westfaliense de Asturias, tan rico en fauna marina.

En Holanda, el techo de este nivel contiene la siguiente fauna, clasificada por los Sres. Jongmans y Delèpine. El primero ha determinado las siguientes especies:

Lingula mytiloides (muy abundante).

Lingula squamiformis (muy rara) (3).

Lingula cf. *credneri*.

Discina.

Posidonomya membranacea (rara).

Posidoniella laevis.

Posidoniella minor.

Nuculana attenuata.

Modiola lata.

(1) Capa núm. 42, según la numeración indicada anteriormente.

(2) W. J. Jongmans: *Een eigenaardige Plantenbank boven Laag B der Mijn Emma*. (Geologisch Bureau, Jaarverslag, 1926.) Págs. 47-49.

(3) Esta especie se encuentra también en el mismo nivel en Asturias.

Sanguinolites.
Myalina.
Edmondia.
Parallelodon.
Pterinopecten papyraceus.
Bellerophon moravicum (abundante).
Bellerophon Urei (raro).
Gastrioceras cumbriense.
Gastrioceras Rurge.
Gastrioceras cf. *Listeri.*
Gastrioceras cf. *circumnodosum.*
Gastrioceras cf. *crenulatum.*
Gastrioceras umbricum.
Anthracoceras acuatilobatum.
Nomismoceras.
Orthoceras (raro).

Por su parte, Delèpine, ha determinado las especies siguientes:

Lingula mytiloides.
Nuculana oblonga.
Nuculana attenuata.
Ctenodonta undulata.
Edmondia arcuata.
Posidonomya corrugata.
Posidoniella laevis.
Posidoniella minor.
Solenomya primaeva.
Pterinopecten papyraceus.
Modiola lata.
Bellerophon Urei.
Bellerophon moravicus.
Elonichthys Aitkeni.
Coelacanthus mucronatus.
Ostracodos.
Hyalolithus (?) Sturi.
Orthoceras.
Anthracoceras discus.
Dimorphoceras sp.
Gastrioceras circumnodosum.
Gastrioceras Listeri.

A estas listas deben ser añadidas las especies siguientes, clasificadas por P. Pruvost, y consideradas como de agua dulce, adaptadas, no obstante, al medio marino:

Anthracomya minima.
Antracomya Williamsoni.
Carbonicola aquilina.
Naiadites carinata.
Naiadites modiolaris.
Elonichthys Aitkeni.
Radinichthys Renieri.
Coelacanthus elegans.
Coelacanthus mucronatus.
Rhizodopsis sauroides.
Platysomus parvulus.
Megalichthys Hibberti.
Mesolepsis scalaris.
Beyrichia arcuata.
Carbonia fabulina.
Spirorbis pusilla (muy rara).
Leaia tricarinata var. *minima.*
Anthrapalaemon sp.
Palaeoxyris.
Bellinurus bellulus.
Estheria striata.

} abundantes.

NIVEL «PLASSHOFSBANK»

Se paraleliza con el nuestro de la capa "Panarrina", y en él se han encontrado, en la cuenca holandesa, las siguientes especies:

Lingula mytiloides.
Lingula cf. *credneri.*
Posidonomya sulcata, Hind.
Anthracoceras acuatilobatum.
Orthoceras.

Grupo Wilhelmina

NIVEL «STEINKNIPP»

La capa que lleva este nombre es muy irregular y se paraleliza con el nivel de la capa "Voz"; de la cuenca asturiana.

El muro de esta capa es en Holanda, lo mismo que en Asturias, de arenisca fuerte, y por debajo de él existen varios carboneros, en cuyos techos se encuentra la siguiente fauna:

Rhadinychthys Renieri.
Elonichthys denticulata.
Elonichthys Aitkeni.
Coelacanthus elegans.
Coelacanthus mucronatus.
Rhizodopsis sauroides.
Anthrapalaemon sp.
Bellinurus reginae.
Anthracomya minima (abundante).
Anthracomya Williamsoni.
Anthracomya modiolaris.
Naiadites carinata (abundante).
Carbonícola turgida.
Carbonícola aquilina.
Spirorbis pusilla.
Carbonia fabulina.
Beyrichia arcuata (rara).

También en el techo de la misma capa existe un carbonero con fauna marina, principalmente reconocido en la mina "Laura IV", en donde se han encontrado las siguientes especies:

Lingula mytiloides.
Goniatites.
Anthracomya minima.

En el techo de la capa "Steinknipp" se han encontrado, igualmente, varios moldes de conchas marinas indeterminables.

NIVEL «RAUSCHENWERK»

Este nivel está constituido por una buena capa de 0,80 a 1,50 metros de potencia, generalmente dividida en dos venas.

En el techo de este nivel se han encontrado impresiones de

Euripterus.
Arthropleura.
Prewichianella.
Coelacanthus mucronatus.
Anthracomya minima.

Este nivel se paraleliza con el de los carboneros situados al muro de las capas "Matona", de Aller, y "Novena", de "Riquela", en Mieres, y con el carbonero "Dos Venas", del Fondón.

NIVEL «FURTH»

El nivel "Furth" corresponde a otra excelente capa de 0,75 a dos metros de potencia, en cuyo techo lleva lechos de fauna marina con las siguientes especies:

Euripterus.
Beyrichia arcuata.
Estheria striata.
Carbonícola robusta.
Anthracomya Williamsoni.

NIVEL DE «ANTHRAPALAEEMON»

De unos 10 a 20 metros al techo del nivel "Furth" se encuentra el famoso nivel del curioso crustáceo *Anthrapalaemon*, con las dos especies

Anthrapalaemon Grossarti, Salt.
Anthrapalaemon gracilis, Meek y North.

La especie *Anthrapalaemon Grossarti*, Salt, del Limburgo holandés, lleva cubierta su superficie de protuberancias verruquiformes; sus bordes son muy gruesos y están provistos de fuertes púas. De la cabeza parte un largo y aguzado *Rostrum* e igualmente, en la parte superior del caparazón, lleva gruesos agujones o púas. A juzgar por su forma y sus armas, este crustáceo, según opinión de Pruvost, debió haber sido un "animal agresivo y feroz".

En el mismo horizonte del *Anthrapalaemon* se encuentra una variada fauna, entre la que han sido reconocidas las siguientes especies:

Carbonicola robusta (muy común).
Carbonicola aquilina (muy común).
Carbonicola acuta (regular).
Carbonicola túrgida (regular).
Carbonicola similis (regular).
Anthracomya Williamsoni (muy común).
Anthracomya minima.
Naiadites modiolaris.
Naiadites carinata.
Beyrichia arcuata (muy común).
Euproops Anthrax.
Prestwichianella rotundata.
Prestwichia.
Carbonia fabulina (común).
Carbonia Rankiniana.
Estheria Dawsoni (común).
Estheria striata.
Anthrapalaemon Grossarti (común).
Arthropleura nov. sp.
Euripterus.
Spirorbis pusillus (común).
Pleuroplax affinis.
Megalichthys coccolepsis.
Strepsodus sauroides.
Rhizodopsis sauroides.
Coelacanthus elegans.
Coelacanthus mucronatus.

Cheirodus granulatus.
Rhadinichthys Renieri.
Elonichthys denticulatus.
Elonichthys Egertoni.

NIVEL «LANGENBER»

Este nivel se halla situado en el tercio superior del grupo "Wilhelmina" y se paraleliza con el de nuestra capa "María Luisa", de la cuenca central de Asturias. En su techo se han encontrado, en la cuenca holandesa, los géneros *Estheria*, *Carbonicola*, *Anthrapalaemon* y otros.

NIVEL «CATHARINA»

Este importante nivel, el más alto del grupo "Wilhelmina", que sirve de límite entre este grupo y el de "Hendrik", lleva el mismo nombre de Westfalia y se paraleliza con el nivel de la capa "Túnel", de Langreo, y "Turquina", de Aller. En Holanda es pobre en fauna, habiéndose encontrado hasta ahora solamente restos de *Lingula mytiloides* y algunas conchas de las denominadas *eurhyalinas* por Pruvost.

Grupo Hendrik

NIVEL DE «ASCH»

Este nivel se halla en la parte superior del grupo "Hendrik" y sirve de límite entre este grupo y el de "Maurits". Es un horizonte muy constante de *Lingula mytiloides*. Las especies de fauna *eurhyalina* más corrientes de este nivel, son:

Naiadites carinata.
Anthracomya minima.
Carbonia fabulina.

Spirorbis pusillus.
Rhizodopsis sauroides.
Naiadites modiolaris (rara).
Carbonicola aquilina (rara).

El nivel de "Asch" corresponde al nivel de la capa "Mariana", de Langreo, o sea la capa más alta del subtramo "Sotón bajo".

Grupo Maurits

NIVEL «AEGIR»

El nivel "Aegir" es el más alto de los horizontes marinos conocidos hasta ahora en Holanda. Limita los grupos "Maurits" y "Jabeek", y constituye un notable horizonte, que se paraleliza con el también muy importante del subtramo "Sotón alto", de Asturias, situado al techo del mismo, en la zona estéril que sirve de tránsito al grupo "Entrerregueras".

G. Delèpine determinó en el nivel "Aegir", de Holanda, las siguientes especies:

Anthracoceras aegiranum (1).
Gastrioceras.
Orthoceras.
Sedwichia attenuata.
Pseudoamusium fibrillosum.
Pterinopecten papiráceus.
Eumicrotis (?).
Nuculana acuta.
Lingula mytiloides.
Chonetes buchiana (?).
Chonetes hardrensis (var *gibberula*).
Loxonema (?).
Raphitoma.

(1) Esta especie es característica del nivel y ha sido encontrada también anteriormente por Schmidt en Westfalia.

Straparollus.
Syncyclonema carboniferum.
Platyschima.
Platyssomus parvulus.

A esta fauna hay que añadir la *eurhyalina* más común a este nivel, que está constituida por las especies siguientes:

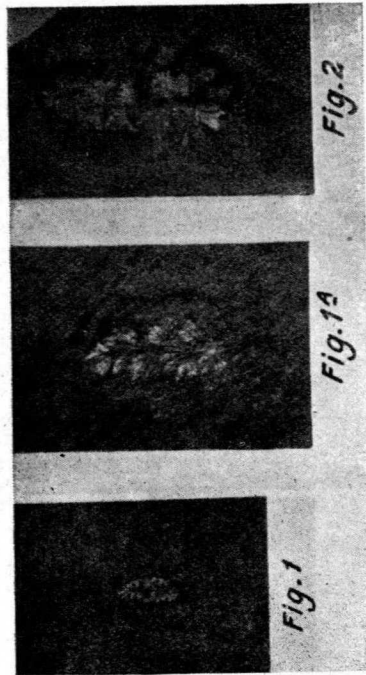
Naiadites modiolaris. } (1)
Naiadites carinata. } (1)
Anthracomya Phillipsi (aparición de la especie).
Anthracomya minima.
Carbonia fabulina.
Estheria Simoni.
Spirorbis pusillus.
Coelacanthus elegans.

Finalmente, de los trabajos efectuados hasta ahora por P. Pruvost, G. Delèpine y el Dr. Jongmans acerca de las faunas del hullero holandés, se deduce claramente que aun no están representadas en este carbonifero las series completas conocidas en Alemania y en el norte de Inglaterra.

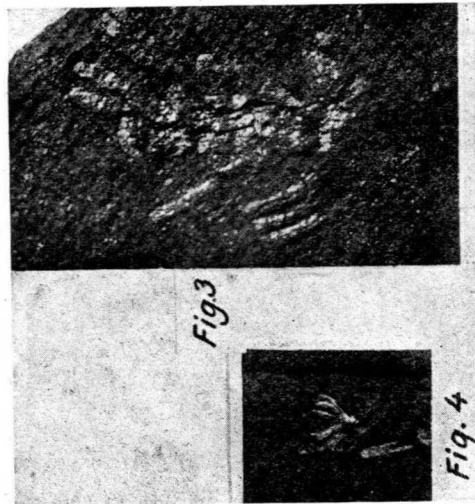
(1) El género *Carbonicola* se ha extinguido antes de llegar a este nivel y el *Naiadites* se halla próximo a su extinción.

Flora hullera holandesa

LÁMINA 1.



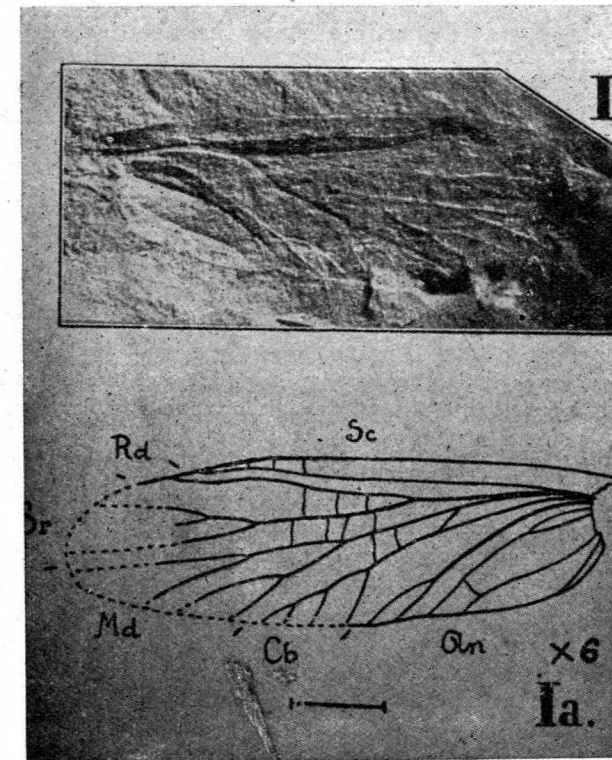
Sphenopteris Gulpianiana.—Goth. y Jongm.



Sphenopteris hollandica.—Goth. y Jongm.

Fauna hullera holandesa

LÁMINA 2



Ampeliptera limburgica.—Pruvost. nov. gen. nov. sp. Ala anterior izquierda aumentada seis veces.

I.—Fotografía de la impresión (negativa).

Ia.—Dibujo reconstituyendo la forma del ala y de su nerviación. Sondeo de Gulpén número 106. (Hilada de Chokier y de Andenne.)

Museo del "Geologisch Bureau" de Heerlen.

Plana de Eobuthus

Fig. 1.—Vista del lado ventral mostrando todos los detalles conservados $\times 1,50$.

Fig. 2.—Vista del lado dorsal. Solamente se hallan bien conservados los dos segmentos de la región caudal anterior $\times 1,50$.

Fig. 3.—S1, S2, S3, placas esternales lobadas 1-3; a, fragmento de un apéndice.

Fig. 4.—Diseño de los fragmentos: las líneas de trazos indican los bordes dudosos o interrumpidos del lado ventral $\times 1,50$.

Fig. 5.—Idem del lado dorsal $\times 1,50$.

Todas las figuras corresponden al espécimen número 1.422, encontrado a 15 metros al techo de la capa B y 318 metros de la superficie, en la mina "Oranje-Nassau, núm. III" en Heerlerheide.

Fauna hullera de Holanda

LÁMINA 3.



Fig. 1



Fig. 3



Fig. 2

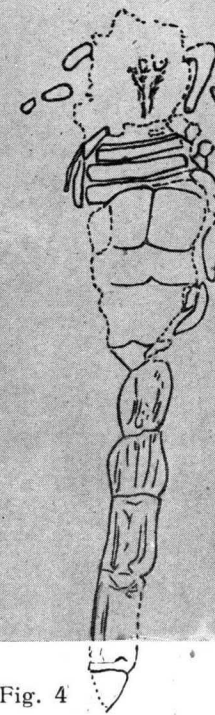


Fig. 4

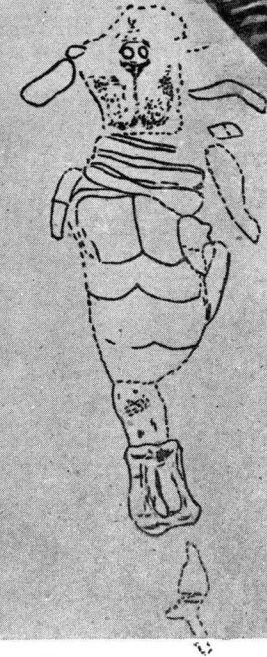
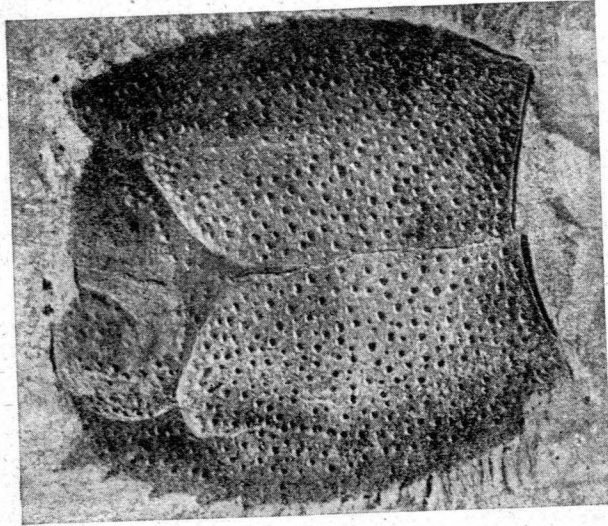
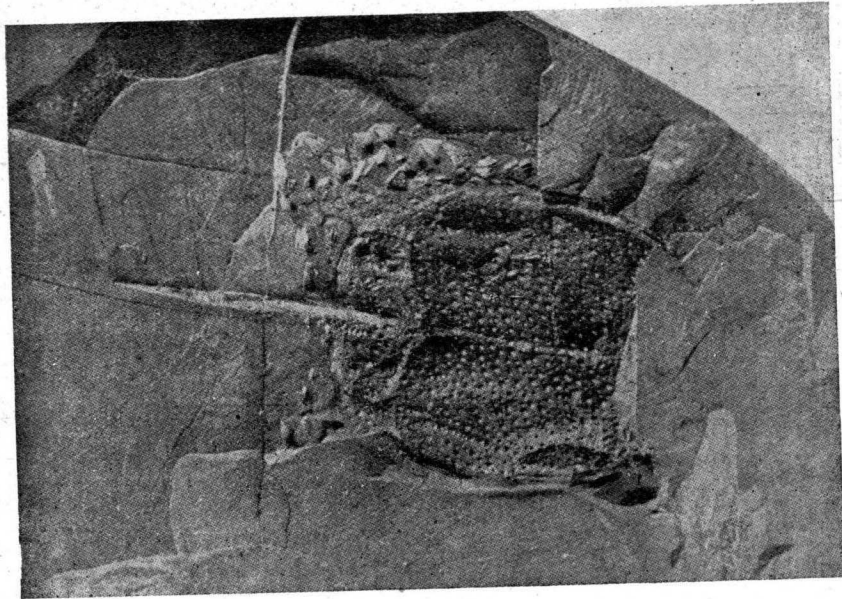


Fig. 5

Eobuthus. (Escorpión carbonífero.)

Fauna hullera holandesa

LÁMINA 4.

*Anthrapalaemon Grossarti.*—Salter.

A. DE ALVARADO

NUEVA ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO GEOLÓGICO ALEMÁN

Durante los meses de marzo y abril últimos tuvimos ocasión de residir algunas semanas en Berlín y recorrer, una vez más, diferentes regiones mineras e industriales del Reich, en comisión oficial del I. N. I., para estudio de instalaciones destinadas a obtención y tratamiento de combustibles líquidos.

Aprovechando horas libres de este cometido visité repetidamente el nuevo organismo *Reichsamt für Bodenforschung*, que desde 1941 centraliza los servicios geológicos, y se halla actualmente bajo la dirección del Secretario de Estado e Ingeniero, Doctor W. Keppler. Este muy amplio organismo dirige la actuación de los Institutos y Oficinas Geológicas, antes independientes, de Wien, München, Stuttgart, Hannover, Darmstadt, etc., que actualmente trabajan en plena actividad.

Tras muy amable acogida del Vicepresidente Doctor B. Brockamp y los Abteilungs-Direktoren, W. Kegel y A. Cissarz, fui amistosamente acompañado por el distinguido geólogo Dr. Grundlach en detenidos recorridos de las muy perfectas instalaciones que encierra el amplio edificio

—44 Invaliden Strasse—, perteneciente antes al Servicio Geológico Prusiano.

Algunas de las observaciones recogidas tal vez sean de interés para mis compañeros, y por ello paso a resumirlas.

A más de estudios sobre aguas subterráneas, exploración de yacimientos minerales e investigación de petróleos por sondeos profundos, prospecciones geofísicas y otras actividades mineras, esta Oficina o Instituto Central estudia y redacta mapas geológicos a diferentes escalas, cuales son 1 : 200.000, 1 : 25.000 y algunos especiales a 1 : 5.000. Entre los más detallados y perfectos que tuvimos ocasión de examinar citaremos los del Hartz y sobre todo la región de Wien, hecho éste por la organización austriaca.

En colaboración con el Ministerio de Agricultura se hacen mapas agronómicos e informes sobre cultivos preferibles, según las características químicas y físicas de cada suelo estudiado.

Integran el servicio central de 60 a 80 especialistas científicos y unos 150 auxiliares; los primeros proceden de Universidades o Escuelas Superiores de Ingenieros de Minas y se agrupan, para mejor servicio, en diferentes secciones: 1.º Geología, Aguas, Agricultura; 2.º Yacimientos minerales; 3.º Geofísica; 4.º Petróleos, Carbones, etc. Además existen agrupaciones del personal por distritos.

Entre las más señaladas actividades del Servicio para Investigación del Suelo merece citarse la prospección de petróleos, más intensa que nunca actualmente. Según se nos indicó, a más de las explotaciones hace varios años conocidas en Hannover y otras regiones de la antigua Alemania, se han hallado pozos más productivos en zonas neógenas de Austria y se efectúan numerosas perforaciones hasta 3.000 metros de profundidad en comarcas rusas, cuya exacta localización se considera secreto de Estado. Se emplean simultáneamente

de 30 a 40 grandes trenes sistema "rotary", cuya perfección y rapidez casi rivalizan con las maravillosas perforaciones norteamericanas, que, según es sabido, pasan ya de 4.000 metros de profundidad en el golfo de México.

Al mismo tiempo que se consigue—según nos indican—considerable aumento en la explotación de petróleos naturales, la investigación de braunkohlen o lignitos pardos bajo cobertura de capas aluviales o neógenas en Mittel-Deutschland ha permitido localizar inmensos tonelajes de este combustible.

Encierran estos lignitos pardos—en Prusia y Sajonia—casi 50 por 100 de agua y 10 a 12 por 100 de alquitranes una vez desecados, siendo su alquitrán primario, por escasez de azufre, singularmente apto para obtener por hidrogenación, o simplemente por destilación fraccionada, muy fuertes tonelajes de gasolina, diesel-öl y otros combustibles líquidos, en su mayor parte sintéticos.

Otro ejemplo de éxito en la prospección e investigación de grandes depósitos minerales son los trabajos realizados, en la comarca de Salzgitter am Hartz, para localizar yacimientos de minerales de hierro, de gran tonelaje y baja ley, así como otros menos importantes de investigación de cobres, en comarcas que no sería discreto puntualizar. Aquellas investigaciones ferríferas, sobre la base de estudios paleogeográficos, exigieron numerosos sondeos, bastante profundos, hechos en grandes series, determinándose el límite de las menas de hierro en su contacto con las grandes masas salinas de la región.

Para obtener más clara interpretación de las perforaciones de investigación en serie, se están ahora desarrollando intensamente estudios de micro-paleontología aun no sistematizados científicamente, pero que son ya de notoria utilidad.

El jefe de esta Sección, Dr. C. A. Wicher, me mostró muy atentamente un nuevo dispositivo—para selección de mi-

crofósiles—, que se caracteriza por la gran movilidad y reversibilidad del brazo de palanca utilizado al seleccionar ante el microscopio biocular.

Un notable ejemplo de separación estratigráfica entre las pizarras límite del Jura y Creta, en Alemania septentrional, merced a característicos conjuntos de micro-fauna, nos fué mostrado en nuestra segunda visita por el mismo notable especialista.

La idea de aplicar estos procedimientos para la determinación de tramos, en el Malm de Nord-Deutschland, fué sugerida a causa de su gran pobreza en megafósiles. Tratóse primeramente de resolver el problema sólo con las determinaciones litológicas de los diversos horizontes cortados en numerosos sondeos; pero, sobre esta base, resultó frecuentemente imposible paralelizar los perfiles de las distintas perforaciones, aun estando muy próximas.

Al iniciar estos trabajos no se ocultó la posibilidad de que las variaciones litológicas actuasen también sobre las microfaunas y resultara el intento de separación en tramos tan incierto por este método como el exclusivamente petrográfico. Por fortuna, se dispuso de un excepcional número de sondeos perforados en corto tiempo, cortando estas pizarras del Malm, y aunque se temía su pobreza fosilífera, testigos muy bien conservados y manipulados mostraron contener microfósiles, más o menos abundantes, en un 95 por 100 de las muestras estudiadas.

El estudio de los Ostracodos de estas pizarras fué realizado principalmente por H. Kummerow, y se ha tenido la precaución de no dar nombres de géneros ni especies sino cuando sus caracteres están netamente definidos; la mayoría de los ejemplares obtenidos en aquellos sondeos están designados sólo por un número. Entre ellos pueden diferenciarse claramente dos grandes grupos: los pertenecientes a dominio ma-

rino y los que corresponden a un área de aguas salobres o continentales. Los primeros se hallan en las pizarras de Heersumer, y los segundos, en tramo margoso.

Tomando como base la observación hecha sobre los testigos de 20 sondeos, de los que se estudiaron microscópicamente unas 1.000 muestras, quedó claramente determinado que se presenta en el segundo nivel de las margas una fauna de Cyrenidos y Cypridos completamente característica, que falta más abajo por indentaciones con las pizarras, base del infracretáceo marino, y resultó así claramente definido el límite inferior del Wealdense, puesto que la muerte de aquellos crustáceos y lamelibranquios corresponde a invasión del mar infracretáceo.

Estas conjeturas o suposiciones fueron completamente comprobadas al trabajar sobre serie completa de testigos, en tres sondeos de la hoja de Liebenau. Dentro del Wealdense, en las pizarras superiores, y a unos 30 metros bajo el borde inferior del Valendis marino, pudo el citado especialista comprobar un marcado cambio de la microfauna; este cambio se caracterizó por la extinción de Cypris, Cyrenas y sus acompañantes, mientras la fauna salobre, que yace encima, no presenta ninguna relación con la anterior.

Para esta zona en que los estratos inferiores del Malm son margas de delta o desembocadura (Münder Mergeln), la serie superior siguiente está integrada por pizarras con Ostracodos, principalmente Cypridos, que por estos microfósiles de corta vida y su fauna acompañante muestran entre sí estrecha relación, llegando sus bancos inferiores hasta el Kidmeridgiense. No hay, por el contrario, ninguna indentación de estas pizarras, que alcanzan el Wealdense, con las festoneadas — Garnierien Schichten — del Valendis marino. Como deducción final, el Dr. Wicher atribuye al Jura todas las margas y pizarras con microfauna de agua dulce en el



norte de Alemania, y coloca la base del infracretáceo de aquellas regiones en las capas valendinienses de facies salobre.

Terminaremos por hoy estas breves impresiones consignando que en las últimas hojas de carta geológica, 6' latitud por 10' longitud, publicadas—cual la del Hartz, con Clausthal en su centro—, se indica la edad de los terrenos por rayado y tonos de color, señalando también la clase de rocas sedimentarias y eruptivas o ígneas, manantiales y filones metalíferos de aquella clásica región minera.

NOTA BIBLIOGRAFICA.—El eminente geólogo profesor Hans Stille acaba de publicar su importante libro *Einführung in den Bau Amerikas* (Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1940), obra fundamental para el conocimiento geológico de América. El libro, que consta de 717 páginas en 4.º mayor y va ilustrado con 128 figuras intercaladas en el texto, se ajusta al siguiente índice:

EL CAMINO Y LA META

Capítulo I.—*Consideraciones preliminares acerca de la tectónica y de los magmas:*

- A) Consideraciones tectónicas.
- B) Consideraciones magmáticas.

Capítulo II.—*Las áreas continentales precambrianas de América, las fracturas postalgonquinas, sus núcleos y zonas marginales:*

- A) La primitiva Norteamérica.
- B) La primitiva Suramérica.
 1. Brasil.
 2. Patagonia.

Capítulo III.—*La era caledoniana de América:*

- A) Fracturas caledonianas en el sistema de las grandes Apaláchidas.
 1. La era caledoniana en las Apaláchidas propiamente dichas.
 - a) Articulación y formación del ámbito geosinclinal de las Apaláchidas.
 - b) Significación de las fracturas "sárdicas" en las Apaláchidas.
 - c) Las fracturas de la primera fase caledoniana en las Apaláchidas.
 - aa) Las fracturas de la primera fase caledoniana del gran acadiense.
 - bb) Las fracturas de la primera fase caledoniana de la meseta del pie del monte.
 - d) Significación de las fracturas finales caledonianas en las Apaláchidas.
 2. La era caledoniana del sistema "Orachita".
 - B) La región de la Cordillera de Norteamérica en la era caledoniana.
 1. Las cordilleras, con excepción de Alaska.
 2. Las fracturas caledonianas en Alaska y regiones fronterizas.
 - C) Fracturas caledonianas en la periferia norte y nordeste del escudo lauréntico.
 1. Periferia norte del escudo lauréntico.
 2. Groenlandia-Nordeste.
 - D) Fracturas caledonianas en América Central y América del Sur.
 - E) Visión retrospectiva de la era caledoniana en América.

F) La consolidación de las fracturas trasatlánticas de conexión en el transcurso de la era caledoniana.

Capítulo IV.—*La era varística de América:*

A) La era varística de Norteamérica.

1. El sistema de las grandes Apaláchidas.
2. La era varística en las cordilleras norteamericanas.
3. Fase sinorogénica varística en América.

B) Fracturas varísticas de Méjico y América Central.

C) Era varística de Suramérica.

D) Conclusiones acerca de la era varística en América.

Capítulo V.—*Las cordilleras norteamericanas de la era alpina:*

A) El ámbito de las cordilleras norteamericanas en el Triás y el Jura.

B) Las fracturas de tipo alpino (nevádicas) en las cordilleras occidentales de Norteamérica.

C) Desarrollo postnevádico de las cordilleras occidentales de Norteamérica.

D) Las fracturas de las montañas rocosas.

E) Algunas conclusiones acerca del sistema de cordilleras norteamericano.

Capítulo VI.—*La era alpina de Méjico:*

A) Articulaciones tectónicas de Méjico.

B) Méjico anterior (ámbito del Golfo).

C) El Méjico de tipo "nevadense".

D) El Méjico de tipo de las "montañas rocosas".

E) Conclusión acerca del país montañoso mejicano.

Capítulo VII.—*La orogenia centroamericana (mediterráneo) de la era alpina:*

A) Advertencias preliminares.

B) América Central en la era alpina.

C) Los Andes septentrionales.

D) La orogenia conjunta de las Antillas.

Capítulo VIII.—*El sistema andino (extramediterráneo) de la era alpina:*

A) El Triás de los Andes extramediterráneos.

B) El Jura de la región andina

C) El infracretáceo de los Andes.

D) El problema de la formación de las montañas presupercretácicas en el ámbito andino.

E) El supercretáceo andino.

F) Las montañas infracretáceas-paleógenas del "Rot" de los Andes.

G) La fractura principal andina entre el Emscher y el Senon.

H) La formación andina posterior al subherciniano.

J) Ejemplos de fenómenos postandinos.

K) Visión retrospectiva de los Andes.

Capítulo IX.—*Visión retrospectiva de algunas relaciones del conjunto de la cordillera:*

1. El sistema geosinclinal y su localización.

2. Las fases de fracturas de la cordillera.

3. La intensidad de las fases de fractura de la cordillera.

4. Distribución regional de las fases de fractura de la cordillera.

5. Dirección de la propagación, inclinación y dinámica de las fracturas de las cordilleras; el concepto de monoclinal y biclinal en la orogenia conjunta de las cordilleras.

6. Las relaciones dinámicas del geosinclinal de las cordilleras en el cambio de las principales fracturas de éstas.

7. Algunas relaciones magmatológicas.

Capítulo X.—*Algunas consideraciones finales:*

1. Las grandes articulaciones de América.

2. Geosinclinales y fallas como fenómenos continentales marginales.

3. Primeros escudos rígidos como elementos determinantes de la tectónica americana y su posterior acrecentamiento.

4. La muerte de la orthotectónica americana.

5. Resumen de la situación de las fallas.

6. Hundimientos antillanos y anteriores a las montañas rocosas.

7. Tectónica B y D de América.

8. Los planos estructurales americanos y su contemporánea evolución.

9. América y el Atlántico.

Vocabulario de términos usados en el texto.

Índice bibliográfico.

Índice de autores.

Índice de lugares.

Índice de materias.

