

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

17/2.9.1

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO

DE

ESPAÑA

TOMO XLI

TOMO I

TERCERA SERIE

(1920)

MADRID

GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.

BARQUILLO, NÚM. 8.

1920

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

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

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

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

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

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

(Decreto de 28 de Junio de 1910.)

PERSONAL
DE LA
COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO
DE ESPAÑA

Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano (*Director*).
Ilmo. Sr. D. César Rubio y Muñoz (*Subdirector*).
Sr. D. Domingo de Orueta.
Sr. D. Vicente Kindelan.
Sr. D. Luis Santa María y Caminero (*Secretario*).
Sr. D. Alfonso Fernández y M. Valdés.
Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
Sr. D. Agustín Marín.
Sr. D. Alfonso del Valle.
Sr. D. Guillermo O'Shea.
Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
Sr. D. José de Gorostiza.
Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
Sr. D. Juan Gavala.
Sr. D. Pedro Novo y Chicarro.
Sr. D. Alfonso de Alvarado.
Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

PRÓLOGO

El tomo presente da principio a la tercera serie del BOLETÍN, publicación que, como es sabido, cambió de nombre cuando, por Real decreto de 28 de Junio de 1910, se dispuso que en lo sucesivo la Comisión del Mapa Geológico de España se denominase Instituto Geológico.

Abrese el volumen con un acabado trabajo del Ingeniero D. Primitivo Hernández Sampelayo, que se titula *Condiciones geológicas de los yacimientos catalanes de Bauxita*, en el cual se estudia detenidamente la geología de la comarca donde se manifiestan los correspondientes criaderos, se consignan las diferentes clases de minerales, se hace el estudio micrográfico de los mismos, y después de breve reseña histórica, se describen los yacimientos, y se termina con un capítulo referente a la orogenia.

Para completar el trabajo, y con el propósito de establecer comparaciones con los yacimientos de bauxita extranjeros, se reseñan varios de éstos, principalmente

los franceses y norteamericanos, y al emprender luego el estudio al microscopio de las bauxitas, se llama la atención acerca de su gran semejanza con algunas *lateritas* descritas recientemente por J. Morron Campbell, lo que induce a pensar que la formación de las bauxitas haya tenido lugar mediante una *laterización*. Se trata después de las diferentes hipótesis relativas a la génesis de los criaderos, y se consignan interesantes datos relativos a las aplicaciones de los minerales en cuestión, su riqueza industrial, producción y consumo, terminando la obra con un capítulo dedicado a datos económicos.

A continuación del estudio referente a las bauxitas, se inserta un trabajo que, con el título de *Discurso preliminar a la versión española de la obra de Eduardo Suess «La Faz de la Tierra»*, por D. Pedro Novo y Chicarro, Ingeniero de Minas, sirve como prólogo o introducción a la dicha versión de la interesante obra *Das Antlitz der Erde*, original del sabio geólogo austriaco.

Y como a algunos pudiera parecer anómalo el empeño del Sr. Novo de verter al castellano un libro que empezó a publicarse hace treinta y cinco años y ha sido traducido del alemán a otros idiomas, no resultará inoportuno el consignar aquí algunos pormenores pertinentes al caso.

Después de terminado el trabajo por el Sr. Novo, en poco más de tres años, sin ayuda de nadie, aunque aprovechando, naturalmente, las traducciones inglesa y francesa, y en la duda acerca de la bondad de la obra, hubo de demandar el juicio crítico de competentes geólogos españoles. Uno de estos censores ha sido D. Daniel de Cortázar, Académico de Ciencias y de la Lengua, y antiguo e inolvidable Director de la Comisión del Mapa

Geológico, quien manifestó que: «*La Faz de la Tierra* ha sido traducida al francés y al inglés por juntas de los que en Francia llaman *savants* y en Inglaterra *skilleds*, empleando en el trabajo largo tiempo, no sólo por la magnitud de la obra, sino por la dificultad de la interpretación de las ideas del original alemán, en el cual una sintaxis enrevesada se enmaraña con la introducción de una nomenclatura nueva y poco fácil, y de aquí que las dos traducciones citadas, sobre todo la primera, resulten con multitud de pasajes inextricables; y en estas condiciones el Ingeniero Sr. Novo se ha lanzado a verter al castellano el libro austriaco, y lo ha hecho con tal fortuna, que cuantos hablen y estudien en español y sean aficionados a la geología, tendrán guía fiel y exacto conocimiento del libro de Suess, y así llevarán no poca ventaja a los que sólo disponían de la traducción inglesa o francesa, aunque conociesen perfectamente ambos idiomas.

•Sin duda que ha podido ser esto porque el traductor español, en vez de ir vertiendo literalmente el original, ha estudiado con empeño cada frase, y después de haberla entendido por completo, presenta la traducción de ella; lo que se justifica porque en el prólogo con que nuestro Ingeniero de Minas encabeza la versión, se hacen *resúmenes* claros y completos (a pesar de su relativa concisión), de todos y cada uno de los capítulos del original. Además la traducción española se amplía con un abreviado resumen del desarrollo de la Geología en España y noticia de sus cultivadores durante el último medio siglo, para con ello señalar la influencia que ha tenido la obra de Suess en el incremento de las ciencias físico-naturales entre nosotros.

La publicación de una obra extensa con muchos gra-

bados y mapas, como lo es la de Suess, requiere gastos de importancia, y no pudiendo sufragarlos el nuevo traductor para dar a la luz pública la versión castellana, recurrió a las disposiciones vigentes para recabar el auxilio del Estado; y cursada su solicitud, hubieron de informar, según está ordenado, las Reales Academias de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y la Española, elogiándose sin reservas en los dictámenes respectivos la obra del Sr. Novo; y aunque no parezca este lugar adecuado para reproducirlos íntegros, daremos copia de algunos párrafos que, por lo expresivos, merecen conocerse.

Se dice, poco antes de terminar, en el Informe de la Academia de Ciencias, de la que fué ponente el sabio Ingeniero de Montes D. Joaquín M.^a Castellarnau: Con estos antecedentes fácil es juzgar la traducción, al compararla con el original alemán. Desde luego puede apreciarse el singular mérito de los extractos hechos de cada capítulo del libro de Suess, trabajo superior al de traducir todo el texto completo, pues que ha exigido dominarlo en absoluto para condensarlo, sin menoscabo, en una décima parte de extensión, y estos extractos, que no intentaron hacer los traductores franceses e ingleses, son una novedad muy útil, ya que pueden servir de guía para leer sin entorpecimiento la voluminosa obra.»

Por lo que se refiere al mérito literario de la traducción, dice el dictamen de la Real Academia Española, refiriéndose al Sr. Novo: «Es un literato, es un hombre de ciencia de los que continúan la tradición castiza... España ha tenido esa suerte. Soldados, científicos y literatos, se han congregado siempre en familia amorosa, bajo el amparo de las Musas. Y han competido con la elegancia de la frase, en la perfección del estilo, los vie-

jos físicos del tiempo de Felipe II y los farmacéuticos inventores de la era de Felipe IV. Allá en América, cuando la *Descubierta*, cuando la *Evangelización*, frailes, experimentadores, curiales y secretarios de los caudillos, competían en la limpieza del estilo. El sol claro de las Castillas iluminaba aquellos montes. Y entre las batallas y el triunfo, todos escribían, copiando los antiguos y maravillosos estilos del decir español. Bien es verdad que la Reina Santa, la que va a ser santa pronto, la que mereció serlo desde que nació, la dama mayor de Castilla, dijo a su confidente: «Yo espero que, cuando todos hayamos muerto, quede de mi vida y de las vidas de los que me sirvieron, el homenaje del idioma que aprendí sobre la saya de mi madre. Es lindo idioma el nuestro. Él se esparcirá por todo el mundo y no habrá quien lo detenga en su avance. .»

Precioso párrafo es este del brillante dictamen del censor ponente de la Española, Sr. Ortega Munilla, en que aparece puesta en relieve, y por mano maestra, la conveniencia de prestar la debida atención a la corrección del estilo, limpieza de la frase y empleo de lenguaje castizo en las obras de carácter científico.

Sigue a continuación del anterior trabajo, una *Nota acerca de los terremotos ocurridos en las provincias de Alicante y Murcia en 1919*, debida a los Ingenieros D. Vicente Kindelan y D. José de Gorostiza.

Es el escrito resultado de la visita girada por los referidos Ingenieros a la región murciana tan pronto como se tuvo noticia del fenómeno en cuestión. Se consignan en el mismo las series de convulsiones sísmicas observadas durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, y se trata también del origen probable del te-

rremoto en relación con la geología y composición petrográfica de la comarca.

Nuevos antecedentes acerca de la prolongación oriental de la cuenca de Bélmez, es una nota debida al Ingeniero D. Antonio Carbonell, que aporta datos recientes a la publicada por D. Lucas Mallada y el mismo Sr. Carbonell en el tomo XIV de la 2.^a Serie del BOLETÍN. Va acompañada la nueva nota de varios perfiles y un mapa geológico detallado.

El terreno carbonífero de Tamajón, Retiendas y Valdesotos en la provincia de Guadalajara, por don Leandro Pérez Cossio, es un Informe muy completo verificado por este inteligente Ingeniero de Minas mientras estuvo al servicio del Distrito Minero de Guadalajara; y en el trabajo se suman a todos los datos conocidos anteriormente los que directamente hubo de recoger el autor, se hace una reseña histórica, se describe la geología de la comarca donde se encuentran las rocas hulleras, deteniéndose especialmente en la reseña de estas últimas, y se mencionan diferentes sondeos, practicados años ha en busca de capas de combustible, dando noticia además de los diversos vegetales fosilizados que se encontraron en las zonas carboníferas, para deducir la época a que éstas corresponden, y haciéndose, finalmente, algunas observaciones relativas al interés económico que pudiera tener la Cuenca, por ahora sin valor industrial positivo.

Zona oriental de Málaga. Datos sobre su estratigrafía y descripción de algunos yacimientos metalíferos. Es una nota del Ingeniero D. Alfonso de Alvarado, reseña de varios itinerarios por los montes de Vélez y las sierras Almijara y Tejea, en que se trata con alguna detención lo referente a litología, y se seña-

lan varios yacimientos de hierro, manganeso, cinc y plomo, de mayor interés científico que industrial.

Apuntes para el estudio de las rocas de ornamentación de la Serranía de Ronda. Trabajo del Ingeniero D. Enrique Rubio, en que se ponen de manifiesto las excelentes condiciones de algunas serpentinas y mármoles de aquella Serranía para ser aplicados como materiales de ornamentación, y se estudian las propiedades físicas de estas rocas y sus condiciones para la construcción, dando noticia de los sitios en que podrían establecerse buenas canteras en el país.

Ciérrese el tomo con un escrito del Ingeniero señor Miláns del Bosch, titulado *Estudio de los yacimientos de hierro del partido de Riaza, provincia de Segovia, comprendidos en los términos de Villacorta, Becerril, Serracin y Madriguera*. Se refiere este trabajo a unos yacimientos que el autor atribuye, no sin ciertas salvedades, al período diluvial, y que se ofrecen en forma de manto formado por una brecha de cemento ferruginoso que así constituye la mena de hierro.

CONDICIONES GEOLÓGICAS
DE LOS
YACIMIENTOS CATALANES DE BAUXITA
POR
D. PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO
Ingeniero del Cuerpo de Minas.

CONDICIONES GEOLÓGICAS

DE LOS

YACIMIENTOS CATALANES DE BAUXITA

I

Geología.

El área en que se extienden los criaderos de bauxita está constituida únicamente por dos terrenos: Eoceno y Triásico.

El Eoceno está representado por sus pisos inferiores, mientras que el Trias, al contrario, por los suyos más altos. El mapa geológico que ofrecemos es el del P. Almera, aumentado con algunos isleos no señalados y la representación de los criaderos de bauxita.

Los tramos terciarios forman todo el N. O. de la zona, y los secundarios representan el S. E. Los cuatro pisos de los dos terrenos tienden, como todos los isleos de la parte meridional de la provincia, a colocarse en fajas o bandas paralelas y alargadas, con un rumbo N. 40-50° E., que es, en último caso, la dirección del litoral, respecto del cual son paralelos, como líneas concéntricas, los accidentes topográficos y geológicos, evidenciando una potente fuerza directriz que actuase de un modo prolongado.

Los tramos calizos de ambos terrenos son los que ocupan las crestas de las sierras, mientras que los valles están excavados en los materiales más blandos, como arcillas, yesos y areniscas; en uno y en otro caso las calizas son claras, y ro-

jizas las arcillas, y esto hace que al primer golpe de vista tengan mucha semejanza de aspecto los dos terrenos; son, sin embargo, más enhiestos y elevados los crestones de las calizas numulíticas y también más encendidas sus margas y areniscas. Así vemos cómo las sierras de Rubió y de la Costa, se elevan más que las de la Llacuna y Rocamur, y el Clot de Miralles es más rojo y llamativo que los de la Riera Ruidavilles y Puig Cógul.

Las sierras NE.-SO. de la zona que estudiamos son estribaciones derivadas de la del Cadí, y por su paralelismo producen el correspondiente en los cursos de agua que, siguiendo los valles a lo largo de los estratos, van a parar al Llobregat, verdadero eje hidrográfico de la provincia.

EOCENO

Las dos series del Eoceno inferior son: una, la más baja, de estratos rojos, y la otra de calizas. Los estratos rojizos del numulítico inferior, forman toda la depresión marcada por el Clot de Miralles, y representan un piso que ha sido muy debatido en la geología de Cataluña; las rocas que lo integran se ven desde la casa llamada de Escolá, en la carretera de Igualada a la Llacuna, hasta la sierra de la Costa, formando una banda de cerca de 2.000 metros de ancha, algo ofuscada en el centro, por las formaciones cuaternarias del fondo del valle.

Las rocas de este piso son: arcillas, margas, maciños, areniscas y calizas; dominan las arcillas y margas con algún maciño en las hiladas inferiores; en la parte media hay alternancia de areniscas y calizas de grano fino con aspecto lacustre, y son bancos de caliza, con algunas hiladas de are-

niscas rojas, los estratos más altos del tramo, sobre los que descansa la caliza de alveolinas. Como caracteres comunes a todos ellos puede citarse el tono rojizo, muy marcado en las areniscas y arcillas, y la escasa potencia de sus distintos niveles, pues varían de 1 metro a 30 ó 40, siendo muy frecuente el término medio de 5. Las margas y arcillas tienen con frecuencia colores abigarrados en los que domina el tono vinoso, pero también son amarillentas y aun azuladas, enmascarando la estratificación por su disposición en manchones escurridos; a veces las arcillas están cruzadas por vetillas de carbonato de cal, y en ellas hemos visto también delgados lechos de yeso. Estas margas tienen bastante parecido con las triásicas del valle de Mediona, pero, por lo general, están más estratificadas. En algunos sitios, como cerca de C. Bartoli, al pie de Rubió, son macizas y bastante consistentes, dan ligera efervescencia y ofrecen el aspecto de rocas de tránsito entre calizas y bauxitas, pero no dan reacción con el nitrato de cobalto; entre las arcillas y margas blandas de este piso hay algunas vetas y trozos más rojizos y careados, con lo cual aumenta su apariencia a las calizas triásicas.

Las areniscas no suelen pasar de 6 u 8 metros, su color es más uniformemente vinoso y, como más duras que las arcillas, sobresalen en cornisas; en la parte alta de este tramo alternan con las capas de caliza. Algunas tienen color ladrillo, son poco consistentes y están formadas por diminutos granos de sílice unidos por un cemento calizo. Cuando son algo más gruesos sus elementos silíceos suelen pasar a verdaderos conglomerados. Los maciños se encuentran en la vertiente N. O. de la Costa, en las capas terciarias de Mediona y, sobre todo, en la subida de Rubió, continuando hacia el S. el Clot de Miralles.

Las calizas son, quizás, las rocas de este tramo que tienen más variedad de presentación. Con frecuencia su grano

es fino y son algo céreas con la apariencia de las calizas lacustres, pero, por lo general, están interrumpidas por vetas entrecruzadas y más espáticas, en las cuales alternan los colores vinosos con los blancos; en esas porciones es donde suelen ofrecer los aspectos *careados* de la roca que las hacen recordar a las dolomias triásicas.

Hay variedades rosáceas y blanquecinas en bancos compactos, de grano unido, y que pasan de 10 y 12 metros de espesor; no son fosilíferas, como los estratos que hemos descrito en el mismo piso.

Otro carácter común y digno de mención, es que todas estas calizas son arcillosas y ofrecen, en sus distintas clases, los tránsitos a las margas y arcillas; así, por ejemplo, los trozos careados rojos o compactos arcillosos color ladrillo que hemos citado en las arcillas unidas, se encuentran, de un modo idéntico, en algunas calizas.

En la parte alta, antes de la caliza de alveolinas, se suelen presentar las calizas en lechos poco potentes con aspecto rosáceo y amarillento, llevando o no incluídos núcleos espáticos; así ocurre en las cercanías de los afloramientos de Rubió. Todas las capas descritas no buzan del mismo modo en el Clot de Miralles, pues mientras que cerca de Mas Escolá se meten las capas al NO., es, por el contrario, al SE. y muy tendidas como se presentan al NO. de la sierra de la Costa, donde forman acantilado; ese mismo buzamiento, pero más acentuado, es el que tienen en la subida de Rubió.

Estas calizas son las que en el Clot de Llop, en M. Torrens y en Rubió se ponen en contacto con la bauxita; la mancha principal que representa en la zona es todo el valle de Miralles, pasando por debajo de la Costa para formar un asomo al S. de la sierra; otros dos isleos más pequeños al NE., en Pere Sacarrera, y al SO. en Pontons.

El conjunto de estratos descritos ha sufrido varias al-

ternativas en su clasificación; sin embargo, sus cambios lo han sido más bien de nombre, pues su colocación siempre se ha supuesto entre las capas clásicas del cretáceo y las numulíticas.

Son prolongación de los que en la orilla izquierda del Llobregat se superponen a las arcillas muy rojas con nódulos calizos y *bulimus gerundensis*, siendo este fósil, por consiguiente, el determinante en la fijación de las capas que estudiamos. Pasando por alto la larga discusión, desde que el descubrimiento de algunos *lychnus* por el Ingeniero don Eusebio Sánchez y los trabajos de M. Matheron indujeron al geólogo Sr. Vidal a comenzar los estudios de estas capas inferiores al numulítico, nos encontramos con que, esta faja central rojiza, está clasificada de Danés por los Sres. Maureta y Thos y Codina, adoptando el criterio del Sr. Vidal en su estudio sobre el terreno garmnense; posteriormente el hallazgo por el mismo geólogo de la *paludina aspersa* del piso landeniense, dió lugar a que las capas de *bulimus* en litigio y las a ellas superpuestas, que son las nuestras, pasasen a ser consideradas como eocenas, concepto en el que coinciden con el Sr. Vidal el eminente P. Almera y el señor Faura y Sans.

El P. Almera, en su mapa de Cataluña, procura ajustarse a la clasificación de Lapparent, a pesar de lo difícilmente adaptable que resulta la división de la cuenca de París, aplicada a la zona más típica del Eoceno, en su facies mediterránea. Más lógicamente M. Chevallier, en su *Note sur la Géologie de la Catalogne Orientale*, da una clasificación completa del terreno, en la cual los pisos Landeniense e Ipresiense los agrupa en una división *eonumulítica*, la media la equipara a los tramos de París, y en la alta, como *neomulítico*, coloca las primeras hiladas del oligoceno. Por completa y moderna que sea esta clasificación, ya el

P. Faura y Sans comenta, con alguna extrañeza, el encuentro de *neritas* por D. Luis Mariano Vidal bajo las capas de *alveolinas*. Sería largo, y fuera de lugar, buscar el sincronismo en las distintas divisiones que se han hecho de este terreno para Cataluña y discutir los fundamentos que se tengan al equipararlas; nos limitaremos a seguir las más semejantes, apartando las demás.

Sobre el tramo de color vinoso, hemos visto cómo se coloca la caliza de *alveolina melo*, que es, según el Sr. Almera, la representación de la facies marina equivalente al Ipresiense, y queda completada con los bancos de *cerithium* que se sobreponen a las calizas colmadas de *alveolinas* y *miliolites*. Esos bancos de gasterópodos son, sin duda, los equivalentes a los citados por Mallada y Carez en el Eoceno de Huesca. Hasta aquí nos hemos ajustado bien a la clasificación que para el numulítico inferior da el P. Almera en la hoja de Río de Foix y la Llacuna, pero sobre el horizonte de *cerithium* y *náticas* coloca el piso Luteciense, sin citar el nuevo y potente tramo calizo de *alveolinas*, *gasterópodos* y *corales*, que no está especificado más que en la división de Carez, la cual se adapta bastante bien a la sucesión de capas que hemos encontrado, con la diferencia de que las *lucinas* las vemos colocadas sobre el primer horizonte de *alveolinas*. Damos el cuadro de Carez para que se aprecie la equivalencia.

Eoceno inferior: { Caliza de *bulimus gerundensis*.
Areniscas y conglomerados rojos.
Caliza de *orbitolites* y *miliolites*.
Caliza de *lucina corbarica* y de *operculinas*.
Caliza de *alveolinas* y *numulites exponens*.
Margas de *cerithium* y *turritellas*.
Caliza de *alveolinas* (2.º nivel).

El tramo comprobado por nosotros constaría de:

Eoceno inferior. { Caliza de *bulimus gerundensis*.
Areniscas con arcillas, margas y calizas (tramo vinoso).
Caliza con *alveolinas* y *miliolites*.
Calizas con *algas* y *pistas*.
Calizas con *lucinas* y *cyrenas*.
Margas y calizas, bancos delgados de *cerithium*.
Caliza de *alveolinas* con *gasterópodos* y *corales* (2.º nivel).

Las vicisitudes de clasificación se pueden condensar así:

Años	Autores	Clasificaciones	Fundamento
1853	Verneuil.	Triásicas.	Confundido por la proximidad y parecido de estas hiladas con las pudingas rojas del Trias.
1856	Vezián.	Epicretáceo.	Comparación con los terrenos de Languedoc y Provenza.
1857	Vezián.	Eoceno (Montserriense)	Las mismas razones y escasos numulites en las capas altas de los conglomerados.
1861	Bauzá.	—?	Por lo mismo.
1881	Carez.	Eoceno.	Analogía entre las capas de <i>bulimus</i> y las de <i>physas</i> en Montoulieu.
1881	Maureta y Thos.	Danés.	Analogía con las de Berga, clasificadas por el señor Vidal en 1874.
1883	Vidal.	Garumnense.	Analogía con las distintas formaciones catalanas y francesas.
1891	Vidal.	Eoceno.	Por el descubrimiento de la <i>paludina aspersa</i> del parisiense.
1900	Almera. Faura y Sans.	—	—

Prescindiendo de los trabajos anteriores a Carez, pues al exponer sus razones no presumía las discusiones que sobrevendrían, tenemos que, aun clasificándolas este geólogo como eocenas, manifiesta sus temores varias veces al hablar de ellas, puesto que dice: «por arcillas rojas termina el Cretáceo y por arcillas del mismo tono principia el Eoceno», y las agrupa, según las concordancias, con los estratos de uno y otro terreno.

El Sr. Vidal rebate los argumentos de Carez, rechazando la razón geográfica de que puedan ser de distinto terreno las areniscas rojas, según estén en distinto sitio, y por la gran analogía entre las formaciones de la zona norte con la faja central, y la de ambas con las formaciones del alto Garona, propone la equivalencia de las margas con *lychnus* de Berga, de Tremp y del Ródano, con las de *bulimus gerundensis*; de este modo, se suprimían los nombres diferentes según la localidad que ocupen, para estratos análogos y de la misma posición estratigráfica.

El encuentro de la *paludina aspersa* por el Sr. Vidal en Espinalbet, le hizo modificar su acuerdo al ver que se trataba de un fósil de la poco extendida fauna de la caliza de Rilly, en la cuenca de París, y en un yacimiento de la misma disposición estratigráfica. Según esta idea, y como los grupos inferiores con lignitos son indudablemente garumnenses, dividió las hiladas rojas por la caliza lacustre de Valcebre y su análoga de la sierra del Portet, quedando como eocenos los estratos intermedios de la *paludina* hasta la caliza de *alveolinas*; las capas de *lychnus* continuaban clasificadas como del garumnense.

Parece ser, pues, que el único fundamento para volver a considerar las capas de la faja central como eocenas, es la presencia de la *paludina*.

Encontramos artificiosa la división sólo por la presencia

de este gasterópodo y sin razones estratigráficas, mineralógicas o de facies. Además el único fósil de la zona central, *bulimus gerundensis*, no tiene relación con las capas de Berga; así, pues, para nuestro caso, carece de fuerza el argumento paleontológico. Por otra parte, se vuelve a caer en la falta, muy lógicamente señalada en otro tiempo por el Sr. Vidal, de que sedimentos de la misma facies tengan determinación distinta según la localidad; y por fin, equiparadas las margas y calizas de Rognac con *lychnus* a las margas rojas de *bulimus*, resultan no sólo muy parecidas en su composición y colocación de arcillas rutilantes y floreadas, alternando con las calizas en el tramo continental, sino una disposición mucho más similar de los afloramientos de la bauxita de Baux y Arles con los catalanes.

El tramo calizo del Eoceno es la caliza de *alveolinas* que adquiere potencias hasta de 30 metros; pero otras veces apenas tiene 2. En general, es algo granuda y de tono pajizo o ceniciento, aunque tiene trozos en que se hace rosácea y en otros marmórea con vetas de espato. Se presenta en bancos bien estratificados y de no mucha inclinación en la zona que estudiamos. La hemos visto en dos niveles: uno, poco potente, en la Creux, al pie de la sierra de la Costa, en el borde de la carretera, y el otro, muy potente, en la parte alta de la sierra sobre la Cova y la Almunia. En la zona bauxitífera ocupa los altos de las sierras de la Costa y Rubió al O., y al E. las mesetas de la sierra de Orpinell hasta Mediona, baja hasta el mismo pueblo por la margen izquierda del arroyo Ruidevilles y le cruza, con capas dispuestas en anticlinal, por su unión con el torrente Puig Cógul subiendo hacia el Plá d'Atalaya.

El buzamiento y disposición de estas calizas varían en los distintos sitios. En la parte alta de la Costa buza al SE. y dando lugar, sobre la Cova, a un acantilado potente que

tiene una gran torrentera en su pie; en la Creux, junto a la misma carretera, tiene *alveolinas melo* en gran cantidad, y también algunos *lamelibranquios* que parecen *cardium*, buza hacia el N. y se oculta pronto bajo el terreno vegetal.

Capas de cerithium.—Marchando al NO. desde ese pequeño afloramiento de la caliza numulítica, hacia el Clot de Miralles, encontramos, en el camino que va a la Almunia, unas calizas bastas con *algas* o *pistas* casi cilíndricas, gruesas de uno a dos centímetros y largas a veces de un decímetro, formando un entrecruzado; la caliza tiene color amarillento y su colocación es sobre la capa de *alveolinas* señalada buzando en el mismo sentido. Sobre esta capa de *algas* hay otra de margas blancuzcas, muy deleznable, que tienen gran cantidad de *náticas*, *cerithios*, *turritelas*, *lucinas* y *cyrenas* poco determinables en general, siendo la *nática patela*, Desh, la única especie clasificable con precisión; las otras borrosas parecen *cerithum Helli*, Arch, y *lucina sulcosa*, Leym. Las *cyrenas* son también de pequeño tamaño, de un centímetro en su mayor dimensión; la potencia de estas capas no pasará de dos o tres metros, e intercaladas entre ellas encontramos otras muy delgadas completamente formadas de lamelibranquios indeterminables por su estado de aglomeración; son de uno a dos centímetros, y todos conservan su concha de color y aspecto córneo que comunica a la roca ese brillo especial; en el conjunto parecen *ostreidos*, pero algún ejemplar tiene el perfil de los *goodallias*. Encima de esos horizontes fosilíferos vienen unas capas de arcillas con muchos núcleos redondeados, margosos, pero muy blancos y manchadizos. Todas estas capas pasan a rojizas por meteorismo, se convierten en arcilla y se ofuscan con la vegetación del monte; no las hemos reconocido más que en el trayecto de la ca-

rrertera a la Almunia. Sobre ellas, y a mucha más altura, parece descansar la segunda caliza de *alveolinas* que, en posición casi horizontal, buzando ligeramente al NO. forma la meseta (620) de la Costa, con un escarpe grande sobre el Clot de Miralles que parece debido a una falla. El color es gris claro algo amarillento y están llenas de *alveolinas* y algunos *orbitolites*, entre los que quizás haya algún *numulito*; también se ven secciones de *gasterópodos*, *lamelibranquios* y algunos *coralarios*.

En Rubió esta caliza de *alveolinas* se superpone a las hiladas de areniscas y calizas de agua dulce con dirección NE. y buzando al SE., formando una de las ramas del anticlinal del alto de San Magí.

Todas estas calizas eocenas son margosas casi siempre y marmóreas en trozos, suelen tener paso lateral a otras más margosas rosáceas y con núcleos careados.

El último sitio en que hemos encontrado la caliza de *alveolinas*, dentro de la zona bauxitífera, ha sido en Mediona.

Desde las cercanías del Mas Bolet, donde está la brecha de bauxita, se encuentra, hacia Mediona, la caliza de *alveolinas*, con pocos metros de potencia, dispuesta casi horizontalmente sobre las cañiolas (510) y calizas margosas que contenían los depósitos de bauxita. Esta caliza forma los altos de la sierra de Orpinell que, según esto, es eocena en parte y no totalmente triásica, como marca el plano del P. Almera. Esta misma caliza parece ser la que pasa hacia Puig-Fred y se enlaza con la sierra de Rocamur.

En todo el trayecto de Mas Bolet a San Juan de Mediona están las calizas de *alveolinas* sobre las cañiolas, y luego otras arenosas y de facies de agua dulce más inferiores; debajo de ellas otra vez las cañiolas rojizas, y termina el tramo en la base con margas irisadas.

Al otro lado del río, en Mediona, tienen las calizas eocenas una colocación inversa, pues se las ve superpuestas y concordantes con las de *fucoïdes* del Trias. Los estratos de Mediona, recubiertos en parte por una brecha-pudinga cuaternaria horizontal, buzan próximamente al O.

La caliza eocena tiene muy escasos ejemplares de *alveolinas* y pasa lateralmente conservando su aspecto exterior, a contener gran número de *gasterópodos* pequeños, que no hemos podido determinar, *artejos de crinoides*, en forma de estrellita pentagonal y espatizados en su mayoría, y, por fin, también se descubren en muchos sitios de la roca un gran número de diminutos cantitos redondos, como oolitos; la fractura es gris o negruzca con vetas espáticas.

Recurriendo al examen microscópico para comparar las calizas de la Costa y Mediona, vemos en la de la Costa que la caliza se encuentra en estado amorfo y corpuscular, y únicamente en los fósiles grandes se ve algo de espato; cuando esto ocurre, también suelen encontrarse algunos granos de cuarzo y más escasos de talco. Los fósiles son *alveolinas* con sus secciones de fino punteado, algún *orbitolite* y abundantes *foraminíferos* de menor tamaño, como *miliolites*, *biloculinas*, *triloculinas* y *quinqueloculinas*, *globigerinas conglomeratas* que se aprecian mejor que ninguna otra sección y pocas *nodosarias*.

La caliza de Mediona sobre la de *fucoïdes* es de color y aspecto como las de la Costa; son, en ella, muy escasos los grandes *foraminíferos*. La presentación de la caliza también es nubosa como materia caolinizada y arcillosa. Los fósiles que dominan son *globigerinidos*, algunos de los cuales, de cámaras conglomeradas, permiten establecer la identidad con la caliza de la Costa; también contiene algunas figuras ovales que parecen diminutos embriones de *alveolinas*, oolitos y algunas *nodosarias*.

Este aspecto finamente moteado que, en la superficie, le dan los *miliolites*, es uniforme y no queda alterado más que por los granos blancos de los pequeños *crinoides*, que destacan entre ellos; la facies con los *gasterópodos* domina en las rocas próximas al río. La de *miliolites* y *crinoides* la encontramos en pequeños manchones aislados sobre las rocas triásicas, y citaremos los siguientes parajes: en Puig-Fred, subiendo la sierra de Rocamur (540), y en las primeras capas que forma la sierra de la Llacuna. Estas calizas, particularmente en la subida a Rocamur, tienen pasos a cañiolas unas veces, pero también lo hacen a pudingas de elementos pequeños y a brechas, algunos trozos de las cuales son de la caliza de *fucoïdes* triásica. También hay un pequeño manchón cerca del castillo de Rocamur.

Por último, una presentación de la caliza eocena que merece la pena de señalarse, es la de calizas litográficas algo margosas de color café y que las hemos visto en el recorrido de Mas Bolet a San Juan de Mediona.

TRIÁSICO

Todos los isleos se extienden hacia la parte S. E. de la región bauxitífera; en ellos no está representado más que el Trias superior en sus dos tramos de areniscas abigarradas y calizas supatriásicas. Negado el tramo superior por Carez y afirmado después por Thos y Codina fundándose en razones estratigráficas y de analogía, queda hoy fuera de duda la suposición de Vezian, que fué quien primero comparó las calizas tabulares de esta zona con las de San Cassian en Tirol, por la presencia de la *nática gregaria* y pequeños *lamelibranquios* formando una faunela que recuerda

la contenida en los estratos tiroleses. Estas calizas triásicas tienen dos aspectos muy distintos: amarillentas tabulares con nácticas, o más potentes, menos estratificadas y colmadas de *fucoïdes*.

Las calizas de la sierra de la Llacuna dominan particularmente en la parte alta. Son tabulares y sus lisos, bien determinados, varían de medio a varios centímetros de espesor. Su color es pajizo claro, dan efervescencia fácil con los ácidos y olor de arcilla con la humedad. Son de grano fino e igual, pero producen aspereza como si fuesen arenosas. Con frecuencia son fosilíferas, distinguiéndose su fauna por el tamaño pequeño. Alternan estas calizas margosas tabuladas con las calizas de *fucoïdes*, que son más potentes y menos estratificadas.

Los fósiles de estas calizas se caracterizan como triásicos por la *náctica gregaria*, que es muy abundante; domina en toda la parte alta de las sierras de la Llacuna y Rocamur, abundando los fósiles hacia el paraje llamado la Casilla, o sea sobre los *fucoïdes*, pero también hemos encontrado la náctica en Font Ciutora, debajo de los *fucoïdes* y en el fondo de la riera de Ruidevilles, casi al pie de la Serra da Costa. Estos diminutos y abundantes fósiles, cuya dimensión corriente, de largo, será de 4 a 6 milímetros, están unidos a otros *lamelibranquios*, también de pequeña talla, y entre los cuales se distingue con seguridad a la *posidonomya minuta*, Albert, y otros varios que no pudimos distinguir específicamente, como *mytilus*, una *ostrea* de tamaño reducido, algunas *gervillas*, *núculas*, *myophorias* y *aviculas* de quilla poco marcada, de costillas finas y radiales, acompañadas de *lingulas*.

Cerca del alto del castillo se hacen las calizas más careadas y dolomíticas, estando colmadas de *núculas* y *nácticas* que se destacan en la fractura con brillo algo céreo.

Las calizas de *fucoïdes* tienen su máximo desarrollo en la sierra de la Llacuna, se atraviesan desde el pueblo de este nombre hasta la cima de la sierra en que se les superponen las tabletas de *nácticas*; tienen, pues, una potencia que no bajará de 300 metros. Son bastante margosas, menos estratificadas en algunas partes, de color amarillento a gris con desigualdades de tono y aspecto; suelen estar colmadas de *fucoïdes* que se destacan por su color más oscuro. Esta desigual constitución es la que produce una alteración, también desigual, con la serie de los tránsitos a calizas con oquedades, verdaderas carñiolas. La potente masa de calizas de *fucoïdes* alterna en la sierra de la Llacuna con las tabulares de *nácticas*, y se puede comprobar en Font Ciutora donde los lisos de calizas con *gasterópodos* son muy margosos y se colocan debajo de la caliza de *fucoïdes*, mientras que en la parte alta de la sierra son las tabulares con *nácticas* y pequeños *lamelibranquios* las que se sobreponen a todo tramo.

Las calizas de *fucoïdes* las hemos encontrado *in situ* formando el anticlinal de las sierras de la Llacuna y Rocamur, y también a orillas del río de San Juan de Mediona; en trozos sueltos tienen un área abundante de repartimiento, y se encuentran con las carñiolas, arcillas y yesos, es decir, en los isleos triásicos. En forma sabulosa constituye la bajada hasta Montori, y también por la parte de Mediona desde el alto de Bolet hasta el borde del río, en el pueblo de San Juan.

Los *fucoïdes* tienen en la roca distribución, formas y tamaños sumamente caprichosos y variados, como puede verse en la lámina I.^a Estos fósiles parecen tener una división transversal; sólo en algún ejemplar aislado nos ha parecido descubrir una textura fibroso radial.

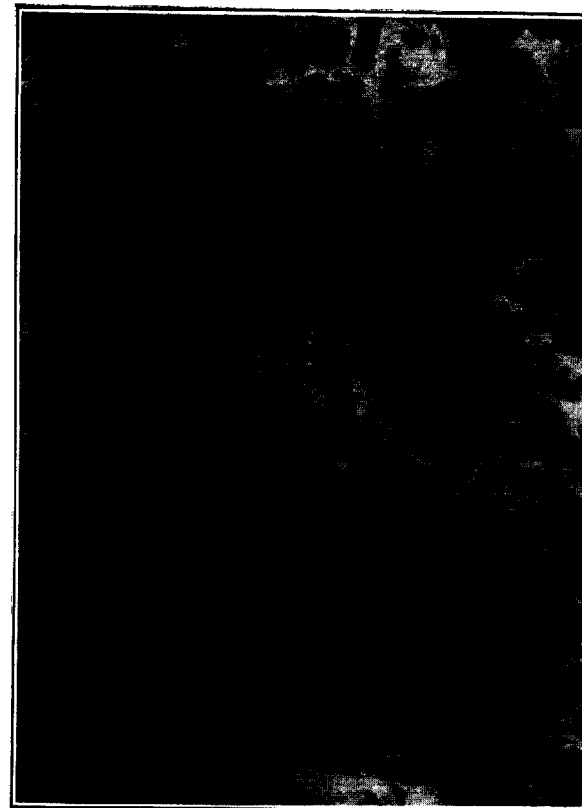
El otro tramo del Keuper representado se compone de arcillas abigarradas formando hiladas de areniscas y arci-

llas rojas con yesos intercalados; tiene una estratificación muy confusa y trastornada y está con frecuencia muy unido a las calizas cavernosas y carñiolas en que se transforma la caliza de *fucoides*.

Esta misma serie de arcillas, areniscas y yesos diversamente coloreados, representan, en general, el Keuper o margas abigarradas que forman el tramo superior del Trias y al que se suponen superpuestas las calizas de *fucoides* y *náticas*; sin embargo, en la zona que estudiamos, parecen colocarse las arcillas y yesos sobre las calizas tabulares rellenando los inclinados señalados. Así, vemos cómo el tramo de yesos y arcillas ocupa los dos valles paralelos de Riera Ruidevilles y Montori a los dos lados de la sierra de la Llacuna, a la que acompañan de N. E. a S. O. Todos los fondos que en esas depresiones podemos encontrar como más inferiores son de caliza de *fucoides* o *náticas*; tal ocurre en el torrente de Ruidevilles, antes de llegar al árbol centenario de la mina «Diana», marchando desde la Llacuna, en donde las calizas tabulares están casi horizontales; en Montori y Puig-Fred también se encuentra de fondo la caliza de *fucoides*, y lo mismo ocurre en el río de Mediona.

Es decir, que la mayor denudación está producida, como es natural, en los estratos más blandos del Trias, quedando los valles en el tramo abigarrado, mientras que en las alturas y en los fondos encontramos las calizas que resisten a la erosión.

En ambos valles triásicos, en varios sitios, se ven superponerse las margas y yesos a las calizas, y por las dos razones creemos debe admitirse que encima de las calizas del Trias se superpone, en esta zona, otro tramo abigarrado de arcillas, yesos y areniscas; es decir, que creemos que las calizas de *náticas* y *fucoides* se encuentran entre dos formaciones abigarradas semejantes.



SIERRA DE LA LLACUNA
Caliza triásica con *fucoides*.



SIERRA DE LA LLACUNA
Caliza triásica con *fucoides*.

Es precisamente en el tramo de arcillas, en su contacto con la cañiola y caliza transformada, donde se encuentran más asomos de bauxita: Espina Gosa, Montori, Puig-Fred, Puig, Mas Bolet y Moranta; en varios sitios de esos (Puig-Fred, Mas Bolet), en piedras sueltas, se encuentran calizas con oolitos, testigos de las capas eocenas que recubrieron toda la formación triásica. En realidad, esas calizas, como las que hay en la base del pueblo de Mediona, se parecen mucho, pero no llegan a establecer su identidad con las de la Costa. Al microscopio, tiene la caliza aspecto arcilloso, excepto en las secciones de los grandes fósiles que contiene en relativa abundancia; en ellos se presenta como calcita, con cruceros bien marcados, y en plaquitas, algunas con maclas. Las demás figuras, representadas con profusión en la preparación, son óvalos muy diminutos e iguales sin ninguna complicación y con frecuencia faltos de materia; algunas secciones alargadas recuerdan los *orbitolites*, pero en realidad no se puede establecer identidad de esta caliza con la de la Costa por medio de los restos fósiles.

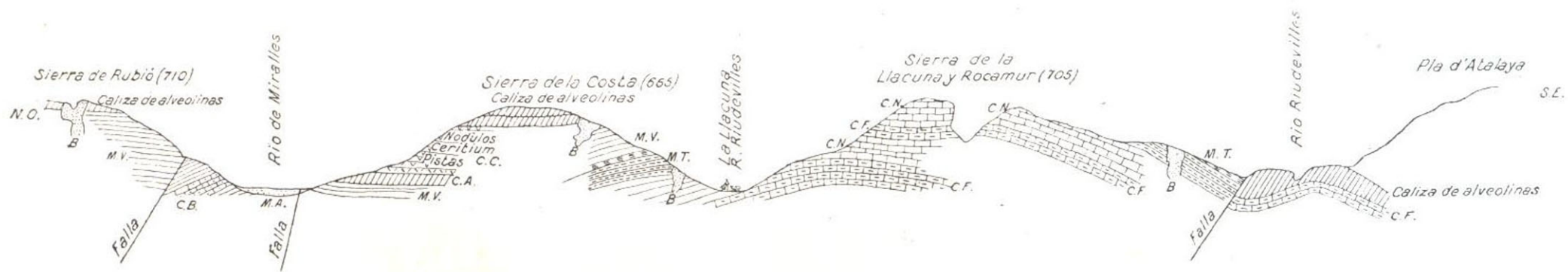
En la de Puig y Puig-Fred la materia caliza es nubosa, como algo mezclada con arcilla. Está colmada de pequeños elementos iguales redondeados y elípticos, de la misma forma y tamaño que los de la caliza de Mediona, en general son de medio milímetro; de poca complicación y únicamente hacia los bordes exteriores del oolito, único sitio donde suelen conservar materia desprendida del centro, es donde parecen descubrirse líneas de concentrismo. Entremezcladas con estos oolitos van secciones aplastadas, como de *orbitolites*, con una disposición de caliza bacilar en líneas perpendiculares a una línea o canal que cruza el elemento alargando en su medio según su largo. Parecen iguales a la de Mediona.

Los yesos y las areniscas rojas no suelen tener hiladas de potencia, pero sí las arcillas que representan la mayor parte del tramo y son con frecuencia margosas de consistencia muy variada. En cuanto a las carniolas que se encuentran en este tramo, parecen formar un horizonte superior, pero otras veces pasan lateralmente a las calizas de *fucoides*; en general, tienen un aspecto triásico muy marcado, amarillentas y rojizas con huecos y vetas marmóreas.

CUATERNARIO

Las rocas cuaternarias de mención especial, son: una toba muy porosa cimentando muchos trocitos de yeso y trozos calizos de distintas clases, cerca de la casa llamada el Pas, junto al río Miralles, y una brecha cuaternaria con trozos grandes de calizas triásicas y terciarias en San Juan de Cunillas, también muy cerca del río. En general, el cuaternario está representado por arcillas con o sin cantos rodados, dando lugar al verdadero aluvial del fondo de los valles.

CORTE GEOLÓGICO DE LA ZONA BAUXITÍFERA



B Bauxita *M.A.* Margas aluminosas cuaternarias
C.A. Calizas de alveolinas (Facies marina)
M.V. Maciños y margas viñosas (Facies agua dulce)
C.C. Calizas de *Ceritium*

} Eoceno

C.B. Margas y calizas de braquiópodos - Secundario
M.T. Margas Triásicas y carniolas
C.N. Calizas de naticas
C.F. Calizas de fucoides

} Triásico

II

Corte geológico de la zona bauxitífera desde Igualada a Mediona.

Desde Igualada, cuya cuenca está excavada en las margas azules de *orbitolites* y *operculinas*, coronadas por cornisas de maciños más consistentes (1), se va descendiendo en la serie eocena: primero se encuentran estratos calizos amarillentos con *numulites striata*, *coralarios* y algunos *gasterópodos* y, como más inferior, un potente tramo de calizas y margas de color gris con *numulites perforata*, *Lucasiana*, *exponens*, etc., *ostreas*, *pecten*, *arcas* y otros *lamebranquios*. En este tramo inferior los estratos se suelen cargar de granos de cuarzo convirtiéndose en verdaderas areniscas oscuras, conteniendo pistas de *anelidos* y, en general, bastante fosilíferas. La mayoría de las veces las capas buzan al N. o al N. O. y presentan, en cambio, acantilados y escarpas, como la que soporta el castillo de Miralles, hacia el S. y S. E. formando escalones que, separando los valles, corren en el sentido de los estratos, que es el de los isleos geológicos. El aspecto de las cortaduras señaladas es el de fallas, lo cual concuerda con la repetición de estratos, único modo de explicar el desarrollo que alcanzan desde Igualada hasta casa de Escolá, pues aun suponiendo, según Carez, que su potencia sea de unos mil metros, cantidad que se doblaría próximamente por la inclinación de

(1) Sobre ellas descansa el castillo de Montbui.

los estratos, hay que tener en cuenta que se recorrerán unos cinco a seis kilómetros perpendicularmente a la dirección de las capas, y solamente admitiendo repetición de fallas, se pueden hacer concordar ambas ideas.

La sierra de Sagarreros, donde está el yacimiento de Rubió, es la prolongación al O. de las primeras hiladas del Eoceno y ya pertenece a la zona bauxitífera. Toda la parte alta está formada por las calizas de *alveolinas* y otras algo céreas y de grano fino que parecen las primeras tongadas inferiores de agua dulce; todo este tramo buza al S., corre hacia el S. O. tendiendo a formar un anticlinal, y contiene el asomo de bauxitas de Rubió. Casi todo el mineral es rojo en su parte exterior, más blanco en su interior y siempre de grano algo áspero, menos en su envoltente pizarrosa y caolinizada, que se pone en contacto con la caliza, la cual toma un tono rosáceo en sus litoclasas, y este carácter sirve para seguir los asomos en cerca de 200 metros al E.

Debajo de esa caliza, y poco antes de llegar al valle, empiezan las areniscas vinosas y margas de colores abigarrados; su disposición es horizontal en este sitio, y han sufrido grandes erosiones. El color rojo se transmite a todo el valle de Miralles y apercibe, desde lejos, de un cambio de terreno; son los discutidos estratos de la banda central que atraviesan la provincia de N. E. a S. O. con anchos variables de uno a cuatro kilómetros.

El valle de Miralles se hace notar no sólo por su color, sino por la depresión especial que marca la topografía. Los estratos vinosos parecen en discordancia con las calizas del Eoceno superiores a ellas, no solamente en Rubió, sino cerca de la carretera: presumimos que este valle representa una línea de hundimiento, y la figuramos por una falla.

Todo el Clot de Miralles, hasta las primeras hiladas de *alveolinas* de la sierra de la Costa, está excavado en el



VALLE DE LA LLACUNA.—Mirando al Norte: En primer término, la caliza de *fucoides*; al fondo, el valle triásico y las sierras eocenas.



VALLE DE LA LLACUNA.—Mirando al Norte: En primer término, la caliza de *fucoïdes*; al fondo, el valle triásico y las sierras eocenas.

tramo rutilante, pero merece citarse un pequeño asomo de calizas que muy cerca de la carretera provincial en su parte N., frente a la casa de Font, está colmado de *lamelibranquios* en su mayoría *ostreidos*. La roca en el banco inferior es muy cérea, de grano fino con tono gris, mientras que en el superior es más granuda y rojiza.

La facies del isleo parece de un terreno distinto a los que en aquella zona hemos reconocido, quizás Jurásico.

El Cuaternario del fondo está representado por arcillas coloreadas, y por rocas aglomeradas de detritus yesosos y calizos.

El tramo de margas y calizas rojizas forma, siguiendo siempre al S. E., toda la subida de la sierra de la Costa, destacando como cornisas los estratos más duros, que son los calizos y algunos areniscos. Esta serie que, al N. E. de la sierra llega hasta la cima, apenas se descubre en el monte al S. O., en el sitio conocido por Creux, donde, desde el mismo pie, se encuentra la caliza de *alveolinas* que es, en definitiva, la que corona el tramo del Eoceno inferior.

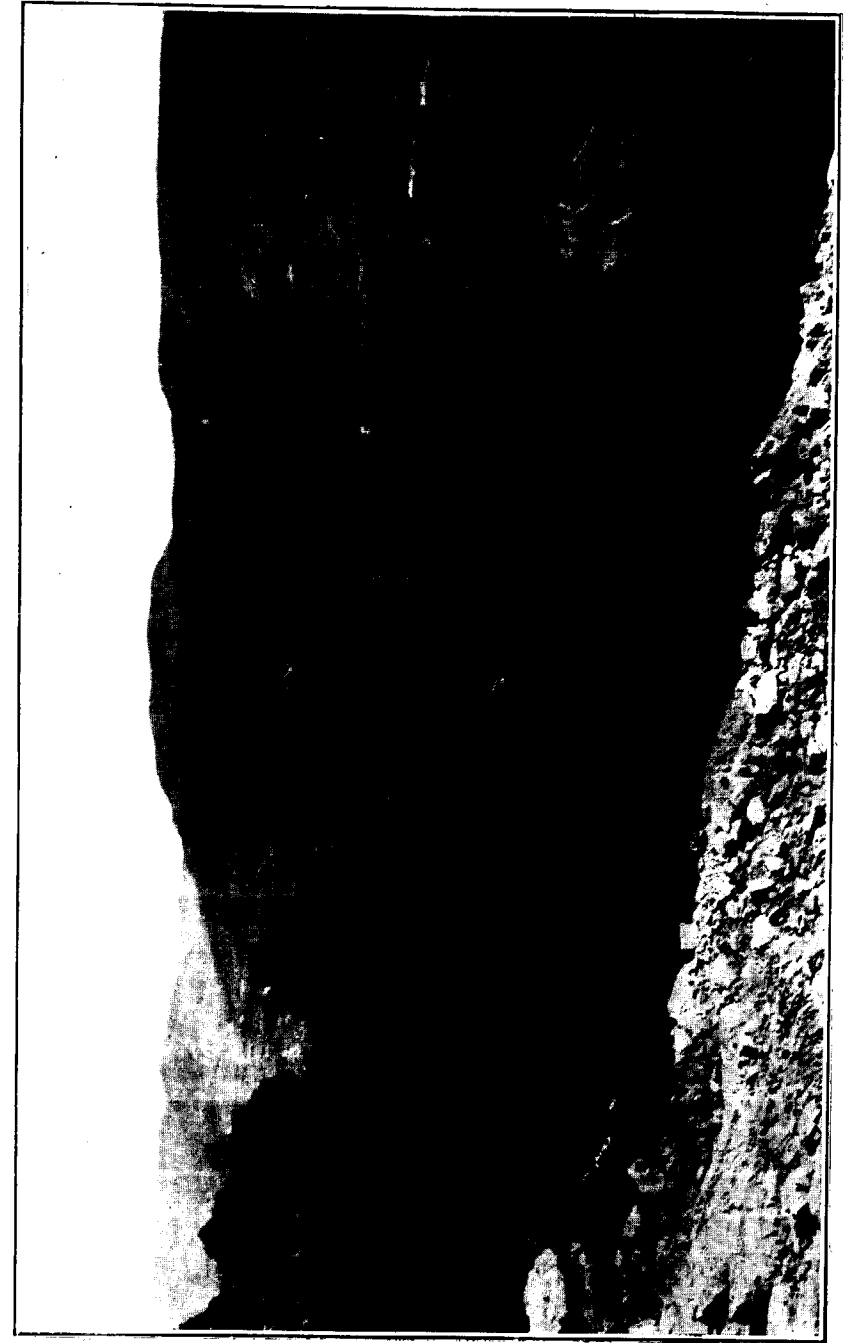
Superpuestas al primer nivel de *alveolinas* vemos, con poca potencia, los siguientes lechos: calizas bastas con *pistas*; margas deleznales con *náticas patela* y *cerithium*; capas de *ostreidos*; margas con nódulos blancos cretosos, y sobre ese horizonte especial descansa la formación más potente de caliza de *alveolinas* que constituye la planicie del alto. En el acantilado de la Cova parece marcarse una falla. En la bajada, mirando al S. E., encontramos los yacimientos de bauxitas del Clot de Miralles, encajados en las calizas altas, y aunque en su contacto parecen careadas por partes, como cañiolas, se las ve pasar lateralmente a las calizas eocenas: tal ocurre en el Clot de Llop y sobre la mina «Diana». Al otro lado de la sierra, frente a los Vilatas, se vuelve a ofrecer la serie de margas y calizas algo mar-

móreas del Eoceno lacustre, que llegan hasta el pie del monte en el valle Ruidevilles. Por esa razón rectificamos el plano del P. Almera en este sitio, señalando un isleo del Eoceno inferior.

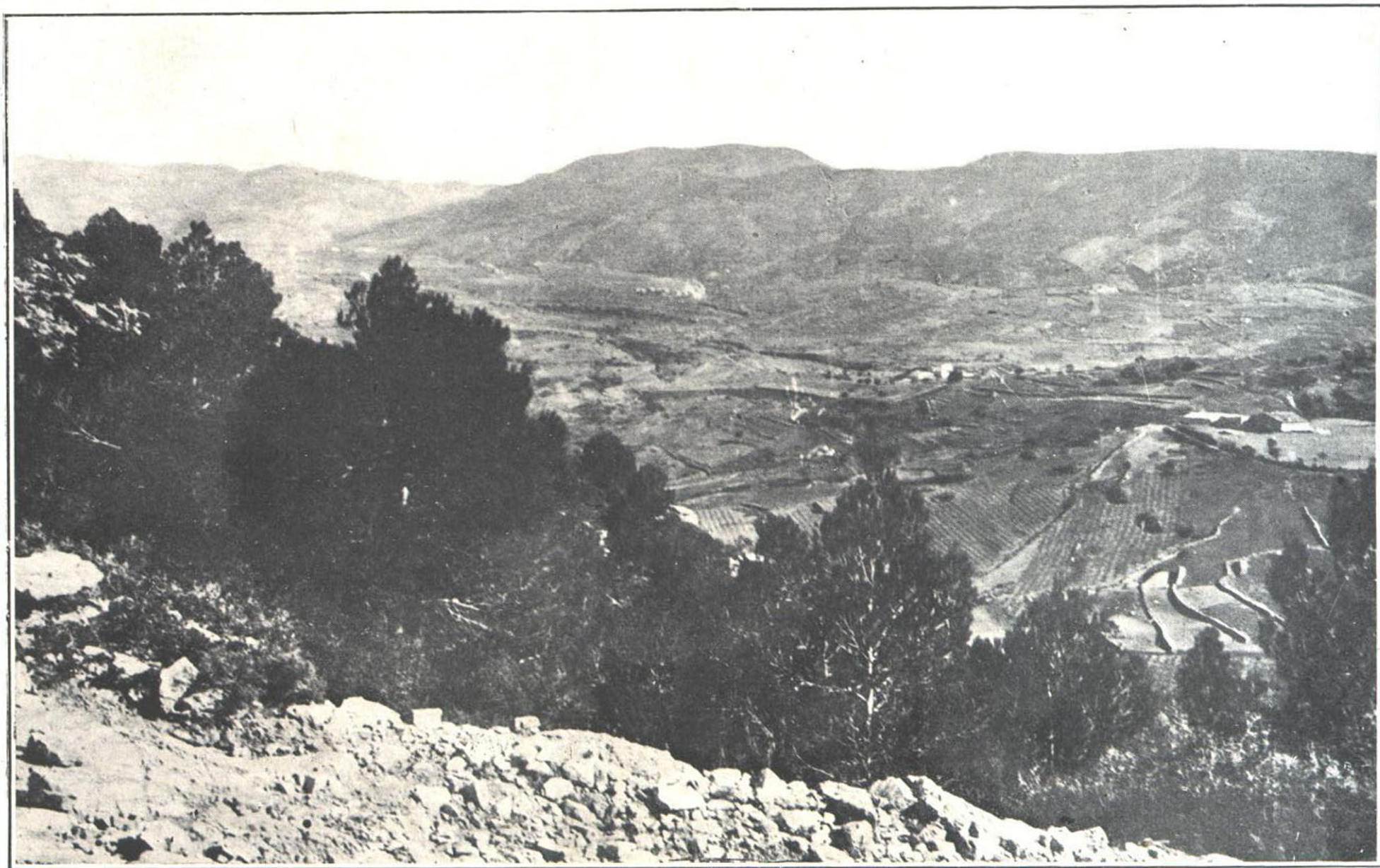
Desde el camino de Fanfragona, que bordea el pie de la Costa, encontramos cañiolas que, por su aspecto y colocación, corresponden con el horizonte de calizas careadas en la parte alta del Trias, al que suponemos pertenece. Estas calizas son las que, en la bajada del Clot del Llop y en Mas den Torrens, encierran varios asomos de bauxitas, con los que se pone en contacto y adopta pasos intermedios.

El valle de Ruidevilles, desde el Puig a la Llacuna, está apoyado sobre calizas triásicas, la mayor parte de las veces cañiolas, pero también se descubren en varios sitios del torrente las calizas tableadas de *nática gregaria*, límite inferior de la denudación que excavó el valle; los yesos se encuentran en pocos sitios, pudiendo citar las proximidades de la Llacuna.

El límite S. del valle de Ruidevilles es la sierra de la Llacuna, que recibe el nombre de Rocamur en su prolongación al N. El anticlinal que figuran es muy suave, pero está muy bien marcado; las calizas de *fucoides*, las más inferiores que se encuentran, alcanzan una potencia de 40 a 50 metros con alguna pequeña falla y alguna intercalación de areniscas; en la parte alta de la sierra se disponen las calizas casi horizontalmente, por lo que las cortadas y quiebras que en ellas se han producido dejan macizos caprichosos y de gran estabilidad por sus lechos horizontales; en el sitio más áspero que producen se levanta el castillo de Mager. En la parte alta están las calizas tableadas con *nática gregaria*, pero como en Font Ciutora, paraje próximo a la Llacuna, he encontrado las calizas de *náticas* a un nivel inferior, hay que suponer que alternan ambos horizontes.



VALLE DE MEDIONA.—Mirando al Sur: En primer término, la caliza de *náticas*; al fondo, el valle triásico y el «Plá d'Atalaya».



VALLE DE MEDIONA.—Mirando al Sur: En primer término, la caliza de *naticas*; al fondo, el valle triásico y el «Plá d'Atalaya».

Desde los altos de la Llacuna se abarca el valle triásico del Torrente Puig Cógul, es rojizo como el de Miralles, pero de tonos más apagados.

Abundan en él los yesos y margas abigarradas con alguna arenisca, y muchas calizas careadas formando el nivel más alto; en esta potente formación, que sin duda comprende algunos cientos de metros, encontramos varios asomos de bauxita, los cuales, en cualquier sitio que se consideren, están en contacto con las carniolas de la parte superior. Este tramo yesoso forma barrancos ásperos por la denudación, cuyo fondo suele estar representado por la caliza de *fucoides*, de la cual se ven abundantes retazos *in situ*. Del mismo modo que en la sierra de la Costa, sobre las calizas triásicas, se colocan las eocenas, pero en este caso no son las de aspecto de agua dulce, sino las marinas de *alveolinas*; esta superposición se percibe bastante bien desde la sierra de Orpinell, hasta el pueblo de Mediona.

Antes de llegar a las casas (390) la caliza de *alveolinas* se coloca sobre la de *fucoides*, y ésta a su vez, sobre el tramo yesoso. En el río que pasa por Cunills y en su margen izquierda, se ve cómo la caliza de *alveolinas* se coloca inmediatamente encima de la de *fucoides* en un anticlinal suave, como demostración del movimiento transgresivo del mar eoceno. Por esta razón hacemos en estos sitios otra modificación al plano del P. Almera.

III

Minerales.

CLASE Y ESTUDIO MICROGRÁFICO

Recibe el nombre de bauxita la mezcla de hidratos de alúmina y de hierro con otras materias extrañas; la proporción en que entran los hidratos es variable, y variable es también la cantidad y número de las impurezas, cuya presencia es regla precisa.

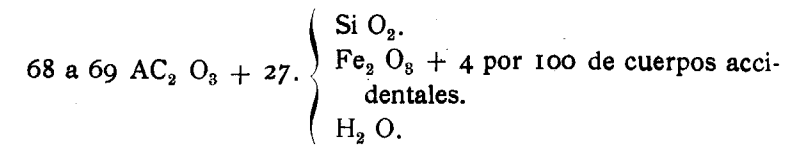
Como, por otra parte, su estructura es siempre amorfa y nunca cristalizada, se hace violento aceptarla como especie mineralógica.

Autores tan importantes como Dufrenoy, Fischer y Zirkel la consideran como producto de alteración o mezcla más o menos definida de los diversos hidratos; otros, como Groot y Lapparent, llegan a formularla, pero en este caso habría que dejar sin incluir a todos los tipos intermedios, desde la especie pura hasta las arcillas, las calizas o el mineral de hierro, que son los límites a que tiende y se asemeja su composición.

Este mineral se supone descubierto por Berthier el año 1821, pero en realidad este autor no hizo sino analizar las muestras de las rocas de Baux, ofrecidas por M. Blavier, y las llamaba «muestras de un mineral de hierro semejante por su aspecto y su yacimiento a los minerales llamados de aluvión». El nombre de bauxitas aparece por primera vez

el 1856 en la *Mineralogía* de Dufrenoy (2.^a edición), pero no fué bien conocido ni se extendió a la bauxita blanca hasta el 1873 por las investigaciones industriales de M. Laur, que parece ser el primero que, dándole este nombre, ha considerado la bauxita en su verdadero valor.

M. Laur, después de haber analizado millares de bauxitas en Francia, cree que la fórmula centesimal podrá escribirse:



por haber observado que la cantidad de alúmina anhidra variaba de 65 a 70 de alúmina anhidra, aproximándose a 27 por 100 la suma de los tres elementos variables: agua, sílice y óxidos de hierro; a esos cuatro elementos, que son de constitución, hay que sumar un 4 por 100 de impurezas que vienen a representar los cuerpos accidentales; al hidrato de titanio, como la más frecuente e importante, hay que agregar: vanadio, sodio, potasio, cobre, hierro, cromo, níquel, plomo, plata, talio y trazas de indio.

Esa simple enumeración hace sospechar la diversidad de sus orígenes y confirma que la impureza es la regla en este mineral mezcla de hidratos; la variabilidad de su aspecto, de su color, la imprecisión de su forma, son consecuencias forzadas de sus diversos orígenes.

La importancia industrial de la bauxita depende de su aptitud para producir alúmina pura, pues es en tal forma como sirve mejor, no solamente para la obtención del metal, sino para fabricar las diferentes sales de aluminio y para esmeril artificial. Con este criterio, se dividen en blancas y rojas; se llaman blancas cuando es la sílice el elemento per-

judicial dominante, y rojas cuando lo es el sexquióxido de hierro.

El fundamento de esta distinción está en el carácter ambiguo de la alúmina, unida en parte a la sílice en las menas blancas, como base, formando silicatos, y en cambio, actúa en las rojas como ácido uniéndose al hierro. Las bauxitas blancas son difíciles de purificar, y por esto se prefieren las rojas, en las que se acepta hasta un 17 por 100 de óxido de hierro.

Para ser una buena mena, su tanto de alúmina no debe descender de 57 por 100, y no pasar de un 3 a 5 por 100 de sílice.

Las muestras que pudimos tomar mejor fueron las de Montori, sobre unas 500 toneladas arrancadas, y sus resultados fueron:

Muestra más blanca.	Muestra más roja.
Si O ₂ 9,40	Si O ₂ 8,50
Ti O ₂ 0,96	Ti O ₂ 0,90
Fe ₂ O ₃ 7,00	Fe ₂ O ₃ 15,60
Al ₂ O ₃ 68,19	Al ₂ O ₃ 60,40
Ca O 0,40	Ca O 0,80
Mg O 0,10	Pérdida 13,60
Pérdida 14,10	

En los demás afloramientos se tomaron las muestras sobre menor cantidad de mineral, y los resultados son más variables y acusan mayor proporción de materias nocivas.

El mejor análisis corresponde a la mina «Diana», llamando la atención la cantidad acusada de titano; la bondad de ese análisis no parece representar por completo el término medio de aquellas menas:

Si O ₂ 3,70	● Fe ₂ O ₃ 8,15
Ti O ₂ 4,65	Al ₂ O ₃ 68,70
Pérdida 14,15	

Los minerales de Torrents y Clot del Llop, que son los que siguen a continuación, acusaron:

M. Torrents.	Clot del Llop (mineral rojo).
Si O ₂ 11,50	Si O ₂ 14,60
Ti O ₂ 3,76	Ti O ₂ 2,26
Fe ₂ O ₃ 4,00	Fe ₂ O ₃ 20,72
Al ₂ O ₃ 68,03	Al ₂ O ₃ 49,62
Pérdida por calcinación 12,50	Pérdida por calcinación 12,60

La sílice sigue aumentando en los minerales de Puig Fred (mina «Nieves»):

Si O ₂ 27,35
Ti O ₂ 1,50
Fe ₂ O ₃ 1,90
Al ₂ O ₃ 52,75
Pérdida por calcinación 14,15

Las muestras corresponden a los extremos del criadero Mediona al N. E., y Rubio al S. O.; tampoco podría tomarse como promedio:

Moranta (Mediona).	Rubió.
Si O ₂ 38,60	Sílice (Si O ₂) 18,30
Ti O ₂ 1,37	Ácido titánico (Ti O ₂) 1,37
Fe ₂ O ₃ 20,73	Óxido férrico (Fe ₂ O ₃) 18,80
Al ₂ O ₃ 22,30	Alúmina (Al ₂ O ₃) 48,52
	Pérdida por calcinación 11,93

Ambas son muestras rojas y muy silíceas, que es lo que ocurre en general con los afloramientos, como en Peña Vidal, Salt del Gos, etc., y la explicación es que están tomadas las muestras en la superficie, donde domina la envolvente caolinizada que suelen tener los crestones, y además la mayoría de los análisis citados en los estudios y noticias

de las bauxitas catalanas no tienen valor representativo de la ley media de los crestones a que se refieren, por ser la toma sobre poca cantidad de mineral.

Repetimos que los de más garantía son los de Montori.

El dato más constante de los análisis es la pérdida por calcinación, de 12 a 14 por 100.

Según algunos de los análisis, y teniendo en cuenta que los nódulos son en su mayor parte de óxido de hierro, habría que considerar el cemento como mezcla de hidrato de alúmina, con algo de algilla (por la proporción de sílice), e hidróxido férrico en pequeña cantidad; la mayor porción del hierro está en los granos y concentraciones mezclado con algo de alúmina, constituyendo un verdadero *bol*.

De cualquier modo vemos que, en realidad, el defecto capital de estas menas catalanas es su cantidad de sílice; sin embargo, últimamente se ha adelantado mucho en la eliminación de esta impureza, y esto hace esperar que pronto puedan entrar en el mercado como menas normales de aluminio.

Considerados los minerales en su crestón, tienen, como regla casi general, una envolvente arcillosa de masa lustrosa que es la que se pone en contacto con la roca estéril.

Los más frecuentes son claramente una pudinga de granos ferruginosos cimentados por una masa compacta, más o menos rosácea, de aspecto arcilloso; los granos, siempre redondeados, varían en su tamaño desde algunas décimas de milímetro hasta más de dos centímetros, los más abundantes suelen ser de cinco a seis milímetros, y aunque muy numerosos, no están en contacto destacándose sobre el fondo que sirve de cemento.

Cuando el mineral es blanco, da más olor a humedad con el aliento y se pega más fuertemente a los labios, su fractura suele ser concóidea y lleva manchas de color ladr-

llo; a simple vista se distinguen en él granillos que llegan de medio a un milímetro, con textura oolítica y color blanco. Del rojo al blanco se encuentran todos los pasos de la escala: desde el rojo, compuesto, sin cemento, de oolitos ferruginosos en contacto, hasta el blanco compacto y lustroso, con sílice predominante. Por fin, hay un tipo brechoide en que las manchas y trozos ferruginosos son angulosos.

Su dureza, textura y densidad, son muy semejantes a las de las arcillas endurecidas.

Todos dan reacción con el nitrato de cobalto, tomando un hermoso color azul; se favorece la operación con una calcinación previa.

Algunos ejemplares dan ligera efervescencia con los ácidos.

ANÁLISIS MICROGRÁFICO

La división en menas blancas y rojas subsiste para el estudio micrográfico, pues ambas series son oolíticas, aunque con características diferentes. Adoptaremos en la descripción el tipo intermedio que, sobre ser el más frecuente, puede con más facilidad particularizarse hacia los extremos blancos o rojos de la serie total.

Sobre una masa de tono pardo claro se destacan nódulos rojizos con distintos grados de oxidación. Por consiguiente, de un modo esencial, se pueden distinguir esas dos partes: núcleos y cemento.

Los nódulos rojos siempre están aislados y tienen muy distintos tamaños, desde dos centésimas de milímetro a un centímetro. Como carácter genérico a todas las concentra-

ciones ferruginosas, se puede señalar el redondeado de sus contornos. Los cuerpos ferruginosos pueden ser de constitución simple o compuesta, y ese mismo orden ascendente seguiremos para la descripción; casi en su totalidad tienen textura oolítica.

Las concentraciones más simples son manchitas tenues redondeadas, de dos a tres centésimas de milímetro, y que, en los casos más sencillos, se desvanecen en el tono pardo del fondo de la roca. Y siguiendo atentamente los distintos grados de estas manchas, vamos siguiendo la historia de las más complicadas concentraciones. De un modo inicial se establecen las dos grandes divisiones de cuerpos ferruginosos simples o compuestos, y así vemos cómo las manchitas determinan un anillo exterior de mayor densidad de materia ferruginosa que, a modo de película o contorno, forma su límite separándole del cemento; en otros casos, por el contrario, se hace la mancha más extensa, abarcando también pequeñas porciones de mayor oxidación, y en esas masas heterogéneas, que comprenden partes de distinta oxidación, se efectúan parcialmente las mismas condensaciones ferruginosas para los límites de cada porción, como para el caso sencillo hemos indicado, y así, casi al principio, se constituyen los cuerpos ferruginosos compuestos. Vemos, pues, cómo es la remoción del hierro la que origina la formación de los nódulos ferruginosos. Siguiendo el proceso, se van formando anillos más oscuros y centros en los cuerpos simples que, al mismo tiempo, se van incrementando en extensión, y así resultan al final que las concentraciones ferruginosas son: oolitos, cuando más pequeñas, y masas compuestas de oolitos de distinto grado de oxidación, en los demás casos. Con frecuencia la afluencia de hidróxido es grande y cualquiera de los tipos señalados se empasta y hace macizo por el mineral de hierro, sea por crecimiento

de los anillos y el centro, en el caso del oolito aislado, o por unión de unos oolitos con otros, en el caso de los compuestos; el resultado es el mismo, y estos cuerpos empastados llegan a ser masas informes y negras que a veces conservan partes redondeadas más claras, hasta del tono del cemento, o espacios estrellados a modo de poros. Naturalmente que se dan todos los tipos mixtos posibles: empaste total, cerco exterior más oxidado y más claros los elementos, o inversamente, etc. Por lo general, dentro de cada cuerpo compuesto, la parte que constituiría el cemento está más oscurecida que los pequeños oolitos; éstos no suelen ser de gran complicación, a lo sumo con centro de hematites y dos o tres anillos, más bien esfumados, de la misma materia. En algunas masas, como caso raro, hemos visto incluidas porciones redondeadas del matiz y materias del cemento, punteadas muy finamente por el óxido y con toda la apariencia de cantos rodados aportados detríticamente.

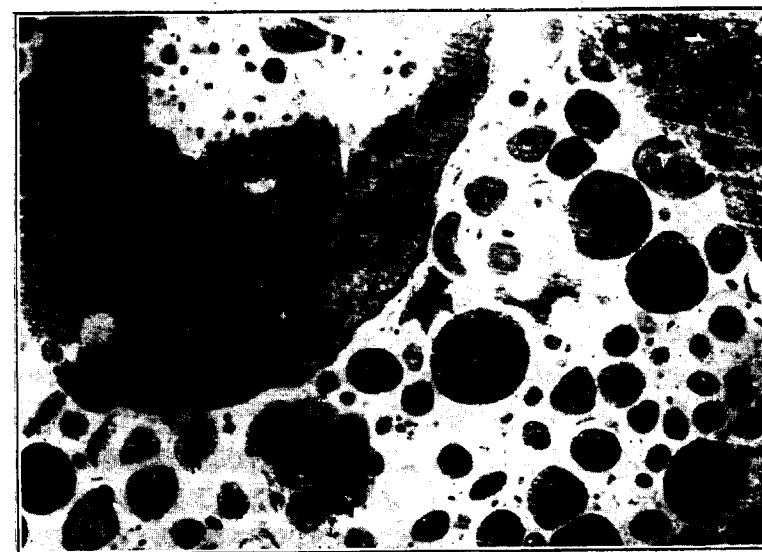
La complicación concéntrica de los oolitos pequeños, blancos o rojos, se reduce a uno o varios anillos, más precisos cuanto más concentrada sea la materia y más señalado el hidróxido férrico que la alúmina; el centro suele ser compacto y amorfo, y si entre las coronas o entre ellas y el núcleo hay alguna separación más precisa, está producida por falta de materia o materia mucho menos condensada, como la del cemento.

Las *manchitas iniciales* del cemento son abundantes y están en proporción con el teñido color de rosa de la roca; se comprueba que cuando la roca original sea muy ferruginosa y haya sufrido intensamente la acción meteórica, se convertirá en completamente oolítica, con los oolitos en contacto, que es como están las pequeñas manchas.

Los *oolitos blancos*, de tres centésimas de milímetro a

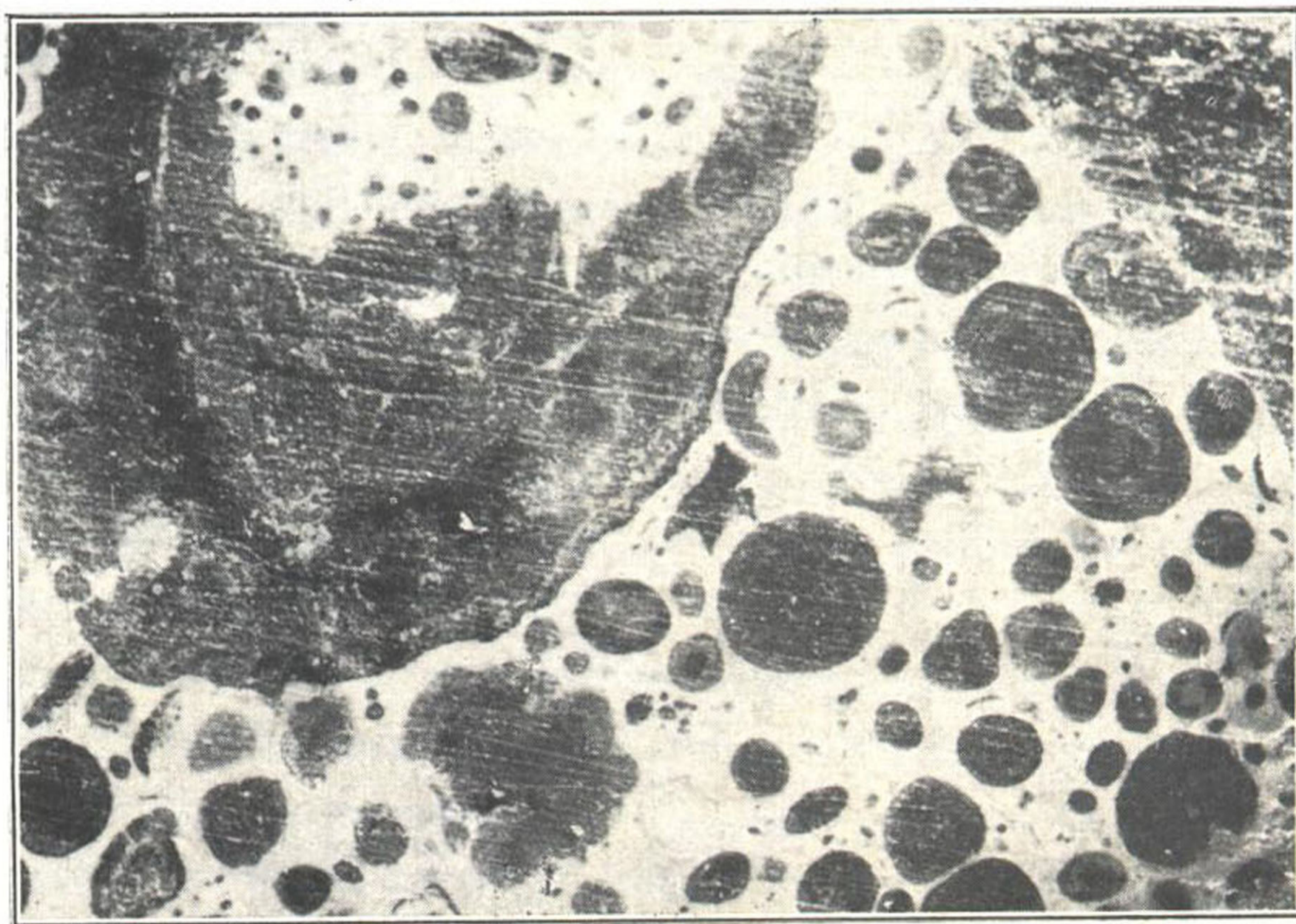
cuatro milímetros, tienen el concentristo muy marcado con líneas blancas o pardas, según sea la luz reflejada o transmitida; muchas veces el núcleo es ferruginoso con líneas concéntricas. Como caso raro, hay algún oolito blanco que tiene como núcleo un trozo de la zona cortical de otro rojo bien desarrollado; esto supondría una creación *in situ* de la textura o incorporación detrítica de trozos de otra formación anterior.

Los mayores cuerpos tienen una porción periférica blanca frecuentemente separada, muchas veces disuelta y destruída en parte; siempre con flecos y jirones de la sustancia blanca en vías de destrucción. Ya en la zona cortical de estos cuerpos oolíticos, vemos los mismos dos o tres anillos, siendo lo curioso que los de materia amorfa alternan con otros formados de pequeñísimos oolitos; desde esa zona suele empezar la concentración ferruginosa, marcada en rojo ladrillo o rosa en luz reflejada. El centro, que debió ser compacto, tanto en los cuerpos blancos como en los ferruginosos, está siempre agrietado, destruído en parte por las fisuras de concentración, y suele encerrar poros o zonas de circulación que aun dejan más destruídos y confusos los restos de la materia amorfa, esté o no teñida por el hidróxido; cuando todo el interior está destruído, la materia antigua queda en forma coposa. Los *cuerpos compuestos* son grandes y muy desarrollados, con oolitos amarillentos o de banditas rojas y amarillas que provienen del mayor o menor teñido de la materia primitiva de la roca; tanto los cuerpos compuestos como los nódulos ferruginosos simples, empastados y con líneas de concentración, tienen, casi siempre, una zona exterior de disolución, y esto quizás sea debido a que la diferencia de compacidad entre el nódulo y la roca matriz favorezca la circulación de las disoluciones; a esa zona externa de disolución se suele deber la porción



BAUXITAS ROJAS.—CUERPOS COMPUESTOS.—LUZ REFLEJADA.—24 DIÁMETROS.

En el superior se marcan las líneas de contracción en el borde; en el inferior se ve parte de la materia del cemento encerrada en su interior.



BAUXITAS ROJAS.—CUERPOS COMPUESTOS. — LUZ REFLEJADA. — 24 DIÁMETROS.

En el superior se marcan las líneas de contracción en el borde; en el inferior se ve parte de la materia del cemento encerrada en su interior.

cortical blanca de los cuerpos compuestos o de los nodulares empastados.

Del mismo modo que se observan los grados de constitución de estos nódulos, se pueden ver, aunque más escasamente, los de su destrucción; se pierden los bordes borrándose parcialmente el contorno, y por entre los flecos y desgarraduras que dejan las disoluciones penetra la materia amorfa más clara, para constituir a modo de vetas o relleno de las fisuras producidas; esas fisuras, que tienen todo el aspecto de las grietas de contracción, son muy frecuentes en las masas ferruginosas empastadas al empezar su disgregación. Otras veces las disoluciones han debido circular a través de las masas ferruginosas, atravesándolas por los espacios estrellados a que antes hemos aludido, y así se ve cómo, aun conservando el contorno, la parte interna toma el aspecto confuso que la da la materia amorfa introducida por las aguas al destruir la oolítica. El signo peculiar de esa alteración es la presencia de medios oolitos o fragmentos de ellos en el contacto de las zonas de alteración, sean internas o externas, y aun sin zonas de destrucción se suelen encontrar los medios oolitos seccionados en la superficie, lo que es explicable más que, o por disolución, en las acciones secundarias de remoción, de la otra porción del oolito, o por representar un canto rodado el núcleo compuesto ferruginoso de que se trata.

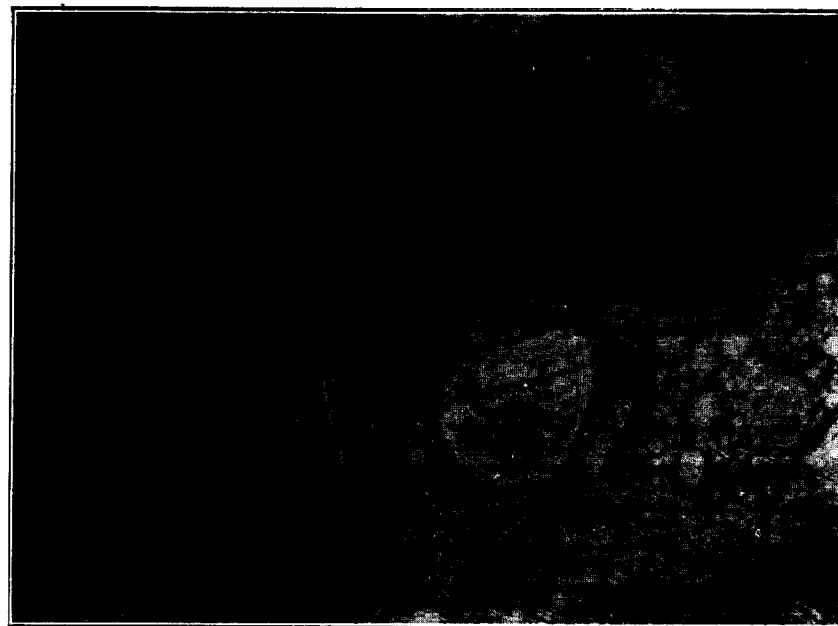
Las figuras que han sufrido disolución por la circulación, a su través, de las aguas activas, son sumamente irregulares, y es natural, pues representan antiguos conductos que han podido servir varias veces, con lo cual los depósitos y señales de disolución suelen ser de varias épocas, y con tales acciones secundarias no van quedando, en ocasiones, ni residuos de la textura primera.

La parte que podríamos considerar como *cemento*, y so-

bre la que se destacan también las concentraciones ferruginosas, es blanquecina teñida ligeramente de pardo. Es una materia amorfa que, sin duda, se refiere en su mayoría al hidrato de alúmina más o menos mezclada con hidrato de hierro. Atentamente se llegan a distinguir diversos matices en el tono pardo, y esas manchitas, que no suelen ser mayores de tres centésimas de milímetro, son redondeadas y, en suma, se pueden considerar como los orígenes de las concentraciones ferruginosas aisladas y producidas por la remoción del hierro.

No son, sin embargo, esas manchitas al final de la división; muchas veces la roca está constituída en último término por granos de una a tres centésimas de milímetro, como término medio, adosados unos a otros perfectamente por las líneas de división, que son la única separación de unos a otros; las figuras de los pequeños trozos son concóideas tal y como se fraccionan las substancias amorfas compactas. Las líneas de división afectan tanto a la porción del cemento como a las concentraciones ferruginosas o a los cuerpos mixtos, oolíticos y de disolución; en una palabra, las innumerables líneas que producen la división, son las delgadísimas litoclasas que han fraccionado la roca después de consolidada y cuando ya se habían verificado intensas acciones secundarias, puesto que los nódulos también suelen estar afectados por el fraccionamiento; sin embargo, como la remoción del hierro se está cumpliendo actualmente, se ve cómo las concentraciones iniciales tienden a borrar las líneas y granos de rotura. El movimiento que produjo esa textura especial, o fué muy pequeño o, lo que es más verosímil, se deben a la contracción de la roca, quizás por desecación.

En algunos minerales, particularmente en los de Clot de Llop, vemos cruzando la roca en una dirección y cortando



BAUXITA BLANCA

EJEMPLO DE DISOLUCIÓN. — LUZ REFLEJADA. — 20 DIÁMETROS.

Oolitos blancos y cuerpos compuestos completamente mondados por la circulación, flotando en una masa de pajuelas de hidrargilita.



BAUXITA BLANCA

EJEMPLO DE DISOLUCIÓN. — LUZ REFLEJADA. — 20 DIÁMETROS.

Oolitos blancos y cuerpos compuestos completamente mondados por la circulación, flotando en una masa de pajuelas de hidrargilita.

indistintamente el cemento y las concentraciones ferruginosas, filoncillos de calcita que se anastomosan con frecuencia y tienen recorridos muy quebrados, de los cuales las porciones de más espesor y rellenas de espato son las que marcan las direcciones paralelas a las que seccionan la roca. También se encuentra la calcita diseminada particularmente en el cemento, donde sirve de enlace a las manchas pardas redondeadas que, enlazadas así, parecen, aun más, oolitos en ciernes. Sin embargo, esta calcita no parece nunca formar parte consubstancial con la roca, sino que, aunque sea por fisuras muy delgadas, se suelen enlazar unas con otras en la orientación general de los filoncillos, que es lo que propiamente vienen a ser. Otra particularidad, pero más general, es que en todos los huecos que quedan entre los oolitos, es decir, los espacios correspondientes al cemento, a los poros y conductos y hasta el de las grietas de contracción de los nódulos mayores, está ocupado por una materia poco densa, colmada de unas pajuelas microscópicas e iguales, dispuestas de un modo confuso; tienen poco relieve y tonos grises y sedosos de polarización, se parecen a las reuniones criptocristalinas de talco; creemos sean de hidrargilita.

Examinadas las preparaciones con luz reflejada, vemos que los colores son: blanco del hidrato y la calcita, y rojo ladrillo del hidróxido férrico; las texturas son mejor definidas, y así se aprecian como oolitos no sólo las concentraciones ferruginosas, con sus anillos muy bien marcados, sino las manchitas pardas del cemento que ahora parecen pisolitos blancos, algunos con su concentrismo ya indicado por el cambio de tono.

No hay calibración alguna en los oolitos y cuerpos redondeados, ni reparto determinado por tamaños o clases; los núcleos grandes, hasta de tres milímetros, alternan con

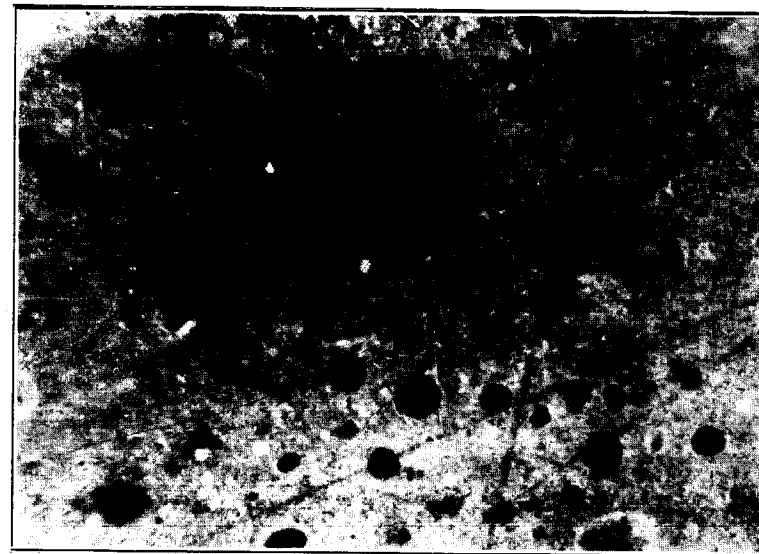
otros más pequeños, y los intermedios se rellenan con los menores, que llegan de dos a tres centésimas de milímetro. La mayoría son blancos, que es lo equivalente al tono pardo en la luz transmitida, y lo mismo son de este aspecto blanco amorfo los más pequeños como los mayores pisolitos; por lo general, son los mayores los más ferruginosos, o al menos éstos son los únicos en que se encuentran concentraciones ferruginosas.

En los cuerpos ferruginosos se ve una película exterior. Zona media resquebrajada con poros y oolitos blancos dispuestos en una corona, núcleo interior más ferruginoso con restos de la antigua textura oolítica y numerosas grietas de contracción; alguna de ellas se convierte en verdadero filoncillo por el paso sucesivo de las disoluciones. Esos pequeños filones resaltan mucho sobre el rojo del hidróxido, tienen dos paredes con el zoneado del depósito químico y se ven en ellos señales de haber sido rellenos y abiertos diferentes veces; el relleno final lo constituyen las aglomeraciones de pajuelas cristalinas que en luz polarizada marcan la red laberíntica de las fisuras de contracción.

Los cuerpos compuestos, y más si están empastados con fisuras de contracción, tienen sus zonas externas en anillos blancos oolíticos o granulados de hidrato de alúmina; también a su alrededor suele haber conductos y poros bien representados por zonas de disolución y rellenos más blancos. Los conductos suelen ser alargados.

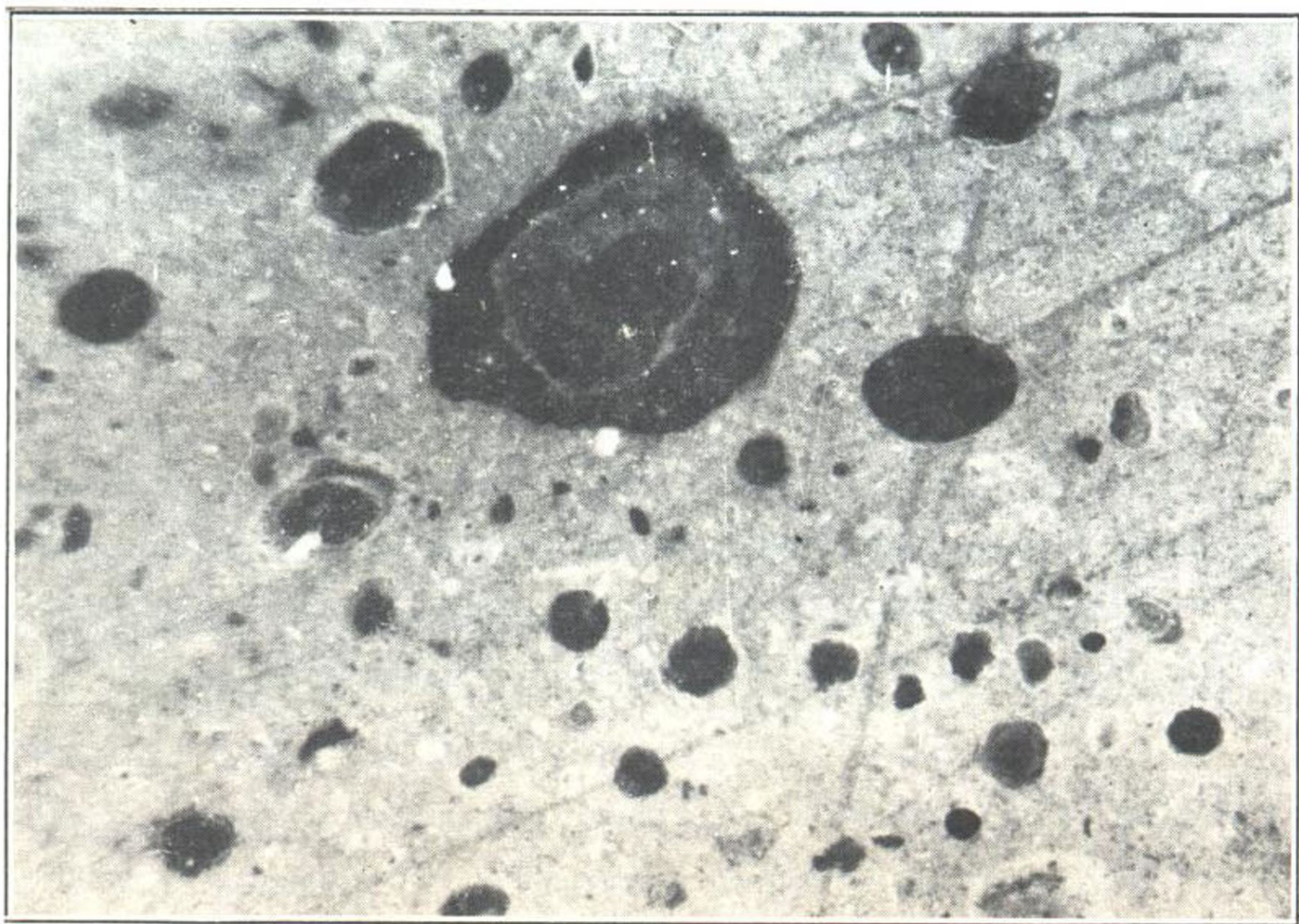
Para completar la serie, describiremos sus dos extremos: una bauxita blanca compacta y otra roja completamente pisolítica.

Bauxita blanca compacta.—La textura dominante ya no es la oolítica, sino la compacta y unida del hidrato de alúmina teñido en muchos sitios con el rojo ladrillo del hi-



BAUXITAS BLANCAS. — LUZ REFLEJADA. — 20 DIÁMETROS.

Oolitos blancos poco discernibles sobre la masa compacta del cemento.—Las manchas negras son cuerpos rojos y conductos de disolución angulosos revestidos de pajuelas de hidrargilita.



BAUXITAS BLANCAS. — LUZ REFLEJADA. — 20 DIÁMETROS.

Oolitos blancos poco discernibles sobre la masa compacta del cemento. — Las manchas negras son cuerpos rojos y conductos de disolución angulosos revestidos de pajuelas de hidrargilita.

drato férrico que, en otros, forma las concentraciones ferruginosas o bordea los poros y conductos. Sin embargo, en la masa blanca se ven diseminados oolitos blancos, pero pisolitos y cementos, a pesar del mismo tono, se diferencian perfectamente por el grado distinto de blancura que produce la distinta densidad de materia. En luz transmitida se aprecia la mayor densidad por los tonos más pardos, mientras que en reflejada ocurre al contrario, es mucho más blanca, y compacta de aspecto, la substancia más densa.

Los oolitos, pequeños y casi esféricos, tienen líneas finas concéntricas y muy marcadas en la zona externa; en algunos el concentristo llega hasta el centro, en otros falta la materia, y vemos también despegaduras en las líneas finas y concéntricas de los pisolitos.

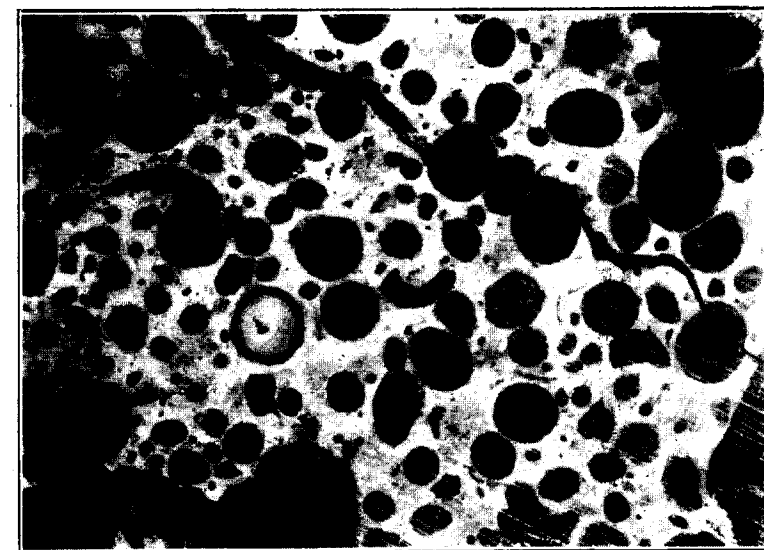
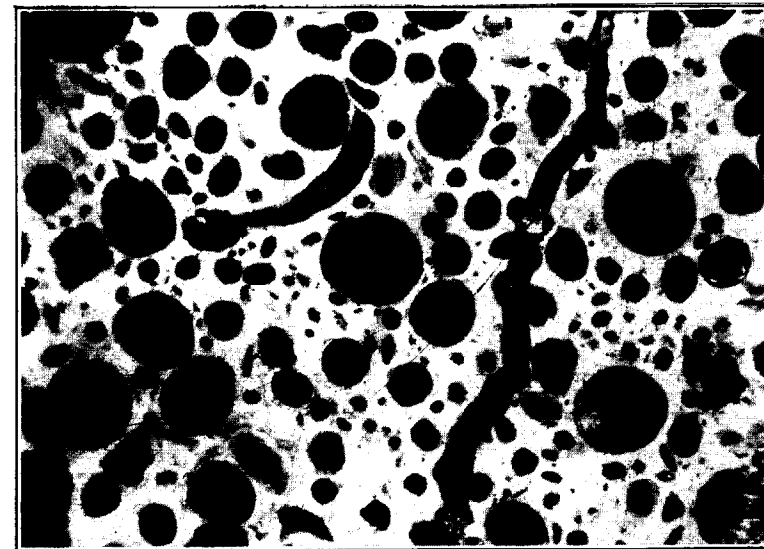
Son frecuentes las zonas de disolución y demostradas por medios oolitos o residuos como cortados dentro de la masa amorfa. Vemos también nódulos blancos con sus líneas de contracción y poros en el cemento y en los cuerpos pisolíticos, con ribete más blanco que el resto de la masa. En una palabra, la textura es idéntica a la de los minerales más rojos, sin embargo, cuando el hierro puesto en movimiento lo está en mayor cantidad, los núcleos son mayores, hay más oolitos y desde luego buen desarrollo de cuerpos compuestos; mucha más variedad de composición. En esta bauxita blanca los conductos de circulación son más bien redondeados con su reborde de materia más blanca, sin duda con distinto grado de hidratación, y suelen encerrar agregaciones de hidrargilita. Por toda la masa de la roca hay diseminados cristalitos poco desarrollados, de extinción recta, bastante relieve y tonos vivos que suponemos de diásporo. Aunque poco, hay algo de óxido hidratado pardo, bien tiñendo algún oolito, o en manchas y plaquitas sueltas.

Por definir la roca de un modo rápido, podemos decir que todos los detalles y variaciones de textura que en las menas rojas están acusados por el hidróxido, aquí es el hidrato de alúmina el que los produce por sus dos tonalidades que deben provenir de su distinta hidratación.

Los conductos de disolución están bordeados en el tono blanco compacto; sencillamente, el hidrato aluminico es susceptible de la misma remoción activa que el férrico.

El cemento lo constituye la substancia amorfa blanca, teñida de rojo en muchos sitios, y sobre la cual se muestran las pisolitas blancas. Por fin, y con relativa frecuencia en esta roca, se ven porciones grandes en las que dominan las típicas figuras de corrosión que originaron las acciones secundarias enérgicas por disolución y nueva precipitación de la materia: poros, conductos y filoncillos con residuos a sus lados de la antigua textura y sus tapizados en costras por el hidrato de aluminio más blanco y relleno central de pajuelas.

Bauxita roja.—Aunque toda la roca parece roja, en realidad el cemento es blanco o teñido de color de rosa, es decir, su disposición y textura son iguales a las de los tipos mixtos intermedios, con la diferencia de que aquí todos los oolitos y concentraciones son ferruginosos. Al microscopio son las rocas de aspecto más variado y brillante. Huelga decir que las variedades en los oolitos y nódulos mayores compactos o empastados, ya las hemos encontrado al describir los tipos mixtos. Las líneas concéntricas de los cuerpos pisolíticos están más acusadas por ser más completa su transformación en óxido férrico. Dos disposiciones merecen señalarse: la presencia de fragmentos de oolitos y las porciones de cemento encerrado en los cuerpos ferruginosos. Los medios oolitos o trozos de los cuerpos ferruginosos que



BAUXITAS ROJAS. — LUZ REFLEJADA. — 24 DIÁMETROS.

Oolitos rojos de hidróxidos alúmico y férrico, cemento blanco de hidrato de aluminio amorfo.—Vetas de calcita y kaolinita.

se destacan claramente sobre el blanco del hidrato de aluminio, parecen a primera vista incorporados por arrastre, y sin embargo, en las preparaciones de esta roca vemos alguna envolvente grande y muy delgada que no habría podido resistir un arrastre: esto, unido a las señales de disolución y formación *in situ* de los oolitos, nos hace pensar más en este origen, y en ese caso la envolvente se explicaría bien como la oquedad originada al vaciarse el nódulo ferruginoso. Casos inversos son los cuerpos ferruginosos encerrando una porción del cemento, y con esa presentación se ven oolitos que sólo tienen muy marcada la corona exterior y nódulos grandes que forman una especie de marco alrededor de un trozo de la roca matriz. En el caso de los oolitos, su interior es de la materia amorfa y blanca que constituye el cemento, pero, como en algunos de ellos se les aprecia una disposición concéntrica, se les podría suponer como origen la oxidación exterior de un oolito blanco, pero en el caso de los nódulos grandes dispuestos como marco, ya no se puede dudar, pues el trozo de roca matriz encerrado tiene, igual que el resto de la masa que está fuera: oolitos ferruginosos sueltos, cuerpecillos compuestos, etc., colocados en su cemento amorfo correspondiente, y todas sus partes son idénticas, con las mismas variedades de presentación. El marco que rodea a esa porción de roca es muy desigual en espesor, y en un extremo está tan adelgazado y suelta su materia que parece casi disuelta la envolvente, mientras que en el otro es gruesa, empastada en hidróxido y con las grietas y fisuras que son peculiares a estas disposiciones muy oxidadas. Para su explicación hay que suponer: o disolución de la envolvente y relleno de materia que adoptó idéntica textura a la antigua, o que al formarse la envolvente inicial de la concreción ferruginosa lo hizo encerrando, desde el principio, una parte de la roca

primitiva; de cualquier modo hay que admitir la formación y disolución *in situ*, y en períodos largos, de la textura oolítica.

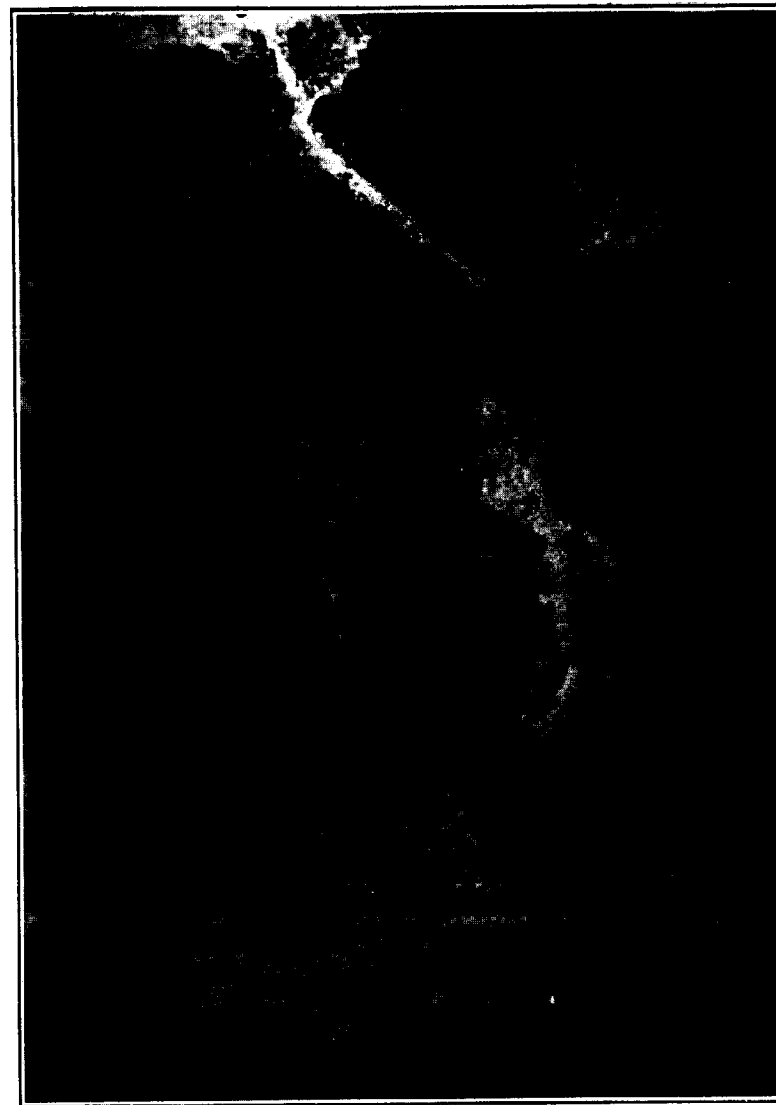
Otro modo habría de explicar el fenómeno, y es suponer que los oolitos de las masas encerradas se han desarrollado posteriormente a la separación del trozo de roca primitiva, es decir, que también en el interior de los núcleos se verifica la remoción del hierro, dejando su huella en poros y conductos las acciones secundarias.

Bauxita de Baux.—Para que se aprecie la identidad entre algunas menas francesas y españolas, hemos tallado un ejemplar francés, el análisis del cual damos a continuación:

Preparación muy pisolítica. Los oolitos y cuerpos compuestos están cementados por calcita en placas unidas como el mármol.

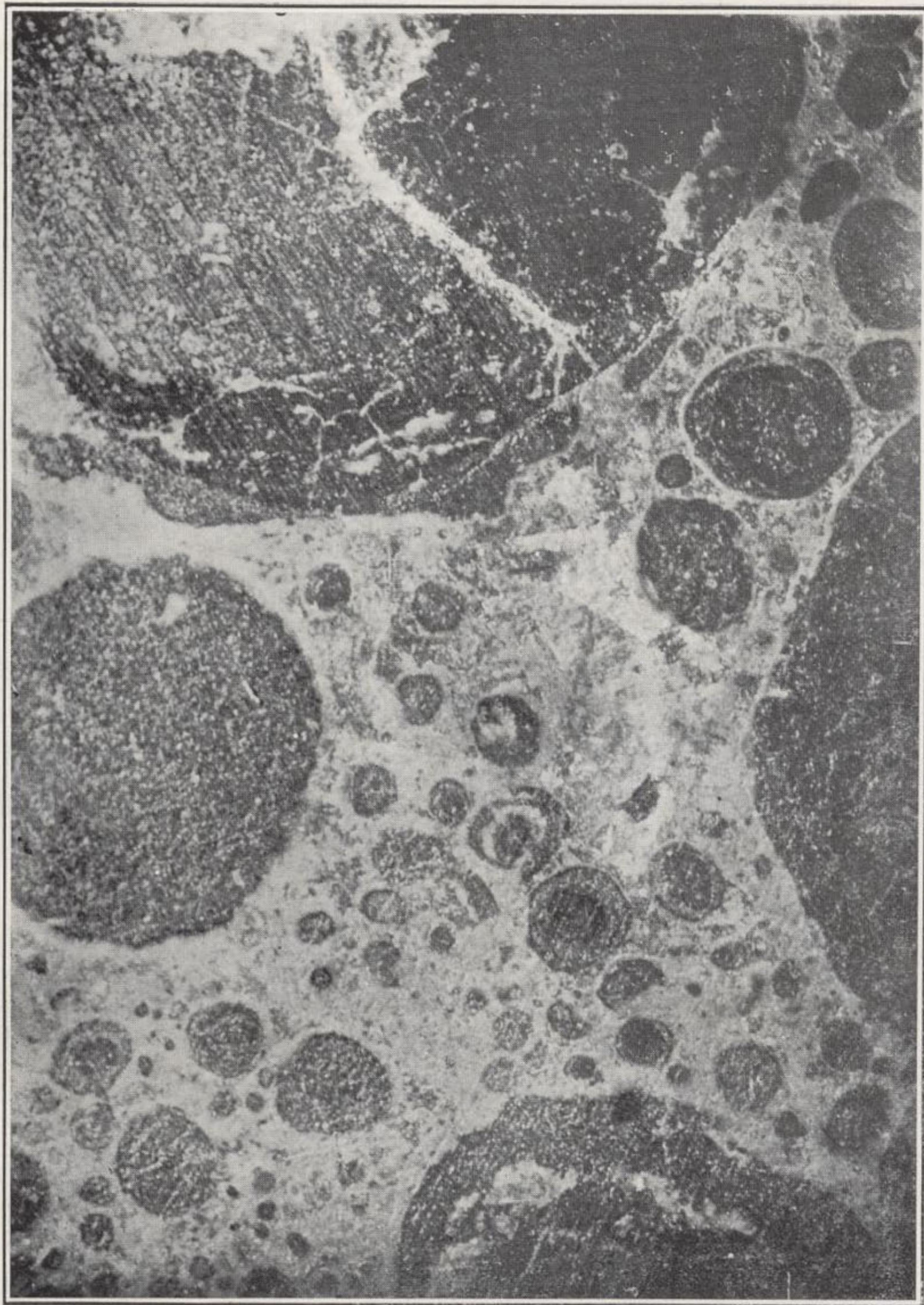
Los oolitos y núcleos ferruginosos son idénticos a los de las bauxitas rojas. La roca conserva restos del antiguo cemento blanco o rosado de hidrato aluminico; las faltas del cemento, perdidas por disolución, están rellenas por las placas marmóreas de calcita que tienen bien marcados los contornos y macladas con frecuencia. Son muy curiosos y bien representados los conductos y poros por los cuales circularon las disoluciones que han destruido el cemento de la roca original. Los oolitos fueron más resistentes a esa acción secundaria, y así quedan mondados de roca matriz, y como restos de la antigua roca, verdaderas redes con los oolitos en contacto y en la que lo mismo están los rojos de cinco centésimas o un milímetro que los blancos de una a tres centésimas.

Las demás características son exactas a las de la bauxita roja descrita.



BAUXITA DE BAUX. — LUZ REFLEJADA. — 15 DIÁMETROS.

Oolitos y cuerpos compuestos rojos en una red de espato calizo.



BAUXITA DE BAUX. — LUZ REFLEJADA. — 15 DIÁMETROS.

Oolitos y cuerpos compuestos rojos en una red de espato calizo.

RESUMEN PARA EL ESTUDIO MICROGRÁFICO

Las únicas sustancias que se deducen, son: óxidos de hierro, hidratos de alúmina, filoncillos de calcita y agrupaciones de talco o hidrargilita.

El óxido de hierro, en su constante remoción, es el que determina claramente la textura oolítica, constituyendo las pisolitas y los nódulos.

Domina en la parte exterior de las rocas y, por otra parte, vemos cómo en los poros o conductos estrellados de disolución que se encierran de un modo agudo en sus extremos por materia más clara en el interior, están oxidados en las bandas exteriores; parece, pues, que se podría deducir que la mayor cantidad de hierro sea señal de mayor antigüedad, pero, sin embargo, esto sólo se podría referir a los nódulos compactos, pues el hierro está en constante remoción y siempre hay cuerpos iniciales.

Se ofrece en tres aspectos que, sin duda, corresponden a otros tantos grados de hidratación: amarillo, en las grietas y sitios de formación más reciente; rosa rojo, en los interiores y anillos de oolitos, y muy oscuro, casi granate, en las concentraciones y residuos de aspecto más antiguo. En cualquier caso tiene el hidróxido de hierro mezclado algunas materias aluminosa o arcillosa, y así, en realidad, los pisolitos y cuerpos ferruginosos están formados de una especie de bol. Referimos a la masa blanca amorfa los tres distintos estados del hidrato de alúmina. Se distinguen, por lo menos, dos presentaciones: una clara más grisácea, de materia menos unida, que forma la mayor parte del cemento, y otra más condensada y blanca que reviste los conductos alargados. Quizá la compacta se refiere al trihidrato y

la más clara a un menor grado de hidratación, pero sin análisis muy detenidos no es posible decidir.

La calcita forma algunos filoncillos, más modernos que la materia de la roca, puesto que la cortan, sean cemento, oolitos o cuerpos ferruginosos.

Es bastante diferente la disposición de las calcitas en las menas francesas y en las españolas: en las primeras forma en distintos sitios láminas donde están enlazados los cuerpos redondos, mientras que en las de Mediona las vetillas son estrechas y en una misma dirección.

Con menor desarrollo, pero más frecuentes, vemos adosados a los conductos y grietas o repartidos en agrupaciones por la masa de la roca, pajuelas finas argentadas y sedosas de kaolinita, y quizás de gibbsita; otros cristalillos más raros, brillantes, de refringencia más bien alta, extinción recta y tonos vivos en luz polarizada, parecen andalucita o diásporo.

La consecuencia más importante es que, aunque en la actualidad se cumpla en las cubetas de Yellowstone la formación de bauxitas oolíticas, se comprueba de un modo indudable que no es preciso recurrir a sus circunstancias especiales para justificar la textura pisolítica.

IV

Historia.

Prescindiendo de datos poco concretos, como son los más antiguos publicados por la *Revista Minera* y los contenidos en los trabajos del Sr. Calderón, vemos que la primera cita de este mineral, bien especificada, corresponde al Dr. Jaime Almera en la hoja tercera del Mapa Geológico de la provincia de Barcelona. En la explicación de esta hoja coloca a la bauxita entre las «substancias útiles», pero no explotadas, advirtiendo que ocupa un reducido isleto junto a Roca Vidad; el año de la publicación, de 1900. Por este mismo año se denunció en el paraje Mas Bolet, de la sierra de Orpinell, la mina llamada «Teresita» como de mineral de hierro, que era el que se pensaba explotar; con posterioridad, un minero práctico llamado Antonio Ricar, que había trabajado en Francia en las minas de bauxita, advirtió a los propietarios que podían explotar esta substancia, y procedieron a separar los núcleos ferruginosos de los bauxitíferos, enviando una tonelada de éstos, como muestra, a una casa comercial de Barcelona para el estudio de su aplicación.

La cantidad de sílice que contienen en general estas menas, unida al mediano resultado acusado por los primeros ejemplares conocidos y la disminución de precio que en las francesas y los productos de ellas derivados se iba produciendo antes de la guerra, fueron causas determinantes de la paralización de las bauxitas catalanas, que continuaron casi ignoradas.

Durante la guerra, en los años 15 y 16, el geólogo alemán Sr. Goetz Philippi trató de buscar en la vertiente S. de los Pirineos la prolongación de los criaderos franceses en España, que deberían estar contenidos como un término de los estratos cretáceos, puesto que en ambas vertientes se dan las mismas series estratigráficas paralelamente al anticlinal de los Pirineos. Después de haber recogido los antecedentes y haber visto el yacimiento señalado por el P. Almera, que no está lejos de los de Mediona y Llacuna, fué a dar en las minas denunciadas en los términos de estos pueblos, en las cuales encontró la bauxita (1917), y aun podía facilitarle el encuentro de este mineral el conocimiento de que hacia los años 12 a 13, hubo en Montorí una mina denunciada por D. Antonio Pons con el nombre de *Boccita*, nombre que sin duda provenía de la traducción gráfica de la fonética de *bauxita*, hecha por algún *versado* en la hermosa lengua de Molière.

Es indudable que la mayor importancia que rápidamente han tomado los criaderos catalanes, es consecuencia de las relaciones en que han quedado los países después de la guerra, y aun es de presumir que nuestros minerales, comprobado un gran tonelaje, lleguen a adquirir mucho más valor para alguna de las potencias, como Alemania, y esto por dos razones: por ser Francia la que tiene en Europa el monopolio casi exclusivo y porque los grandes adelantos en los hornos eléctricos permiten aceptar a los muy silíceos como menas de aluminio.

Como resumen a la historia de los criaderos españoles, puede decirse que el descubridor es el Dr. Almera, reconociendo en justicia que, aunque ayudado por las circunstancias, es el geólogo Sr. Goetz Philippi quien ha producido el resurgimiento industrial.

V

Descripción de los criaderos.

Los afloramientos de bauxita son muy numerosos y están repartidos en un área de 50 kilómetros cuadrados en la zona SO. de la provincia de Barcelona y en los terrenos Triásico y Eoceno.

Estos afloramientos están unos en contacto con las rocas del Keuper y otros en las proximidades o contenidos por las terciarias; y aunque esta división tenga también algo de artificial, pues se dan los casos mixtos y dudosos, es la que adoptamos para facilitar la exposición.

Los asomos de mineral relacionados con rocas eocenas ocupan dos centros en su repartimiento: al NE. de la sierra de la Costa y el situado sobre Rubió, ambos en la parte NO. del área de los criaderos. Los encajados en el Triás están, por el contrario, repartidos a lo largo del sinclinal y barranco que se extiende desde Espinagosa a San Juan de Mediona. Por lo demás, no hay ninguna diferencia esencial en cuanto a la clase y presentación del mineral.

Todos los puntos citados están en el mapa.

AFLORAMIENTOS DE LA SIERRA DE LA COSTA

Estos asomos de mineral contornean la sierra de la Costa en su parte NE., y los puntos marchando de S. a N. son:

els Casals, Mas Torrens, Clot de Llop, y Ubaga de Soler, sobre la Almunia.

Todos los accidentes topográficos de la región que estudiamos, tienen dirección NO.-SO., y así los barrancos y ríos tienen tendencia a disponerse en líneas paralelas con las sierras que los separan. Estos rasgos del relieve se acusan muy claramente y corresponden a líneas geológicas de separación de terrenos y de hundimientos o fallas. Así encontramos, marchando de S. a N., la llanura miocena de Villafranca, la sierra eocena de Plá d'Atalaya y la hondonada triásica de Mediona; siguen las *serras* de la Llacuna y Rocamur en anticlinal de las calizas más duras del Keuper; la depresión de la *riera* de Ruidevilles, excavada en el mismo tramo alto del Trias, y, por fin, la sierra de la Costa con sus alturas eocenas y el Clot de Miralles en su parte N., en terrenos que otra vez son inferiores a la caliza de alveolinas.

La sierra de la Costa ofrece de este modo, en sus dos laderas SE. y NO., rocas distintas. Las calizas de la parte S., al pie de minas «Diana» y «Lea» (Casals), son de colores ladrillo o amarillento en relación con su proporción de hidróxidos de hierro; en ellas se siguen todos los grados de meteorismo, desde las calizas compactas con grano grueso y muy cristalizado en romboedros, a las carniolas con su textura irregular en panal originada por los numerosos y delgados planos que se entrecruzan en su porción superficial, unidos a los cuales hay formas estalactíticas. En general, cuanto más compactas y marmóreas son las calizas, tienen color más rojo, hasta llegar a vinoso, y en cambio, en su tránsito a carniolas, son amarillentas, y de calcita blanca y cristalina los sutiles planos que dan sus formas superficiales. Parece como si la tendencia de las acciones meteóricas fuesen de purificación de la calcita, eliminando los productos arci-

llosos o ferruginosos. Algunas veces los términos de transformación adoptan formas caprichosas con vetas compactas de grano muy fino, fractura concóidea, y color de rosa entre las superficies corroídas y teñidas con el ocre amarillo.

Estas calizas espáticas rosáceas y las carniolas amarillentas son rocas que parecen de la parte alta del Trias, y se encuentran no solamente en la ladera S. y NO. de la sierra de la Costa, sino extendidas particularmente por las depresiones correspondientes a ese terreno, como son las *rieras* de la Llacuna y Mediona. Algunas veces se hacen más arcillosas y van acompañadas de dendritas de manganeso, como ocurre en la subida.

Afloramiento de els Casals.—La mina «Diana» es la situada en la parte SE., las rocas que se ven en su subida son las carniolas a que nos hemos referido, pero pronto empiezan los cantos rodados de bauxita con su coloración ferruginosa. Entre estas calizas y ya desde el camino de Casals a Fanfragona, encontramos bancos de arcilla blanca conteniendo algunas partes ferruginosas muy aluminosas que no pueden considerarse bauxita por su gran proporción de sílice. Las calizas, a medida que se asciende, se suelen convertir en carniolas bastante arcillosas, muy porosas y de color ladrillo.

Desde la mitad de la ladera empiezan los afloramientos del mineral, en los cuales no se aprecia ni las rocas que los comprenden ni su modo de presentación y potencia. Las rocas que encierran el criadero en este sitio parecen las margas y calizas de colores brillantes, moradas, rojas y blancas, que alternadas con arcillas forman la parte alta del Keuper.

Respecto a la clase, de color rojo ladrillo, es pisolítica; los oolitos, numerosos pero no en contacto, están incluidos

en una masa amorfa y uniforme de color más claro, tendiendo a rosado; son de aspecto ferruginoso en su mayoría, pero también hay muchos de la misma masa que el cemento, y alguno, aunque pocos, completamente blancos; los más abundantes son de medio a dos milímetros, que suelen ser los formados de la misma masa del cemento, mientras que los mayores de tres milímetros hasta un centímetro son ferruginosos.

Todos los pisolitos y elementos ferruginosos son redondeados y se destacan muy bien en la masa; su unión, sin embargo, es tan coherente que, en la fractura concóidea del mineral, se encuentran a menudo secciones de oolitos; lo más frecuente, sin embargo, es que éstos queden señalados en relieve o en hueco.

El mineral se adhiere con fuerza al labio ligeramente humedecido; en conjunto es compacto y se raya con facilidad, no da efervescencia con los ácidos. Al soplete, y después de una calcinación prolongada, se logra un color azul con el nitrato de cobalto diluído; las esquirlas delgadas son las favorables para la obtención del color; para lograr la reacción sobre el trozo de roca, conviene emplear el ácido muy diluído y efectuar una calcinación previa, de dos o más minutos, en la parte que se ha de hacer la aplicación del nitrato.

Siempre la parte extensa de los crestones, cuando son grandes, es más ferruginosa y silícea, como más arcillosa que la interior, la cual, si la fractura es fresca, tiende a bauxita blanca.

Los nódulos ferruginosos también son mayores en la porción exterior, llegando al tamaño de puños; cuando alcanzan esos tamaños, son suaves y lustrosos en su parte externa. Su color ferruginoso ofusca el azul del nitrato. En su fractura estos núcleos, son mates y dan caracteres de arcilla.

Esa envolvente arcillosa de los nódulos se presenta, en escala mucho mayor, en los afloramientos, y es tan constante y general, que puede considerarse como normal, pudiendo tomarse como síntoma favorable en las investigaciones, pues su descubrimiento precede al de la mena. A primera vista tiene los colores y aspecto de la bauxita, pero con más atención se ve que, además de ocupar la parte externa de los crestones o grandes trozos de mineral, tiene textura más compacta con tendencia a lisos blancos y rosados, pero brillantes y suaves; rara vez se aprecian en ella oolitos, sino más bien elementos empastados como en brecha; en conjunto su fractura es compacta y concóidea. En muchas ocasiones esta envolvente arcillosa tiene apariencia de caolín, a cuya composición debe aproximarse. Uno de los análisis nos ha dado:

Si O ²	34,40	} Teniendo, como vemos, un poco menos de Si O ² y algo más de Al ² O ³ que el caolín.
Fe ² O ³	9 85	
Al ² O ³	49,15	

Su espesor varía de unos milímetros a varios centímetros y suele ser proporcionado al del trozo de mena que recubre; su separación del mineral es a veces muy clara, estando representada por un plano brillante como de fricción y resbalamiento, pero otras veces el paso es paulatino, conteniendo algunos oolitos. Con nitrato de cobalto, y después de una calcinación prolongada, se logra la coloración azul de la alúmina, pero nunca tan clara como en las bauxitas.

En los afloramientos de la mina «Diana», que empiezan próximos a un árbol centenario, no es posible apreciar las condiciones del yacimiento, pero se ve un sistema de margas arcillosas moradas, rojas y blancas, entre las cuales parece concentrarse las envoltentes arcillosas de las menas

Explotado posteriormente este afloramiento, se vió que daba lugar a una masa enclavada entre las arcillas, produciendo unas 2.000 toneladas.

En forma arcillosa aparece también en el camino de els Casals a Fanfragona, antes de llegar a Mas Torrens.

La vegetación y tierras de labor ocultan los estratos, pero sueltas son muy abundantes las calizas triásicas: unas corrientes, otras dispuestas en tabletas como las de náicas o con cantitos rodados de menos de un milímetro que le dan una apariencia oolítica; no faltan, sin embargo, calizas compactas y finas cuyo aspecto más parece de agua dulce; sin embargo, todo el conjunto es triásico, exceptuando algunas calizas que parecen eocenas.

Unos 80 metros al S. de Mas Torrens encontramos núcleos ferruginosos que proceden de un afloramiento pequeño y próximo de bauxita; la roca estéril aparente es la caliza cristalina rosácea, que ya hemos descrito, y que pasa a carñiola por alteración.

Afloramiento de Mas Torrens.—El afloramiento es muy irregular y asoma en pocos metros cúbicos; su altura será de dos metros por cuatro a seis de ancho; la mena es más bien blanca de aspecto, con muchos pisolitos de medio milímetro, y otros más grandes ferruginosos de dos a cuatro milímetros, pero aislados y escasos; el aspecto del mineral es granujiento y áspero.

La caliza es la roca estéril que está casi en contacto; es cristalina, rosácea y con pequeños lechos careados de colores amarillentos o rojo ladrillo, también tiene fisuras de calcita y, en conjunto, se parece muchísimo a las que ofrecen tránsitos a carñiolas. Algunas partes de esa caliza, por meteorismo, toma aspecto poroso y blanquecino.

El afloramiento de bauxita está dividido en dos porcio-

nes por la caliza cristalina roja, y todo en la longitud de unos 10 metros. Las partes ferruginosas son siempre las más externas, estando la mena blanca hacia el interior. Aunque por el color y presentación se podría creer en el paso de la caliza a la bauxita, esto no es general, pues basta la aplicación de ácido para ver la diferencia radical: la mena y su envolvente arcillosa, no dan efervescencia. Merecen citarse, sin embargo, ejemplares próximos a la caliza que tienen vetillas de espato calizo, no visibles más que al microscopio, los cuales dan efervescencia y representan el tipo de enlace con la roca estéril. Con el nitrato producen buena reacción.

Afloramiento de Clot de Llop.—En los 70 metros de subida hasta lo alto de la mina «Lea», desde Mas Torrens, encontramos muchos bloques sueltos de mineral.

Este frondoso barranco, que mira a Levante, es el conocido por Clot de Llop (barranco del Lobo), y en él se halla uno de los afloramientos más importantes de la zona entera.

Muchos de los crestones tienen un alto de 4 a 6 metros y, con pocas interrupciones, están repartidos en una longitud de 30 a 50 metros; por encima de este afloramiento asoma el de las carñiolas amarillentas y de color ladrillo.

En todos los crestones podemos comprobar estas tres disposiciones: 1.º Son pisolíticos. 2.º La envolvente arcillosa es casi normal; y 3.º Las porciones ferruginosas son las más exteriores y blancas las interiores.

Mena blanca por completo no se encuentra; la dominante es compacta, sonando bastante al martillo; tiene el cemento blanco o rosado homogéneo con abundantes oolitos, claros en su mayoría, de medio milímetro. Lleva nódulos ferruginosos de medio hasta dos centímetros de diáme-

tro; estos núcleos, como ferruginosos, dominan en la parte externa y llegan al tamaño de puños, constituyendo un almendrón de elementos escasos.

Un tipo característico en este afloramiento está constituido por un mineral rojo, muy pisolítico, tanto, que los oolitos, en su mayoría de medio y uno o dos milímetros, están en contacto, y como son esféricos y la roca carece de cemento que los enlace, resulta a veces poco coherente y en la fractura se ven los huecos o relieves de los pisolitos: no siempre ocurre esto, y otras veces en la fractura concóidea se señalan las secciones de los elementos redondos y muy uniformes en tamaño y en perfecta disposición concéntrica.

Ninguna de estas menas da efervescencia con los ácidos, pero sí todas ellas el color azul con el nitrato de cobalto; con los minerales rojos hay que calcinar previamente para obtener el color. Dentro de los bloques como en vetas, vemos porciones de la parte arcillosa o caolinizada que por lo general sirve de envolvente.

Otros afloramientos.—Afloramientos análogos, pero mucho menos importantes, se encuentran en el sitio conocido por Ubagá de Soler, sobre la Almunia, y trozos rodados de este mineral en los barrancos que convergen al Clot de Miralles. La mena es oolítica y roja en su mayoría, pero en el interior también se encuentran porciones blancas y rosadas de fractura concóidea y apariencia homogénea.

Hasta aquí muchas de las rocas estériles siguen pareciendo triásicas, pues, además de las carniolas ya descritas, encontramos cantos redondos de otras que tan bien representadas están en la sierra de Rocamur. Esta cima, sin embargo, es un punto de contacto de los dos terrenos y muy instructivo en cuanto a la transformación de las calizas. Toda la ladera que baja a Miralles está formada por la

alternancia de areniscas y calizas, de las cuales unas son visnosas, otras muy cristalinas, algo moradas con vetas de espato y, por fin, otras de grano muy fino, como si fuesen de agua dulce. Ambos sedimentos ofrecen los tránsitos a las carniolas que antes hemos tomado como de aspecto triásico; todo este tramo parece referirse al terciario, pues descansa en concordancia sobre las capas fosilíferas del valle de Miralles asomando también al lado S. de la sierra de la Costa.

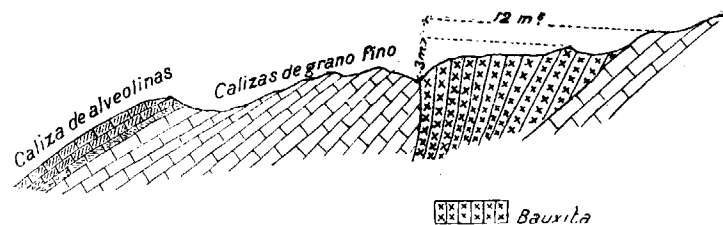
Por otra parte, continuando por la cima de la sierra, vamos a dar en las calizas de alveolinas bien desarrolladas, que se apoyan sobre las capas fosilíferas de Miralles, y lo mismo que ocurría antes, vemos ahora cómo las calizas eocenas de alveolinas pasan también poco a poco a carniolas casi exactas a las de la llanura.

En el valle hay, entre arcillas, un afloramiento en el sitio conocido por Salt del Gos, que posteriormente ha sido explotado produciendo unas 2 000 toneladas de mineral ordinario. Sin haberlos visitado, tenemos noticias de otros dos: uno próximo a Corral de Novell, y otro en Ancosa; todos en el terreno señalado por Almera como eoceno.

Antes de llegar a Rubió, cerca de una mancha que por sus yesos, carniolas, arcillas y calizas de braquiópodos, parece secundaria, vemos una marga incluida entre yesos y arcillas que toma un aspecto de bauxita ordinaria; sin embargo de su apegamiento y olor a la humedad, no da el color azul con el nitrato; esas margas están muy próximas a la casa de Laureano del Pozo, cerca de la carretera de Igualada a Valls.

Afloramiento de Rubió.—El asomo de Rubió, que es el último de los que hemos visto en la parte NO., tiene una presentación muy distinta a los demás.

La ladera donde está enclavado el crestón tendrá unos 625 metros antes de llegar a la cima que alcanza 710, y está constituido por un tramo potente de calizas de alveolinas alternando con otras marmóreas de grano muy fino y colores algo morados; en ocasiones tienen un marcado aspecto de agua dulce. Tal ocurre precisamente en el afloramiento de mineral: la bauxita, en bloque, asoma en contacto con la caliza pardo vinosa de grano fino que, como todos los estratos de este serrijón, buzan al S. próximamente.



Afloramiento de Rubió.

El afloramiento tendrá unos 30 ó 40 metros y una altura de 3; es la mayor cantidad de bauxita que hemos visto concentrada en un solo sitio. Su aspecto, en conjunto, recuerda a las rocas eruptivas, el crestón es compacto y más bien redondeado con planos litoclasas muy marcados, y que aunque dispuesto de un modo irregular tienen tendencia a dividir la roca en porciones curvilíneas, disposición que quizás deba atribuirse a la composición y homogeneidad de la roca. Mirando el asomo al N., en todo su frente, tendrá unos 12 metros de largo y es como mejor se aprecian las divisiones curvilíneas. Las calizas de la parte N., que suponiéndolo filoniano formarían el muro del criadero, son de grano fino y de distintos colores: amarillentas, rosáceas y hasta moradas, colores todos que, sin duda, dependen de su grado de oxidación por el hierro contenido. Al E., y en

unos 200 metros, corren los pequeños asomos de las dos minas aquí enclavadas.

El mineral cumple las reglas generales de ser oolítico y más blanco en la parte interna. Los nódulos ferruginosos no son grandes, y la parte más roja, que es la externa, tiene color vinoso con núcleos bauxitíferos blancos de medio milímetro a cerca de un centímetro; la porción blanca con manchas vinosas es poco oolítica y de mayor tamaño sus elementos redondos; todo el mineral tiene el lustre y la suavidad que más bien son peculiares de las porciones arcillosas envolventes.

Estos minerales son compactos, fractura concóidea, no dan efervescencia, pero sí la coloración azul con el nitrato, y en particular las partes blancas.

AFLORAMIENTOS EN EL TRIÁSICO

Están alineados al SE. de la sierra de la Llacuna y como acantonados en el sinclinal marcado desde Espinagosa a San Juan de Mediona. Los afloramientos que conocemos son, marchando al NE.: Espinagosa, Montorí, Moranta, Puig-Fred, Mas Bolet y el Puig.

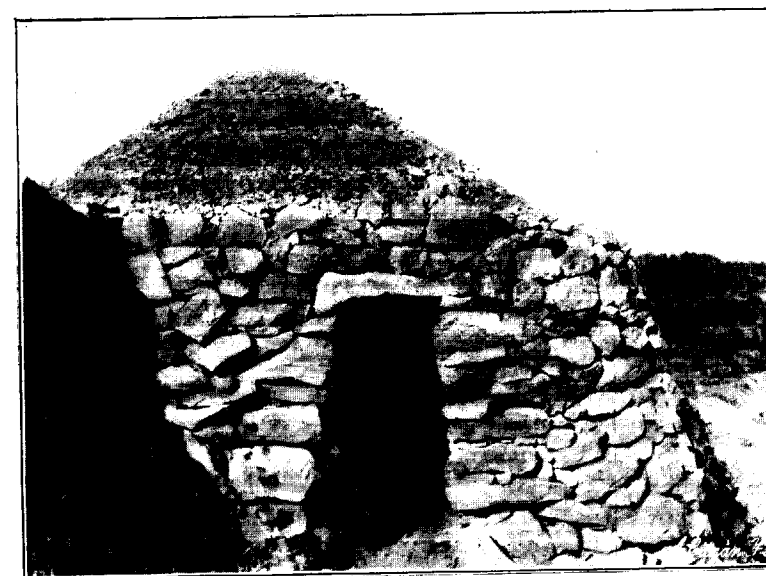
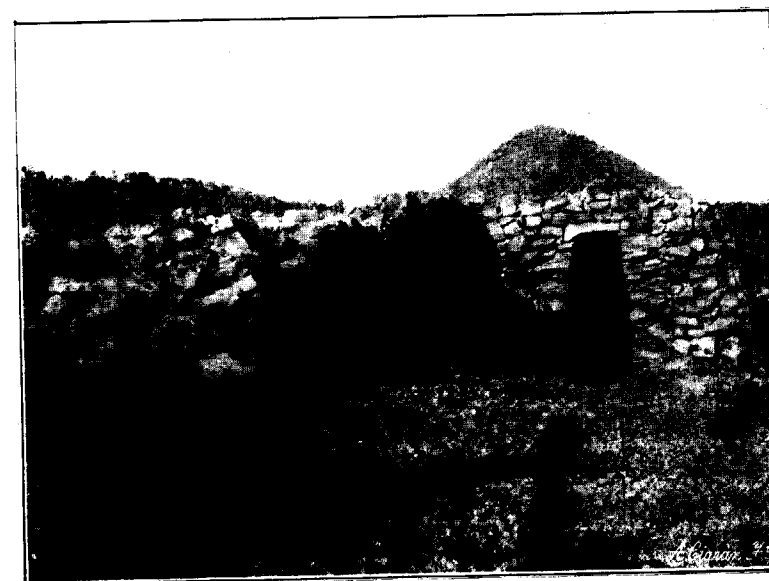
Desde que se vence la sierra de la Llacuna, cuya loma está coronada por las calizas tabulares de *nática gregaria*, se descubre todo el valle triásico hasta San Juan de Mediona, que tiene su facies típica y assolada por estar excavado en las margas y yesos; su disposición representa una línea de hundimiento de NE. a SO.

Muy próximo a la casa de Espinagosa (unos 600 metros), vemos una marga vinosa, bastante cristalina, que tiene su paso a carñiola de color ladrillo, y en la cual, como

nódulos, hay incluídas concreciones ferruginosas bauxitíferas como las que se encuentran en los crestones del mineral; no pudimos, a pesar de nuestra atención, encontrar afloramiento de mena, y citamos los nódulos con el valor de indicios estimables para emprender una investigación.

Afloramiento de Montorí.—En Montorí, sobre unas margas potentes vinosas alternadas con yesos (Mas Conill) es, de toda la zona minera, donde encontramos reunida la mayor cantidad de mineral y de la mejor clase. El total de mineral que está extendido en la superficie y lindes de una viña será de unas 500 toneladas, y en su mayoría está arrancado y suelto. Afloramientos fijos son pocos, representados por bloques de mineral que no tiemblan al golpe del martillo, pero que rodeados de tierra, están aislados y sin descubrir sus relaciones con la roca en que están encajados. El tramo que encierra el criadero tiene que ser el mismo que ocupa la línea de depresión: margas diversamente coloreadas, yesos y carñiolas, que son, no sólo las rocas más próximas, sino con más o menos variaciones las únicas en todo el valle que alcanzan una potencia al parecer de varios centenares de metros.

Todos los afloramientos pertenecen a la mina «Marta», de bauxita, demarcada sobre la «Agustina 2.^a», de hierro, y están enclavados muy próximos y al S. del coto 640 representado en el plano. La dirección aproximada en que están repartidos será de N. 20° O., y de cerca de una hectárea la superficie sobre la que están repartidos. Muchos de los trozos de mineral han servido para la construcción de una casilla y de muritos que sirven de linderos a las propiedades agrícolas, o contención a las bancadas en que se divide el terreno inclinado para su cultivo; esta viña de Montorí es un sitio especial para poder tomar una muestra



AFLORAMIENTO DE MONTORÍ
Muros y casetas construídos de bauxita.



AFLORAMIENTO DE MONTORÍ
Muros y casetas construídos de bauxita.

de mineral sobre algunos cientos de toneladas. (Veáanse los análisis, págs. 28 y 29.)

Todo el mineral es pisolítico, pero de textura no muy acentuada; los oolitos aislados, suelen variar de medio a 3 milímetros; el fondo de la roca es compacto, fácilmente rayable, sonoro al martillo y de fractura concóidea; también pueden considerarse como factores comunes a las dos clases de menas el olor y apegamiento que adquieren con la humedad; no dan efervescencia con los ácidos; con el nitrato de cobalto toman coloración azul, muy fácilmente la bauxita blanca.

La roja tiene un color rosáceo uniforme, y recuerda en trozos a la de Clot de Llop; muchos de sus pequeños nódulos son ferruginosos; esta mena, como es general, se encuentra de preferencia en la parte de los afloramientos y, aunque no muy abundantes, también suele tener nódulos de varios centímetros y porciones también ferruginosas de la envolvente arcillosa, con su aspecto suave y brillante.

La bauxita blanca es idéntica a la de Mas Torrens, como ella áspera en su fractura y con color blanco moteado por las escasas manchitas ferruginosas; la porción granujienta pasa por grados a zonas compactas con manchas concéntricas o en vetas rosadas y blancas, y que más parecen vetas marmóreas de grano fino, como algunas de las carniolas, que porciones de bauxita; sin embargo, en ninguna porción se logra la efervescencia por el ácido. La bauxita blanca es menos pisolítica que la roja y menos aun las partes finas que las granudas, las que principalmente deben esa apariencia al resalto de los oolitos que no se fraccionan en los cortes.

Los oolitos en esta mena blanca varían de medio a 3 milímetros, pero también los hemos visto muy bien formados hasta de 3 centímetros.

En la parte alta de la colina en que está situada la mina

se encuentran las calizas sabulosas y rojizas algo careadas, prolongación de la sierra de Rocamur, y entre ellas encontramos alguna brecha que resulta muy instructiva. El cemento es la caliza rojiza porosa que, en toda la masa, tiene pasos a carñiola y es algo arcillosa; los elementos cimentados son casi siempre esquinados, aunque también suelen estar embotadas sus aristas; varían en sus dimensiones desde un pequeño oolito hasta trozos de 4 centímetros de diámetro, y por su clase son: calizas sabulosas claras, trozos marmóreos de grano fino que, como vetas, hemos visto frecuentemente en las carñiolas y trozos de bauxita roja y blanca; el orden que hemos puesto en su enumeración es también el de su relativa abundancia.

Donde mejor se ve esta brecha es en el camino que conduce a la parte alta; la dirección que parecen marcar sus pequeños afloramientos es al NO. Esta roca es un dato importante para juzgar de la colocación relativa de la bauxita, demostrando:

1.º Que la masa de bauxita estaba consolidada, así como las calizas sabulosas de Rocamur, cuando se ha formado la brecha.

2.º Que puesto que las calizas sabulosas están en la parte alta y la bauxita en el tramo de margas y yesos, se debe de atribuir la formación de la brecha a una fricción y grieta que lleva la dirección de la línea de depresión NO.-SE.

3.º La bauxita, en este caso, no sería triásica.

Los afloramientos siguientes de Puig-Fred y Orpinell siguen al NE., y resultan alineados a 45° con los anteriores de Montorí y Espinagosa.

Afloramiento de Puig-Fred.—Todo el valle hasta llegar a Puig-Fred tiene coloración rojiza, y se encuentra excavado en la formación margoso-yesífera que se sobre-

pone a las calizas, de la destrucción de las cuales, se encuentran sueltas con abundancia las marmóreas de grano fino, las sabulosas con o sin fósiles y las carñiolas con sus colores ladrillo y rosados. La fácil desfiguración que produce el meteorismo sobre las arcillas y yesos, unido a los plegamientos que tiene este tramo, hacen que no sea posible seguir los estratos.

En él, y sin que se vea la relación con las rocas que la contienen, encontramos la bauxita de la mina «Nieves» (440), cerca de Puig-Fred. Hay una trinchera en que no aparece la roca; la blanca es de grano muy fino y compacto, con aspecto algo céreo, destacándose sobre la fractura concóidea algunos oolitos blancos, pequeños hasta de 2 milímetros; por excepción lleva algunos grandes nódulos de 2 centímetros blancos o ferruginosos. Está al pie de la caliza de fucoides. En la que podríamos clasificar como roja, encontramos una bonita variedad muy pisolítica, en la cual los núcleos están en contacto y varían de medio a 2 centímetros de diámetro; el aspecto de la roca es el de una pudinga roja de elementos gruesos y casi iguales. El relleno de los espacios entre los nucleares, lo que podríamos llamar cemento está constituido por una masa compuesta de diminutos oolitos, casi siempre blancos, hasta de un milímetro; también en esas porciones los pisolitos están en contacto, con lo cual la mena es absolutamente pisolítica. Lo mismo que la variedad blanca, toma el color azul con el nitrato de cobalto y con el ácido clorhídrico produce efervescencia ligera, particularmente en las masas entre los oolitos y en los intersticios y superficies de la unión de nódulos grandes con la masa. La «Nieves» está próximo a Puig-Fred.

La facies del criadero en la viña donde se ve el mineral, es como la de Can Vich y Orpinell con brecha en las calizas y carñiolas sin que se vean los yesos.

En Puig-Fred la brecha algo vertical. En Casa Malofre se encuentran bolas de mineral.

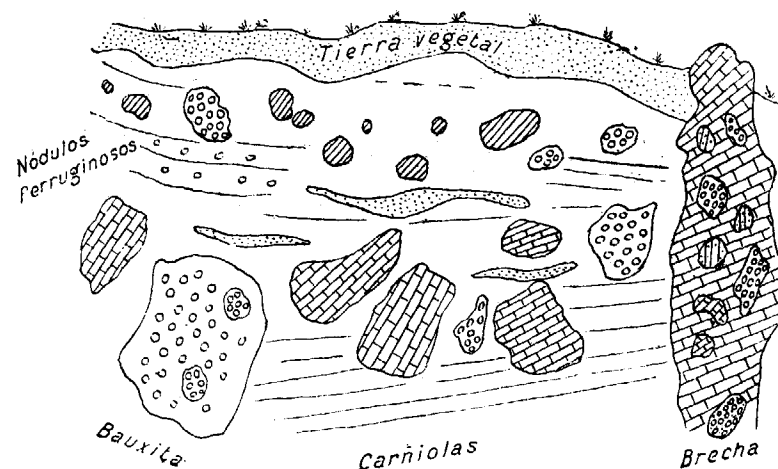
Desde antes de llegar a Puig-Fred, hemos encontrado restos de calizas con fucoides y otros dolomíticos cuerpecillos redondeados iguales a los de la sierra Rocamur y algún trozo de granito. En las cercanías de la casa llamada Can Ferré, encontramos una brecha caliza conteniendo trocitos esquinudos de bauxita; próximos al mismo sitio, merecen citarse más restos de fucoides, calizas cristalinas y carñiolas rosadas, trozos sueltos de granito, sin que hayamos podido encontrar el asomo eruptivo de que proceden.

Afloramiento de Mas Bolet.—Hasta llegar a Orpinell volvemos a cruzar el tramo de arcillas y margas vinosas con yesos, con abundantísimas carñiolas esparcidas en la superficie. Cerca de Mas Bolet, después de vencido el alto, cruzamos una brecha poco potente que es como la encontrada en Montorí, y cimenta trozos de bauxita y nódulos ferruginosos en caliza más o menos careada; su dirección es de NE. a SO., como la de las líneas de depresión; por la destrucción de esta especie de carñiola se reúnen en algunos sitios los nódulos ferruginosos que quedan sueltos.

En la mina «Teresita», situada en Orpinell, hay una extensa labor que consiste en una zanja a lo largo de un pequeño barranco dirigido de NO. a SE. que tendrá unos 40 o más metros de largo. El frente descubierto por las labores de esta trinchera será de unos 6 a 8 metros de alto, y en todo él se aprecia perfectamente la variada composición de la masa que lo integra. Es un aluvión en el que alternan, de un modo irregular y con diversidad de tamaños, cantos de bauxita, otros de caliza, carñiolas y muchos nódulos ferruginosos, enlazado todo por arcilla que, en alguna de las

porciones de la masa, tiene tendencia a la estratificación; el volumen de todos estos elementos rodeados es sumamente variable, desde el de una avellana hasta cantos de varios metros cúbicos.

Haciendo fondo a toda la masa, vemos margas y carñio-



Afloramiento de Mas Bolet.

las, y al S. todo este confuso y desordenado conjunto se encuentra limitado por el levantado afloramiento de una brecha caliza con trozos de bauxita y núcleos ferruginosos dirigidos de NE. a SO., y es de notar que una vez pasada esta brecha, ya no encontramos resto ninguno bauxitífero. Por la inclinación del barranco y la aglomeración de la masa de aluvión, había para pensar que procedía de restos rodados y acumulados de algún yacimiento situado al NO. en las alturas de la sierra de Orpinell, pero como en esa dirección no encontramos vestigios de la mena, y en cambio en contacto con el depósito tenemos la brecha bauxitífera, es más lógico buscar en su destrucción la formación del depósito. Claro está que en la supuesta ruina de la roca

caerían unos trozos hacia un lado, el N., y otros hacia el S.; pero como la brecha está en forma de dique casi vertical, y corta perpendicularmente al barranco, se comprende que sólo el depósito de la porción N. sería el contenido, arrasando las aguas el de la parte S., suposición que vemos confirmada con el corte del frente.

Respecto al mineral que haya acumulado en ese aluvión, abundan mucho más los nódulos ferruginosos que las porciones de bauxita blanca; éstas son pisolíticas, pero en su mayoría con mucho brillo, como si en ellas dominase la parte silíceas, y pasan insensiblemente a la envolvente arcillosa blanca, con manchas ladrillo, compacta, y de fractura concóidea; dan reacción con el nitrato y se pegan a los labios. Las porciones arcillosas son poco pisolíticas, tienen una textura compacta muy fina con manchas ferruginosas irregulares, en las cuales se empiezan a formar los pequeños núcleos; en estos casos la roca da alguna efervescencia, particularmente en las porciones que enlazan las partes blancas con las coloreadas; parecen tránsitos de calizas.

Su análisis se aproxima a 40 por 100 Si O² y algo más de 30 por 100 Al² O³.

Los nódulos ferruginosos del grosor de puños son muy abundantes, sueltos e inclinados en las porciones bauxitíferas blancas, las cuales, como muy silíceas, son suaves y se desmoronan con facilidad. Hubo un tiempo en que la cantidad y fácil extracción de los núcleos, animaron a unos mineros a intentar la explotación del aluvión como mena de hierro, y de esa época hay amontonadas algunas toneladas de los nódulos; el resultado tuvo que ser infructuoso, pues su análisis acusa:

Si O ²	21,10	} O sea demasiada sílice y alúmina.
Fe ² O ³	49,00	
Al ² O ³	20,00	

Afloramiento de Moranta.—Otro afloramiento nos queda que señalar en la línea de depresión de Mediona a Espinagosa, es el de Moranta. Está separado del de Mas Bolet por las altas laderas de la sierra de Orpinell, constituidas por calizas sabulosas y otras compactas de alveolinas que se disponen casi horizontalmente sobre las calizas triásicas, dando lugar a una mancha eocena no señalada en el plano del Dr. Almera. Ese isleo terciario avanza de NO. a SE. y se dispone perpendicularmente a la sierra de Rocamur, cortando la línea de depresión de Mediona.

El afloramiento bauxitífero de Moranta asoma entre dolomias algo sabulosas, pasando a carñiolas vinosas o amarillentas con vetas cristalinas y marmóreas, como las que vimos en el criadero al NE. de la sierra de la Costa.

El crestón está representado por pequeños asomos del mineral, unos inferiores, cerca del tramo de margas y yesos, y otros entre carñiolas en la parte alta de un pequeño montículo llamado el Cucut de Moranta. El mineral, como siempre, es pisolítico y tiene porciones blancas y ferruginosas, abundando mucho los nódulos y porciones de la envolvente lustrosa y caolinizada; en las porciones rojas se obtiene con dificultad la reacción del nitrato de cobalto.

En Moranta (450) hay un pequeño asomo, teniendo muy próximas las dolomias y carñiolas rosadas en su proximidad al crestón. Todo el pequeño coto está formado por las calizas señaladas y por algunas sabulosas; las chirtas y nódulos ferruginosos se encuentran en abundancia. En el mismo pico (460) hay un afloramiento ferruginoso de la envolvente de bauxita. En la parte inferior del coto vuelven las margas y areniscas blancas y vinosas con yesos, conjunto que produce el terreno estéril llamado *Soula* en el país.

Resumen.—Como síntesis, todos los afloramientos

están comprendidos en un área que tendrá 11 kilómetros de larga de Rubió a Mediona, contados de O. a E., por escasamente 5 de ancho de Mas Bolet a Espinagosa, contados de N. a S.; en esos 50 kilómetros cuadrados de Trías y Eoceno, están comprendidos los 15 afloramientos que se conocen, y la mayor acumulación es en la sierra eocena de la Costa, donde se cuentan cuatro, y dos en sus laderas.

La magnitud de estos afloramientos es pequeña, pues, en cualquiera de los casos, bastan 10 ó 20 metros para medir su mayor dimensión.

La disposición del mineral, respecto de las rocas que lo contienen, no siempre se puede examinar bien, por tratarse de rocas blandas que levantan poco sus crestones, y hasta ellas llega la vegetación, pero en los casos en que mejor pudimos hacerlo, como en Rubió, Montorí y Orpinell, se percibía el acuñamiento del mineral en la masa caliza, en las fisuras de la cual entraba en pequeños trozos formando brecha. Los trabajos posteriores de explotación parecen haber confirmado esta suposición, pues aunque se habrán arrancado más de 4.000 toneladas entre Rubió, la mina «Diana» y Salt del Gos, ya se ven agotados algunos tajos de arranque.

Podría, pues, definirse el criadero como una salpicadura de pequeños afloramientos relacionados con las fracturas del área en que están contenidas, sin estratificación y con tendencia a encajarse en sus rocas.

Tal constitución del yacimiento, parecida a la de algunos austriacos e italianos, hace aconsejar investigaciones a lo largo de la borrada cordillera secundaria, es decir, por el arco del Mediterráneo, que tiene la misma geología y la misma tectónica que la zona bauxitífera estudiada, parando atención especial en los asomos ferruginosos, en particular si son aluminosos y pisolíticos, pues supuestos hierros de esa clase han sido los precursores en los descubrimientos de bauxita.

VI

Orogenia.

Del estudio de los movimientos orogénicos se deduce que, en Cataluña, desde los tiempos paleozoicos, han existido porciones con tendencia a la resistencia, y otras, por el contrario, débiles, en las que se han localizado los hundimientos. Los núcleos de rigidez han sido: uno hacia la zona pirenaica, y el segundo situado en la zona litoral catalana, que conserva sus restos. Así vemos cómo ya los pliegues hercinianos hacen depositarse el Carbonífero en los Pirineos Orientales y emergen los estratos paleozoicos de la costa. Estos pilares ya no tienen modificación esencial.

Al principio del Secundario, los potentes conglomerados cuarzosos se acumulan en sus bordes, sin cubrir sus sedimentos. Pasada esta primera fase de destrucción, empiezan los hundimientos alrededor de los centros resistentes, dando lugar, al final del Trías, a un régimen lacunar que continúa acentuándose hasta la facies claramente marina del Jurásico demostrada por sus fósiles, y pierde profundidad hacia el final del sistema, iniciándose otro macizo en el Mediterráneo. Durante el Cretáceo inferior debía de existir la cordillera litoral, por los depósitos encontrados, penetrando el mar en Francia por Provenza. El terreno continúa sus emergencias hasta dar lugar, en el Cretáceo superior, al régimen de lagunas, mezclándose los radiolites con los lychnus de agua dulce, y esta facies continental se desarrolla sobre el macizo litoral, mientras que, entre él y el macizo

mediterráneo, existían las grandes lagunas que han producido los depósitos de Provenza y Berga, los garumnenses. El paso de los últimos sedimentos secundarios a los primeros del Terciario, se hace con gran lentitud hasta llegar a la gran caliza de alveolinas que marca una enérgica transgresión sobre las antiguas cordilleras litorales del Secundario. En todo el Terciario, en sus tres fases dinámicas esenciales: levantamiento pirenaico (Eoceno), sierra del Cadí (Oligoceno), y hundimiento del macizo mediterráneo (Plioceno), actúan de un modo constante los mismos centros N. y S., a modo de pilares, y aunque figuran aislados, en estos movimientos estuvieron claramente apoyados, uno por el macizo francés, y otro por el central español, en esa formidable lucha de encuentros, que acabó por unirlos cerrando la cicatriz en el Ampurdán y a lo largo de los Pirineos.

Las zonas débiles son: desde luego la paralela al Pirineo, ocupada por la gran mancha terciaria de Aragón y Cataluña; el borde meridional de las sierras de Prades, Llacuna, Montseny, etc., y la fosa mediterránea. La gran depresión del N., unida a la clásica del hundimiento del Ebro, está iniciada desde el Paleozoico según los sedimentos carboníferos de Seo de Urgel, San Juan de las Abadesas, etc., y se ha ido haciendo más amplia durante el Secundario, lo que atestiguan los depósitos cretáceos que la contornean al S. y al N. En la era terciaria su papel es absolutamente esencial, y constituye el campo donde se manifiestan los esfuerzos de los bordes rígidos. Otra zona débil, más acantonada y menos importante en general, pero más interesante desde nuestro punto de vista, es la paralela a la falda S. de la cordillera sublitoral y que, como todas las fallas y pliegues paralelos a la costa, proceden del alzamiento del Cadí en el Oligoceno. Nos referimos a las fosas del Vallés y Panadés, colmadas por los últimos depósitos terciarios, y emergidas

al final de la era, aun cuando antes habían sufrido hundimientos y sido ocupadas por los mares cretáceos.

Por último, el amplio arco de la costa dibuja la gran falla curva de la fosa mediterránea, lugar que en el Secundario fué igualmente mar durante los tiempos jurásicos y cretáceos, y que adquirió su aspecto actual al final del Plioceno.

Aunque con variación, subsisten las zonas rígidas y débiles a través de todas las épocas, y así ocurre que, aun en el Cuaternario, avanza la corta del Ampurdán y se han verificado las erupciones de Olot y Cadaqués.

Vemos, pues, que la zona de fracturas forma un campo de líneas paralelas al borde del Mediterráneo y siguiendo el contacto de los terrenos secundarios con el Eoceno inferior. Y es muy interesante observar que si seguimos esa línea desde la costa del Garraf, se continúa bordeando el Mediterráneo por Languedoc y Provenza para enlazarse con los Alpes Cárnicos y el Apenino Central, es decir que, de un modo sintético, señala la traza curva de los hundimientos terciarios, relacionados para nuestra Península y el Norte de África por los geólogos Marin, Alfonso del Valle y Novo; los dos primeros, en su notable estudio sobre Marruecos, y el señor Novo, en su magnífica traducción de *La faz de la tierra*, de Suess, comentada en lo que a nuestro país se refiere. Pues bien, lo curiosísimo es que los yacimientos de bauxita jalonan la unión marcada: primero los catalanes, en segundo lugar los de Ariège, Languedoc, Provenza y Alpes Marítimos, siguen los Cárnicos y los del valle Liri y Pescara en Italia.

De esta coincidencia se puede razonablemente suponer: 1.º, que existe una relación entre las venidas bauxitíferas y los hundimientos posteriores al Secundario, y 2.º, que la prolongación de los yacimientos españoles debe suponerse hacia Teruel y las provincias levantinas, donde continúan los mismos isleos geológicos con idéntica disposición.

VII

Criaderos extranjeros.

Haremos una exposición concisa de los criaderos franceses y norteamericanos, que son los más importantes, indicando todos los términos de su estudio, hasta los económicos; de los restantes: austriacos, alemanes, italianos e irlandeses, daremos los pocos datos que tenemos para procurar el mayor número posible de comparaciones entre los distintos yacimientos, y por lograr así analogías y contrastes que contribuyan al mejor conocimiento de los nuestros.

CRIADEROS FRANCESES

El primero que reconoció la banda bauxitífera fué Daubrée; posteriormente ha sido estudiada, desde el punto de vista geológico, por Virlet d'Aoust (1863); Coquand (1857-70); Dieulafait (1881); Daubrée (1889); Collot (72-80-1887); Auge (1887); Stanislas Meunier (1888), y Laur (1894-1908), citando sólo a los autores más importantes.

Los yacimientos que se explotan en Francia están enclavados al S. y SE., formando una banda de unos 150 kilómetros desde Tarascon a Antibes (Alpes Marítimos), en los departamentos circunmediterráneos de Ariège, Hérault, Bouches du Rhône y Var, que comprende parte de las regiones francesas conocidas por Languedoc y Proven-

za. Hay también yacimientos en otros departamentos; M. A. Lacroix los cita en esta proporción:

19 en Ariège;

14 en Hérault;

8 en Bouches du Rhône;

15 en Var;

1 en Charente;

5 en Puy de Dôme, y

3 en Loreire;

habiendo encontrado también minerales en Poullaouen (Finisterre). En realidad, los yacimientos que no están al S. y E. puede decirse que no son bauxitas, pues además de no ser explotables, tienen una cantidad de sílice que les hace salir con frecuencia fuera de los límites asignados a este mineral como especie.

Modo de yacer y presentarse.—Las bauxitas de Ariège y Provenza son las de mayor valor industrial, y por consiguiente, las de renombre.

El modo de yacer las bauxitas francesas, varía del S. a los departamentos centrales; en Provenza se intercalan en bancos entre las capas del Cretáceo o entre las del Cretáceo y las del Terciario inferior lacustre; en cambio en el centro, en Auvernia, descubrió M. Augé un importante yacimiento consistente en una capa descansando sobre el gneis, tapada por basalto en algunos sitios y descubierta en varios kilómetros cuadrados.

El interés científico que ha producido cada uno de estos modos de presentarse, ha sido muy distinto: en las bauxitas del S. la controversia larguísima versó sobre la edad de los criaderos interestratificados; en los minerales centrales es la formación el punto de debate que plantean.

En realidad, hay alguna diferencia de presentación en-

tre los criaderos de acantonados en Ariège y los de Languedoc y Provenza. Los describiremos haciendo esa separación.

Los de Languedoc y Provenza se extienden en unos 200 kilómetros de línea contorneando la costa N. del Golfo del León, y consisten en capas y depósitos de unos centímetros a varios metros de potencia, intercalados entre las capas cretáceas y garumnenses, cuyos afloramientos se siguen a veces en más de 20 kilómetros (Villeveyrac).

Es lógico que se despertasen grandes dudas respecto a la edad de estos depósitos, pues el muro y el techo del criadero varían mucho en los distintos afloramientos.

Expondremos por orden cronológico los principales estudios realizados sobre los criaderos de bauxita de Provenza, deteniéndonos en los de Collot y en las consecuencias de Laur.

El primero que fijó una edad única para las bauxitas del SE., fué Virlet d'Aoust (1862): *Sur le Minerai de fer alumineux de Mourciez* («Bull. Sdad. Geol. de France». Segunda serie. Tomo 26, pág. 618). Las supone neocomienses metamorfozadas. Cree que las capas rojas de bauxita son la prolongación de las capas de caliza y el resultado de fenómenos contemporáneos con el depósito. Las bauxitas que estudiaba en Baux tenían 25 a 30 por 100 de hierro, y no eran, por consiguiente, más que menas pobres de ese metal. Como los pisolitos eran blancos, creía ver intermitencias en las emanaciones aluminosas y ferruginosas que produjeron estos núcleos.

M. Coquand en 1857 (*Traité des roches*), consideró las bauxitas como intercaladas en el piso Neocomiense de los alpinos, pero posteriormente, 1870 («Bull. Sdad. Geol. de France». Segunda serie. Tomo 28, pág. 112), intenta determinar su edad principiando por agrupar y clasificar las capas lacustres de cerca de 2.000 metros de potencia que co-

ronan el Cretáceo en los departamentos bauxitíferos, para facilitar lo cual crea el piso Santoniense (denominación que hoy se aplica a la parte alta del Senonense inferior), comprendiendo los lignitos y capas superpuestas fluvio-marinas, algunas de las cuales se reparten entre el Senonense superior y el Garumnense: las bauxitas se encuentran en la base de la caliza de Rognac, por encima de los lignitos de Fuveau. Todo este sistema se ha debido sedimentar en el fondo de un lago, y supone que la bauxita proviene de manantiales que la tenían en disolución. Examina distintos afloramientos en Baux, Maussane, Moures y Aureille, viendo cómo siempre la bauxita se coloca en la base de la caliza lychnus, en cuya época surgieron los manantiales minerales que depositaron los aluminatos de hierro.

La deducción final que obtiene de su estudio es que todas las bauxitas, estén estratificadas o en depósitos, se encuentran siempre en terrenos más antiguos que el Garumnense, son de la misma fecha y su origen es geiseriano.

M. Dieulaufait, en 1881 (*Sur la bauxite de Provence*. C. R. 14 Noviembre), combate la teoría de Coquand de que todas las bauxitas sean productos eruptivos de naturaleza volcánica, y como demostración cita, entre otros, los minerales de Revest que están perfectamente estratificados, reposando sobre la caliza de *chamas* y cubiertos por el Cenomanense, faltando el Aptense y el Albense; esa formación se sigue en unos 15 kilómetros. Según esto, es imposible admitir que los materiales de bauxita hayan sido llevados a su yacimiento al fin de la época cretácea. En Allauch los depósitos de bauxitas alternan muy claramente con las hileras del Turonense, y lo mismo ocurre con los criaderos que están en contacto con el sistema de Fuveau. Por fin, es entre estas capas y las calizas de lychnus, donde M. Co-

quand coloca el nivel y a esa edad del Cretáceo superior atribuye la aparición de los geysers.

M. Augé, al estudiar las bauxitas de Villeveyrac y en su *Note sur la bauxite* («Bull. Sdad. Geol. de France». Tercera serie. Tomo 16. 1837), demuestra cómo en Villeveyrac yace la capa de bauxita en el Oxfordiense recubierta por el Garumnense y es regular mientras está defendida por terrenos más modernos, mientras que no se encuentra la bauxita más que en las grietas si desaparecen las capas que impedían la denudación. En Baux se encuentra entre el Neocomiense y el Terciario.

M. L. Collot, en su obra *Age des Bauxites du Sud-Est de la France* («Bull. Sdad. Geol. de France». XV. Tercera serie. 1837), es quien ha estudiado mejor la geología de las bauxitas recorriendo los criaderos en más de 100 kilómetros; respecto a geología, continúa siendo esa obra el trabajo fundamental.

Marchando de O. a E., en Provenza, se encuentra el mineral en muchos sitios, de los que citaremos los principales, con sus condiciones de yacimiento.

En Saint-Chimian (Hérault) descansa la bauxita sobre el Infraías, y está recubierta por hiladas que se refieren al Garumnense y quizás al Eoceno inferior.

En Villeveyrac se apoya el mineral sobre una caliza de color gris que parece superior al Oxfordiense. La bauxita sigue las anfractuosidades de la caliza disponiéndose en forma de cubeta y está recubierta por las capas lacustres, que son calizas versicolores que tienen encima otras llamadas de dentelles debido a sus recortaduras y por los fósiles de las cuales se llega a establecer un sincronismo con las calizas de Rognac superiores al grupo de lignitos de Fuveau, o sea que ocupan el lugar de las calizas de phyas de Begude y las de lychnus de Velaux, cuyas capas son todas hoy co-

nocidas como del Montienne o Rognaciense, y en último caso como estratos de enlace con el Terciario; en este sitio, según Auge, se la puede seguir en unos 30 kilómetros. El espesor, de 2 a 8 metros en la cubeta indicada.

Para volver a encontrar la bauxita, hay que salvar el trozo desde Montpellier a Arles. En Baux, aldea que dió nombre a la roca, descansa la capa de mineral sobre las calizas neocomienses y barreмиenses, recubriéndola calizas grises y margas de agua dulce con fósiles de la caliza de Rognac, es decir, capas del Garumnense próximamente de la misma edad que las de Villeveyrac.

En todo el recorrido por Manville y Paradou se siguen las capas de agua dulce con bancos inferiores, formados de los residuos de bauxita principalmente.

En Puylobier descansa sobre el Neocomiense, cubierta por la formación lacustre que desciende hasta la caliza nodulosa antes incluida en el Garumnense y hoy sincronizada con el Santoniense. Sigue la bauxita por Pourrières, donde su depósito es muy característico, descansando sobre una capa jurásica inferior a la cuenca lacustre de Ollieres, contemporánea con los lignitos de Fuveau, estratos incluidos antes también en el Garumnense. Volvemos a encontrar la bauxita en Val, siempre marchando al E.; se apoya sobre la dolomia jurásica y está revestida por una arenisca subordinada a las de la cuenca de Ollieres, o sea a las de Fuveau. Continúa el mineral en una banda rectilínea de unos 20 kilómetros de largo sin que se alteren sensiblemente sus condiciones de yacimiento; en todas las formaciones hasta aquí señaladas, la bauxita ha sido recubierta por las capas lacustres más antiguas que el Numulítico y más modernas que las formaciones con hipurites del Senonense. La constante y completa independencia de la bauxita con las capas del sistema de Fuveau, sirve a Collot

y Laur para deducir la mayor antigüedad respecto a las capas que la cubren. En Allauch (Bouches du Rhône) se encuentra entre el Neocomiense y la capa de *hipurites dilatatus* del Senonense inferior. Empezamos a ver cómo, a medida que marchan hacia el E., se hace más pequeña la laguna geológica en que se encuentra el mineral.

En Pouse descansa sobre las calizas blancas del Jurásico y coronada por la caliza de hipurites; en Revest, cerca de Tolón, es donde la laguna geológica llega a su minimum, pues descansa sobre el Urganiano (Barremiense) y es el Cenomanense el que le sirve de techo; ocupa, por tanto, la bauxita el lugar del Aptense y Albense.

Vemos, pues, que según avanzamos del O. al E., recorriendo los yacimientos de Provenza, el suelo o muro del criadero va ascendiendo en la serie geológica y bajando, por el contrario, el techo.

Es decir, que para admitir una misma edad en el criadero, habría que admitir un movimiento de emergencia ocurrido desde el Hérault a Bouches du Rhône y en el espacio del Infralias al Aptense de un modo continuo, movimiento que iría seguido, por transgresiones, desde el Cenomanense al Garumnense y en sentido contrario geográficamente.

La consecuencia de Collot es que la bauxita se extiende transgresivamente sobre los diversos pisos del Infralias al Urganiano, y está recubierta transgresivamente por los que van del Cenomanense al Danés de agua dulce.

M. Laur, al exponer los criaderos de Provenza, da trece cortes y repite las ideas de Collot, ampliando lógicamente las deducciones para los criaderos de Provenza en esta forma:

1.º La presencia de las bauxitas coincide siempre con una laguna estratigráfica.

2.º Esta laguna tiene su mínimo al E. y su máximo al O.

3.º En todos los terrenos bauxitíferos no se encuentra el Aptense y el Gault y, salvo en Revest, el Cenomanense.

4.º Los límites más estrechos donde se puede encerrar la edad de las bauxitas son: por techo, el Cenomanense; por muro, el Urganiano.

5.º En Hérault, esta laguna máxima puede explicarse por la proximidad a la Montaña Negra, que hace mucho tiempo es un centro de emersión.

6.º La bauxita se extiende, pues, en el espacio comprendido entre el Infralias y el Urganiano y es recubierta transgresivamente por los terrenos que van del Cenomanense al Danés de agua dulce.

Bauxitas del Ariège.—Los criaderos del Pirineo no suelen ofrecer el mineral tan estratificado como en Provenza. M. J. Roussel, en su estudio sobre el Cretáceo de los Pequeños Pirineos y Corbières, da las disposiciones clásicas de los yacimientos de bauxita. Con frecuencia se encuentra en los primeros estratos del Cretáceo formando un cordón unido a una caliza litográfica, a conglomerados también calizos y a lechos de lignito; los fósiles de este depósito litoral suelen ser *nerineas*, *ceritium* y *orbitolinas*; unidos esos depósitos a la caliza de *requienias* constituyen el Urganiano, sobre el que descansan los demás pisos cretáceos: al Cenomanense, con abundancia de equinidos, se superponen los estratos con la *Colonia de Leymerie*, que se enlazan al Danés y al Eoceno, unidos en esta zona. Debajo, formando el muro del criadero, se suele encontrar la dolomía del Jurásico superior, sobre las desigualdades de la cual se aloja la bauxita más bien en masas extendidas que en lechos. Esta disposición de la bauxita unida a la caliza urgoniana de *requienias*, descansando sobre el Oolítico y cubierta por las calizas aptenses de *orbitolinas*, es muy re-

petida en todo el departamento de Ariège, en donde, según León Carez, se encuentran hasta 43 afloramientos en distintos pueblos.

En Parcille, Coumeloup y la zona de Arize, los pisolitos ferruginosos penetran en las dolomias del muro y pasan a un conglomerado calizo dolomítico, cuyo cemento es ferruginoso. La facies de alguna de estas disposiciones recuerdan las capas sincrónicas en la Champaña. Es notable que en Arize la dolomia se transforma gradualmente en bauxita, la cual a su vez reemplaza en sitios a un conglomerado; del mismo modo los nerineidos pasan a requienias, y ya Hebert había señalado conglomerados de areniscas sobre las dolomias. En fin, todo parece probar que las capas jurásicas y cretáceas se han formado sin interrupción. Se debe hacer notar que, en toda esta región, hay granitos sobre cuya masa descansa el Secundario en sitios próximos al mineral, e intercaladas como lentejones en las capas del Lías, hay ofitas.

La caliza que se suele colocar sobre la bauxita en Ariège no siempre es la de requienias, sino otras veces la de diceratidos, y aun la uniformidad del tramo ha llegado a ser discutida, como en Lordat-Vernaux y Vèbre, donde M. de Lacvivier suponía el muro Jurásico, mientras que Roussel lo refería al Neocomiense.

La bauxita en toda la región parece marcar el límite entre los terrenos Jurásico y Cretáceo inferior; a veces se reemplaza por un depósito muy rojizo y ferruginoso que suele pasar a caliza brechoide marmórea.

Hebert ha visto en Pereille, por encima de la caliza urgoniana, un lecho de arcillas con lignitos y conchas de agua dulce recubriendo la bauxita.

Según Carez, la bauxita no se presenta jamás sino en la extrema base del Cretáceo inferior.

En resumen, la bauxita en los Pirineos está acantonada

en las hojas de Foix y Ramier, y en ellas, dentro de la banda secundaria que va de Montjoy al barranco de Pereille; se encuentra generalmente en el límite del Jurásico y del Cretáceo formando una capa que rara vez llega a 10 metros de potencia. A veces se intercala en el Aptense, como en Auduiac; otras se coloca en la superficie de un afloramiento de dolomia, como en Unjat, o por fin, se muestra entre las capas cenomanenses: tal ocurre en Val de Pradières.

La discordancia angular entre el Jurásico y el Cretáceo es muy poco marcada, a pesar de la enorme laguna que separa los últimos sedimentos jurásicos de los primeros cretáceos; la bauxita que los reúne se presenta excepcionalmente (Pereille) acompañada de una formación lacustre.

No hay que olvidar que todo el Secundario está soportado por el granito y las ofitas; añadiremos que en el Hérault una potente colada basáltica atraviesa el departamento de N. a S., y en el Var varios yacimientos se encuentran muy próximos a los basaltos.

La consecuencia que se deduce del estudio de los yacimientos del Ariège, es que estando situados en una falta geológica y sobre el Jurásico, el terreno que ocupan tuvo que estar emergido antes que los de Provenza, y su fase de emergencia fué menor puesto que ya en el Urganiano se restablece la sedimentación normal.

El macizo de granito sobre el que descansan los terrenos secundarios podría servir en apoyo de esta mayor movilidad.

Datos industriales.—Según Laur, en Provenza se suelen hacer varias clases, según las proporciones de hierro y alúmina acusadas por su coloración más o menos rojiza principalmente.

Así, en Villeveyrac, se distingue:

La bauxita pálida con menos de	1,50	por 100 Fe.
» rosa » » de	4	» »
» roja hasta con	30	» »

si excede de este tanto de hierro se desecha.

La blanca, sin ningún riñón ferruginoso, algo pisolítica, puede dar hasta un 55 por 100 de alúmina.

Como término medio, parece que se puede aceptar:

	Para las blancas.	Para las rojas.
Al ₂ O ₃	76,90	65,60 y 50
Hierro	0,10	16,60 » 28
Sílice	2,20	1,40 » 7
Titano.....	4,00	3,90 » 4
Agua.....	15,80	12,50 » 13

Los explotadores garantizan 60 por 100 de alúmina mezclando la de 72 a 75 con las de 52 a 55 por 100

En Fontvieille el análisis del mineral de la cuenca es:

Al ₂ O ₃	71,64
Hierro.....	5,64
Sílice.....	1,70
Agua.....	21,02
	100,00

Si se trata de obtener la bauxita blanca para vía húmeda, se garantiza un máximo de un 3 por 100 de ácido férrico; hay algunas que se pueden llegar a 1 por 100 y su precio es más elevado. Cuando se trata de la bauxita roja para la obtención de la alúmina pura, es; por el contrario, la sílice lo que hay que evitar, y se garantiza un máximo de 3 por 100, alcanzando más precio las que llegan a 1 por 100.

Las bauxitas rojas de Var y las blancas de Villeveyrac dan, como media, un 65 por 100 de Al² O³. Las inferiores a 60 por 100 ya no se consideran comerciales.

La bauxita blanca de Hérault alcanza hasta 74 de alúmina, pero a veces es bastante silícea.

En Ariège se pueden dar, como término medio:

	1.ª blanca.	1.ª roja.	2.ª roja.
Alúmina.....	77,78	67,53	62,58
Hierro	2,58	14,86	21,00
Sílice	3,46	1,88	1,40
Aguas	15,80	16,28	15,02
	99,62	101,55	100,00

Estos análisis no acusan titanio, pero en bauxitas verdes de los Pirineos Orientales llegan a 2,70.

Las bauxitas de los demás departamentos no son beneficiables como menas de aluminio. Así, el mineral de Charente tiene 49 por 100 de alúmina, 22 por 100 de hierro y 10,70 de sílice; el de Lozeré es más bien una arcilla roja de estructura sacaroide que se emplea como colorante en el país.

La mayor parte del mineral que hoy se beneficia procede de Brignolles (Var) y Perabon-les-Beaux.

Longitudes y potencias.—Collot, en 1886, siguió los criaderos en unos 100 kilómetros.

En realidad, se siguen en más de 150 (ver la descripción geológica) desde Tarascon hasta Antibes en los Alpes Marítimos.

En Baux, el depósito alcanza de 12 a 15 metros.

En Revest se sigue la bauxita en unos 15 kilómetros.

En Fontvieille se distingue una cuenca de 20 kilómetros de longitud por 200 de anchura y a una profundidad de 27 metros; la mena es blanca en profundidad y roja en la superficie; la potencia de unos 6 metros, por encima, tiene otra delgada banda de 0,20. En Pouse (más al E., en Bouches du Rhône) se sigue el criadero en 12 kilómetros.

En Ariège, en unos 50 metros de afloramiento, varían las potencias de las capas que están en explotación de 6 a 20 metros, siendo 8 quizás su término medio.

CRIADEROS NORTEAMERICANOS

Los centros que en Norteamérica contienen bauxitas son tres: Nueva México, Georgia-Alabama y Arkansas.

Los yacimientos de Nueva México se encuentran en el departamento de ese nombre, al SO. de los Estados Unidos y en la proximidad del Plata; consisten en pequeños depósitos incluidos en rocas de origen volcánico.

Los distritos de Georgia-Alabama contienen una serie de yacimientos desde Adairsville (Georgia) hasta Jacksonville (Alabama) con más de 200 kilómetros de largo y sólo 15 de ancho.

En Arkansas los principales depósitos se encuentran en los Condados de Salina y Pulaski, y su formación es en mantos sobre superficies eruptivas o interestratificadas entre estratos terciarios, pero mucho más regular que la de Alabama.

Nueva México.—En una zona de un kilómetro cuadrado próximamente, se encuentran depósitos irregulares de bauxita incluidos en estratos horizontales de origen vol-

cánico. El color del mineral es generalmente blanco azulado; la estructura amorfa granular sin pisolitos; aun después de seca pierde un 20 por 100 por ignición. Las rocas parecen haber sido en su origen volcánicas muy básicas, pórfidos y basaltos acumulados en capas macizas, verdaderas brechas, los límites de cuyos trozos han desaparecido. Mr. William y P. Blake suponen que las piritas diseminadas en las rocas producen disoluciones aluminosas que salen lentamente siguiendo los capilares y en la superficie depositan en costras el sulfato de alúmina; la bauxita queda al interior como un residuo interno *in situ*. Estos depósitos se parecen más bien a los de Vogelsberg, como derivados de una roca volcánica por alteración.

Georgia-Alabama.—Están situados estos depósitos al NO. del distrito de Georgia y en la porción adyacente al de Alabama. Estos yacimientos guardan relación con las altitudes, es decir, con la disposición de valles y colinas, así como con las rocas y terreno geológico que los comprende.

Geología.—Las rocas de la región bauxífera comprenden desde el Precambriano al Carbonífero; en las rocas superiores al Siluriano inferior no se han encontrado afloramientos de mineral. El Precambriano está compuesto de cuarcitas y pizarras metamórficas cubiertas por las areniscas y pizarras cambrianas, sobre las cuales empiezan las dolomías conocidas por formación de Knox, que es la roca que ocupa mayor superficie y sobre la que están los crestones de bauxita. Estas dolomías constituyen la formación más importante de los Apalaches del Sur, y consiste en 900 a 1.200 metros de caliza magnesiana gris, semicristalina y bastante silícea, dispuesta en masas y bancos poco estra-

tificados. La sílice es generalmente segregada en nódulos de cuarzo y pedernal; este cuarzo permanece en la superficie como más duro mientras se disuelven los carbonatos de cal y magnesia. Sobre los crestones de dolomia, dispuestos con frecuencia en penellanura, además del cuarzo, se reúnen todos los residuos insolubles, formando un manto o capa de detritus. La parte superior de la dolomia de Knox es siluriana, y esto se deduce por los fósiles de la formación superior, que es una caliza fosilífera no siempre concordante con la dolomia; la parte inferior de la dolomia de Knox debe de ser cambriana, aunque hay grandes dificultades de separación por la semejanza litológica y la ausencia de fósiles. Los estratos, en general, están bastante levantados.

La dirección de los pliegues de toda la región es de NE. a SO. perpendicular a la fuerza que los originó, el diastrofismo es bastante intenso y se distinguen sinclinales y pliegues isoclinales enlazados por un anticlinal como motivo principal. En general, todos estos pliegues van acompañados de fallas que dislocan los estratos en diferentes sentidos, y los mismos pliegues tienen una disposición con tendencia a fractura, siendo mucho más abruptas las ramas al NO. que al SE. Estas fracturas y la diferencia de dureza de los estratos a lo largo de los pliegues, explican los estrechos valles encajonados entre los montes representando pliegues del Paleozoico.

Dos clases de fallas se encuentran en esta región y difieren mucho en distintos conceptos.

Unas, llamadas *fracturas menores* por los geólogos que han estudiado la comarca, constituyen las fallas típicas de los Apalaches. El plano de fractura tiene unos 40° con el horizonte y hacen *cabalgar* unos pliegues sobre otros. Sin embargo, una gran mayoría de ellos se extienden próxima-

mente de N. a S. cortando a los principales ejes de plegamientos de la región con ángulos de 30 a 40°. En tres series pueden reunirse estas fracturas: al S. de la Ciudad de Roma, en Cave Spring, y al O. de Indian Mountain. Estos tres grupos dan lugar a estrechas tiras de pizarras que se extienden hacia el S., labrándose sobre ellas los valles entre las colinas de dolomias.

Además de las fallas descritas, hay otras tres en sentido casi horizontal que han originado un gran desplazamiento en sentido lateral a la dirección de los pliegues y que son conocidas como *grandes fallas* por los geólogos regionales. Los terrenos que ponen en contacto son los silurianos y carboníferos, en un sitio, y precambriano y siluriano en otro, siendo muy sinuosas las líneas de contacto en ambos casos; las principales fracturas, en este caso, también están próximas a la Ciudad de Roma.

Los dos sistemas de fallas se encuentran en el límite S. de la región fallada del valle Coosa, es decir, en una línea próximamente paralela a los pliegues. De sus relaciones parece deducirse que se han formado los dos sistemas en épocas muy distintas, antes las fallas menores, y separadas por un largo intervalo de tiempo, durante el cual hubo una erosión considerable.

Los primeros levantamientos y pliegues de estos estratos corresponden a las épocas siluriana, devoniana y carbonífera, quedando probablemente sobre el nivel del mar desde los tiempos paleozoicos.

Minerales.—El factor común que tienen todas las variedades, es que están compuestas de elementos redondeados concéntricos, de tamaños variables, enlazados por un cemento más o menos abundante.

La gradación se puede marcar en cinco clases, desde una

de las cuales se puede pasar paulatinamente a cualquiera de las otras, con todos los tipos de enlace.

1.º *Mineral de guijarros*.—Sin cantos rodados de bauxita, enlazados por muy poco cemento. Los cantos llegan hasta 60 centímetros de diámetro, aunque la mayoría son de 2 a 3 centímetros.

Las concreciones son de capas concéntricas y a veces constituyen cantos por sí solas, aunque lo general es que éstos sean compuestos de varias concreciones o pisolitos gruesos. Los elementos redondeados de este mineral son tanto más redondos y perfectos cuanto más pequeños.

2.º *Pisolítico*.—Se llama de este modo cuando los tamaños de las concreciones varían de un centímetro hasta un guisante pequeño; ya la matriz es compacta.

3.º *Mineral oolítico*.—Concreciones desde un guisante pequeño hasta no discernibles, a veces tan unidos que están en contacto. Este mineral es idéntico al visto en diferentes sitios de la Llacuna (Clot de Llop).

4.º *Mineral vesicular*.—Este mineral varía, tiene compacto el cemento y en cambio sus concreciones, que son pisolitos, están rellenos de un polvo fino que se suelta con facilidad o son huecos.

5.º *Mineral amorfo*.—Es el verdadero límite inferior de la serie con la masa amorfa y compacta de la antigua matriz.

Los minerales, al microscopio, revelan muy acentuada la textura en láminas concéntricas de los pisolitos. Toda la materia del cemento y gran parte de la de los oolitos es coposa y amorfa, teñida de distintos colores; las partes más ferruginosas son siempre las más exteriores, demostrando su origen secundario. Las costras o láminas de los oolitos son casi siempre amorfas, aunque algunas veces tienen doble refracción pareciendo calcedonia; a veces también

tienen gibsita cristalizada. La forma de los centros, combinada con la diferente finura y separación de las láminas concéntricas, produce variaciones grandísimas en las figuras de los pisolitos. Algunas veces los oolitos tienen grandes fisuras de contracción que se extienden en redes radiales de dentro a fuera; el relleno suele ser de substancia amorfa en polvo unida a cristallitos de gibsita; son exactos a varios de los encontrados por nosotros en las preparaciones de la Llacuna.

Los pisolitos suelen contener más sílice y más hierro que la matriz.

Criaderos.—Los criaderos son numerosos y pequeños, incluídos en las calizas silurianas. Los depósitos son de formas muy diversas, en general de superficie y profundidad limitada a menos de 100 metros. La caliza en los contactos de los criaderos, que no están a mucha profundidad, se encuentra alterada y transformada en una especie de arcilla. Sólo el examen de su distribución demuestra su relación con las fallas. Los minerales se encuentran con frecuencia asociados a la gibsita, que se presenta en costras que en disposición de cristales radiales revisten algunas oquedades de la bauxita.

Otro mineral, que es la *halloysita*, se presenta también en la bauxita, y en este caso forma venas y diques que cortan en forma diversa los depósitos. Sin embargo, el mineral con más frecuencia y mayor abundancia unido es el caolín, que en general envuelve la bolsa de mineral ofreciéndose entre la bauxita y la roca lateral; muchas veces no se trata de caolín, sino de una arcilla, residuo del meteorismo, unida a una gran cantidad de sílice libre que procede de los pedernales contenidos en las dolomias y de las formaciones de cuarcita.

Los principales distritos son tres, de N a S.: Hermitage, Bolo y Dike; los tres colocados en la dolomia de Knox y jalonados a lo largo de las grandas fallas, es decir, siguiendo la unión de la dolomia con los pliegues más agudos de los Apalaches. En Hermitage se citan más de 20 pequeños depósitos, llegando, como el «Julio», hasta 900×500 metros y 10 a 12 de profundidad reconocida. Muchos están cortados a través de una banda ancha de caolín blanco o moteado de color ladrillo, conteniendo fragmentos sueltos de mineral; bandas estrechas análogas los cortan en todas direcciones. El mineral suele ser pisolítico con matriz compacta, y su color amarillo o gris y rojizo, según el hierro.

Algunos pisolitos que llegan a un diámetro considerable, de un cuarto a una pulgada, tienen su interior con un polvo de ladrillo rojo, mientras que las láminas concéntricas son de la materia compacta que forma el cemento en que están embebidos. En varios de los depósitos de Hermitage, la arcilla en grandes porciones aisla por completo trozos del criadero que quedan envueltos por el caolín y los productos de alteración de la roca lateral. Los diques y vetas de caolín y arcilla son, sin duda, formados después de los depósitos, y en su origen debieron contener mucha más cantidad de sílice; una parte quizá pudo estar en su origen en forma gelatinosa. Las grietas del mineral fueron formadas por desecación y contracción, rellenándose después con los residuos arcillosos y partes de la roca lateral; las grietas fueron con frecuencia paralelas al depósito, y en ese sentido suele estar fajeado por las vetas de caolín y arcillas.

En el distrito de Bolo son 16 los depósitos reconocidos y parecen dispuestos a lo largo de ciertas líneas de N. a S. Los depósitos están jalonados con las fallas más alejadas al N., donde su posición puede ser determinada, de tal modo que no se puede dudar de una íntima relación entre

las fallas y los depósitos. También es de notar la uniformidad notable de las elevaciones a que se encuentran los crestones, próximamente a 270 metros sobre el mar. Alguno de los depósitos llegan a 30×12 metros y otros 14 de profundo; en ellos la bauxita pasa con imperceptibles gradaciones a las masas de arcillas bauxíticas rosáceas de gruesos pisolitos.

La superficie más extensa de bauxita en el distrito, y quizás en toda la región bauxitífera, es el conocido por Henry: el mineral ocupa un óvalo de unos 240 metros de extensión, formando una colina.

El distrito de Dike es mucho más pequeño que los anteriores. Las fallas son análogas a las de Bolo, pero bastante modificadas por condiciones locales, la principal de las cuales es la gran masa de cuarcita cambriana de Mountain Indian. Los reconocimientos de los depósitos llegan a 18 metros de profundidad y 60 de diámetro. Es curioso que en alguno de los reconocimientos de los depósitos se han encontrado materias vegetales y pequeños trozos arrastrados de madera carbonizada, no muy semejantes a lignitos.

El estudio detenido de la topografía con las dos penillanuras de la época cretácea y eocena, así como la igualdad de nivel a que se encuentran las bolsadas, sirven de base a una discusión en la que Williard Hayes viene a deducir que la formación de los depósitos corresponde al final del Eoceno.

La evaluación de la *cantidad* de mineral en estos criaderos de pequeñas bolsadas, no puede hacerse sino por medio de pocitos, teniendo en este caso la ventaja de conocer el nivel inferior que es igual para todos, por lo cual los depósitos altos son los mayores; las figuras de superficie son algunas veces ovaladas, pero no es regla.

La explotación suele hacerse por medio de pozos. El mi-

neral, en general, es blando y se arranca con pico y barra. Generalmente se seca en hornos para privarle de la humedad, lo que produce un ahorro en los fletes. Algunos minerales, antes de secarlos, se lavan para privarles de las arcillas que los acompañan. El costo del arranque antes de la guerra sería de unos 4 dólares. El mercado y los establecimientos químicos están al N., en Pensilvania. Hay una ventaja muy grande en establecer las fábricas de alumbre y sulfatos de aluminio en las cercanías de la mina.

El mayor de los depósitos parece contener 10 ó 15.000 toneladas, pero por regla general no pasan de 500. En total se cubicarán 100.000 toneladas.

Los pequeños depósitos (que pasan de 50) suelen estar agrupados en la forma que se presentan los manantiales termales.

En la prospección de nuevos depósitos se puede aprovechar el conocimiento del nivel, para no buscarlo ni en los valles ni en las cimas, atendiendo a la disposición de las fallas. La limonita puede servir de guía, pues aunque no siempre va acompañada de la bauxita, en cambio la bauxita siempre está unida a la limonita.

CRIADEROS DE ARKANSAS

Situación.—Se encuentran los criaderos al S. y SO. de la ciudad de Little Rock, entre los valles de Arkansas y Mississippi, tendiendo hacia el nacimiento de los Apalaches en el Tennessee.

Geología.—Hay tres grupos distintos de rocas: las paleozoicas al NO. de la zona, las terciarias y recientes

al SE. y, entre ellas, las rocas ígneas unidas a las bauxitas. Los estratos de los terrenos siluriano y carbonífero se plegaron enérgicamente al final del Carbonífero, guardando relación con los del distrito de Alabama, sin que se pueda afirmar la prolongación de los pliegues antiguos, pues aun cuando la analogía entre ambas regiones hace suponer un origen común a sus diastrofismos, están ocultos en Arkansas por sedimentos más recientes. Posteriormente viene un largo período de erosión que convierte al Paleozoico en una planicie seca hasta el Cretáceo, cuyos mares la invaden y cubren de nuevos sedimentos. Al empezar este período se supone que tiene lugar la invasión de rocas eruptivas que, en forma de material fundido, empujó parte de los estratos formando diques. Sobre estas tongadas de sienita eolítica se encuentra la bauxita como una capa, y las condiciones favorables a su formación se atribuyen al Cretáceo. Después de formados los sedimentos de esta época, fueron removidos hasta los estratos inferiores, resaltando las rocas más duras y amontonándose residuos hacia el SE. Se forma una ligera depresión en la cual entra el mar Terciario aportando calizas margosas y una gran masa de arena con materiales de acarreo y substancias vegetales; a estos materiales se unen los arrancados por las olas a las rocas antiguas y terciarias, todos cuyos materiales se clasifican por densidad, y entre estos estratos quedan intercalados, por sus extremos, los yacimientos de bauxita. Hacia el fin del Terciario emerge toda la región, y debido a la erosión asoman las bauxitas y las superficies de las rocas eruptivas.

Historia.—La bauxita fué descrita como formación amigdaloida en 1842 por el Dr. W. Byrd Powell al escribir sobre los depósitos de Fourche Cove, cerca de Little Rock; clasificada como hierro pisolítico por Roberts, continuó ig-

norada su composición en los años siguientes, a pesar de citarse en todas las reseñas geológicas regionales, hasta el punto de usarse como grava en los caminos. Su descubrimiento como bauxita parece corresponder al geólogo Branner, sin que la naturaleza y composición fuesen denunciados hasta 1891 en una comunicación del mismo geólogo.

Criaderos.—Ocupan dos centros importantes: distritos de Bryant y Fourche Mountain, y además hay otros pequeños aislados: Mabelvale y Alexander; las condiciones de yacimiento varían en sus características.

Las rocas que contiene el criadero de Bryant son de dos clases: masas ígneas o derivadas de ellas por alteración y los sedimentos terciarios, entre los que se incluyen las capas de bauxita.

El carácter más llamativo del depósito es su uniformidad de espesor y de colocación sobre las rocas eruptivas. La roca ígnea dominante es la sienita eleolítica con apariencia pegmatítica. Donde la superficie de la sienita está protegida de la erosión, pero alcanzada por los agentes atmosféricos, queda cubierta por una formación de 9 a 18 metros de espesor que se deriva de ellos por descomposición: consiste esencialmente en caolín; al aire, esta roca llega a endurecerse y se emplea como material refractario, por lo que se conoce por *roca de chimeneas*; por muy alterada que esté, siempre conserva residuos de la textura granítica. Se supone que a 30 ó 60 metros por bajo del Terciario está sana la sienita.

Los sedimentos terciarios se componen de delgadas calizas y potentes depósitos de arcillas y areniscas con intercalaciones de capas de lignito; todos estos materiales suelen sufrir una rápida alteración, tanto horizontal como vertical.

La mayor parte de la superficie terciaria está cubierta

por una costra de arena y grava, formada por los materiales detríticos subyacentes y parte de los paleozoicos; es parecida a la formación Lafayette.

La bauxita, por su colocación respecto a estos sedimentos, se puede considerar como parte basal del Terciario. Las capas de bauxita suelen tener ligeramente señalada alguna estratificación y descansan directamente sobre el caolín, quedando en contacto con las areniscas superiores. La potencia de la bauxita varía de cero hasta 12 metros, siendo el término medio de 3 a 4,50 metros. El medio de investigar el criadero es por sondeos, dada su disposición horizontal y recubierta.

El mineral en el distrito de Bryant se ofrece de dos maneras: granítica y pisolítica. La granítica tiene tono gris amarillento, estructura esponjosa y está libre de trazas de pisolitos; se muestra en la parte inferior de los bancos de bauxita, sobre la sienita caolinizada. También se suele presentar en piedras redondeadas intercaladas en los estratos y cuya parte exterior es óxido hidratado con textura pizarrosa. Esta bauxita está, sin duda, derivada de la sienita por alteración del feldespato y la eleolita con remoción, en disoluciones, de la sílice y las tierras. La segunda forma, la pisolítica, está siempre presente, aunque cambiando mucho en el grado de desarrollo de sus pisolitos, los cuales varían de un guisante a una pulgada; tienen su núcleo rodeado por costras concéntricas de diferente coloración y textura. Con frecuencia están entrecruzados por fisuras radiales producidas en apariencia por la contracción del material, las cuales suelen estar rellenas con un polvo fino; sus núcleos son sencillos o compuestos. La matriz que los sostiene varía mucho, es bastante silíceo cuando se ofrece muy compacta, como arcilla endurecida, y en cambio en las variedades muy pisolíticas es de bauxita relleno los intersticios. Los piso-

litos son de uno a dos centímetros; la textura oolítica fina es escasa.

La variedad en forma de grava tiene pocos oolitos y su cemento es parecido a la arcilla, se corta fácilmente y se envía al mercado con un lavado y secado simples.

Los minerales pisolíticos forman la parte más alta de las capas de bauxita. En algunos casos constituyen toda la capa, quedando directamente sobre el caolín, pero, en general, está separada de este mineral por un estrato más delgado de variedad granítica; entre ambas clases hay tránsito. El arreglo de las diferentes clases de pisolitos es uniforme sobre áreas considerables.

La composición varía ampliamente. La más pura está en el tipo granítico, muestras elegidas del cual contienen menos de 3 por 100 de sílice y menos de 1 por 100 de óxido férrico; esta variedad tiene más agua que la bauxita y corresponde a una composición muy próxima al trihidrato. En las blancas llega la sílice hasta el 20 ó 30 por 100, por estar unidas con algo de caolín. El hierro oscila desde 1 por 100 de óxido en alguna de las variedades graníticas, o minerales blancos silíceos hasta 50 por 100. Los minerales muy ferruginosos suelen estar libres de sílice y contienen próximamente la misma cantidad de fósforo que los minerales pardos comunes del S.; en cuanto a la alúmina varía desde 55, término medio en las variedades rojas, a 65 en las blancas.

En los depósitos de Fourche Mountain las líneas generales son las mismas, pero estando más cerca del río Arkansas han sufrido mucho más la erosión, razón por la cual no quedan estratos terciarios superpuestos y sólo se llevan las crestas de las eruptivas y paleozoicos. La mayor parte de las eruptivas es granito azul con apariencia semiporfídica. La parte caolinizada, tan representada en Bryant, falta casi

por completo, porque la alteración del granito es distinta y porque habría sido denudado caso de haberse formado.

En cuanto a la bauxita, es únicamente pisolítica y de tipo mucho más uniforme. El lecho más próximo a la ciudad de Little Rock tiene sólo unos 20 centímetros de espesor y se siguen los crestones en más de un kilómetro. Los pisolitos varían de un cuarto a una pulgada, y están formados en su mayoría de una cáscara hueca rellena por una substancia pulverulenta de hidróxido o por material blando arcilloso. Suelen tener algunos depósitos señales de estratificación, y en su fondo un lecho de arcilla que parece más bien sedimento terciario que derivado de la sienita. En resumen, los criaderos de Furche fueron extendidos sobre lomas suaves eruptivas, descansando directamente sobre ellas o con el intermedio de caolín; alguna vez, sin embargo, parece que hay que referirlos al Terciario, pues entre sus estratos se incluyen.

Alguno de los depósitos aislados, como el de Malbelvale, se parece mucho más a los de Georgia Alabama, y quizás puede marcar un lazo de unión.

Datos industriales.—La experiencia del laboreo demuestra que no hay dificultad en conseguir minerales que tengan menos del 3 por 100 de sílice y de hierro respectivamente. La variedad granítica es la mejor.

Los análisis comerciales dan el siguiente resultado:

Al ₂ O ₃ (Alúmina)....	63	} Que desde el punto de vista de la definición de la bauxita como mineral, representa un grupo especial.
Si O ₂ (Sílice).....	2,25	
Fe ₂ O ₃ (Hematites)...	1,95	
H ₂ O	32,10	

Hayes evalúa el área de los crestones y el de la supuesta prolongación; y de este modo, con las potencias de los afloramientos y 2,5 de peso específico, llega a 6.605.000

toneladas de mineral a la vista y 43.711.200 de mineral cubierto por los estratos terciarios.

CRIADEROS AUSTRIACOS Y ALEMANES

Los criaderos de Austria se extienden por las regiones que rodean el arco del Adriático: Carintia, Estiria, Istria, Carniola y Dalmacia, bordeando, sin duda, el arco de los levantamientos terciarios que señalan la línea de hundimiento del Adriático, con cuyo fenómeno guardan relación.

En Carniola, territorio que hoy es ya italiano, se encuentran los criaderos de Wochein, que consisten en venas de bauxita que no tienen gran potencia, incluidas en las calizas triásicas (Keuper) y jurásicas, llegando a 64 por 100 de alúmina en las variedades blancas; la variedad llamada Wocheinita contiene hasta 73 por 100 de alúmina.

En Feistritz (Carintia) hay un mineral que se puede atribuir a bauxita: es un hidrato aluminico mezclado con algo de sílice y óxido férrico; la sílice varía del 9 al 24 por 100.

Incluidos también en las arcillas que recubren las calizas secundarias, hay otro yacimiento en Estiria, cerca de Prichova, pero con interés más bien mineralógico, por ser pequeños los nódulos.

En el Karlt hay innumerables filones de bauxita de 0,15 a 0,20 atravesando el Cretáceo, pero, según Chennier Chalmas, en relación con otras fracturas en las cuales se había concentrado la hematites.

En Istria también hay depósitos irregulares en una arenisca roja; en 1907 se encontró este mineral en la isla de Lezina, en el grupo dalmático.

Los análisis que encontramos de los criaderos austriacos, son:

	Langldorf.	Wochein.	Feistritz.
Alúmina.....	45,76-76,3	29,80	72,87
Hierro.....	18,95- 6,2	30,3	3,67
Sílice.....	10,27- 4,41	44,76	4,15
Agua.....	32,33-25,90	29,90	8,34

En general, son menas bastante silíceas.

Durante la guerra se han explotado los yacimientos importantes de Hungría, que son masas alojadas en calizas.

Alemania.—Se conocen dos centros: Vogelsberg y Haddamar (Hesse). Las de Vogelsberg están incluidas en una masa basáltica mezcladas con fragmentos de la misma roca. Según Liebrich, es una alteración del basalto de plagioclasas, conservando con frecuencia restos de la primitiva textura. Encontramos estos dos análisis:

	Bauxita con la textura cristalina de la antigua roca.	Bauxita amorfa.
Alúmina.....	50,92	50,52
Hierro.....	11,70	13,09
Sílice.....	1,10	2,70
Titano.....	3,20	3,18
Agua.....	28,60	27,12

Con pequeñas cantidades de cal y magnesia.

Las bauxitas de Hesse forman un depósito de unos 4 metros de potencia en el encuentro de las calizas del Jura y las triásicas; tienen color blanco amarillento y su densidad es 2,50.

BAUXITAS ITALIANAS

La bibliografía que ofrecemos de las bauxitas italianas es más completa que los datos que damos a continuación, pues por la prolongada perturbación en el intercambio de obras científicas, que sufrimos como una de las consecuencias de la guerra, no nos han llegado oportunamente las obras citadas.

Los yacimientos más importantes de Italia son los de Lecce dei Marsi y Pescosolindo, en el valle de Liri, cerca de Lora, a los cuales hay que añadir los de Rocca de Mezzo, Oviudoli, Collelongo y Villavallelonga, alrededor del Lago Fucini; Cusano, Mutri (Benevent), Dragone, cerca del Piedimonte, y los de Caserta, para enumerar todos los conocidos.

El descubrimiento de las menas del Apenino Central ha tenido su origen, como es tan frecuente en las bauxitas, en la explotación de minerales de hierro muy aluminosos (capas de hierro del monte Turchino); datos del 1900.

Están incluidos los yacimientos en unas calizas potentes, semicristalinas y poco fosilíferas que van desde el Triás al Cretáceo superior formando un potente sistema en el Apenino.

Los depósitos son de forma lenticular y las calizas en contacto son de color rosa; se los supone del Cretáceo inferior por descansar sobre una caliza aptense de requienia (antiguo Urganiano), lo que marca una analogía con los niveles de Provenza. El corte geológico es el siguiente: Lías medio, caliza de hipurites. Aptense (Urganiano), caliz de requienias; bolsadas de bauxita. Turonense, caliza cristalina de *terebratulas*.

En los yacimientos del Liri, estudiados por Lotti, se aprecia que las capas de bauxita están intercaladas en la formación sedimentaria, con la cual son contemporáneas, y no introducidas posteriormente; así se ve cómo el muro del yacimiento está cubierto por una brecha, mientras que el techo es concordante.

Las potencias de los bancos de mineral varían de 1 a 8 metros.

El color cambia del blanco al rosa y hasta el rojo pardo. Las variedades, sean claras u oscuras, son bastante pisolíticas, en particular cuando se exponen al aire; los pisolitos varían de un milímetro a un centímetro. En las variedades oscuras la superficie de los pisolitos es brillante y llegan a convertirse en verdaderos minerales en granos o a tomar gran semejanza con las arcillas rojas de descalcificación, como en Lecce dei Marsi.

Los yacimientos descubiertos modernamente están en la provincia de Lecce; consisten en una masa pisolítica cuyo color varía del rojo pardo al blanco rosa, siendo más claro con la profundidad.

Con la misma estructura se han encontrado yacimientos en el valle del Liri.

Las clases, en general, son medianas, oscilan del

59 por 100 de alúmina y 18 por 100 de óxido de hierro, hasta
47 » » y 36 » » » »

Se ha explotado la bauxita en Mozzo, en el Piamonte.

Los análisis de la cuenca del Apenino, según Aichino, son:

	Roja.	Rosa.
Alúmina.....	47,44	58,85
Hierro.....	36,37	18,62
Sílice.....	2,33	7,91
Titano.....	2,86	"
Pérdida al fuego.....	10,17	12,40

Con pequeñas cantidades de cal y magnesia.

Las de Liri son más titaníferas, según Laur:

	Bauxitas ferruginosas.	Bauxitas aluminosas.
Alúmina.....	47,44	58,95
Hierro.....	36,37	18,62
Sílice.....	2,33	3,06
Titano.....	2,86	4,85
Agua.....	11,01	13,27

Regulares cantidades de cal, magnesia y ácido fosfórico.

Según Molinari, en Italia no se empezó hasta 1906 la fabricación del aluminio en Busse (valle de Pescara), labo-
rando la bauxita de Lecce dei Marsi, por la Sociedad italiana para la fabricación del aluminio, que tiene un capital de tres millones y es una ramificación de la Sociedad electro-
química de Roma; en 1908 funcionaban tres series de pe-
queños hornos eléctricos (en conjunto 50), que produjeron
600 toneladas de aluminio; en 1910 funcionaron la cuarta
parte de los hornos.

BAUXITAS EN IRLANDA

Las bauxitas de Irlanda, siguiendo la regla frecuente,
también se encuentran asociadas con el mineral de hierro.

La bauxita de Antrim está contenida en un mineral de

hierro aluminoso silíceo que se explota para la obtención
de ese metal. A la bauxita pisolítica le dan el nombre de
Shotore (perdigones); es de color rojo muy quebradiza; los
pisolitos son ricos en alúmina.

Está colocada entre dos lechos de basalto; las capas son:
un lecho de calizas abigarradas y capas de arcilla que se
cambia en mineral de hierro; en el techo y muro de la bau-
xita hay coladas de basalto.

La composición del mineral de hierro es:

Hierro.....	65,00-71,00 por 100.
Alúmina.....	4,25-10,12 "
Sílice.....	5,65- 8,40 "
Titano.....	6,50- 8,89 "

Llega de 36 a 45 por 100 de Fe metálico.

La parte aluminosa de este yacimiento es una roca muy
tierna con fragmentos de basalto, que contiene:

	POR 100	BAUXITAS ESCOGIDAS	
		Máximo.	Mínimo.
Alúmina.....	27,44-49,13	75,00	43,44
Hierro.....	33,34-46,40	4,26	7,95
Sílice.....	3,78-12,20	2,15	3,36
Titano.....	3,50- 6,50	"	"
Agua.....	18,66-35,70	"	"

Este es el único mineral parecido a la bauxita que se ha
encontrado en Inglaterra.

Se ha explotado la bauxita en los alrededores de Bel-
fast (1893).

En las fábricas de Escocia se utilizó una buena parte de
la bauxita arrancada en Antrim y Dervy, al N. de Irlan-
da. Se cita como explotaciones: Antrim Iron Ore C°, en
Cushendall, y otras dos Sociedades de Corgan y Ballymore.

VIII

Laterización.

Al estar estudiando microscópicamente las bauxitas, llegó a mis manos el trabajo de J. Morrow Campbell sobre las lateritas, y me llamó vivamente la atención la gran semejanza, casi identidad a veces, de algunas lateritas con las bauxitas que examinaba; se llega, en efecto, a las mismas complicaciones oolíticas, con análogos conductos de formación y destrucción de textura, dentro de los mismos componentes: hidratos de alúmina, de hierro y de titanio.

Esto hace pensar, como más verosímil, que la formación de las bauxitas haya tenido lugar, tal y como se cumple hoy día, por laterización, que no por medio de fenómenos ya desaparecidos o escasamente representados, de química difícil y mecanismo complicado.

Resumiremos concisamente las ideas de Campbell, que tienen un valor extraordinario por las circunstancias especiales en que se ha encontrado su autor: observaciones recogidas en veinte años, doce en África recorriendo la costa occidental de este continente, la O. de Australia, un gran número de lateritas de Ceylán en la India, y los depósitos de las Guayanas y el Brasil; durante los años 15 y 16 visitó los criaderos norteamericanos, y el 16 publicó su trabajo.

Laterización es el proceso por el cual ciertos hidróxidos, generalmente los de hierro, alúmina y titanio, son depositados dentro de una roca porosa, cerca de la superficie.

Los componentes lateríticos son depositados en las rocas

porosas, entre los niveles más alto y más bajo de las aguas hidrostáticas, pero solamente donde aquel nivel está cerca de la superficie y el oxígeno puede tener libre acceso. La proporción de constituyentes lateríticos, formados y depositados, parece aumentar directamente con la temperatura.

El hierro se encuentra al principio en la laterita como óxido férrico, amorfo y muy hidratado y proviene de la oxidación, por meteorismo, de las sales ferrosas, principalmente del carbonato, contenidas y arrastradas por las aguas. Este hidróxido es a menudo convertido, total o parcialmente, en óxido férrico anhidro por medio de acciones simultáneas de calor y agua actuando continuamente.

La alúmina en la laterita se deriva del hidrosilicato de alúmina, que es el primer depósito, al ser atravesado por las aguas alcalinas produciéndose aluminato y silicato alcalino; esta acción puede ser invertida. A su vez el aluminato alcalino, descompuesto por el ácido carbónico, abandona el trihidrato amorfo de alúmina; en condiciones favorables se deposita en forma cristalizada. Las aguas de la zona de laterización, cuando están expuestas al aire, depositan hidratos de hierro y alúmina con hidrosilicato de alúmina, todos amorfos. Las disoluciones capaces de producir el depósito de los constituyentes lateríticos pueden también redisolverlos dando lugar a las alteraciones secundarias, las cuales, en general, tienden hacia la hidratación completa de la alúmina y la total deshidratación del óxido férrico, produciendo la remoción del hierro contenido con un aumento consiguiente en el porcentaje de la alúmina, y de este modo se producen los minerales conocidos por bauxitas. La composición de la laterita es variable en esencia.

Puede cubrir a cualquier forma de rocas, y la proporción de sus componentes no depende de ninguna manera de la

composición de la roca que originalmente ocupaba el mismo lugar, de la cual se supone derivada.

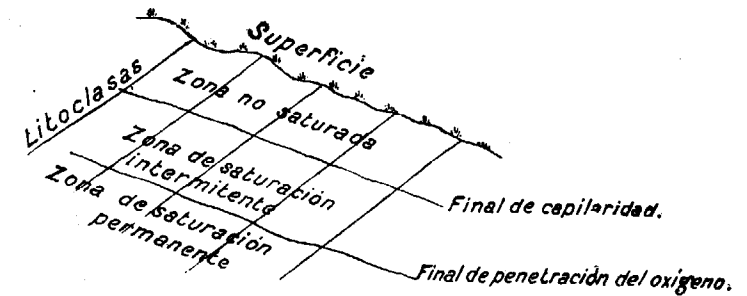
Como exposición previa para ver cómo se verifica el proceso de laterización, hay que recordar cómo influye el meteorismo sobre el terreno dividido en zonas comprendiendo los límites en que varía el nivel hidrostático.

En los climas cálidos, vemos que las aguas hidrostáticas están más cargadas de ácido carbónico, carbonatos alcalinos y materia orgánica y con temperatura más alta. La alteración de las rocas es, por consiguiente, más rápida; sin embargo, las diferencias son de grado, pero no de clase, y vemos, por ejemplo, cómo en los trópicos el hierro ha sido removido en mayor extensión que en ninguna parte, lo que no quita para que encontremos en Europa muchos ejemplos de lixiviación total del hierro en distintas rocas, sobre todo en arcillas.

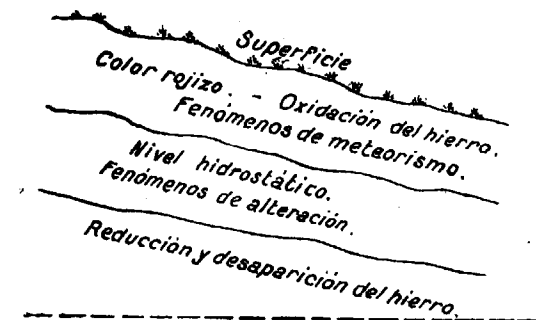
Los agentes más importantes de las aguas hidrostáticas son el ácido carbónico y los carbonatos alcalinos, estando presentes los ácidos húmicos y otros orgánicos. Esta disolución, en los trópicos, remueve la sílice de las combinaciones en forma de silicatos alcalinos, con evolución del ácido carbónico. El hierro queda en libertad, forma carbonato y se disuelve como bicarbonato ferroso; del mismo modo son removidas la cal y la magnesia. Los silicatos dobles se alteran pronto y dejan al fin hidrosilicatos de magnesia y alúmina; los primeros desaparecen y quedan solos los de alúmina. En cualquier clima ocurre algo parecido y queda siempre como final de alteración el silicato hidratado de alúmina, eliminándose el hierro en esos niveles inferiores. En esas condiciones, la unión de la sílice con los óxidos de hierro es débil y en cambio muy fuerte con la alúmina. El hierro lixiviado de las rocas inferiores se encuentra en la superficie con abundancia en forma de óxido y de hidrato férrico; la alúmina libre es más bien rara.

El croquis adjunto indica cómo se cumplen las acciones.

LÍMITES DE ACCIÓN DE LAS AGUAS HIDROSTÁTICAS



RESULTADOS



Las lateritas se presentan como lechos delgados, con potencias que no exceden de 5 metros, poco inclinados, desnudos o cubiertos por un espesor pequeño de tierra vegetal.

Se forman en las porciones de rocas que sufren alternativas de inundación y sequía por cambio del nivel hidrostático y son accesibles a la penetración del oxígeno; el espesor que atraviesa el oxígeno es de unos 6 metros.

El lugar predominante de los depósitos suelen ser los valles con grandes ensanches, aunque también se forman en las laderas suaves y en las cimas. A lo largo de los valles, al ahondarse el cauce por la erosión, van quedando colga-

dos los antiguos depósitos, verdaderas lateritas muertas respecto a las que están en plena formación; las aguas, debido a la insolubilidad de la roca, circulan al fin con más facilidad por bajo del banco de laterita, ahondan su paso en los estratos inferiores hasta que, por quedar en hueco, sobreviene el hundimiento de los depósitos de laterita, y así se empiezan a formar las terrazas. La roca infrayacente a las lateritas puede ser cualquiera, pero, con raras excepciones, está alterada y blanqueada en el contacto por la lixiviación del hierro; en ella domina el hidrosilicato de alúmina, en particular sobre las rocas eruptivas. Algunas veces las lateritas descansan sobre rocas no alteradas en transición abrupta. Según Mernell, la laterita se presenta en Rhodesia sobre cualquier roca, observación análoga a la de Campbell en la costa occidental de Africa. Es más general la regla de que la laterita cubre parte de rocas alteradas y blanqueadas por falta de hierro y con algo de alúmina y titanio.

Los factores más importantes de la laterización son la temperatura, y los efectos que, sobre las aguas hidroestáticas, producen la alternancia de estaciones húmedas y secas, lluvias ligeras y copiosas; lo que produzca oscilaciones del nivel hidroestático; pues se puede decir que la laterización se verifica solamente en aquellos lugares en que el agua hidroestática pasa cerca de la superficie y sus niveles acuíferos superior e inferior abarcan, en cualquier momento, los estratos de la laterización. Es condición precisa que penetre el oxígeno hasta la superficie del agua; cuando por aumento de espesores o por hundimiento de la zona intermitente deja ésta de ser permeable o se ve privada del oxígeno, se paraliza la laterización; se calcula de 6 a 9 metros el espesor límite que atraviesa el oxígeno, y esto explica el pequeño espesor de los depósitos de laterita. La zona de producción es la de saturación intermitente.

GÉNESIS DE LAS LATERITAS

En las primeras etapas o depósitos es tan variable la laterita en apariencia y tan diferente de toda la roca, que hace falta un criterio para decir de un modo seguro si el producto es o no laterítico. El constituyente característico tiene que ser el hidróxido, no combinado, de alúmina, pues los demás componentes se encuentran también en las arcillas; Campbell exige un 13 por 100 de Al_2O_3 para que entre la roca inicial en el cuadro laterítico.

El hierro siempre es derivado como hidrato férrico y proviene de las rocas de la zona de saturación permanente. Por acción simultánea de las soluciones acuosas cargadas de carbonatos alcalinos y de ácido carbónico son alterados los silicatos dobles que contienen hierro, y éste, presente en forma férrica, es reducido a condición ferrosa por medio de componentes orgánicos, generalmente el ácido húmico de las aguas hidroestáticas, en la corriente de las cuales entra el hierro como bicarbonato ferroso. Algún hierro de la forma no saturada es también reducido del mismo modo por las disoluciones del agua de lluvia, cuyo oxígeno queda también neutralizado por el ácido húmico y los compuestos ferrosos. Cuando el agua alcanza el nivel permanente, ya no tiene poder oxidante, y esto deduce la necesidad de que la laterita se forme en la zona intermitente.

Parte del hierro de la laterita procede del contenido en la roca infrayacente, pero en primer lugar y en su mayor parte del aportado por las aguas de nivel variable, y aumenta a proporción de esas variaciones.

El hidróxido de aluminio puede derivarse de los silicatos dobles con alúmina y procede de las tres zonas: fractu-

ra, nivel variable y permanente. Se comprueban dos clases de hidrato de alúmina: el trihidrato y el bihidrato, separados, con una paciencia infinita, según los dos tonos distintos que se perciben en las preparaciones microscópicas.

La lluvia, al atravesar la zona alta de la roca, ya algo caolinizada, tiene bióxido de carbono y aire en disolución y del suelo toma ácidos orgánicos y carbonatos alcalinos. Neutralizado el oxígeno, queda una disolución reductora que, al ir descendiendo, ataca a los silicatos dobles y a las arcillas, es decir, a los hidrosilicatos de alúmina. Por una serie prolija de observaciones y análisis, llega el autor a admitir la necesidad de la síntesis de la sílice y la alúmina en las aguas hidrostáticas.

La sílice se remueve en forma de silicato, mientras que el hidrato de alúmina, soluble en las aguas alcalinas, es conducido como el aluminato alcalino; por consiguiente, el agua de lluvia que penetra contiene en disolución: aluminato, silicato y carbonato alcalinos, ácidos carbónico y orgánicos y algo de hierro ferroso, con otros componentes de menos importancia.

El hierro se deposita siempre en forma de hidrato, en el interior como componente laterítico, pero también en una especie de cutícula exterior, que es la que da color a los depósitos; en general, es depositado al mismo tiempo que el hidrato de alúmina.

El hierro siempre es conducido en forma ferrosa y se deposita por oxidación; en cuanto a la alúmina, se obtiene su depósito por la acción del bióxido de carbono sobre el aluminato alcalino: la causa determinante es un cambio de condiciones que se originan por la evolución del ácido carbónico, aumento del calor solar o de la concentración de las disoluciones, sobre todo en los capilares, debido a las superficies de evaporación.

Quizás el factor determinante del depósito del silicato e hidrato de alúmina sea la liberación del ácido carbónico al ser oxidado por el oxígeno el carbonato ferroso.

Cuando las aguas lateríticas salen a la superficie, atraen el oxígeno con avidez y, como regla general, se separan los hidratos férrico y aluminico en forma de una especie de jalea pálida amarillenta o parda. Una característica de estos precipitados al contacto del aire, es su condición coloidal; pasan completamente a través de un papel de filtro de tejido apretado.

La materia coloidal se observa en los poros de cualquier roca permeable en el nivel hidrostático, no importando la clase de roca: arenisca, tierra o eruptiva; la porosidad y la presencia del oxígeno parecen necesarios para determinar el principio de la laterización.

Los primeros estados de laterización son los más difíciles de estudiar, pues se ha observado que, en todo caso, son depósitos coloidales. Cuando la laterización comienza en caolín permeable la materia llega a ser moteada, debido a que los constituyentes de la laterita son depositados donde la porosidad es mayor; el color, al principio, es amarillento pero, en muchos casos, se vuelve rápidamente pardo.

La variedad de formas de la laterita es muy grande: de la amorfa por completo a la cristalina, de la ferruginosa a la pura en hidrato de alúmina, de la homogénea a la que tiene 60 por 100 de poros, y en el color, desde el negro al pardo, rojo, amarillo y blanco.

Se puede decir que cualquier variedad se puede derivar del hidrosilicato de alúmina puro y blanco; pero eso depende de la laterita, no de la roca de que se supone derivada. Ahora vemos cómo, en realidad, la laterita no se deriva de una roca, en el sentido estricto de la palabra, sino que es el resultado de una remoción gradual de la mayor parte de su

materia original, y el depósito, en su lugar, de los constituyentes lateríticos aportados por las disoluciones circulantes.

Mr. E. A. Simpson define la laterita como «un depósito acumulado en el espacio ocupado por una roca, la cual ha cedido los materiales que componen la laterita». Esto no es exacto, pues parece indicar que todo el material de una laterita ha emanado de la porción de roca madre que previamente ocupaba el mismo espacio.

CAMBIOS SECUNDARIOS

Los cambios secundarios en las lateritas proceden de que las disoluciones capaces de producir el depósito de los constituyentes, lo son también de redisolverlos; la principal remoción es la del hierro. No hay duda de que la tendencia durante los cambios secundarios, en las lateritas más ferruginosas, es hacia la hidratación completa de la alúmina y deshidratación del óxido férrico. Las lateritas no proceden jamás por metasomatismo de la roca sobre que descansan, sino que son el resultado de una sucesión prolongada de cambios, deposiciones, disoluciones, hidrataciones, deshidrataciones y segregaciones repetidas muchas veces, así que la última composición puede no guardar ninguna relación con la roca sana que, en el origen, ocupaba el mismo espacio.

Las lateritas pisolíticas nos dan la clave de lo que realmente ocurre en las bauxitas y produce su estructura compleja. Bajo ciertas condiciones desconocidas, toman las lateritas, desde sus primeras fases, una forma concrecionada; masas esferoidales de mezclas coloidales de los hidratos férrico y alúmico se forman a distancias aproximadamente

iguales en un medio arcilloso poroso, aumentan después exteriormente por adiciones de los mismos hidratos en proporción variable hasta que, muchas veces, llegan a encontrarse entre sí las formas redondeadas, quedando rellenos parcialmente los espacios interoolíticos, que son los conductos de las disoluciones. Los pisolíticos varían de 3 a 10 milímetros de diámetro.

Los primeros conductos siempre se producen entre pisolitos ya individualizados, así que el material del cemento sufre cambios mayores, más rápidos y más frecuentes que las concreciones; esto se comprueba en el color más ligero y, por consecuencia, menos ferruginoso del cemento. Prueba, por medio de las fotografías que da, que las soluciones que atraviesa la zona de laterización son capaces de disolver el material depositado, y así vemos medios oolitos y poros y conductos a través de toda la roca rellenos con otros materiales que son, en general, más aluminosos que los removidos.

En cuanto al origen de las lateritas pisolíticas, la teoría acuosa debe ser abandonada: los pisolitos se forman indudablemente por la acción concrecional que ejercen las acciones circulantes a través de los sólidos permeables.

Sin embargo, el autor da la fotografía A de una laterita de Ashanti, pisolítica, que contiene abundantes fragmentos de lateritas viejas, lo que, por lo menos, pone en guardia antes de rechazar en absoluto la teoría de aguas agitadas, al menos parcialmente.

En otras fotografías B se ve que parte de los fragmentos contenidos fueron lixiviados por la extracción del hierro. La masa de la mezcla coloidal sufre contracciones formando grietas (algunas radiales, otras esféricas y las demás irregulares); son de longitud y anchura variables, de diferentes edades, y frecuentemente se cruzan unas con otras. No es-

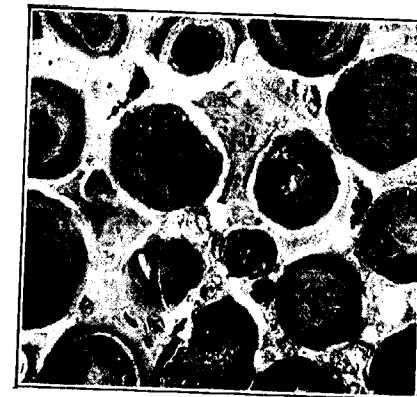
tán nunca vacías, sino rellenas, por lo general, de agrupaciones microcristalinas que se atribuyen a gibbsita.

No hay línea divisoria entre las lateritas pisolíticas y las que no lo son; se pasa de unas a otras gradualmente.

Sintetizando: el fundamento de las acciones secundarias es la alteración en la proporción de los hidratos de hierro y alúmina que se remueven constantemente; son variadísimas, como las texturas que producen.

Los únicos materiales discernibles son el óxido de hierro en varios grados de oxidación e hidratación, dos clases de hidratos de alúmina y agrupaciones cristalinas de gibbsita y caolín relleno de los conductos y poros del paso de las disoluciones.

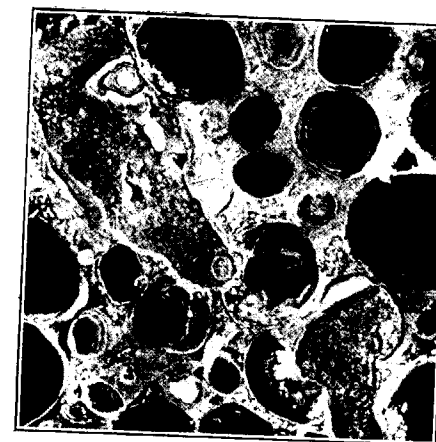
En resumen, vemos que por la constitución y textura queda demostrada la identidad con las bauxitas, las cuales no son más que términos más aluminosos de la familia de las lateritas ordinarias, en las que se ha cumplido la remoción del hierro.



LATERITA DE ASHANTI

Luz reflejada. — Aumento 3 diámetros.

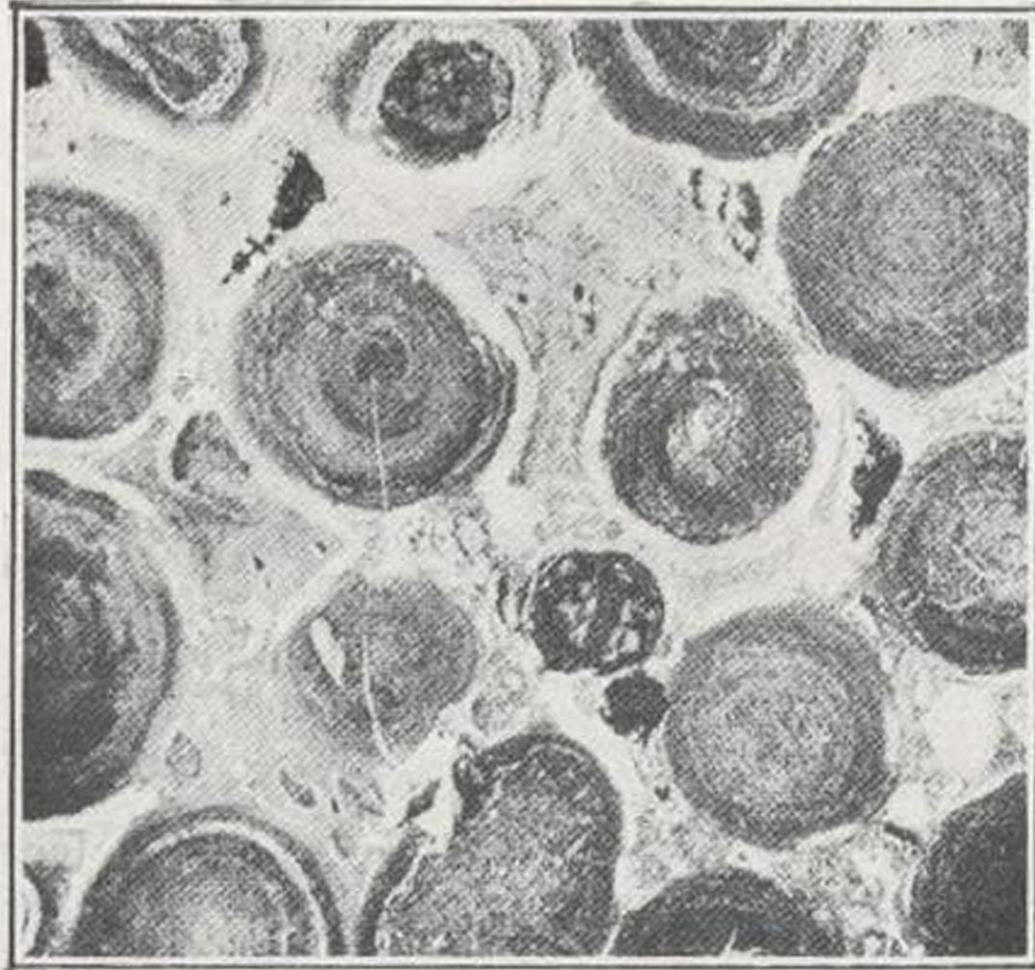
Parte del cemento disuelta y redepositada por las acciones secundarias; en negro, algunos conductos de circulación.



LATERITA DE LA GUAYANA HOLANDESA

Luz reflejada. — Aumento 4 diámetros.

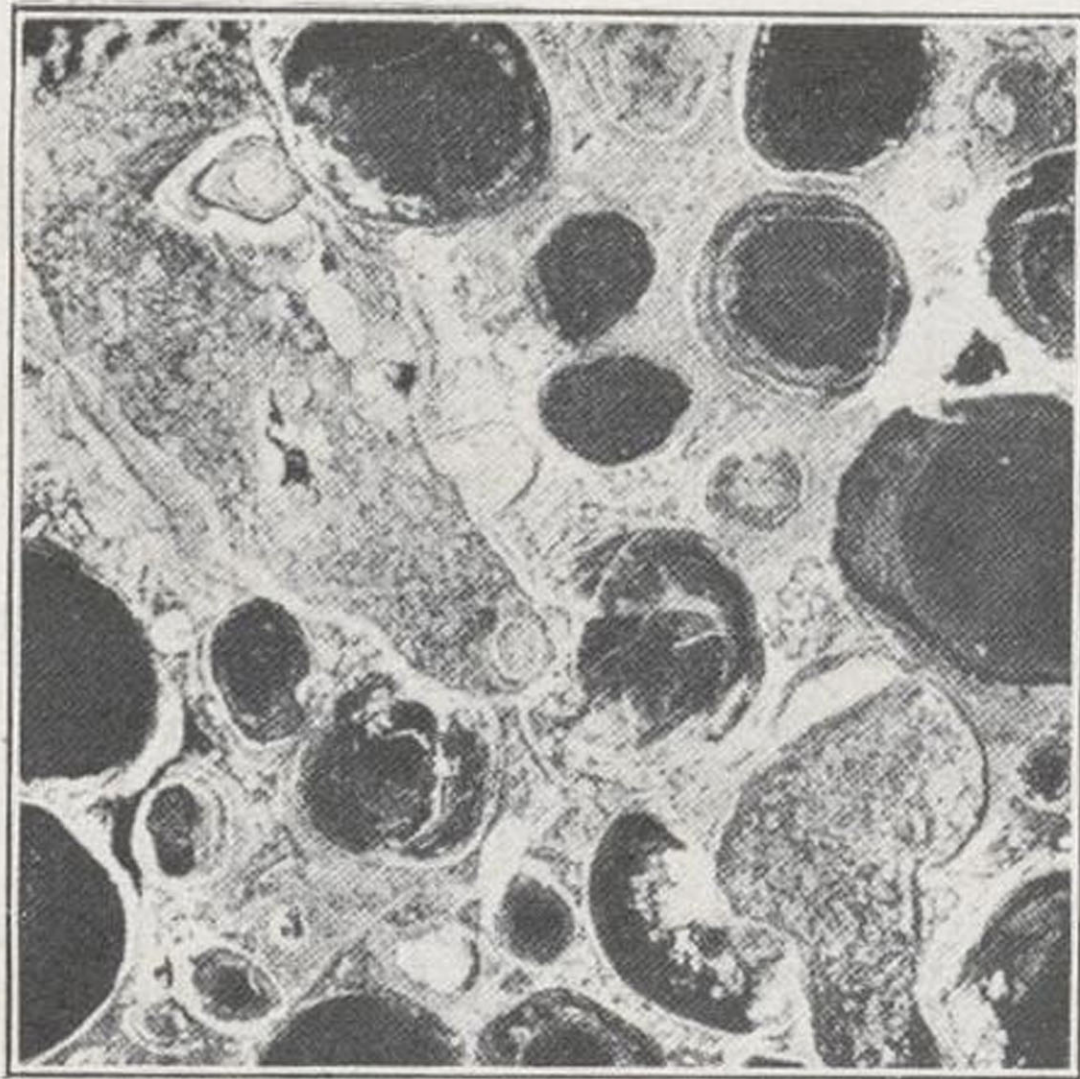
Placas grandes mostrando la destrucción de textura por las acciones secundarias.



LATERITA DE ASHANTI

LUZ REFLEJADA. — AUMENTO 3 DIÁMETROS.

Parte del cemento disuelta y redepositada por las acciones secundarias; en negro, algunos conductos de circulación.



LATERITA DE LA GUAYANA HOLANDESA

LUZ REFLEJADA. — AUMENTO 4 DIÁMETROS.

Placas grandes mostrando la destrucción de textura por las acciones secundarias.

IX

Formación.

Las ideas respecto a la formación de las bauxitas han seguido dos rumbos distintos, según que los autores se hayan fijado de preferencia en las menas situadas entre las rocas sedimentarias o las relacionadas con las eruptivas.

Inevitablemente, han obedecido a las leyes lógicas de los criaderos relacionando la mena con la roca lateral. Y como en el caso de las rocas sedimentarias, cuando la bauxita representa una verdadera edad, es la mena tan distinta de los estratos que la comprenden, tenían que suponer que su origen no estaba en ellos, sino que los elementos de la bauxita eran aportados por soluciones. En cambio, cuando su atención estaba puesta de preferencia sobre las rocas de origen ígneo, que encierran elementos suficientes para producir la alúmina hidratada, se han inclinado fácilmente al concepto de disoluciones enérgicas y profundas, considerando a la eruptiva como roca madre, y ya sólo quedaba aclarar el mecanismo de su alteración. El único factor común es la laguna geológica; en el caso de ocupar su sitio entre los estratos, se trata de una interrupción de los sedimentos en cuyo tiempo forma la bauxita, y si son rocas eruptivas, también se confirma la emergencia durante la cual se produce su alteración.

CRIADEROS FRANCESES

Así, por ejemplo, Coquand y Meunier, citando única-

mente a los que más han contribuido a la literatura de la génesis, relacionan los manantiales termales cargados de sustancias con el hecho de estar intercaladas las bauxitas con frecuencia en las calizas, y suponen que el abandono y sedimentación de los productos de las disoluciones se ha verificado en fondos lacunares *in situ* o con transporte a distancia.

Coquand admite que su origen es termal, habiendo emergido los manantiales en las aguas de sedimentación, mezclándose todos los productos en el depósito. Cuando los manantiales han atravesado terrenos ya emergidos, han formado los elementos casquetes ferruginosos.

En cuanto a M. Stanislas Meunier, supone que el agua salada penetrando en las fisuras descompone las arcillas ferruginosas y, con gran temperatura y presión, produce cloruros de hierro, los cuales al extenderse sobre la superficie de las calizas dan lugar a un cambio de bases; se precipitan la alúmina y el óxido férrico, y es arrastrado el cloruro de calcio.

Aun sin recurrir a reacciones raras para hacer entrar en juego a las calizas, hay que reconocer que en algunos casos el enlace de bauxita y caliza es tan íntimo, que no se puede rechazar la idea de que tengan un mismo origen; así vemos cómo en Canal (Ariège) se encuentra la bauxita con numerosas nerineas en masas lenticulares, lo que parece corresponder a una alteración de las calizas, que descansan sobre el Cretáceo.

Los autores que refieren las bauxitas a la alteración de rocas eruptivas, influidos por la orientación exclusiva de su examen, opinan que si no son las rocas eruptivas el único origen directo de las bauxitas, por lo menos es su presencia la que ha traído el aporte de aguas geysierianas.

Tenemos a M. Augé en primer término. Según él, todos

los yacimientos de bauxitas se encuentran próximos a rocas ígneas y a grandes fracturas. En Auvernia el manto de la bauxita está colocado sobre la roca granítica y en contacto con los basaltos: en Ariège son paralelos a los Pirineos; en Hérault una colada basáltica atraviesa el departamento de N. a S.; en el Var varios criaderos tocan con los basaltos. Pero su argumento más decisivo es la producción actual de bauxita en los geysers de Yellowstone.

Dieulafait reconoce en la bauxita un resultado de la alteración de las rocas graníticas por meteorismo, alteración que más parece descubrirse en Provenza por la relación entre las distintas masas pétreas que por reacciones químicas. El cuarzo y el feldespato no descompuestos, quedan en el fondo; la parte ferruginosa y aluminosa, en suspensión, se depositó después. Lo apoya con el hecho de que al SE. de Francia, entre Marsella y Tolón, tiene el Cretáceo más de 1.000 metros de potencia, y debajo, forma el granito alterado una capa compuesta de granos de cuarzo y feldespato descompuesto, pero discernible, constituyendo la parte más resistente de las rocas destruidas, mientras que la arcilla ferro-aluminosa que impregna todo el macizo, es la parte más tenue de la alteración, y a ella se deben también las bauxitas; la presencia del titanio y vanadio, cree Dieulafait que sirve para demostrar el origen acuoso de arcillas y bauxitas a expensas de las rocas primordiales.

También las teorías sedimentarias fracasan para las bauxitas contenidas en los basaltos, por ejemplo.

Al citar esta roca no se puede menos de recordar los múltiples casos en que interviene e influye en la formación de las bauxitas, sin duda por sus condiciones especiales de textura y composición. En Autrim (Irlanda) está la bauxita sobre los basaltos; en Auvernia intercalada, y en Vogelsberg (Alemania) incluida con fragmentos de la roca, sin

contar los departamentos pirenaicos y en Georgia, donde la relación es muy probable. Esto explica por qué varios geólogos han pensado en suponer que las bauxitas derivaban siempre, directa o indirectamente, de los basaltos.

CRIADEROS AMERICANOS

Georgia-Alabama.—Las opiniones de los geólogos americanos son más variadas, y sus razonamientos, con frecuencia, más intrincados.

Respecto a Georgia-Alabama, supone Spencer que la alúmina, procedente de las rocas eruptivas, ha sido englobada en una caliza ferruginosa producida por las aguas alcalinas y carbonatadas; más tarde, al descomponerse estas calizas, se depositó la bauxita insoluble.

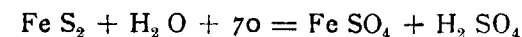
Dice Hayes que no es posible suponer que las *bolsadas* de Georgia-Alabama procedan de la alteración de la caliza que las contiene; además, la falta de residuos contenidos y la diferencia entre la creta con pedernal en que se altera la caliza y la bauxita con caolín que constituye los depósitos, son pruebas suficientes para rechazar la intervención de la roca lateral. Como hecho general de los depósitos, sólo se aprecia la igualdad de nivel en su colocación, pues la roca en que descansan, aunque suele ser la caliza siluriana de Knox, no es la general, y así se encuentran también sobre los estratos superiores.

Aunque muy parecidos, los hidratos de hierro y alúmina enlazados no tienen el mismo modo de segregarse de los estratos: el hierro, en general, es precipitado de las soluciones orgánicas, mientras que el aluminio, aunque mucho más abundante que el hierro en las rocas sedimentarias,

está combinado con la sílice formando compuestos no atacables por los ácidos orgánicos o cualquier otro agente activo de meteorismo.

La caliza no tiene alúmina, pero sí la potente formación de pizarras inferiores que contiene un 15 a 20 por 100 de alúmina y piritas de hierro, y a ellas se atribuye el manantial de alúmina.

Las fallas son numerosas en los tres distritos y alteran de tal modo los estratos, que en algún sitio dan lugar a brechas; son, sin duda, el camino seguido por las aguas. Las meteóricas descendentes contienen una gran cantidad de oxígeno en disolución; por el contrario, las ascendentes llevan ácido carbónico. Las fracturas de las dolomias fueron grandes y abiertas, mientras que en las pizarras inferiores son mucho más repetidas y unidas. Así las aguas con oxígeno pasan fácilmente en la zona de las dolomias y filtran lentamente en las pizarras, y de este modo se apoderan, además del 15 a 20 por 100 de alúmina, de gran cantidad de hierro y azufre, así como algo de potasa, cal, magnesia y sílice libre. La reacción más importante es la oxidación del hierro produciéndose ácido sulfúrico, con lo cual se tiene un agente



capaz de apoderarse de la potasa y la alúmina quitándosela a la sílice que las retenía en las pizarras. En la presencia de abundante potasa se forma el sulfato doble de alúmina y potasa, lo mismo que se prepara artificialmente el alumbre. Los principales productos de oxidación procedentes de las pizarras son los sulfatos de hierro y de aluminio, ambos fácilmente solubles.

Cuando estas disoluciones ascendentes alcanzan nuevas

condiciones de temperatura y presión, se verifican reacciones que forman los depósitos; así, el sulfato ferroso al oxidarse lentamente separa el hierro en forma de hidrato (limonita). El sulfato de aluminio es mucho menos estable, sin exigir el contacto del aire para descomponerse; así, en presencia de la caliza se forma yeso que queda en la disolución y abandona la alúmina en forma gelatinosa.



Favorece esa reacción el largo paso de las disoluciones por las calizas. (El precipitado original, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$, debió de ir acompañado del sulfato básico de aluminio.) El hierro y la sílice permanecen en la bauxita. El sulfato de aluminio se forma como en Nueva México () Las disoluciones en este caso parecen ascender más por capilaridad que por acción geysieriana y los precipitados lo fueron al llegar a la superficie. Los depósitos de alumbre son numerosos en las regiones en que las aguas oxidantes llegan a las pizarras conteniendo sulfuro de hierro, estando los alumbres acompañados de sulfato de aluminio. En un manantial al N. de Georgia, Emerson encontró en las aguas mucho sulfato de hierro y de aluminio, pero no de potasa.

Las aguas ascendentes alcanzan la superficie cerca de las fallas, formando manantiales termales y a veces geysers.

La alúmina precipitada fué elevada por las aguas y al mismo tiempo concretada en los núcleos pisolíticos que debieron estar mucho tiempo en suspensión. En general, cuanto más sílicea es la mena contiene menos oolitos.

Arkansas.—Se pueden considerar los yacimientos de Arkansas como capas extensas y poco potentes descansan-

(1) P. Blake.—*Transactions of the American Institution of Mining Engineers*, 1894.

do sobre las sienitas o en estratos superpuestos a ellas. La parte superior es de variedad pisolítica, y granítica la que toca a la parte eruptiva caolinizada; nunca hay testigos de rocas extrañas, parte del hierro parece de origen secundario y se aloja en la envolvente externa de los yacimientos. La bauxita oolítica se considera precipitada de disoluciones, mientras que la granítica se supone procedente de una solución actuando sobre la sienita no alterada. Hay señales evidentes de las aguas marinas que agitaron los detritus ya formados los criaderos.

Con esos datos, los geólogos Hayes Branner y el Dr. Williams emitieron diversas hipótesis, algo artificiosas y a las que sus mismos autores hicieron objeciones. La dificultad principal estriba en explicar por las mismas causas la formación de las dos bauxitas: una, como la pisolítica, que puede ser debida a manantiales geysierianos de origen profundo, y la granítica, que es un producto de alteraciones superficiales.

Por fin, Hayes da la siguiente teoría:

Se verificó la intrusión de las sienitas bajo una cubierta ligera de rocas paleozoicas; éstas fueron sujetas a una erosión rápida, quedando al aire la superficie de la sienita.

La cantidad considerable de calor original fué sostenida por los incrementos producidos en intrusiones renovadas o disturbios dinámicos.

En esas condiciones, fué cubierta la región por una vía de agua muy cargada de álcalis que disolvió los elementos minerales de la sienita, penetrando en ella. Al llegar a la superficie continuaron su acción en la parte externa de la roca haciendo emigrar a su cal, sílice y álcalis, pero dejando alúmina en reemplazo de los elementos desaparecidos. Una parte de esa alúmina, por acción metasomática, sustituyó a la sílice, mientras que otra, precipitándose en forma gelati-

nosa en el fondo de las aguas, tomó la forma pisolítica y se mezcló a la bauxita caolinizada. La precipitación de la alúmina debió producirse inmediatamente de la emergencia de los manantiales termales, pues de otro modo la bauxita se habría diseminado a través de los sedimentos próximos. La formación de la bauxita marca un solo episodio en la historia de la región, durante el cual las condiciones fueron excepcionales. Este episodio, supone Hayes fué principiado y terminado abruptamente, volviendo las condiciones normales de sedimentación en vez de la anormal precipitación química; la causa final probable es un cambio en el calor o en las condiciones del agua, por ejemplo: mezcla del agua del mar a la dulce que formaba los depósitos. Esta teoría tiene algunos puntos oscuros, como las reacciones que transforman la sienita en bauxita, según señala Laur. La verdadera dificultad estriba en dar una explicación uniforme para las tres bauxitas de Arkansas: la pisolítica, la granítica y la caolinizada.

M. Laur, convencido al principio por las teorías geyséricas de Augé, dudó después al ver la diversidad de juicios: hay geólogos que requieren el auxilio de aguas dulces y tranquilas, para otros son precisas las agitadas y marinas, y todos ellos, como Hayes, tropezaban con serias dificultades, vencidas a veces de un modo artificioso, para lograr explicar la formación de las tres clases de bauxitas.

M. Laur, después de examinar las hipótesis anteriores y las analogías que apuntó M. Lacroix entre las lateritas y las bauxitas, acepta la laterita como el origen de las bauxitas, pero como la laterización actual se efectúa sobre las rocas eruptivas, que es el caso de Auvernia pero no el de Provenza, decide que, aunque semejantes las dos menas, tienen un origen distinto.

Para explicar la derivada de las rocas graníticas basta tener en cuenta la desagregación lenta producida por las aguas, el oxígeno y el ácido carbónico del aire, y el clima tropical, mientras que para la de origen profundo hay que suponer reacciones químicas más bruscas ayudadas de temperaturas altas y de presiones fuertes. Supone posible la producción de ambos fenómenos en la misma región, y así se explicaría cómo en el mismo yacimiento hay una capa inferior de bauxita granítica (laterita) y una capa superior de bauxita pisolítica. La capa intermedia que Hayes llama bauxita caolinizada no sería más que un estado de descomposición. Las dos bauxitas se diferencian en que la laterita es algo menos rica en alúmina que la de Provenza; pero la diferencia real es que la laterita se forma sobre los terrenos eruptivos o graníticos, mientras que la geysérica se localiza en los sedimentarios como verdadera edad.

CRIADEROS CATALANES

Los hechos que nos pueden servir de fundamento para formular la génesis de los criaderos catalanes, son:

- 1.º Los numerosos y pequeños afloramientos se encuentran en el Eoceno o en la unión de los terrenos secundarios y terciarios.
- 2.º Se cumple la regla de Laur de la laguna estratigráfica marcando una facies continental.
- 3.º Los afloramientos jalonan las fracturas paralelas al arco del Mediterráneo, como se disponen los asomos de rocas eruptivas, trozos de las cuales se encuentran próximos a los crestones de bauxitas.
- 4.º Llevan envolvente caolinizada, pero no son nunca estratificados, sino que tienden a encajarse en las calizas.

5.º Las porciones más rojas y pisolíticas se encuentran hacia la parte superior.

6.º Micrográficamente se comprueba que los pisolitos tienen su origen en las concentraciones, y que se verifican en ellas las acciones secundarias destructoras, como en las lateritas.

En apariencia los yacimientos de Barcelona deben atribuirse a la facies terrígena correspondiente al espacio del Triás al Eoceno inferior. Según esto, la disposición geológica más parecida a la nuestra es la citada por M. Collot en su estudio: *Sur le terrain Jurassique dans l'Ouest du département de l'Hérault*.—B. G. de F., 1874.—3º, Sº. El orden es el siguiente, en uno de los cortes: a) Keuper o Infralías; b) bauxita; c) pudinga, arenisca, margas de color rojo; Garumnense. En una situación análoga a la señalada, se verificaría la deducción de Laur para Provenza, y se podría formular así: «El muro va descendiendo al O. en la serie geológica, mientras la transgresión que representa el techo es cada vez más moderna, del Cenomanense al Eoceno inferior, es decir, que la situación correspondería con el doble movimiento de báscula de E. a O. que parece haberse efectuado en la costa del Mediterráneo desde los Alpes marítimos hasta el Pirineo, y que en este caso habría que extenderlo a la costa del Garraf.»

Como, sin embargo, no puede dudarse respecto a la situación en el Eoceno de alguno de los afloramientos de bauxita, hay que admitir que su edad es, por lo menos, del Eoceno inferior, puesto que se encaja en la caliza de alveolinas.

La facies lacunar de las hiladas garumnenses se ajustaría bien con estas ideas.

Todos los afloramientos que hemos examinado tienen el aspecto de masas o brechas, nunca de capas, y alguno,

como el de Rubió, recuerdan mucho a un asomo eruptivo. La colocación es como la de los batolitos que bordean las fracturas curvilíneas de toda la costa de Levante y catalana. En la zona estudiada no hemos podido encontrar crestones eruptivos, pero sí trozos esquinudos de granitos en las proximidades de casi todos los de bauxita (1).

Lo que podríamos llamar envolvente no es muy determinada, pero en algunos sitios se aprecia muy bien; desde luego es bastante aluminosa, pero el hierro y la sílice varían mucho.

	Parte arcillosa. Ela Casals.	Parte ferruginosa. Mas Bolet.
Sílice.....	34,40	21,10
Oxido ferrico.....	9,85	49,00
Alúmina.....	49,15	20,00

Esa envolvente, que está mucho más precisada en otros criaderos extranjeros, es de una gran dificultad de explicación en otras teorías que no sean las de laterización. Desde luego las aguas reductoras de la zona de saturación facilitan la transferencia de la sílice y del hierro de una parte a otra y su depósito por evaporación, en las partes expuestas al aire. La disminución de sílice con la profundidad ha sido notada en distintos criaderos, en particular en los americanos, en los que domina mucho en los crestones.

La disposición en brecha se aprecia muy bien en Montorí y en Orpinell; aun cuando la masa dominante es la caliza, son muy abundantes los trozos esquinudos de bauxita pisolítica cimentados. Esta disposición recuerda, sobre todo, a las bauxitas austriacas; a estas zonas brechoides corres-

(1) También los hemos encontrado en lo alto de Rocamur.

ponden algunos de los ejemplares que podríamos calificar de tránsito, pues son carniolas calcáreas y bauxitas.

La conducción de aguas generadoras por el camino marcado por las brechas ha sido imaginado por Hayes en los criaderos de Georgia-Alabama.

Es una regla general de todas las rocas la de acusar el óxido férrico en su superficie, pero en las bauxitas, formadas esencialmente por la remoción de materia, es más natural que ocurra. Así se da el caso de que sea el hierro aluminoso el precursor en los descubrimientos de bauxita. Tal ha ocurrido en Irlanda, en donde la parte externa se emplea ampliamente como minerales de hierro; en Italia, en varios sitios de Francia y en los nuestros las primeras denuncias quizás obedecieron a investigaciones del mismo metal.

Del mismo modo es factor común a todos los criaderos de bauxita la existencia de las formas pisolíticas en las partes altas de los crestones, y son precisamente estos minerales los que han hecho pensar a los geólogos en los surtidores como manantial del hidrato de alúmina, puesto que de otro modo no comprendían la formación de oolitos con capas concéntricas definidas, confirmando esta supuesta acción los fenómenos actuales de los geysers de Yellowstone. Lo curioso es que este punto de coincidencia, en vez de unirlos, sintetizando en las ideas de la formación, les separaba, pues en cada caso la bauxita interior y la roca en que ambas descansaban eran distintas, y había que adaptar los hechos a la roca que se suponía madre, que era la infrayacente, con lo cual resultaban violentas y artificiosas las explicaciones para ajustar los mismos fenómenos a resultados diferentes. Casi todas esas teorías sufren un gran quebranto con el hecho sencillo de admitir la formación de pisolitos *in situ*, por concentraciones regulares del hierro removido dentro del depósito gelatinoso de la mezcla de hidratos fé-

rrico y aluminico. Y no se trata de un supuesto, sino de hechos que se desprenden de un modo sencillo en el análisis microscópico de nuestras bauxitas y las lateritas de Campbell; es la igualdad en la forma, disposición, y hasta tamaño de los pisolitos rojos, las grietas de contracción en los ferruginosos mayores, las dos clases de hidratos de alúmina en los blancos y en el cemento. Luego vienen las acciones secundarias con todos los grados de formación y destrucción por la circulación de las aguas, cuyo paso queda grabado en conductos análogos revestidos y rellenos por las mismas costras y agregados; en una palabra, la identidad con las nuestras y con todas las pisolíticas es absoluta, y se puede decir, con Campbell, que las bauxitas son las lateritas fósiles.

Siguen acumulándose datos al ver la identidad de las litomargas inferiores a las bauxitas, por ejemplo: en Antrim (Irlanda) y las que se encuentran bajo algunas lateritas de Africa; la existencia de una capa o envoltente alterada o de hidrosilicato de alúmina por bajo del mineral; la diversidad, en cambio, de las diferentes rocas que soportan las bauxitas: calizas en Austria, Italia y en el Sur de Francia; granito, arcillas permianas y traquitas en Auvernia; gneis en América; basaltos en Alemania, Irlanda y en los Pirineos; dolomias en los Apalaches, etc. En todas partes las rocas subyacentes están descompuestas. Más hechos comunes a las bauxitas son: la carencia de fósiles, la diferencia en la constitución de las capas superiores e inferiores al mineral, y por fin, la independencia entre la roca y la mena. Es decir, que de un lado tenemos los hechos (formación de lateritas) con reacciones sencillas y actuales, y de otro la gran diversidad de presentaciones que, adoptando la teoría de la laterización, quedan explicadas de idéntica manera, mientras que recurriendo a las formuladas por los distintos geólogos, nos

encontramos con la imposibilidad de concordar tantas y tan artificiosas hipótesis como casos distintos de presentación.

La disposición de nuestros yacimientos impone un origen hidrotermal (1.º, 2.º, 3.º), cuyo fenómeno parece habría que localizar hacia el Eoceno inferior, sin que esta coincidencia de presentación con algunos de los franceses pueda inclinarse a la igualdad de génesis. En cambio la semejanza con las lateritas, y la comprobación de que los oolitos pueden provenir de concentraciones, nos hace suponer que la laterización se cumplió en sitios determinados, de acceso más fácil y más activamente por la mayor temperatura de las aguas, y esta acción puede enlazarse de cierto modo con la siderolítica. Cuando avancen las explotaciones se descubrirá si actuaron de preferencia sobre asomos de rocas determinadas y desaparecidas, o en las grietas y fisuras de las actuales.

Los asomos de bauxita nos parecen poco a propósito para tener en consideración la hipótesis que, además de en la forma del depósito, tendría que fundamentarse en ataque intenso a las rocas sedimentarias.

Como consecuencia, es justa la deducción de que debe buscarse la prolongación en Teruel y la costa de Levante, fijando atención preferente en los hierros aluminosos y pisolíticos.

X

Aplicaciones.

Al exponer las aplicaciones, tenemos presente los últimos tratados (1918) sobre la metalurgia del aluminio.

Las bauxitas se aplican directamente para la fabricación de ladrillos o mampuestos refractarios que, previa calcinación, sirven para el revestimiento de hornos.

Rara vez, sin embargo, se puede utilizar la bauxita directamente; son precisos siempre lavados y estríos para mejorar el producto extraído. El hierro se puede eliminar en gran cantidad y, de cualquier modo, el mayor gasto se compensa con la mejora del producto. El tratamiento posterior al laboreo tiene por objeto el afino del mineral antes de ser transportado a la fábrica para alcanzar mayores rendimientos y evitar el acarreo de las partes eliminadas. Los minerales compactos se quebrantan hasta el calibre de unos 3 centímetros y luego son pasados por un secador, con lo que se los priva de humedad. Con temperaturas suficientemente altas se puede desalojar el agua combinada químicamente, logrando una reducción hasta del 20 por 100 de peso y el ahorro consiguiente de flete, que es, sin duda, compensado por los gastos de la operación. Otra de las ventajas de este quebrantado y desecación, es lograr un producto más uniforme para la venta y que no necesite tratamiento preliminar para su uso.

No pueden citarse como aplicaciones de la bauxita los usos que se obtengan empleándola, en casos particulares,

como mineral de hierro o como caolín, pues en ambos se derivaría su propiedad de un exceso de hierro o de silicato de alúmina que harían que no se pudiese considerar como bauxita.

Este mineral sirve de mena de aluminio, y de las bauxitas catalanas ya se ha obtenido un lingote de este metal, en el Laboratorio de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, por el ilustrado profesor D. Enrique Gil, que sigue atentamente desde hace años los adelantos sobre la metalurgia del aluminio (1).

Se emplea para esmeril y piedras de afilar que sirven para pulir metales. El esmeril se obtiene deshidratando la alúmina en el horno eléctrico. En el Instituto Geológico hemos usado con buen resultado, para las preparaciones microscópicas, esmeril fabricado en Barcelona, el cual únicamente cuando contenía un exceso de hierro era algo blando.

También se usa para pintar los moldes en que se vierte el acero, con lo que se logra que el metal corra de un modo fluido y sin adherirse a las paredes.

El sulfato de alúmina o alumbre comercial se exige en grandes cantidades para la fabricación del papel. El método más económico consiste en producir el ácido sulfúrico por torrefacción de algunos sulfuros metálicos próximos, con lo que éstos pueden beneficiarse y los gases oxidados sirven de base para el ácido.

La bauxita es uno de los materiales más refractarios, es muy estimable para el revestimiento de los hornos, pues tiene más duración que los ladrillos; también se utiliza para aumentar el tanto por ciento de alúmina de otros materiales refractarios. Bischof y Bruno Kerle la consideran como extremadamente refractaria, cuando está exenta de hierro, ha-

(1) Se siguió el procedimiento Héroult. (Ver conferencia del Sr. Gil en el Ateneo. Congreso de Ingeniería.)

biéndose utilizado en los revestidos del horno Siemens, estando conformes los metalurgistas en la importancia que, como refractario, tiene este mineral, ya solo, ya mezclado con otras sustancias para aumentar el tanto por ciento en alúmina, que es como decir su resistencia al fuego.

Siemens hizo personalmente pruebas en diferentes hornos y se expresa así: «Una serie de experimentos para formar briquetas por medio de diferentes aglomerantes, muestran que un 3 por 100 de creta arcillosa basta para unir la bauxita calcinada previamente. A esta mezcla se añade un 6 por 100 de plombagina en polvo, lo que hace la masa prácticamente infusible, puesto que reduce el peróxido de hierro contenido en la bauxita a estado metálico. En lugar de arcilla se puede usar silicato sódico como aglomerante, el cual tiene la ventaja de endurecer la masa a temperatura baja. Un revestido de bauxita así descrito resiste el calor y las escorias fluidas en grado notable, como he probado revistiendo un horno rotativo para mis trabajos de acero en Birmingham, parcialmente con bauxita y otra parte con ladrillos de plombagina cuidadosamente seleccionados. Después de quince días de trabajo, el horno de ladrillos de plombagina se redujo de 6 pulgadas a una y media, mientras que el de bauxita tenía 5 pulgadas y estaba perfectamente compacto. Es importante observar también que cuando la bauxita es expuesta a un calor intenso, se convierte en una masa de esmeril de tal dureza que difícilmente puede ser labrada por herramientas de acero y es capaz de resistir las acciones mecánicas y caloríficas a que sea expuesta.»

Según Eglerton, de la Escuela de Minas de Colombia, es la bauxita el material que más resiste la acción corrosiva de las escorias básicas.

También se ha ensayado en el revestimiento de los hornos Martin Siemens, pero paulatinamente ha sido re-

emplazada por el grafito y el carbonato de magnesia; más que nada, la incertidumbre de su composición ha hecho que no se la tenga en cuenta en los usos metalúrgicos, a pesar de sus excelentes propiedades.

La aplicación principal de este mineral es la elaboración de alúmina anhidra, producto que constituye la base de la fabricación del aluminio. Este metal se obtiene hoy, casi exclusivamente, por el procedimiento Héroult; consiste, en síntesis, en efectuar la electrolisis de la alúmina disuelta en un baño de criolita en fusión.

Esta electrolisis se practica en un horno eléctrico revestido interiormente de carbón y comunicando su polo negativo por un manantial de energía eléctrica exterior; electrodos de carbón móviles verticalmente se sumergen en la masa líquida y comunican con el polo positivo.

La energía eléctrica es la que sirve, sin calefacción exterior, para fundir y mantener en fusión las sustancias introducidas en el horno. Como la cantidad de energía es muy importante, no se puede alcanzar un rendimiento económico más que mediante grandes saltos de agua.

El aluminio nace a expensas de la escisión de la molécula de alúmina; puesto en libertad el metal en el electrodo negativo, se reúne en el fondo de la cubeta, mientras que el oxígeno acude al positivo, quema el carbón del electrodo, y forma óxido de carbono cuyo gas se consume al contacto del aire transformándose en anhídrido.

La importancia de la bauxita depende de su mayor o menor aptitud para producir alúmina pura, pues es en tal forma como sirve mejor para la obtención del metal, como materia prima para fabricar las diferentes sales de aluminio, y para esmeril artificial.

Respecto a la obtención de alúmina, se dividen las menas en blancas y rojas según sea su impureza dominante, ya

que la impureza es la regla en este mineral, mezcla de hidratos.

Se llaman *blancas* cuando es la sílice el elemento perjudicial dominante, y *rojas* cuando lo es el sesquióxido de hierro. Las bauxitas blancas son difíciles de purificar, y esta es la razón de que se utilicen de preferencia las rojas, aun cuando tengan un tanto por ciento elevado de óxido. En la fabricación se admite como corriente del 16 al 17 por 100 de sesquióxido, y llegan a 25 por 100 en algunas fábricas.

Es la sílice el verdadero enemigo en la obtención de la alúmina, y es una impureza de tal modo perjudicial, que se arrastra hasta el fin influyendo en la pureza del metal.

Sin embargo, los procedimientos para la obtención de alúmina de menas más silíceas están conocidos y aun resueltos en la actualidad.

La purificación de la bauxita para conseguir alúmina pura, es una operación importante y delicada, y tanto más cuanto que la alúmina tiene propiedades particulares: es un óxido indiferente, uniéndose lo mismo a los ácidos para formar sales de alúmina, como a las bases enérgicas produciendo aluminatos. Es insoluble en el agua y se funde a la temperatura del horno eléctrico, transformándose en una masa muy dura, corindón artificial, inatacable por los ácidos y bases, que sirve de excelente raspador, con el que se fabrican ruedas para pulir los metales; la cantidad de hierro está en razón inversa de la dureza.

Los métodos Bayer y Vergé, por vía húmeda, son los más practicados y los que producen la alúmina más pura, pero en cambio es difícil en ellos la eliminación de la sílice.

Consisten en la formación de aluminatos alcalinos producida al disolver en sosa cáustica el mineral tostado. Des-

pués del filtrado y lavado se obtiene un precipitado formado por las impurezas (sílice, ácido titánico, óxido de hierro). La solución clasificada se somete a la acción de una corriente de gas carbónico que precipita la alúmina muy densa. Parte de la sílice se combina con la sosa y forma un silicato que pasa en disolución durante varias horas en la autoclave a 5 ó 6 atmósferas; así se deposita la sílice poco a poco en estado de sílico aluminato de sosa.

Es muy interesante el procedimiento de Hall para fabricar la alúmina directamente de la bauxita en el horno eléctrico y como si se tratase de un afino reductor del mineral. Si se añade a la bauxita una cantidad suficiente de carbón, llevando el horno de modo conveniente, se pueden eliminar todas las impurezas al estado de ferroaleación. Por este método se obtiene alúmina tan pura como la obtenida químicamente. Sin embargo, el tanto por ciento de carbón necesario para esa reducción, arrastra la formación de carburo de aluminio, que está contenido en la alúmina electro-térmica en pequeña cantidad, y al descomponerse con la humedad del aire produce la alteración de la alúmina.

Pero nada presenta más claramente el avance de la eliminación de sílice como la obtención, ya lograda, del aluminio por medio de las arcillas.

La utilización de las arcillas para la fabricación del aluminio presenta una gran importancia industrial y económica, porque resuelta prácticamente permitiría vulgarizar, todavía más, los empleos de este metal, haciendo descender considerablemente los precios actuales. En el procedimiento de Cowler-Kayser se parte de la arcilla ordinaria, que se mezcla con carbón y sal marina. La mezcla se lleva a 1.000° próximamente y se somete al vapor de agua, el cual, a elevada temperatura, se descompone por el carbón y da: hidrógeno, que va sobre el cloro del cloruro sódico para formar

ácido clorhídrico; oxígeno, que se une al sodio para formar sosa, y óxido de carbono, que se puede utilizar como agente de calefacción o de fuerza motriz, y por fin, que es lo interesante, un silicato de alúmina y sosa complejo. Este es el silicato que se utiliza para la extracción del aluminio. Para ello se trata con cal viva y se obtiene silicato bicálcico, sosa y alúmina, que sirve directamente para la preparación del metal.

Hay otro procedimiento, que es el de Moldentrauer, que promete excelentes resultados; está fundado en la observación experimental que se hizo al descomponer el carburo doble de aluminio y silicio por el óxido de hierro, observando la volatilización de una parte de la alúmina. Para obtenerla se puede operar destilando en el horno eléctrico una mezcla de silicato de alúmina, óxido de hierro y carbón. Con este objeto se mezcla arcilla, hematites y cok, que se somete, después del quebrantado, a la acción de una corriente de intensidad elevada. Se obtienen así tres partes: el residuo del fondo que viene a ser alúmina fundida con poca sílice, sobre ella un ferrosilicio con 19-20 por 100 de sílice, y productos de condensación, que, por un tubo, se arrastran fuera del horno, y cuya composición suele ser de 24 por 100 sílice, 2 por 100 Fe y 72 por 100 Al₂O₃.

Este procedimiento es de una sólida base para la eliminación de la sílice, quizás no es del todo práctico por la cantidad de subproductos y las energías que consume, pero cambiando la proporción de óxido de hierro, e introduciendo una parte de hierro en forma de ferrosilicio, se llega, según Scard, a producir una mezcla conteniendo casi exclusivamente ferrosilicio y alúmina. Esta última, quebrantada y purificada con el imán de los glóbulos de ferrosilicio que pueda contener, es una alúmina casi pura.

La cuestión de la utilización de la arcilla y menas bas-

tante silíceas para la fabricación del aluminio está, pues, resuelta en principio. Un primer horno eléctrico da un ferrosilicio de gran cantidad de silicio y alúmina impura que, vuelta a fundir en un segundo horno eléctrico, es ya a propósito para la obtención del aluminio.

La arcilla es uno de los productos más extendidos en la naturaleza; hay, pues, para pensar que la extracción del aluminio por su empleo permitirá la solución práctica y económica de un problema metalúrgico e industrial importantísimo.

RENDIMIENTOS, PRODUCCIÓN Y CONSUMO

En funcionamiento normal, el rendimiento práctico de aluminio de las menas se aproxima al 90-95 por 100. Según Flusin, la producción media de aluminio oscila entre 210 y 275 kilos de metal por kilovatio-año. Este rendimiento corresponde a un gasto de energía de 31 a 41 kilovatios-hora por kilo de aluminio.

En cuanto al gasto de alúmina, hay que contar con dos kilos de alúmina por kilo de metal.

El país más productor de aluminio es los Estados Unidos, al cual sigue Francia y después Suiza y Alemania.

El aumento de producción ha sido rapidísimo: 13 toneladas en el año 1885; quince años más tarde, el 1900, se llegaba a 7.800 toneladas, y actualmente, o sea diez y ocho años después, se estarán produciendo unas 85.000 toneladas.

En Francia hay 10 fábricas repartidas en cuatro grupos; producen 18 a 20.000 toneladas de metal con unos 80.000 HP de energía eléctrica; a eso se debe que, 8 de las 10, se encuentren en Saboya, al pie de los grandes saltos.

En los Estados Unidos hay cuatro fábricas, produciendo unas 30.000 toneladas. En total se suponen más de 400.000 HP destinados a la fabricación del aluminio.

Las variaciones del precio hacen ver lo rápidamente que se han sucedido los descubrimientos en su metalurgia y el desarrollo de sus aplicaciones.

En 1855, poco después del descubrimiento de St. Claire Deville, valía el kilo 1.250 francos, hasta el 1866 que bajó a 125 francos; el 86 a 78 francos. En cuanto se descubrieron los procedimientos electroquímicos sobrevino una nueva baja, llegando hasta 1,30 francos el año 11, y vuelve después a subir hasta llegar de 7 a 10 francos durante la guerra.

XI

Datos industriales.

En realidad, el problema de la bauxita en España debe de considerarse todavía en la fase de investigación, pues los minerales, por su cantidad de sílice, se salen fuera del cuadro de menas para la obtención del metal, y sólo son aprovechables, después de estrío, para la obtención de sulfato de alúmina y para material refractario y de desbaste. Aun con esta limitación se podría considerar el asunto resuelto industrialmente, si se pudiese cubicar una cantidad importante, pero los datos conocidos son insuficientes para llegar a este resultado. Todos los afloramientos son pequeños, y las canteras de arranque hasta ahora establecidas no han sido más que tres de alguna importancia, pero llevadas de un modo irregular.

Aunque los datos del arranque efectuado no sirvan, por lo dicho, para formar idea de la existencia de mineral, daremos los pocos que tenemos (algunos no comprobados personalmente) para contribuir, en lo posible, al conocimiento de la zona bauxitífera.

Los sitios de arranque han sido:

Salt del Gos.....	Unas 1.800 toneladas.
Els Casals («Diana»),..	» 2.000 »
Rubió.....	» 1.500 »
Puig-Fred («Nieves»)...	} Pequeñas cantidades.
Mas Bolet («Teresita»)..	

Todas las canteras citadas han quedado con escasez de mineral después de extraídas esas 5.000 toneladas.

En los sitios citados, la parte alta estuvo entre calizas y el fondo se fué acuñando entre partes arcillosas; la altura máxima del tajo, unos 8-10 metros; es lógico el agotamiento aparente de los afloramientos, pues en las extracciones desordenadas, siempre viene la suspensión en los empobrecimientos y escasez de presentación.

El mineral arrancado en Rubió y parte del obtenido en las otras canteras, se destinó a material refractario. El que sirve para sulfato de alúmina procede de Els Casals, con una ley aproximada de 50 a 54 por 100 de alúmina, 20 de óxido férrico y de 12 a 18 de sílice.

De los afloramientos conocidos, citaremos los de Clot de Llop y Montorí como los que pueden justificar más interés industrial.

A continuación damos los siguientes análisis facilitados por el Ingeniero D. Enrique Rubio, los cuales son de interés, aunque por las pequeñas dimensiones de los afloramientos no puedan ser representativos de los criaderos:

Muestras de Montorí.

	Núm. 1.	Núm. 2.	Núm. 3.	Núm. 4.
Humedad.....	2,70	0,20	0,80	0,70
Análisis de mineral seco.				
Sílice.....	11,28	5,31	14,89	8,39
Alúmina.....	65,93	62,00	53,76	69,02
Oxido férrico.....	4,97	16,13	15,13	3,20
» de titanio.....	4,04	3,70	3,48	4,20
Pérdida por calcinación ..	13,94	13,16	13,18	14,86
TOTALES...	100,16	100,30	100,44	99,67

Muestras de Clot de Llop.

	Núm. 1.	Núm. 2.	Núm. 3.	Núm. 4.	Núm. 5.
Humedad.....	0,15	0,45	0,35	0,65	0,85
Análisis de mineral seco.					
Sílice.....	17,67	4,77	11,88	25,03	18,99
Alúmina.....	63,44	52,44	59,13	49,39	52,83
Oxido férrico.....	0,85	27,50	11,37	8,81	11,44
» de titano.....	4,26	2,98	4,00	2,58	3,04
Pérdida por calcinación.	13,55	11,43	12,99	13,57	13,39
TOTALES...	99,77	99,42	99,37	99,38	99,69

Muestras de Mas Bolet.

	Núm. 1.	Núm. 2.	Núm. 3.	Núm. 4.	Núm. 5.
Humedad.....	3,75	0,30	0,95	0,40	0,30
Análisis de mineral seco.					
Sílice.....	36,96	35,32	37,63	39,75	28,68
Alúmina.....	38,96	32,86	43,69	34,59	38,08
Oxido férrico.....	7,89	17,19	1,85	10,51	18,97
» de titano.....	2,16	1,64	2,16	1,88	1,86
Pérdida por calcinación.	13,35	12,11	14,15	12,74	11,93
TOTALES...	99,32	99,12	99,48	99,47	99,52

Trazas de manganeso y menos de 0,20 por 100 de caliza en todas las muestras. El mineral más blanco (el menos ferruginoso), es el más silíceo.

Si, como parece, mejoran los minerales en profundidad por disminución de hierro y sílice, esta mejoría compensaría los mayores gastos de laboreo.

Siempre es necesario una selección para separar distintas clases; en lograrlas con uniformidad estriba gran parte del negocio, pues se pueden asegurar distintos mercados.

El gasto de transporte de la bauxita desde la Llacuna a Villafranca, en carro, es de 21 pesetas por tonelada, y de 9 a 10 desde Villafranca a Barcelona por ferrocarril.

Los gastos de arranque suponemos costarán unas 5 pesetas, y 1 peseta los de carga y descarga en Villafranca; poniendo otra de imprevistos, resultará que la tonelada puesta en Barcelona no bajará de 37 a 40 pesetas, precio bastante elevado para el que suelen alcanzar esta clase de minerales.

Las minas demarcadas y registros, según datos de los Sres. Fourodona y Guasch, Ingenieros del Distrito, son:

Minas demarcadas y Registros en Mediona, la Llacuna y Santa María de Miralles.

Nombres.	Términos.	Hectáreas.	Parajes.
Teresita.....	Mediona.....	38	Orpinell.
Agustina 2. ^a ..	Idem.....	20	Montorí.
» 1. ^a ..	Idem.....	20	Idem.
Nieves.....	Idem.....	9	Puig-Fred.
Lea.....	La Llacuna.....	44	Clot de Llop.
Hortensia....	Mediona y Torre Claramunt.	24	Coll de Mata.
Roca.....	Mediona.....	24	Moranta y Serrat Cucut
Por si acaso..	Idem.....	39	Montorí.
Margarita....	La Llacuna.....	9	Clot de Llop.
Adelaida.....	Sta. M. ^a de Miralles.	20	Ubagá de Soler.
Josefina.....	Idem.....	12	Idem.
Carmen.....	Idem.....	18	Costa de Rubió.
Virginia.....	La Llacuna.....	21	Els Casals.
Registros.			
Dos amigos...	Mediona.....	50	Montorí.
Conchita....	La Llacuna.....	20	Clot de Llop.
Quevedo....	Idem.....	22	Idem y de las Llatas.
Ra-Ra.....	Mediona y otros....	11.000	
Nuevo Carmen	Sta. M. ^a de Miralles.	28	Sierra Tubal.
Serena.....	Mediona.....	17	Paraje Moranta.
Marta.....	Idem.....		Montorí.

En resumen: tenemos en explotación yacimientos de bauxita en una de las regiones más industriales de España, y donde es más abundante la energía eléctrica. Las razones geológicas hacen presumir que se han de encontrar nuevos criaderos a lo largo de la antigua cordillera litoral, ya desaparecida.

Creemos precisos estímulos del Estado para la creación de fábricas y laboratorios que, sirviéndose primero de las mejores menas, vayan ensayando también en nuestro país el modo de utilizar los minerales más silíceos, estando así al tanto del problema importantísimo que representa la obtención práctica y económica del aluminio de los abundantísimos yacimientos que le contienen. Y simultáneamente con esa acción químico-industrial, practicar una investigación geológica, que seguramente obtendría éxito, aumentando nuestra riqueza minera.

BIBLIOGRAFÍA

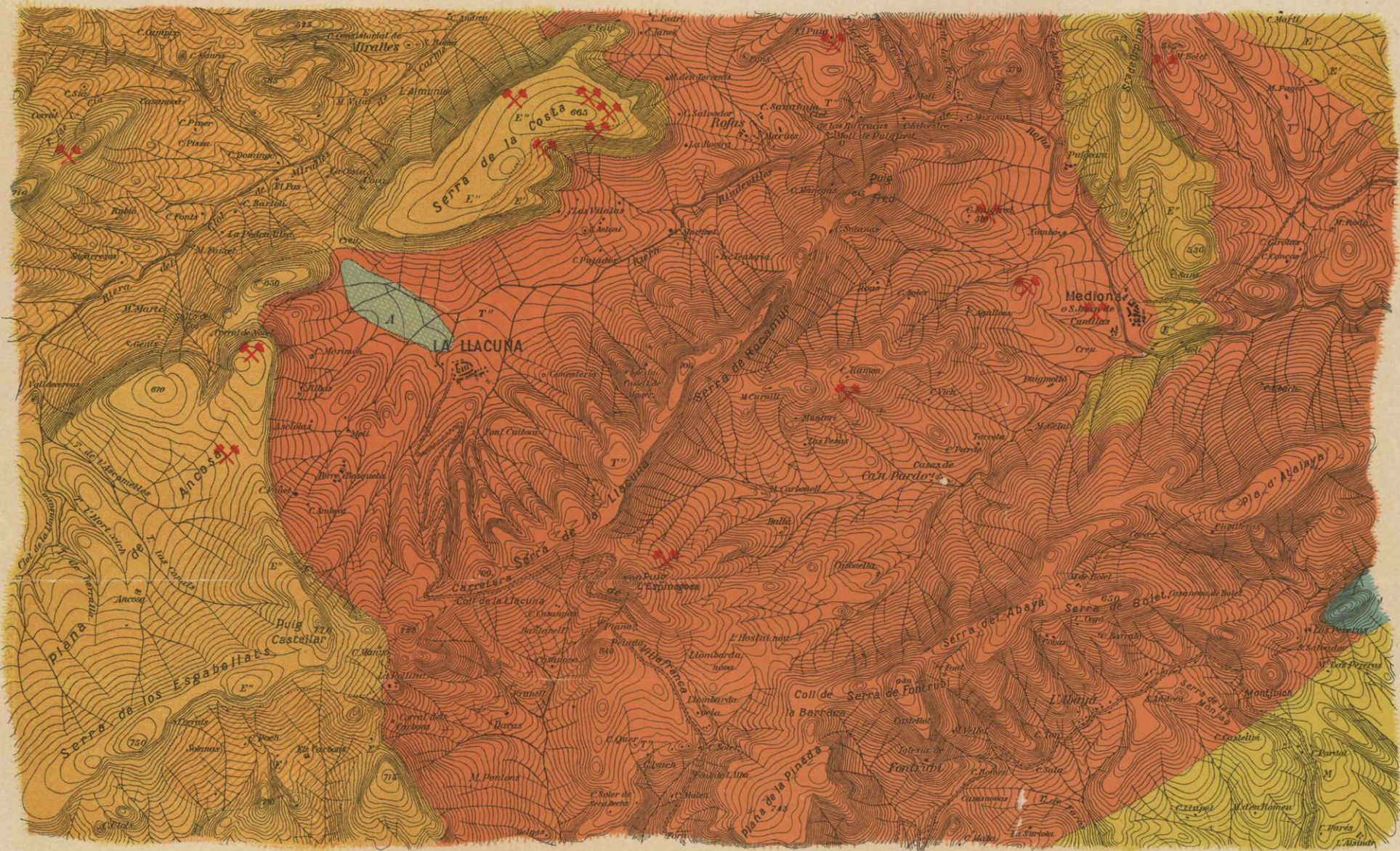
- AICHINO (G.).—La bauxite. «Rassegna Mineraria», vol. XV, núms. 15-18, 1901.
- AICHINO (G.).—Bauxite. «Ras. Min.», t. XV, 1902.
- ALMERA (J.).—Sobre el descubrimiento de la fauna de Saint-Cassian en el Triás de nuestra provincia. «Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona», páginas 2-4, 1899.
- ALMERA (J.).—Caracterización del Muschelkalk en Gavá, Begas, Pallejá. «Crónica Científica», 1891.
- ALMERA (J.).—Mapa geológico de la provincia de Barcelona: región tercera o del río Foix y La Llacuna. Escala, 1/40.000. Barcelona, 1900.
- ALMERA (J.).—Ensayo de una síntesis de la evolución geológica de la comarca de Barcelona. «Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona», 3.^a época, vol. VIII, núm. 4, 1909.
- AUGE (M.).—Note sur la bauxite, son origen, son âge et son importance geologique. «Bulletin de la Société Géologique de la France», 3.^a serie, vol. XVI, págs. 345 a 350, 1887.
- BATALLER CALATAYUD (J. R.).—Las Bauxitas de Cataluña, 1919.
- BLAK (P. W.).—Alunogen and bauxite of New Mexico. «Trans. Am. Inst. Min. Eng.», vol. XXIV, 1894.
- BOUZA (F.).—Memoria sobre la provincia de Tarragona. «B. del Inst. G. de E.», t. III, 1876.
- BRANNER (J. C.).—Bauxite in Arkansas. «Ann. Geol.» March, 1891.

- BRANNER (J. C.).—The bauxite deposits of Arkansas. «*Jour. Geology*», vol. V, págs. 263-289, 1897.
- CALAFAT (J.).—Sobre los nuevos yacimientos de bauxita en España. «*Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*», t. XVII, págs. 415-418, 1917.
- CALDERÓN (S.).—Sobre la existencia en España de la bauxita. «*Actas de la Real Sociedad Española de Historia Natural*», t. XXIX, págs. 162-163, 1900.
- CALDERÓN (S.).—«*Los minerales de España*», t. I, páginas 339-340, 1910.
- CAMPBELL (J. MORROW).—Laterite: its origin, structure and minerals. «*The Mining Magazine*», 1917.
- CAREZ (L.).—«*Terrains géologiques du Nord de l'Espagne*». París, 1889.
- CAREZ (L.).—«*La Géologie des Pyrénées françaises*». Fascículo IV, París, 1906.
- CASSETTI.—Bauxiti italiane. «*Ras. Min.*», t. XV, 1901.
- COLLOT (M. L.).—Sur le terrain Jurassique dans l'Ouest du département de l'Hérault. «*B. G. de F.*», 3.^a serie, 1874.
- COLLOT (M. L.).—Age des bauxites du Sud-Est de la France. «*Bulletin de la Société Géologique de la France*», 3.^a serie, t. XV, página 331, 1885-1887.
- COLLOT (M. L.).—Sur l'âge de la bauxite. «*Comptes Rendus*», X-I-1887.
- CREMA (C.).—«*Cerni morfologici e geologici del gruppo del Monte d'Ocre*».
- CREMA (C.).—«*Nouvi affioramenti di bauxite nell Abruzzo Aquilano*».
- CREMA (C.).—«*La bauxite nell'alta valle del Liri*».
- DESHAYES.—«*Description des exquilles fossiles des environs de Paris*». 2 tomos. S. E., 3, 8 y 9. París, 1824.
- DIEULAFAIT.—Les bauxites, leurs âges, leur origine. Diffusion complete du titane et du vanadium dans les roches de la formation primordiale. «*Comptes Rendus*», tomo XCIII, pág. 804, 1881.
- DUFRENOY (A).—«*Traité de Mineralogie*», t. II, pág. 467, 1856.

ZONA DE LAS BAUXITAS CATALANAS

POR
D. Primitivo Hernandez Sampelayo

INGENIERO DE MINAS.



EXPLICACIÓ

- A Aluvial
- M Mioceno
- E'' Eoceno inferior
- E' Eoceno inferior
- J Jurásico
- T'' Triásico superior
- X X Yacimientos de bauxita
- X X Línea sinclinal
- < < Línea anticlinal

Estudio sobre el mapa geológico del Dr. Almera.

Escala de 1:40.000.
Equidistancia de las curvas: 5 metros.

- EDWARDS (M. G.)—The occurrence of Aluminium Hydrates in Clays. «Economic Geology», 1914.
- EKOHN-ABREST (M.).—«Recherches sur l'aluminium».
- FAURA I SANS (M.).—«Sur les terrains tertiaires de la Catalogne». Barcelona, 1916.
- FAURA I SANS (M.).—Naturalesa, origen i estat de formació de les bauxites de la serra de La Llacuna. «Butlletí de l'Institut Catalana d'Historia Natural», 3.^a época, any I, núm. 2, págs. 49-55, 1918.
- GARRIGON (M.).—Resumé geologique accompagnat la carte geologique de la Haute-Garonne, de la partie Ouest de l'Aude et de la partie Est des Hautes-Pyrénées, fig. Observations de Dieulafait, Raubin, de Rouville. «B. S. G. F.», 3.^a serie, t. I, págs. 302 et 418-439.
- GOSSELET (M.).—Compte rendu de l'excursion de Montgailard. «B. S. G. F.», 3.^a serie, t. X, págs. 551-556, 1883.
- HAYES (C. W.).—Bauxite des Sud-Appalaches. «C. R. Z. f. p. G.», 1894.
- HAYES (C. W.).—Bauxite. «United States Geological Survey. Mineral Resources for 1893», págs. 159-167, 1894.
- HAYES (C. W.).—The geological relations of the southern Appalachian bauxite deposits. «Amer. Inst. Min. Eng. Trans.», vol. XXIV, págs. 243-254, 1895.
- HAYES (C. W.).—Bauxite occurrence, geology, origen, economic value. «Unit. Stat. Geolog. Survey. Sixteenth Ann. Report», pt. 3, págs. 547-597, 1895.
- HAYES (C. W.).—The Arkansas bauxite deposits. «Unit. Stat. Geolog. Surv. Twenty-first Ann. Reports», pt. 3, págs. 435-472, 1900.
- HAYES (C. W.).—Bauxite in Rome quadrangle, Georgia-Alabama. «United States Geological Survey. Geol. Atlas, Rome», folio (núm. 78), pág. 6, 1902.
- HUBERT.—Aperçu général sur la geologie des environs de l'œil, fig. «B. L. G. F.», 3.^a serie, t. X, págs. 523-531, 1883.
- HUBERT.—Sur la structure geologique du vallon de Pradiè-

- res. «B. S. G. de la F.», 3.^a serie, t. X, págs. 548-551, 1883.
- L'ABBÉ POUËCH.—Explication de deux coupes géologiques prises dans les environs de Foix. «B. S. G. F.», 3.^a serie, t. X, págs. 462-467, 1882.
- LACROIX (A.).—Les laterites de la Guinée. «Nouvelles Archives de Museum», 5 m. serie, t. V, 1913.
- LACROIX (A.).—«Mineralogie de la France et de ses colonies». París, 1901.
- LACVIVIER (M. DE).—Etudes géologiques sur le département de l'Ariège et en particulier sur le terrain crétacé. 305 p., 5 pl., 1 carte. «Ann. Sc. Geol.», t. XV, 1884.
- LACVIVIER (M. DE).—Réponse a M. Roussel. «B. S. G. F.», 3.^a serie, t. XVII, págs. 549-555, 1889.
- LAPPARENT.—«Geologie». París.
- LAUMAY (L. DE).—«Traité de Metalogenie». París, 1913.
- LAUR (F.).—Les Bauxites dans le Monde. «C. R. Soc. de l'Ind. Min.» Mai et Nov.-Dec., 1908.
- LAYMERIE.—«B. S. G. F.», 2.^a serie, t. XXIV, París, 1867.
- LEJEAL (A.).—«L'Aluminium». París.
- LE VERRIER.—«Note sur la Metalurgie de l'Aluminium».
- LINDGREN.—«Mineral Deposits». New-York, 1919.
- LOTTI (B.).—«Sul giacimenti di Bauxite di Colle Carovenzi presso Pescosolindo», 1903.
- LOTTI (B.).—Astungarische und italienische Bauxite. «Zeit. f. Prakt Geologil», 1903.
- LOTTI (B.).—«I Giacimenti italiani di Bauxite».
- MAGNON.—Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Corbières. Les roches ophitiques, etcétera. «Mem. S. G. F.», 2.^a serie, t. X, núm. 1, 1874.
- MALLADA (L.).—Memoria de Huesca. «B. G. de E.», 1878.
- MALLADA (L.).—«Catálogo de fósiles». Madrid, 1892.
- MATTIROLO.—Bauxiti italiane. «Ras. Min», t. XIV, 1901.
- MEUNIER (S.).—Réponse a des observations de M. Auge et de M. A. de Grossouvre sur l'histoire de la bauxite et

- des minerais siderolitiques. «Bulletin de la Société Géologique de la France», 3.^a serie, t. XVII, pág. 64, 1887.
- MEUNIER (S.).—Recherches sur l'origine et le mode de formation de la bauxite, du fer en et du gypse. «Bulletin de la Société Belgue de Geologie», t. II, págs. 1-9, 1888.
- MEAD (W. J.).—Occurrence and origin of the bauxite deposits of Arkansas. «Econ. Geology», vol. X, núm. 1, págs. 24-54, 1915.
- MICHELIN ET BAYLE.—Séance du 3 Mars 1849. «B. G. de F.», 2.^a serie, t. VI.
- MOLINARI (H.).—«Química general y aplicada a la industria», t. I (Química inorgánica), pág. 809, 1904.
- NOVARESE (V.).—Der Bauxite in Italien. «Zeit. f. Prakt Geologie», 1903.
- PALET Y BARBA.—Enfosement del Vallés y Panadés. Conferencia en el Club Muntanyec, 1917.
- PERUZZI (G.).—Atti della Società Toscana, vol. V, 1880.
- PHALEN (W. C.).—Bauxite and aluminum. «Unit. Stat. Geol. Survey Min. Resources for 1909», pt. 1, págs. 561-572, 1911.
- PHALEN (W. C.).—«Idem for 1910», pt. 1, págs. 711-723, 1911.
- PHALEN (W. C.).—«Idem for 1911», pt. 1, págs. 923-939, 1912.
- PHALEN (W. C.).—«Idem for 1912», pt. 1, págs. 949-962, 1913.
- PHALEN (W. C.).—«Idem for 1913», pt. 1, págs. 1-27, 1914.
- PHALEN (W. C.).—«Idem for 1914», pt. 1, págs. 183-209, 1915.
- PHALEN (W. C.).—«Idem for 1915», pt. 1, págs. 159-174, 1916.
- PICTET (F. J.).—«Paleontologie Suisse». Ginebra, 1868.
- REVISTA MINERA.—Año de 1917: Núm. 2.580, 16 de Febrero. Trabajo de D. Juan de Urrutia. «Noticia de un sus-
- Tomo XLI.—P. 10.

- criptor».—Núm. 2.593, 24 de Mayo. Nota oficial del señor Fonrodona.—Núm. 2.596, 16 de Junio. Artículo del Sr. Goetz.—Núm. 2.618, 1.º de Diciembre. «Muestras», del Sr. Souviron.
- REVISTA MINERA.—Año de 1918: Núm. 2.636, 16 de Abril. Artículo del Sr. Goetz.—Núm. 2.643, 8 de Junio. Nota del Sr. Goetz («Costa de Oro»).
- REVISTA MINERA.—Año de 1920: Núm. 2.732, 16 de Abril. Artículo del Sr. H. Sampelayo.—Núm. 2.733, 24 de Abril. Continuación.—Núm. 2.734, 1.º de Mayo. Artículo del Sr. Goetz.—Núm. 2.738, 1.º de Junio. Artículo del Sr. H. Sampelayo.—Núm. 2.743, 8 de Julio. Artículo del Sr. Goetz.—Núm. 2.745, 24 de Julio. Artículo del Sr. H. Sampelayo.
- RIES (H.).—The occurrence of aluminium hydrates in Clay. «Economic Geology», t. IX, 1914.
- RINNE (F.).—«Etude pratique des roches». París, pág. 628, 1912.
- ROUSSEL (J.).—«Note sur l'âge de la bauxite et des grés de Celles», 1886.
- ROUSSEL (J.).—Etude sur le Cretacée des petites Pyrénées et des Corbières. «B. S. G. de F.», 3.ª serie, t. XV.
- ROUSSEL (J.).—Réponse a MM. Vignier et de Lacvivier. «B. S. G. de F.», 3.ª serie, t. XVI, págs. 337-338, 1888.
- ROUSSEL (J.).—Note sur le Cenomannée de Vernajoul et l'Aptien de Laborie. «B. S. G. de F.», 3.ª serie, t. XIX, págs. 202-204 et «C. R. Sommaire», pág. XXVII, 1890.
- SCARD (J.).—«L'Aluminium dans l'industrie». París, 1918.
- SCHRADER (F. C.).—Alunita in Patagonia Ariwona and Boward. «Economic Geology», 1917.
- VAN HISE.—«A Treatise on Metamorphism». Washington, 1904.
- VEZIAN.—«De Terrains post-pyrénéen des environs de Barcelone». Montpellier, 1856.
- VEZIAN.—«Observations sur le terran numulitique de Barcelone». París, 1857.

- VIDAL (L. M.).—«El terreno garumnense». Madrid, 1874.
- VIDAL (L. M.).—«Edad de los bulimus gerundensis». Barcelona, 1893.
- VIDAL (L. M.).—«Lacustre de Rilly». Barcelona, 1893.
- VIDAL (L. M.).—Geología de Lérida. «B. G. de E.» Madrid, 1915.
- VIDAL (L. M.).—La Faz de la Tierra en Cataluña. «Memorias de la Academia». Barcelona, 1916.
- WATSON (T. L.).—The Georgia bauxite deposits, their chemical constituents and genesis. «Amm. Geologist», vol. XXVIII, págs. 25-45, 1901.
- ZITTEL.—«Paleontologie». París.

DISCURSO PRELIMINAR

A UNA VERSIÓN ESPAÑOLA

DE LA OBRA DE

EDUARDO SUESS

LA FAZ DE LA TIERRA

POR

PEDRO DE NOVO Y CHICARRO

INGENIERO DE MINAS

LA FAZ DE LA TIERRA

DISCURSO PRELIMINAR A LA VERSIÓN ESPAÑOLA

"Das Antlitz der Erde"

Esta obra, que ahora se traduce por primera vez al castellano, se publicó el año 1885 en Leipzig, y aun no ha perdido su interés a causa del relativo quietismo que caracteriza a la ciencia geológica, en la que siempre están laborando todas las naciones, pero en la que, por su magnitud, tan difíciles se hacen las grandes síntesis. La misma circunstancia ha dado suma autoridad a la obra de Suess, quien recogió en ella la labor de todos los geólogos del segundo tercio del siglo XIX como fundamento de sus teorías.

No es posible hojear la obra de Suess sin recordar las de sus grandes precursores Humboldt, Leopoldo de Buch y Elie de Beaumont, y al advertir que las teorías de estos sabios tuvieron su época de apogeo, para caer luego en el olvido y sucumbir a los ataques de la crítica, cabe pensar si la misma suerte aguarda a las teorías emitidas por el eminente geólogo austriaco y si inspirarán a la generación venidera un análisis imperfecto e injusto.

Sin embargo, parte del siglo XIX y algunos años del XX han transcurrido, y hoy todas las teorías tectónicas se inspiran casi siempre en la inmortal obra de Suess; ¿a qué debemos atribuirlo?

Veamos cómo se forjaron sus teorías y las de sus ante-

cesores. Suess, que aprovechó las observaciones de geología descriptiva hechas en cuarenta años, dispuso de una cantidad de datos incomparablemente mayor que Humboldt, Buch y Elie de Beaumont, quienes tuvieron que suplir con su genio lo que se ignoraba, y no resignándose a dejar incompletas tesis que creían verdaderas porque respondían en apariencia a la realidad, imaginaron y construyeron una parte falsa, que después fatalmente se ha derruido; así generalizó Buch la teoría de los levantamientos con arreglo a lo observado en el Etna y en las Canarias, y así Elie de Beaumont se atrevió a suponer una regularidad geométrica, que no existe, en las alineaciones de montañas. Lo mucho que se abusó en cierta época de los cráteres de levantamiento y de la red pentagonal, que erróneamente sostuvo Elie de Beaumont, fué causa de que se olvidase la importancia genial de sus otros trabajos y que fué el primero que halló una ley teórica para el fenómeno del plegamiento; y puede agregarse que llegó a una noción muy análoga a la nuestra, porque su teoría del pliegue aun subsiste.

Suess, más modesto o menos fantaseador, sólo relata hechos positivos y frecuentemente deja que el lector formule las conclusiones. Puede decirse que no ha emitido hipótesis, sino consignado los hechos conocidos, relacionándolos entre sí de modo que ofrecen un nuevo aspecto. En lugar de puntos aislados, muestra una línea, un camino que emprender.

M. Bertrand dice, en el prefacio de la traducción francesa (*La Face de la Terre*, París 1897): «Esta obra resume el trabajo de todo un siglo... Su autor ha querido siempre permanecer dueño de sí mismo, de su propósito, de su pensamiento y de su pluma. No da acogida a sueño alguno, no es esclavo de ninguna teoría, *ni aun de las suyas*. Al mismo tiempo que ha dejado madurar sus ideas, parece que se ha

aplicado a dar mayor rigor a la forma de exposición y a hacerla más impersonal...»

Cada recopilador de la Geología, más que inventar, recogió las ideas predominantes en su época, por lo que L. de Buch, que hacía a las rocas eruptivas levantar las cordilleras y moldear los contornos del Planeta, y Beaumont, que ajustaba tales contornos a una red pentagonal, forzaban la Naturaleza compelidos por las ideas preconcebidas a la sazón; y los que luego vieron contradicciones entre tales teorías y sus propios estudios, se apresuraron a romper aquellos moldes que encontraban estrechos y olvidaron demasiado, repito, lo mucho bueno que contenían.

Pero Suess, que recogió una herencia científica más amplia, posterior a la lucha de neptunistas y vulcanistas, ordenó sus datos con acierto y prudencia a la vez; no violentó ni las ideas de los hombres ni la armonía de la Naturaleza; admitió todas las observaciones y conclusiones de diversos sabios, mostrando cómo se complementaban y comprobaban unas con otras, y al mismo tiempo restituyó a su condición de agentes pasivos a las rocas eruptivas y no sujetó las cordilleras a inflexibles direcciones. Esto explica su éxito enorme, siempre en aumento, y que haya creado la nueva escuela geológica.

En 1897, doce años después de publicada la obra, comenzó la traducción francesa bajo la dirección de Margerie, el conocido geógrafo, y colaboraron en ella diez y ocho geólogos notables (1). Tan extraordinaria importancia se dió en la nación vecina a la traducción, que cuando apareció el primer tomo, M. Margerie fué nombrado presidente de la Sociedad Geológica de Francia en premio de su trabajo, y

(1) Sres. Baulig, Bernard, Depéret, Gallois, Haug, Jacob, Kilian, Lemoine, Margerie, Marillier, Michel-Lévy (Al y Augusto), Poirault, Raveneau, Schirmer, Six, Vacher y Zimmermann.

comprendiéndolo así, dijo al posesionarse de tan honroso puesto: «...Generalmente, vuestra elección recaé sobre geólogos cuyo bagaje científico y trabajos personales son considerables, cuyo nombre se ha dado a conocer, sea por importantes descubrimientos en el campo de la Paleontología o de la Estratigrafía, sea por un conjunto de investigaciones seguidas con método durante muchos años. Al cambiar esta costumbre, sin duda habéis querido rendir un *homenaje indirecto a la obra de Suess*, que, con la ayuda de algunos de vosotros, he conseguido ofrecer a los lectores de lengua francesa.»

Se hizo la traducción tomo por tomo (el tercero en cuatro separados), y el último ha aparecido en 1918; se tardó, pues, en la traducción total veinte años, y sin embargo, la obra continúa siendo de gran actualidad.

Mientras que se publicaba esta traducción, apareció la inglesa en 1904, hecha y editada por la Universidad de Oxford.

La obra de Suess y los estudios geológicos en España.

Dos años después de terminada la traducción francesa, presento la versión española, que empecé en 1917, y que no se había hecho antes a causa, sin duda, de lo que ha sido y es en España el estudio de la Geología.

Para demostrarlo, no he de hacer la historia de esta ciencia en la Península remontándome a orígenes oscuros e inciertos, ni citaré algún naturalista árabe o judío medioeval que emitiera ideas no sospechadas entonces y que, como lo comprueban antiguos documentos, eran análogas a las sentadas muy posteriormente por Werner y Hutton.

Para mi objeto debo concretarme a aquel período que siguió a los trabajos de Elie de Beaumont y que precedió a la aparición de la obra de Suess, y posterior también a aquel otro en el que se pasó de la nada a un todo provisional, si se me permite la frase, o sea cuando se fundaron en España la Comisión del Mapa Geológico, la Sociedad de Historia Natural y la Geográfica; cuando empezaron a publicarse la *Revista Minera* y la de la Academia de Ciencias, y cuando trabajaron los que fueron maestros de los maestros de la generación actual.

Según las *Notas Bibliográficas*, de Fernández de Castro, los trabajos de la Geología española comprenden cuatro épocas: la primera, desde los tiempos más remotos hasta la mitad del siglo XVIII, en el que florecieron el P. Feijóo y el sabio marino D. Antonio de Ulloa; la segunda, desde los trabajos de Bowles y el P. Torrubia hasta el resurgimiento de la Minería en 1825; la tercera, hasta 1849, que fué cuando se fundó la Comisión del Mapa Geológico de España, y la cuarta, del 49 al 73, en que publicó Castro sus citadas *Notas*.

La característica del estudio geológico efectuado en España durante el último tercio del siglo XIX, fué la carencia de especialización de los que lo emprendieron, motivada por dos circunstancias: la falta de medios y de datos geográficos y la escasez de personal.

Considerábase entonces como el mejor bosquejo geológico completo de nuestro país, el de Verneuil y de Collomb y de D. Casiano del Prado, y existían además los mapas, parciales o de conjunto, de Schulz, Maestre y Botella; pero la rectificación de aquel bosquejo y composición del primer Mapa Geológico de España se debió, algo después, a la iniciativa de Fernández de Castro y a la faena asombrosa de los Ingenieros de la Comisión del Mapa, quienes con los datos recogidos personalmente en el terreno, los existentes en

las oficinas de la Comisión y los procedentes de diversos trabajos debidos o otros geólogos, entre ellos los del Ingeniero de Minas D. Amalio Gil Maestre, del de Montes don Carlos C. Castell, del sabio geólogo andaluz Mac-Pherson, de Vilanova, Calderón, Linares, Quiroga y otros distinguidos catedráticos de la Universidad, formaron el gran mapa en escala de 1 : 400.000, publicado en el año de 1889.

Fué, pues, muy justo y acertado que D. Lucas Mallada, el patriarca de nuestra Geología y maestro de todos los que ahora empezamos esta clase de estudios, dijera, en su discurso de recepción de la Academia de Ciencias, que consideraba el lapso de tiempo del 73 al 79 como una quinta época: la de Fernández de Castro, porque bajo su enérgica dirección se emprendieron las fructíferas labores que acabo de mencionar. Para que el lector forme exacta idea de la magnitud de estos trabajos y de aquel memorable período, transcribo algunas líneas del citado discurso de Mallada:

«¡Qué movimiento, qué hervor en aquel período de vertiginosa actividad, gracias al incansable celo, a la sabia dirección de Fernández de Castro! Por los mismos días en que se distribuían los volúmenes ultimados y la imprenta componía los originales del tomo siguiente, unos compañeros redactaban sus Memorias y sus notas y preparaban sus planos y sus dibujos, en tanto que otros recorrían miles de kilómetros por toda España. Tal vez se ganó en extensión más que en profundidad; pero todas nuestras montañas, todos nuestros valles, todos nuestros ríos y arroyos, todas nuestras llanuras se cruzaban sin sosiego ni descanso por una juventud a la que alentaba y enardecía tan entusiasta director... Cada uno de nosotros se creía con bríos y con arranques para atravesar continentes. El mundo entero nos parecía pequeño para nuestra ardiente fantasía... Otro período de igual intensidad, si fuera posible,

nos colocaría entre los países que más adelantada tuvieran su Geología... ¿Hay otro ramo del saber humano que en tan corto tiempo haya prosperado tanto en España?»

A aquella época de intensísimo trabajo y de entusiasmo ardiente, tan bien descrita por Mallada, siguió otra de quietud y de oscura y constante tarea. Se había concluído un estudio geológico preliminar y de conjunto de todo el país, adquiriéndose el conocimiento de los rasgos generales de su estructura; se imponía luego perfeccionar lo estudiado, mas para conseguirlo hacíase indispensable que ayudaran al escaso elemento oficial, como en otras naciones, ese gran número de amantes de la Ciencia que estudian su región natal desde el punto de vista geológico, botánico, estadístico, etc., etc., y que aportan detallados datos de muchos territorios. Pero en España fué muy escaso el número de tales colaboradores gratuitos y espontáneos que con su caudal técnico, de datos útiles, contribuyesen a completar la magnífica obra de los diez años anteriores, y a causa de la falta general de aficionados, nuestros geólogos tuvieron que abarcar todos los ramos de esta ciencia. Así, por ejemplo, el estudio de la Paleontología robó un tiempo precioso a los que se habían distinguido en el campo como sagaces observadores e incansables viajeros. Ellos solos levantaban el mapa de España como trabajo oficial e ineludible, y a la vez difundían los progresos de la Geología, Paleontología y Mineralogía por medio de Memorias sobre cada provincia, en cuyos textos se reúne la inmensa copia de datos y observaciones recogidas por los Sres. Cortázar, Gonzalo Tarín, Vidal, Mallada, Palacios, Sánchez Lozano y Puig y Larráz, aparte de otros varios contenidos en trabajos más modestos, todos apreciables, con que contribuyeron distintos individuos del Cuerpo de Minas.

Desde 1875 estudió Cortázar y aplicó en sus admirables

Memorias de Cuenca, Valladolid, Valencia, Teruel, etc., la teoría de E. de Beaumont referente a la red pentagonal, siguiendo a Botella, que lo hizo en su Memoria de Almería y Murcia en 1867, y a aquel sabio geólogo y académico se debe además el lenguaje castizo-científico con que enriqueció nuestro léxico en estos ramos del saber.

Utilizando y resumiendo todos estos trabajos, escribió D. Lucas Mallada sus dos obras monumentales: la *Sinopsis de las especies fósiles de España* y la *Descripción del mapa geológico de España*, en siete tomos.

A las causas enumeradas se debe el que, ocupados los escasos geólogos españoles en la titánica labor de hacer el mapa geológico de toda la nación y en estudiar sus fósiles y sus rocas, no dedicaran primordial atención a las discusiones que se entablaron acerca de las teorías orogénicas entre la escuela antigua y la moderna, de la que Suess era campeón. Y sin embargo, es positivo que las nuevas ideas fueron conocidas y discutidas en España tal vez antes que en Francia, pues Mac-Pherson, el sabio geólogo gaditano que tan alto lugar ocupó del mundo científico, en el año 1880 demostró que ya conocía profundamente las teorías que casi al mismo tiempo imaginaron el inglés Mallet y el austriaco Suess, y las aplicaba a España en su hermoso estudio: *Predominio de la estructura uniclinal en la Península Ibérica*. Por la misma fecha discutía sobre iguales ideas el ilustre catedrático D. Salvador Calderón (que siempre se conservó tan al corriente del movimiento científico) y años después, en 1878, cuando estaba publicándose *Das Antlitz der Erde*, dió a luz un estudio sobre las teorías orogénicas, donde no sólo demostraba conocer el famoso libro, sino todas las discusiones que su aparición motivó, y en el que se pronunciaba a favor de Suess enfrente de Lapparent. Apenas se encuentra escrito de cualquiera de aquellos dos ilustres geó-

logos, en que no se preocupen de la lucha de ideas sobre orogenia que persistió durante los años del 70 al 90. Además, Calderón en 1885 apuntaba como causa de los terremotos de Andalucía algo que recuerda las ideas emitidas más tarde por Suess acerca de lo que éste llama *movimientos póstumos*, o sea los que siguen produciéndose en una cordillera ya constituida y pueden llegar a originar nuevos pliegues.

Mucho espacio suele ocupar la tectónica en los estudios geológicos de D. Ramón Adán de Yarza, quien además divulgó en libros y folletos las modernas ideas orogénicas y, cuando subió a honrar con su ciencia la cátedra de Geología en la Escuela de Minas, ajustó sus explicaciones a unos apuntes (que por su modestia no llegó a imprimir), en los que exponía las teorías de Suess, de quien era decidido partidario. En estos apuntes, utilísimos para los Ingenieros españoles, pues en ellos hace un breve resumen de la estructura geológica de nuestra patria, adoptó muchas palabras castellanas para expresar los nuevos términos geológicos usados por Suess, y son las mismas que he adoptado en mi traducción, más por su propiedad y exactitud que por rendir un justísimo homenaje al que fué mi sabio profesor.

Actualmente se hallan en publicación dos obras que son como los *altáides póstumos* de aquel hermoso período de actividad que elogiaba el maestro en su discurso (pues a un hombre de entonces pertenecen): *Los criaderos de hierro de Asturias* y los *Yacimientos carboníferos de Asturias*, del inolvidable D. Luis de Adaro, quien en el breve tiempo que fué Director del Instituto Geológico (creado Instituto en gran parte por su iniciativa), amplió notablemente sus funciones, promoviendo los reconocimientos de cuencas carboníferas y petrolíferas y comenzando el estudio detallado de los criaderos minerales de España, y el geológico y minero de la zona de influencia española en Marruecos, ade-

más de otras muchas iniciativas que lo hacen digno continuador de la obra de Fernández de Castro.

En cuanto al valor científico de las obras que han motivado esta digresión, basta leer su síntesis de la tectónica de Asturias para apreciar hasta qué punto dominaba Adaro la diversas teorías geológicas emitidas desde Suess hasta aquella fecha.

Hace poco también han aparecido muchos estudios geológicos en los que se da lugar preferente a la tectónica. Modelos de esta clase son: el de la Serranía de Ronda, de D. Domingo de Orueta; los muy valiosos de D. Luis María Vidal y del P. Almera, y el de la Serranía de Grazalema de D. Juan Gavala. A la escuela suessiana pertenecen do Pablo Fábrega, profesor de Geología en la Escuela de Minas, y D. Agustín Marín y D. Alfonso del Valle, dos de los Ingenieros que han escrito recientemente el *Estudio geológico de la zona de influencia española en Marrueco* que es el más completo que existe en la actualidad sobre aquel Imperio, y uno de los muchos estudios interesantes que en esta nueva época de actividad se efectúan en el Instituto Geológico.

Como no podía haberse perdido en la Universidad la tradición gloriosa de Vilanova y Calderón, los estudios geológicos de sus individuos han seguido sin interrupción en los últimos tiempos, desde la aparición del *Tratado de Geología*, de D. Odón de Buen, en 1890, y cuyo mayor mérito consiste en ser la primera obra española de texto en que se exponen con notable concisión y claridad las doctrinas de Suess, hasta los muchos e importantes trabajos de Fernández Navarro, de Hernández Pacheco y del geógrafo Danti y Cereceda, en todas las cuales se observa la influencia de las doctrinas del ilustre austriaco, siempre respetadas aunque a veces discutidas.

Las teorías de Suess.

Resulta muy difícil y arriesgado definir las teorías de Suess, porque él jamás lo hizo, ya que el carácter especial de su obra es ese modo tácito de expresar las ideas, que lo mismo puede atribuirse a un hábil propósito deliberado, que a la propia condición de su estilo, o a una laudable modestia, y que ha motivado que se le hayan atribuido afirmaciones que no pensó hacer y que se haya discutido sobre errores que no cometió, sino que veía en su obra el propio que los impugnaba.

De lo que dice el autor en la carta que sirve de prólogo a la traducción inglesa de su obra (*The face of the Earth*, Oxford 1904), deduzco que al ordenar la inmensa acumulación de datos que necesitó para confirmar o rectificar sus suposiciones, tuvo la primera visión de la armonía del conjunto de la superficie del Globo, y entonces debió concebir el pensamiento de agrupar aquellos datos, *insinuando* cuáles son las leyes generales a que parece obedecer la disposición de las distintas partes de la corteza terrestre. No fué, pues, su obra (si es cierto lo que discurro) una exposición de datos como demostración de una teoría dada, sino más bien una descripción geológica general de muchos países, y a propósito de la que parece que de vez en vez pregunta el autor: «¿No podría ser tal o cuál la causa de esa estructura que acabamos de diseñar?» «¿No es cierto que un hundimiento, una transgresión, etc., explicaría satisfactoriamente el trastorno que he citado en esta comarca?»... Y, como ya he dicho, la mayoría de las veces no emite opinión propia, sino que deja que la forje el lector en vista de los hechos que relata y que sólo cuida de agrupar hábilmente para el objeto.

Mallet fué el primero que dió forma concreta a las ideas de la asimetría de las cordilleras, condición pasiva de las rocas hipogénicas y producción de movimientos tangenciales como resultado de los radiales. Casi al mismo tiempo que escribía esto Mallet en Inglaterra, publicaba Suess su obra *Entstehung der Alpen* (Viena, 1875), y diez años más tarde la obra maestra, *Das Antlitz der Erde*, que inmediatamente promovió en Austria y Alemania vivas controversias y fué también comentada en España antes que en Francia por los ilustres Calderón y Mac-Pherson. En Francia, uno de los primeros que estudió las teorías de Suess fué el célebre geógrafo Reclus, quien en el tomo titulado *La Tierra* intentó vulgarizarlas.

Suele considerarse como expresión de tales teorías lo dicho por su pariente y colega Neumayr, quien en su obra *Erdgeschichte* (Leipzig, 1886) las concretó en forma dogmática, que puede resumirse de este modo:

Para Suess, el agente orogénico universal es la constante contracción del Globo que origina en las partes débiles de la corteza pliegues cuyas dos ramas se inclinan al mismo lado, fenómeno que llama *tendencia a la estructura monoclinial*, y que ya anotó Mac-Pherson con relación a las cordilleras de nuestra Península, en 1880.

La prosecución de ese esfuerzo orogénico que actúa comprimiendo las zonas débiles contra las resistentes, motiva el *tendido de los pliegues*, y más tarde las *cobijaduras* y la *estructura imbricada*. Si la corteza fuera flexible y homogénea, se iría arrugando toda ella uniformemente; pero como es heterogénea, sus zonas fuertes, cada vez más engrosadas, responden a la contracción de otro modo: permaneciendo fijas unas partes (los *pilares*) y descendiendo otras verticalmente.

Opina también que las masas ígneas internas fluyen por

ajeno impulso hacia los puntos débiles de la corteza; no considera las rocas hipogénicas formadas por esas masas como pertenecientes a un núcleo interno, sino mucho más superficiales, y tampoco cree que los terremotos se engendren en las profundas zonas donde se efectúa el moldeado de la corteza.

Las *transgresiones* y *regresiones* del mar se deben, según él, a desplazamientos *eustáticos*, es decir, generales de la hidrosfera, y cree que estos movimientos están en relación con dos fenómenos distintos: uno, mal determinado y acaso de origen astronómico, que lleva periódicamente los mares del ecuador al polo y del polo al ecuador, pero sin producir cambio apreciable en la forma de los continentes; y otro que consiste en bruscos hundimientos de la corteza terrestre que obligan al mar a ocupar las cavidades así producidas, bajando su nivel general; después de lo cual, el relleno progresivo de los mares por los sedimentos hace elevarse otra vez poco a poco dicho nivel.

De manera que todo puede reducirse a tres principios, sentados con bastante precisión: la *pasividad de las rocas hipogénicas*, el *predominio de los movimientos verticales en la producción del relieve terrestre* y los *movimientos eustáticos de los mares*.

Las ideas encerradas en el segundo principio han sido las más fogosamente discutidas, y a ellas oponían las suyas, entre otros, Bittner y Diener, compatriotas de Suess; pero donde mayor clamor levantaron, en pro y en contra, fué en Francia, cuyo brillante mundo geológico de los Lapparent, Haug, de Launay, Bertrand, etc., se sintió impresionado por un genio tan francés como el del autor de *Das Antlitz der Erde*. El primero de los ilustres franceses que acabo de citar, combatió lo dicho por aquél acerca del hundimiento del valle del Rhin, fundado en que para que las formaciones

secundarias se depositaran desde Lorena hasta Suabia, a la misma altura que hoy se hallan sobre los Vosgos y la Selva Negra, sería preciso atribuir un elevadísimo nivel al mar de aquella época, puesto que Suess niega los movimientos verticales de abajo a arriba.

A esto le contestó Bertrand (fugoso partidario del insigne geólogo), que los movimientos de elevación y descenso son relativos, porque siempre faltará un punto de referencia al centro de la Tierra; y Grossouvre advirtió que los *pilares pueden muy bien haber quedado en saliente, pues acunados entre las dovelas menores circundantes, están como sujetos por la misma fuerza horizontal...* Pero hay que reconocer que el levantamiento de una dovela cuneiforme por presión de las laterales lo considera Suess como un caso particular, y ya en 1880 declaró de modo expreso (Verhandl, d. k. k. geol. Reichsaustalt) que «*en la corteza terrestre no hay más movimientos de abajo a arriba que los producidos indirectamente al formarse los pliegues*». Esta afirmación, una de las pocas categóricas que hizo el sabio austriaco, es la más combatida y no aceptada (al menos en forma tan absoluta) por sus mismos partidarios.

Gran acogida han hecho a tales teorías los geólogos americanos, y así era justo que sucediese, ya que Suess tomó muy en consideración sus obras y sus métodos y aun popularizó varias expresiones americanas que hizo adoptar de modo universal por la Ciencia.

No hay que hablar, por ser de sobra conocida, de su influencia en toda Europa, y hoy, como ya he indicado, las teorías geogénicas dominantes son indiscutiblemente las suyas que, con ligeras modificaciones, han admitido los geólogos de todos los países.

He citado varias veces a Lapparent, y lo citaré de nuevo porque ha ejercido gran influencia en España con su obra

didáctica de Geología que sirve de texto en varios de los principales centros de enseñanza de nuestro país desde hace muchos años, y por lo tanto ha contribuido a formar la mentalidad de la mayor parte de los que hemos seguido tales estudios.

Por eso conviene consignar que este ilustre autor, si combatió al principio tan rudamente las nuevas ideas defendiendo las antiguas, acabó por reconocer lo bueno que aquéllas contenían y, como los demás autores, fundó en ellas todo lo que respecto a modernas teorías orogénicas expone en la edición de 1910 de su citada obra, cuya comparación con la de 1899 es muy curiosa por este concepto.

Pero hay que advertir que al acoger lo nuevo, lo hace mostrando tácitamente (sin que esto sea contradecirse) que considera a Suess el sucesor de Beaumont, pues éste, en su obra *Notice sur les systemes de montagnes*, expone con acierto la acción de los descensos generales y de las compresiones laterales, que luego se ha querido presentar como una idea nueva y opuesta a la de los levantamientos; manifiesta además que de las páginas magistrales en que explica Beaumont su famosa teoría del geosinclinal, publicadas en 1852, no es necesario cambiar una sola línea para admitirlas en la ciencia moderna. Así recaba para Beaumont «el honor de haber sido el primero que expuso la teoría con más exactitud y amplitud que otro alguno». Justísimo homenaje, pues a Elie de Beaumont le faltó muy poco para concebir las mismas ideas que Suess, a pesar de estar influido por la predominante en su época de la importancia exagerada del volcanismo.

Con lo expuesto se evidencia que, a semejanza de Beaumont, Suess dió un gran impulso a la Geología de su época, pero mejor orientado y fundamentado, originando tal transformación en el desarrollo de dicha ciencia, que justifica la

transcendental importancia que ha tenido en el mundo científico la obra que traduzco.

La traducción española.

Si bien todos los geólogos españoles conocen en esencia la obra de Suess, son pocos los que la han leído íntegra; creo, pues, que no es tarde para traducirla al castellano, ya que acaba de terminarse la versión francesa y es reciente la hecha por la Universidad de Oxford.

Aunque en España todas las personas cultas poseen la lengua francesa y abundan los que saben alemán, siempre resulta mucho más fácil estudiar en el propio idioma, sobre todo tratándose de un libro como *Das Antlitz der Erde*, escrito en alemán literario y en un estilo elevado y especialísimo, poco asequible al que busca las ideas con una rápida lectura. Respecto a la traducción francesa, hecha por diez y ocho geólogos que realizaron una hermosa labor desde el punto de vista científico, hay que confesar que su estilo adolece (no sé si de propósito) de una sintaxis demasiado alemana que dificulta enormemente la tarea del lector español.

Espero, pues, con mi modesta traducción de *Das Antlitz der Erde*, contribuir a que esta obra sea conocida de todos los que, cada vez en mayor número, se dedican al estudio de la Geología en España y en la América española.

No depende de mi deseo emplear un lenguaje tan brillante como el alemán de Suess, pero me he esforzado en hacerlo, al menos, lo más claro posible, huyendo de extranjerismos.

Para los términos técnicos que no están formados por raíces griegas o latinas, o aquellos que no son de los que pueden admitirse por su fácil adopción a la ortografía y pro-

nunciación española, he preferido, como antes dije, las nuevas palabras adoptadas por D. Ramón Adán de Yarza; en otros casos he admitido los términos usados por nuestros mejores geólogos, especialmente por D. Daniel de Cortázar, que es al mismo tiempo exquisito literato e individuo de la Real Academia Española, y en casos extremos he aplicado aquellas palabras castellanas que creo que mejor interpretan el pensamiento del autor y la naturaleza del objeto o del hecho que denominan.

Para la ortografía he seguido el criterio de la Real Sociedad Geográfica, escribiendo en su forma original los nombres geográficos de las lenguas que tienen el alfabeto gótico o latino (menos los que es uso españolizar), y siguiendo para los de aquellos pueblos que usan otros alfabetos (o ninguno) el método y notación convencional de la misma Sociedad.

En suma, he intentado traducir los términos de imposible pronunciación (sobre todo en plural) para labios españoles, facilitando de este modo la lectura de los nombres geográficos.

El mismo criterio de facilitar el difícil trabajo de estudiar a Suess, seguiré en los detalles de edición, sobre todo en lo que se refiere a la forma, colorido, notación y colocación de los mapas.

Repito que en la interpretación de esta obra se han cometido errores debidos a las dificultades que origina la ambigüedad de su estilo, y sólo se ha logrado comprender y explanar convenientemente las ideas que encierra, de un modo directo, esto es, aplicándolas. Así lo entendieron los traductores franceses, pues sin dedicar una línea de comentario a los capítulos, añadieron al texto un inmenso número de notas en las que corroboran o rectifican lo afirmado por Suess acerca de algunos puntos concretos, y sobre todo

consignan los adelantos geológicos de los diversos países en los veinte años transcurridos desde la publicación de la obra original. Los ingleses, en cambio, presentan la obra tal como salió de manos de Suess, aunque la edición inglesa es siete años posterior a la francesa, con la particularidad de haber respetado escrupulosamente la puntuación del original, traduciendo, en cambio, con mayor libertad cada período.

Este mismo criterio es el que sigo en mi traducción, por varias razones: la primera, porque las ideas que Suess emitió en 1885 se ajustan a los conocimientos de aquella época y él mismo las va modificando en los tomos sucesivos, con arreglo a la influencia que sobre él ejercieron treinta años de adelantos científicos; segunda, porque toda rectificación es personalísima y depende de la preferencia que cada cual conceda a lo afirmado entonces por Suess o por otro autor en fecha más reciente, y si en la edición francesa se admiten algunas (que creo que representan la opinión general de los geólogos de aquella nación), en una traducción italiana serían probablemente distintas, o la obra no sería una versión italiana de *Das Antlitz der Erde*, sino de la edición francesa; y tercera, porque no me creo con autoridad para fijar mis opiniones sobre lo dicho por Suess, ni aun casi para tener opiniones propias.

He procurado hacer una traducción fidelísima de la obra de Suess, sin más notas que las que él puso y algunas que se refieren exclusivamente a España y Norte de Africa.

En cambio he creído oportuno esbozar la situación de la Geología en nuestro país, la influencia ejercida en él por la expresada obra, y el por qué se traduce ésta ahora al castellano. Por último, he creído también muy conveniente hacer extractos de todos sus capítulos, para que sirvan al lector como guía de lo que en ellos se dice. No es mi intención

explicarle lo que luego ha de leer y comprender, sin duda mejor que yo, sino deseo de abreviar la labor del que consulte el texto sin leerlo íntegro, cosa tan común en esta clase de obras que precisamente se llaman de consulta, o bien darle una orientación para la lectura, pero sabiendo de antemano cuál es el camino que sigue el autor.

Declaro que vacilé mucho antes de decidirme a realizar este propósito, pues juzgaba empresa difícilísima resumir con acierto y exactitud las principales ideas que contiene cada capítulo de la obra de Suess en menos de una décima parte de su extensión, para lo que necesitaba haber adquirido un dominio absoluto de todo el texto. Pero afanoso de enriquecer la versión española con una novedad tan práctica, vencí mis recelos, y merced a una labor constante, larga y penosa, al fin he escrito los siguientes *resúmenes* de las dos primeras partes, para que figuren al principio del primer tomo de la versión española; proponiéndome hacer lo mismo con los capítulos de las partes tercera y cuarta que figurarán a la cabeza de las traducciones respectivas.

Resúmenes.

Introducción.—Para que se aprecien bien los rasgos característicos de la *faz de la Tierra*, acude Suess al ingenioso procedimiento de imaginar un observador que la contempla desde el espacio, y suponiendo que, como es lógico, lo que primero llame su atención sea el aspecto peculiar de los continentes, dice que la forma puntiaguda de éstos hacia el sur no debe considerarse carácter esencial e inseparable de su constitución, pero es de todos modos una circunstancia que ha de tenerse en cuenta al estudiar la forma del relieve terrestre y los trastornos que sufre.

La profundidad media de los océanos equivale a casi diez veces la altura media de los continentes, y el contraste entre esta altura y aquella profundidad le resultaría aún mayor al observador si viese el Globo desprovisto de las aguas marinas, pues la atracción de la masa de los continentes sobre la de tales aguas, hace que la superficie de éstas forme un *menisco cóncavo* cuyos bordes se elevan desde alta mar hacia las costas.

Notaría asimismo sobre la Tierra el hipotético viajero, señales de antiguas conmociones y restos de depósitos espesísimos, pero las primeras casi borradas y el espesor de los segundos muy disminuído por la denudación. De manera que, en suma, los continentes se le presentarían como plataformas de escaso relieve.

En el Océano Pacífico observaría una perfecta relación entre la forma de las costas y la dirección de las cordilleras que le son paralelas, y en cambio en el Atlántico y el Índico comprobaría que la dirección de las cordilleras es independiente de la forma de las costas.

Vese, pues, que el relieve de los continentes agrupados en determinados núcleos es insignificante con relación a la profundidad de los océanos, y como los depósitos que se verifican en el fondo de éstos difieren de los depósitos marinos que constituyen los diversos terrenos geológicos (todos de carácter más o menos costero), dedúcese a primera vista que desde los tiempos más remotos debían existir aproximadamente las mismas masas continentales que en la actualidad; dedúcese además que, con ligeras diferencias, debió ser tierra firme lo que ahora lo es también y mar lo que hoy son océanos, y que, por lo tanto, todos los depósitos marinos que luego formaron las montañas se depositaron cerca de las costas; que sobre los depósitos actuaron distintas fuerzas que produjeron plegamientos, hundimientos y

desgastes, y finalmente, que en cierta época, que puede fijarse en la mitad de los tiempos paleozoicos, habían adquirido ya los continentes su actual forma puntiaguda hacia el sur (1).

Admitido lo anterior y suponiendo que se ha verificado esa serie de sedimentaciones, movimientos y denudaciones, ya no es tan fácil precisar cómo se pasó de una fase a otra de la historia de la Tierra, y en definitiva, qué constituye en realidad un terreno geológico y cuáles son su principio y su fin.

Como la fauna es uno de los caracteres principales, acaso el más importante que fija un terreno geológico, se comprende que la cuestión paleontológica haya sido ampliamente discutida. De los estudios paleontológicos se desprende un hecho indudable: que no ha habido interrupción en la fauna, sino modificaciones paulatinas, lo que prueba la continuidad de la vida; pero al mismo tiempo es innegable que de un período geológico a otro han desaparecido faunas enteras; esta desaparición de una fauna y su sustitución por otra, se han querido explicar con la teoría de la selección de Darwin, con la de algún cambio de clima o de condiciones físicas, o con la de Brochi sobre la vida limitada para las especies como para los individuos, y con otras hipótesis que ya se contradicen, ya se complementan (2).

(1) Me permito advertir que estos extremos, aunque se han discutido a menudo, no están mucho más esclarecidos ahora que en 1885, pues, aparte de la probabilidad de la existencia de un continente Pacífico (punto que no escapó a la sagacidad de Suess y sobre el que diserta en la última parte de su obra) y que supondría un inmenso cambio de tierra firme en océano, nada se ha descubierto en los grandes fondos submarinos que contradiga la idea de la permanencia de tierras y mares, lo que además explica muy bien las modernas teorías de deformación de la corteza. De todos modos, es muy elástico el concepto del *origen* al que hay que referir tal permanencia.—(N. del T.)

(2) Tampoco sobre este punto se ha adelantado mucho desde que Suess escribió, pues hoy, aunque sin gran certidumbre, se atribuyen los cambios a la migración de especies nuevas formadas en una región limitada, a favor de causas locales y que aparecen con cada invasión marina; teoría que se compagina con la de la evolución darwinista modificada, pero a la que sigue oponiéndose, ahora como antes, y tal vez siempre, la falta de muchos estados intermedios de la serie evolutiva, cuya existencia se supone, pero no consta.—(N. del T.)

Advierte Suess que no hay que olvidar que en toda la Tierra se encuentran casi los mismos pisos y subpisos de la serie estratigráfica con iguales caracteres, lo que sería difícil que ocurriese si no hubieran sido sincrónicos, y añade que ayuda mucho a admitir este sincronismo la perfecta correspondencia que se observa en todo el Planeta entre ciertos vacíos en la serie sedimentaria y determinados trastornos.

En suma, parece que, tanto la deposición de los sedimentos como la variación de la fauna, obedecen a cierto ritmo, que para los depósitos se ha llamado *ciclo de deposición* (formado por la repetición de las fases costera, pelágica, etc.), y para la fauna *refundición periódica de los organismos*, que es como una *revisión* que hace la Naturaleza de las formas vivientes a fin de modificarlas en cierto sentido. La índole de estos fenómenos y su causa, son hoy desconocidas; pero en lo que se refiere a los distintos aspectos geológicos, puede decirse que cada vez se concede más importancia, por su mayor generalidad, al fenómeno de la transgresión sobre el de las dislocaciones (levantamientos o hundimientos).

La única explicación lógica para las grandes transgresiones, es la de un cambio de forma de la superficie del mar. En muchos sitios existen *playas levantadas*, perfectamente horizontales, que descansan sobre diversos terrenos, y como es imposible que se levante o descienda un continente en masa, pues a causa de su estado de fracturación no podría moverse sin que cada una de sus partes lo efectuase de un modo distinto, es indudable que el movimiento que *levantó* esas playas *con relación al nivel actual del mar*, fué ajeno a los que sufrieron los terrenos adyacentes, de lo cual se deduce que aquel movimiento no fué de los continentes, sino de la hidrosfera, y además, y como consecuencia, que

la forma de las antiguas líneas de costa es independiente de la estructura de las cordilleras.

El autor nos dice que para esclarecer varios conceptos poco conocidos o equivocados, buscando por medio del estudio de la estructura de la corteza terrestre el proceso de su formación, y para vislumbrar lo que debe llamarse en realidad *terreno geológico*, escribió su obra con arreglo al siguiente plan:

La obra se divide en cuatro partes. La primera, que llama *Movimientos de la corteza exterior del Globo*, es una exposición de los fenómenos de dislocación más recientes. El estudio de estas clases de movimientos permitirá comprender cómo fueron los de las antiguas edades, y el por qué de la diferente estructura de los distintos puntos de la corteza terrestre.

Titula a la segunda *Las Montañas*, y en ella describe las diversas cordilleras, presenta el conjunto de todas ellas y señala la diferencia entre las cuencas del Pacífico y del Atlántico.

En la tercera, que denomina *Los Mares*, trata de los cambios de forma de la superficie líquida.

En la cuarta, que es la que propiamente llama *La faz de la Tierra*, compara las transformaciones telúricas que se deducen de lo dicho en los anteriores libros, con la de las faunas terrestres.

Toda la obra es, según su autor, un análisis que ha de servir de base para las futuras síntesis que harán los nuevos geólogos.

Conforme Suess con su propósito de enumerar los elementos que componen la corteza terrestre y las fuerzas que sobre ellos actúan, y entrar luego en la descripción de la va-

riadísima estructura que ha dado a la superficie del Globo la combinación de tales fuerzas y elementos, dedica a este objeto la primera parte de su obra.

La descripción de los elementos es relativamente sencilla: un volcán, una falla, un campo entero de fracturas, una meseta, una cordillera plegada, un pilar, una fosa de hundimiento, un campo de descenso, etc., se explican con igual facilidad que se comprenden, y muchos de ellos muestran su doble carácter de *elemento y efecto de una fuerza*. Una meseta es un elemento, una falla es el efecto de una fuerza, y un pilar es un elemento y al mismo tiempo es el efecto de la fuerza de descenso que lo hizo descollar de los campos circundantes hundidos.

En cambio, ¿cómo exponer claramente al lector las fuerzas en sí mismas, no vistas por sus efectos sino en plena acción? Esto debió preguntarse Suess, y la gallarda respuesta que nos da, y se dió a sí mismo, es el capítulo que tan dignamente encabeza su admirable obra, y en el que presenta, no sólo el espectáculo del Diluvio Universal, sino la impresión que produjo a los hombres, diciéndonos: «estas catástrofes son aún posibles y el hombre lo puede atestiguar».

El Diluvio.—La visión del Diluvio, contemplado a través de los primitivos relatos, tiene una fuerza dramática tan intensa, tal sello de verdad, deja tal impresión de la impotencia del hombre ante las fuerzas naturales, y al mismo tiempo hace resaltar de tal modo el contraste entre la magnitud de la catástrofe y lo insignificante del movimiento geológico que le dió origen, que cuando, más adelante, relata una larga serie de análogos acontecimientos de distintas épocas, resultan éstos pequeños, perfectamente naturales, y estamos ya familiarizados con la idea de que la corteza terrestre se ha movido

y *puede aún moverse* en enormes proporciones; idea que en un principio se resiste a admitir la imaginación a causa de la aparente quietud del suelo, en el que sólo se observan ahora algunos movimientos sísmicos y volcánicos. Parece que desde el primer capítulo ha querido decirnos el autor: la corteza terrestre obedece hoy a lentísimos movimientos y a lentos derrumbios y construcciones, pero es susceptible (como lo muestra la experiencia) de sufrir trastornos de tal magnitud, que el hombre se resiste a admitirlos porque no los puede medir.

Debido a nuestra propia insignificancia, es confusa la idea que tenemos de lo grande y lo pequeño. Nos asusta la magnitud de las fuerzas violentísimas que han debido actuar sobre la corteza terrestre, y aunque han dejado claras huellas de su actuación, hace tiempo que nos fijamos casi tan sólo en el hecho de que las pequeñas fuerzas naturales pueden llegar a producir enormes efectos. Pero no hay que olvidar que no son sólo esfuerzos lentos los que actúan en la superficie del suelo; actualmente podemos observar dos clases de acciones violentas que trastornan la corteza terrestre: los volcanes y los terremotos. La Historia nos conserva el recuerdo de una gran catástrofe: el Diluvio.

Esta catástrofe arroja alguna luz sobre lo que pudieron ser en tiempos remotos los efectos de la combinación de varios fenómenos naturales. Suess la describe en primer lugar, con el propósito de hacernos entrever cuáles pudieron ser la forma y la violencia de las catástrofes antediluvianas. Por medio de una curiosa disquisición sobre los textos bíblicos, y aun más sobre los asirios, conservados en ladrillos con caracteres cuneiformes, deduce que el acontecimiento llamado Diluvio Universal, fué producido por un ciclón acompañado de un terremoto y que ocurrió en el bajo valle de un gran río. Se ha comprobado que los terremotos

suelen coincidir con una extremada baja barométrica, y es muy posible que este descenso de la presión atmosférica ejerza influencia directa sobre el suelo. El caso es que ocurre muy a menudo que en un país que tenga condiciones favorables, al estallar un ciclón y producirse la baja barométrica correspondiente, se produce también un terremoto. La larga relación de hechos análogos que a continuación expone Suess, da idea de la relativa frecuencia con que se presentan tales acontecimientos.

El recuerdo del Diluvio pasó de la memoria de los pueblos a los libros sagrados y de éstos a la ciencia geológica, que ha admitido la expresión *diluvial* para designar ciertos fenómenos y formaciones.

Regiones alteradas.—Los terremotos han sido los fenómenos geológicos que más han despertado la atención y sobre los que más se ha escrito, pero las observaciones efectuadas hasta hace poco tiempo adolecen de pueriles y se refieren singularmente a las impresiones personales del narrador.

Cuando se han multiplicado y perfeccionado las observaciones en un sentido más científico, se ha comprobado que los movimientos sísmicos son más frecuentes de lo que se creía, porque se registran gran número de movimientos que antes pasaban inadvertidos. Además, concuerdan los resultados obtenidos sobre la naturaleza y modo de propagación, lo que es una lisonjera esperanza para el porvenir.

A fin de que comprendamos la índole de esta clase de movimientos, expone el autor una serie de casos muy instructivos, y para mayor claridad considera sucesivamente cuatro regiones alteradas por las fuerzas sísmicas y volcánicas: *los Alpes del N. E., Italia meridional, América Central y la parte occidental del Sur de América.*

Del estudio de los distintos terremotos ocurridos en los Alpes del N. E., deduce la importancia de la llamada *línea del Kamp* en los terremotos de aquella región. Todas las sacudidas originadas entre el borde de los Alpes, los Cárpatos y la meseta de Bohemia, de Neustadt a Brunn, se propagan a grandes distancias hacia el N. O., a veces hasta más allá de Praga, y mucho menos hacia el S. E., es decir, hacia el interior de las cordilleras; de manera que las sacudidas se propagan en sentido perpendicular a la dirección de aquéllas.

El terremoto de Belluno, que partió de este punto situado al S. de los Alpes, en vez de propagarse según la ley que parece deducirse de lo observado, al S. (es decir, apoyándose en el macizo montañoso y dirigiéndose en sentido opuesto a él), se dirigió también hacia el N. a través de los Alpes y llegó a la meseta arcaica de Bohemia.

A veces las cordilleras están divididas por superficies planas transversales (*planos de exfoliación*), y entonces las sacudidas se transmiten por choques sucesivos de trozo en trozo; gracias a la movilidad que presta a las distintas partes esa estructura. Así se explica que alcanzasen las sacudidas de los Alpes hasta Praga, sin que fuera necesario que llegasen hasta allí las líneas de fractura. Las sacudidas se han propagado siempre del *interior* al *exterior* del eje curvo de los Alpes.

En la comarca, tan alterada por los volcanes y los terremotos, que se extiende por todo el sur de Italia desde Calabria a Sicilia y a las islas volcánicas del mar Tirreno, se reconoce la influencia que sobre los hundimientos de la parte S. O. de los Apeninos ejercen las líneas de fractura que irradian de las islas Lípari y la íntima relación que existe entre estas líneas sísmicas y las volcánicas. En los puntos de convergencia de estas líneas abundan las bocas de erupción; y

las fracturas radiales, combinadas con las de la costa o periféricas, dividen aquella parte de la corteza terrestre en dovelas triangulares, cuyos extremos menores están muy sujetos a movimientos que originan remociones de los puntos de erupción.

En esta región meridional de Italia, también se transmiten las sacudidas irradiando de las Lípari del *interior* al *exterior* con relación al eje curvo del extremo meridional de los Apeninos y su prolongación por Sicilia.

Respecto de la América Central, sólo considera el autor la región volcánica de Costa Rica, Nicaragua y Guatemala, que es independiente de la del Ecuador, las Antillas y México. Todos los volcanes de aquella comarca presentan la particularidad de que las bocas de erupción se apartan de la alineación general (que es casi paralela a la costa occidental), según fracturas transversales que se *dirigen al Pacífico*; casi siempre el cráter más próximo a este océano es el que se halla en actividad. De esta ley constante se sigue que, dentro del Pacífico, concurren muchas fracturas radiales que se van abriendo de *fuera* a *dentro* con relación al eje curvo de la América Central, que señala el límite de una zona que se hunde actualmente en la costa occidental.

Luego se ocupa Suess de los supuestos levantamientos intermitentes de la costa de Chile. De la detallada exposición que hace de los hechos, deduce:

1.º Que la aparente oscilación de la costa en el Callao se debe, en realidad, a la aparición y desaparición de un banco de *detritus* que se forma en aquella costa, probablemente a causa de algún movimiento sísmico.

2.º Que respecto a Valparaíso, todos los observadores dignos de crédito niegan que haya habido cambio. Nada positivo se sabe de Valdivia. En la Concepción la conmoción sufrida por el mar hizo que éste se retirase, pareciendo

que había subido el continente, pero luego el mar volvió a su nivel (t).

3.º Que no se ha comprobado levantamiento del continente en ninguno de estos terremotos, que desde 1837 a 1885 trastornaron la parte occidental de América del Sur.

Dislocaciones.—Tan conocidos son los diversos accidentes y dislocaciones de la corteza terrestre, que parece superfluo repetir aquí la descripción que de ellos hace Suess, pero hay que considerar que muchos de esos accidentes están hoy descriptos en todas las obras de Geología gracias al sabio austriaco, a quien se debe también su clasificación precisa; así, pues, sólo recordaré de este capítulo la parte que contiene varios conceptos tectónicos de gran importancia para la comprensión del resto de la obra.

Dice Suess, que *las dislocaciones visibles de la corteza terrestre proceden de movimientos debidos a la disminución de volumen de nuestro planeta*; los esfuerzos desarrollados por este fenómeno se descomponen en *tangenciales* y *radiales*, o sea en movimientos horizontales (que originan plegamientos) y verticales (que producen caídas y descensos).

Los movimientos tangenciales producen el plegamiento del trozo de la corteza terrestre a que afectan, y los pliegues alargados que así se originan se encorvan en su conjunto y presentan el lado convexo en igual dirección que la fuerza plegante. Al mismo tiempo los pliegues se tienden hacia el lado convexo o parte exterior de la zona plegada, de tal modo que la rama interior de cada anticlinal domina a la exterior, por lo cual los anticlinales miran hacia el exterior y los sinclinales hacia el interior. Cuando el movimiento continúa, se rompen los pliegues y las ramas *interiores* avan-

(1) Fenómeno que supongo igual al célebre maremoto de Cádiz en 1755.—(Nota del T.)

zan sobre las *exteriores*; esto causa las *cobijaduras* y la estructura *imbricada*, en *tejado*, o en *escamas*, fenómenos tan comunes en los Alpes. Los pliegues de una cordillera quedan con frecuencia interrumpidos por el avance de algunos trozos con relación a otros, lo que se debe a la existencia de soluciones de continuidad, llamadas *superficies de exfoliación*, que intervienen eficazmente en la formación de las cordilleras.

Por tanto, los movimientos horizontales producen las *cobijaduras* (cuya repetición origina la estructura imbricada) y las exfoliaciones. Es muy fácil seguir estos accidentes en un país que sólo haya experimentado una serie de plegamientos, o en el caso, mucho más raro, en que haya sufrido varios concordantes; pero cuando una comarca ha sufrido (como es lo más general) dos series de plegamientos en distintos sentidos, los accidentes se complican mutuamente y es mucho más difícil deslindarlos. Así ocurre en los Alpes, donde se siente la influencia de dos plegamientos por lo menos (1).

De igual modo que los pliegues de una cordillera siguen una ley determinada en relación con los pliegues inmediatos y con la estructura general del país, las líneas de descenso se agrupan formando un conjunto que obedece a una causa común. El sistema de grietas que corta un campo de hundimiento consta de *fallas periféricas, radiales, diagonales y transversales*. En un campo de descenso, la regla general es que los trozos separados por las fallas vayan descendiendo de la periferia al centro, pero a veces un trozo intermedio está, no sólo más bajo que el exterior inmediato, sino más que el que le sigue hacia el interior; ese segmento más bajo se llama *fosa de hundimiento*.

(1) La misma dificultad existe en la cordillera Penibética, donde, como observa D. Domingo de Orueta en su *Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda*, coexisten plegamientos hercinianos y alpinos superpuestos, y tal vez caledonianos.—(N. del T.)

Si se aproximan hasta tocarse dos campos de hundimiento, la parte que queda en alto entre las dos zonas hundidas se llama un *pilar*. Estos pilares lo mismo pueden ser pequeños accidentes, abundantes en un campo de fracturas, que comarcas extensas, como la Selva Negra, la Meseta Central de Francia y la Meseta Ibérica.

Las fallas radiales producen al cortarse hacia el centro de un campo de descenso, *zonas de hundimiento*, o sean trozos caídos después de recortados del campo a que pertenecían; tales son los circos de Ries y Hóhgau y el archipiélago de las Lípari.

En ninguna parte del mundo pueden estudiarse los movimientos verticales como en la altiplanicie del Utah; allí se ven muchas mesetas que se elevan como pilares y cuyos bordes son a veces verdaderas quiebras o fallas con salto, pero otras veces las capas más modernas que coronan a la vez el pilar y la superficie del campo hundido no han llegado a romperse, y entonces se doblan (como la alfombra de una escalera entre dos peldaños, diría yo); a este accidente se le llama *pliegue monoclinal*; es muy común que uno de estos pliegues se convierta en falla, y entonces las capas superiores del pilar quedan con el borde doblado hacia abajo y las del campo inferior lo tienen doblado hacia arriba; este accidente se llama *monoclinal roto* o falla de *bordes doblados*, y su aspecto es el mismo que el de una *cobijadura* en un pliegue anticlinal estirado.

Conocidos son los mil cambios de amplitud y de sentido que se presentan en estos saltos, que pueden bifurcarse, acuñarse, etc.; además, todas estas fallas que se derivan de monoclinales son *características de los países de mesetas*, o sea de aquellos en que *no se observa la acción de movimientos tangenciales*, y se suelen llamar *fallas tabulares*.

Existe otra clase de descensos que no suponen la forma-

ción de fracturas lineales; en ocasiones se producen según *grietas preexistentes*, y en otras los bordes son por completo irregulares. Estos hundimientos, que pueden producirse en países plegados, son raros en el borde externo de las cordilleras y muy comunes en el interno. Ejemplo de esta clase de hundimientos es el campo de descenso de Viena, y muy característicos son los del S. de Italia que presentan formas circulares, como el golfo de Nápoles, el de Salerno, el de Santa Eufemia y el de Gioja, entre los que descuellan pilares tales como la arista caliza de Sorrento y Capri.

En los accidentes motivados por la combinación de movimientos horizontales y verticales, por ejemplo: en los hundimientos producidos en las cordilleras plegadas, hay que tener en cuenta si la falla es *longitudinal* o *transversal* al plegamiento. En el segundo caso, es claro que se puede referir el accidente a una *exfoliación*; en el primero, hay que distinguir si el borde hundido es el exterior o el interior de la cordillera. Cuando en una cordillera plegada existe una falla longitudinal cuyo borde *externo* se ha hundido, los *pliegues tendidos de la cordillera montan sobre la parte hundida*; si es el borde *interno* el hundido, *los pliegues de la cordillera tienden a doblarse sobre la parte hundida, aun en contra del plegamiento general*. Esto parece obedecer a lo que llama Suess *tendencia al recubrimiento de las depresiones*, y que motiva la forma *asimétrica* de las cordilleras y la *estructura en abanico*.

Volcanes.—Llama Suess *serie de denudación* a los sucesivos aspectos que pueden observarse en una serie de volcanes en estado de denudación más o menos avanzado, desde aquellos casi intactos, como los que ahora se encuentran en actividad y que representan el último grado de la acción volcánica, hasta los casi desaparecidos, de los que única-

mente se ven las señales que dejaron en la superficie del suelo. Estos distintos aspectos nos muestran cuáles son los sucesivos fenómenos de la actividad volcánica. También puede observarse la diferente naturaleza de las materias eruptivas y vislumbrarse lo que deben ser los grandes fenómenos abismales, de que los volcánicos son sólo un reflejo (1).

Empieza el autor por hacer notar la curiosa analogía entre la formación de las bocas y grietas volcánicas y las erupciones de fango y formación de los conos de arena que aparecen en los aluviones de los ríos cuando ocurre un terremoto: movimiento del suelo, apertura de grietas, aparición de bocas por cruzamiento de las grietas o ensanche de una de ellas, y erupción por esas bocas de la materia interna fluida (lavas en el primer caso y fangos en el segundo); o bien, la apertura completa de las grietas, hundimiento de un borde que comprime la substancia fluida subyacente, y salida lenta de esta substancia.

A continuación expone diversos tipos de volcanes, desde el famoso Vesubio, tipo clásico de volcán, con su chimenea, sus bocas laterales y su cono formado por los productos volcánicos, hundido luego y después rehecho, hasta las manifestaciones volcánicas que consisten en bocas que se abren en distintas partes de una grieta, como ocurre en los Campos Flegreos.

En todos estos diferentes casos se observa que las substancias eruptivas se han introducido en los estratos del suelo en forma de lacolitos, y ejercen una acción metamórfica de *abajo a arriba* sobre las rocas en contacto, y además un *empuje* sobre las capas sedimentarias suprayacentes, que se debe en parte al aumento de volumen del lacolito. Este em-

(1) Sobre este particular es muy interesante lo que consigna el autor en el capítulo XXIV de la cuarta parte.

puje de la masa eruptiva sobre la sedimentaria, que origina la primera intumescencia del suelo, el primer núcleo del futuro volcán, sustituye hoy a la antigua opinión de que una *potencia elevadora* de las lavas formaba los llamados *cráteres de levantamiento*. Con arreglo a esa creencia explicaba Buch el levantamiento de las Canarias, pero no hay que olvidar que, tanto en esa descripción de Buch como en la que dió Abich de las altas mesetas armenias, la acción elevadora de las masas eruptivas se limita a las capas directamente superpuestas a los mantos de lava. Como esos mantos *intrusivos*, o bien *inyectados* en las hendiduras, se repiten a menudo en una misma localidad en distintos niveles de la serie estratigráfica, sus efectos se multiplican también.

La *inyección* de la materia eruptiva en una grieta preexistente es más común en las lavas básicas, como se ve claramente en la capa de basalto llamada la *Wihn Sill*, en el condado de Northumberland (Inglaterra). Las lavas básicas suelen ser más aptas para extenderse y menos espesas que las ácidas, con relación a las cuales presentan menos intrusiones y son más superficiales.

En una comarca en que se halle bastante avanzada la denudación, se observa que los distintos centros eruptivos están sobre líneas de fractura, de manera que por esas grietas salen: primero, las lavas ácidas, que propenden a formar intrusiones, y luego, las básicas, que presentan mayor propensión a extenderse al aire libre y a formar filones-capas rellenando las grietas *por inyección* y a veces cortando en filones las rocas ácidas.

El último grado de denudación que presenta Suess, se relaciona íntimamente con las grandes fallas y con ciertas masas de granito, restos del núcleo de algunos volcanes, puestos al descubierto por la denudación, a los que llama *depósitos*, de acuerdo con Judd. Parece que el granito es el

núcleo principal de las *chimeneas* y grietas volcánicas, y respecto a los levantamientos, actúa exactamente lo mismo que las otras rocas eruptivas, si bien con mayor intensidad y generalidad. También actúa como núcleo sólido en los plegamientos, sirviendo a las capas de punto de apoyo y de *molde interno* a las montañas.

• En resumen: por la denudación se descubre que un volcán en actividad emite cenizas, piedra pómez, etc., que forman el cono, y que las lavas básicas se extienden por la superficie, y si las cenizas desaparecen por denudación, se ven en las laderas del cono lacolitos de lavas ácidas que se han introducido en los diferentes pisos del suelo de la región, el cual, *hinchado* por las intrusiones, forma el zócalo del volcán. Si la denudación es mayor, se verán los filones de lavas ácidas verticales e irradiando de la chimenea, cuyo núcleo de granito y sienita puede observarse si se avanza más; luego se observará también que esa chimenea pertenece, con otras muchas, a una serie de bocas eruptivas, *puntos singulares* de una grieta del suelo, y finalmente queda sólo la señal de esa grieta, la *cicatriz*, como la llama el autor, que *coincide con una gran falla de primer orden* que separa dos regiones geológicas distintas; tipo de esas cicatrices es la falla entre Bohemia y los Sudetes.

Diversos movimientos de la corteza terrestre.

Admite Suess la clasificación de los terremotos según su origen, en tres clases: terremotos por *hundimiento*, *volcánicos* y *tectónicos*; a estos últimos llaman algunos de *dislocación* o de *estructura*, y son los que acompañan o preparan los cambios de lugar de extensas partes de la litosfera. De los tectónicos pueden citarse dos ejemplos que obedecen a movimientos tangenciales: los de la línea del Kamp, que siguieron las líneas de exfoliación, denominados *terremotos*

de exfoliación, y los de Bélgica, que son de *cobijadura* o de movimiento *recíproco*.

Los terremotos tectónicos que obedecen a movimientos verticales, sólo se resuelven en trastornos interiores, tales como la formación de cavidades, a las que afluyen los magmas fluidos, y aquí estriba la gran dificultad que existe para diferenciar de los volcánicos esta segunda clase de terremotos tectónicos. Se ha querido hacer esa distinción caracterizando los terremotos volcánicos por los fenómenos de explosión que los acompañan, lo que no es exacto, pues hay terremotos volcánicos que no presentan tales fenómenos, porque corresponden a cierta fase del volcanismo.

Después de una brillante exposición de las condiciones y direcciones de la propagación de los movimientos en los terremotos volcánicos de distintos países, trata Suess de los *terremotos que siguen a las manifestaciones volcánicas*, y que indican el hundimiento producido por la creación del vacío que en el interior dejaron las erupciones, y el consiguiente *acomodo* de las dovelas al nuevo estado de cosas.

En la primera parte de su obra, describe Suess los diversos movimientos de la corteza sin relacionarlos mutuamente; y presenta en la segunda el resultado de la combinación de estos distintos movimientos, que dan al planeta que habitamos su aspecto exterior. Como no se trata de una obra didáctica en la que deben seguirse paso a paso las transformaciones de cada punto del Globo, sino, como su nombre lo indica, de mostrarnos con la mayor exactitud la *faz de la Tierra*, el autor se atiene a considerar los *actuales* llanos, montañas, mares y lagos, y en la segunda parte, que denomina *Las Montañas*, se refiere a las que lo son actualmen-

te, a las cordilleras que hoy se alzan a grandes alturas con sus picos, crestas, cortaduras, puertos y collados dominando los inmediatos terrenos. Estas cordilleras son las más modernas, las producidas por los plegamientos de la edad terciaria y que aun no han sufrido una denudación bastante intensa para perder, primero su aspereza, luego su altura y, por fin, su relieve hasta borrararse por completo, como ocurre a las cordilleras más antiguas.

Repito que si la obra de Suess fuese un tratado de Geología, no habría de faltarle una extensa discusión acerca del dudoso origen de los macizos primitivos de la faja paleoártica y de la ecuatorial, pero prefiere presentar ya consolidados tales macizos tras los movimientos precambrianos que soldaron nuevas zonas neísicas plegadas a otras más antiguas debidas a remotos movimientos, a los que ni aun sabríamos dar un nombre; supone también incorporadas a tales macizos las cordilleras caledonianas y las hercinianas que componen la masa central de Europa, y, en el borde de estas últimas, reducidas como las anteriores a pedellanuras, empieza su magistral descripción de la zona alpina; es decir, que nos hace asistir a los fenómenos geológicos desde el principio de la edad terciaria, y para ello escoge, naturalmente, la que entonces era zona débil de la corteza: el geosinclinal en que se preparaba la futura cordillera alpina, destinada a elevarse por el esfuerzo de aproximación de los dos núcleos sólidos que encierran la depresión mediterránea.

En los cuatro primeros capítulos de la segunda parte de su obra, Suess describe: primero, la mandíbula septentrional de la prensa que encerraba la zona débil, la faja herciniana de Europa que sirve de país fronterero al plegamiento alpino; luego describe la forma sinuosa de la zona debilitada y apta para el plegamiento, y los hundimientos que siguieron a

éste; y después, como fenómenos inseparables, relata las vicisitudes del Mediterráneo, el mar que ocupa el centro de esta zona deprimida del Planeta.

El país frontero de los Alpes.—Ya se ha dicho que las sacudidas sísmicas se transmiten desde los Alpes al macizo de Bohemia, y aunque es muy diferente la estructura de ambas regiones, guardan entre sí cierta mutua relación.

Suess considera que las masas que forman los Alpes se apoyaron para plegarse y levantarse en una zona firme, a la que llama ante-país septentrional de los Alpes, constituido por varios macizos arcaicos: la Meseta Rusa, los Sudetes, el macizo de Bohemia, la Selva Negra, los Vosgos, el pequeño macizo de Dôle, la Meseta Central de Francia y la Meseta Ibérica.

La Meseta Rusa se compone, en la base, de granito y neis, sobre los que yacen el siluriano y el devoniano, desde el norte de Suecia hasta el Mar Negro, pues aparecen en el fondo de los lechos del Dniester y sus afluentes, bajo los terrenos más modernos que forman las llanuras de Ucrania y Volinia. Al este de los Cárpatos hay una faja de terrenos terciarios bajo la que no se encuentran a gran profundidad, no ya los terrenos arcaicos, pero ni siquiera el cretáceo que forma el borde externo de los Cárpatos, y por eso supone Alth que en aquel sitio se produjo por hundimiento una gran fosa, rellena luego por el terciario.

Al este del San cambia esta disposición de las capas arcaicas de la Meseta Rusa, que *buzan bajo los Cárpatos*.

La parte meridional de los Sudetes tiene estructura monoclinial; las capas se superponen por orden de antigüedad decreciente de la cumbre al llano, y esto determina en las planicies de Polonia una serie de fajas paralelas, des-

de el devoniano inferior, cerca de Brünn, hasta Weisskirchen, donde aparecen el culm y donde el borde de los Sudetes encuentra al de los Cárpatos; desde allí hacia Cracovia se pierde la continuidad de las fajas de los Sudetes.

La cuenca carbonífera de Silesia, que forma un arco abierto hacia los Cárpatos y parece introducirse debajo de éstos, es relativamente llana porque se compone de materias fáciles a la erosión, pero por su estructura puede considerarse como perteneciente a los Sudetes. Así, pues, mientras que las formaciones más antiguas de los Sudetes terminan por falla contra el macizo de Bohemia, los otros terrenos, desde el carbonífero al cretáceo, buzan bajo los Cárpatos, de modo que esta cordillera reposa a la vez sobre la Meseta Rusa y la parte meridional de los Sudetes.

Desde la meseta de Bohemia a la Selva Negra, los terrenos mesozoicos se ven hundidos entre los antiguos macizos del norte y el borde de los Alpes, y obedece esta disposición a una serie de fallas que cruzan el país en distintas direcciones. Una es la *falla del Danubio*; otra serie muy interesante son las *fallas del Rhin*. El más caracterizado de estos campos de hundimiento es el comprendido entre los macizos arcaicos del centro de Alemania y la falla del Danubio, y que, según la expresión de Suess, «recuerda la capa de hielo que se forma en la superficie de un estanque que luego se ha vaciado»; de modo que, a semejanza de la corteza de hielo que *desciende* con el agua cuando se vacía el estanque, ha descendido el campo de Franconia y de Suebia, pero en este mismo campo algunos trozos no han seguido todo el movimiento con la capa rígida y se han *hundido con relación a ella*, es decir, han sufrido *hundimiento*: tal es el caso del circo de Ries, en Nordlingen.

A propósito de esta región descendida, advirtió Gumbel (hacia el año 1850) que unas fallas son periféricas y otras radiales, que entre todas determinan las líneas del hundimiento, y que las masas de rocas eruptivas recientes que allí se encuentran, *no son causa sino resultado* de las fracturas. Además observó con sagacidad, que si el levantamiento de los Alpes produjo una *oleada* del núcleo líquido hacia el emplazamiento de la cordillera, era muy posible que el vacío causado por este desplazamiento determinara el descenso de la comarca inmediata. También Fraas se fijó en lo mismo, y afirmó que al levantarse los Alpes se hundió el jurásico de las mesetas.

Todos los fenómenos de hundimiento de aquel país se deben a las fracturas. Tanto el circo de Ries como el de Hohgau, son centros eruptivos debidos al debilitamiento de la corteza que motivó el hundimiento en aquel punto.

Las fracturas periféricas determinaron *inmediatamente* el hundimiento general, y los parciales de los circos no debieron producirse por una fractura única y circular, sino que primero se cruzarían dos grietas produciendo un punto débil, luego tres, dejando en medio un espacio triangular; nuevas grietas convirtieron el triángulo en exágono truncando sus ángulos, y así sucesivamente fueron aumentando los lados aproximándose a la figura circular.

De todo esto se deduce, que entre el macizo de Bohemia y la Meseta Central de Francia se extendía una formación arcaica continua sobre la que se depositaron los terrenos triásicos y jurásicos. Al descender el terreno en unas zonas, descendió el manto secundario que las coronaba y que quedó dominado por las capas paleozoicas que habían permanecido en su primer nivel como *pilares* que deben su altura, no al propio levantamiento, sino al descenso de la parte adyacente.

Desde luego hay que desechar toda idea de que los bordes de los pilares correspondan a las costas de los mares secundarios, pero tampoco están rodeados los pilares por fracturas continuas. La enorme cantidad de filones que se ve en la región (algunos en *saliente* como los pilares), son claro indicio del carácter fracturado y volcánico de aquéllas. Estos filones representan, en la parte arcaica, la continuación de las grietas de la parte secundaria hundida.

Se observan restos jurásicos desde Ratisbona a Weiskirchen, donde se efectúa el contacto entre los Sudetes y los Cárpatos. El jurásico constituye gran parte de la primera de estas cordilleras, que al levantarse levantó consigo una masa enorme de esa formación que cubría toda aquella comarca, y de la que una intensa denudación posterior sólo dejó los restos que Suess llama *reliquias de los Sudetes*.

En resumen: los Cárpatos montan sobre la Meseta Rusa y las zonas mesozoicas de los Sudetes; al sur de la Selva Negra los pliegues del jurásico avanzan por encima de la meseta jurásica hundida, y en cambio desde la Selva Negra a Ratisbona, la parte hundida es independiente de los Alpes, separados de ella por la falla del Danubio. Parece también que los hundimientos intraalpinos y extraalpinos son de la misma edad.

Las líneas directrices de los Alpes.—La curva de los Alpes y los Cárpatos conserva su sencillez aún en aquellas regiones, como la baja Austria y Moravia, donde se ha hundido la cenefa externa que, desde el Jura a Valaquia, sólo se acusa por el plegamiento del mioceno.

Parece que los movimientos orogénicos alpinos ocurrieron

ron después de ciertas fracturas que separaron la región que es hoy cordillera alpina, de la que constituye su antepaís. Después, al ocurrir los plegamientos que moldearon la cordillera, los pliegues, obedeciendo a un empuje hacia el exterior, montaron sobre ese país frontero.

Obedeciendo también a la dirección en que actuó la fuerza plegante, los Cárpatos se encorvan 225° en su extremo oriental, y esta violenta curvatura es la que sigue la frontera occidental de Rumania; el extremo meridional de los Apeninos se encorva asimismo, volviendo la concavidad hacia el mar Tirreno, y los pliegues siguen por Sicilia y Malta y entran en Africa por el cabo Bon.

La cordillera del norte de Africa ofrece iguales rasgos característicos que los Apeninos; se compone de una serie de fajas paralelas que forman una curva cóncava hacia el mar. La faja interior, que es volcánica y señala la línea débil del hundimiento, se presenta de preferencia en las islas; la faja siguiente es paleozoica y forma varias penínsulas, y las fajas exteriores son sucesivamente más modernas, de manera que en el cabo Espartel aparece el flisch eoceno. Los empujes han sido siempre hacia el exterior de las curvas, o sea hacia el interior del continente, y el hundimiento que se advierte en el borde interno, en la costa, se descompone en una serie de hundimientos circulares, como lo atestiguan los promontorios intermedios, restos de la zona antigua.

La cordillera Penibética presenta la misma disposición que las del norte de Africa, de los Apeninos y de los Cárpatos; junto a la costa una faja eruptiva moderna (línea de hundimiento), luego una faja antigua, y entre ésta y el pilar de la Meseta Ibérica, los terrenos terciarios plegados. El borde hundido corresponde a la parte cóncava que mira al mar, y el borde plegado a la meseta.

Los empujes actuaron del centro a la periferia, esto es, del mar al interior (1).

Dice Suess, que parece que el hundimiento a que se ajusta el Mediterráneo Occidental se descompone en una serie de hundimientos parciales, y añade que la cordillera del norte de Africa se *dobla* hacia el Estrecho para penetrar en Europa. Cuando aun no se habían generalizado las nuevas ideas orogénicas, objetaron algunos que indudablemente ocurrieron hundimientos parciales todo alrededor del Mediterráneo Occidental, pero que no puede admitirse que una cordillera se *doble* tan violentamente como sería necesario para que la Penibética fuese prolongación de la del norte de Africa.

No hay contradicción en lo que afirma Suess, sino un error en la interpretación de sus palabras, porque él empleó la palabra *doblarse* (o más exactamente, *volverse... sich kehrt*) en sentido figurado, que si bien puede aplicarse a las cordilleras como antes se consideraban, es impropia dentro del concepto moderno; las cordilleras, tal como las considera Suess, no se *encorvan*, ni se *prolongan*, ni se *bifurcan* en sentido activo; no son sino *bordes plegados de regiones débiles* que dominan otra región hundida. De manera que al decir que se *dobla* hacia Europa la cordillera norteafricana, debe entenderse que el borde plegado que rodea la zona hundida del Mediterráneo Occidental, sigue una curva que es el perímetro de la región hundida. Tanto valdría decir, hablando de las olas que rompen en las playas de la Península, que esta *línea de ondas se dobla tres veces*: en Finis-

(1) Basta examinar los estudios de Marruecos, hechos por los Ingenieros del Instituto Geológico Sres. Marín, del Valle, Dupuy de Lôme, Fernández Iruegas y Milans del Bosch, y el ya citado de la Serranía de Ronda, de D. Domingo de Orueta, publicados ambos en 1917, para reconocer, en honor de Suess, que lo que le hizo adivinar su genio en una época en que eran escasos los datos que poseía sobre España y el Norte de Africa, no ha sido desmentido en esencia por las recientes observaciones.

terre, en San Vicente y en Cabo de Palos, pues así le parecería que ocurre a un observador que pudiera abarcar toda la Península y distinguir la faja de espuma que la orla.

De manera que las *líneas directrices del sistema alpino* que representa Suess en esquema, forman una serie de volutas con el centro común en el golfo de Génova. El empuje es en todas ellas hacia el exterior. Esta concepción general presenta varios puntos singulares, como los Pirineos (1), las montañas de Córcega, y sobre todo Cerdeña, que parece ajena a la zona alpina.

Además es digna de tenerse en cuenta la analogía entre el Mediterráneo Occidental y la llanura húngara, que son dos regiones rodeadas por curvas de plegamiento y con análogos hundimientos y cobijaduras.

El gran número de transgresiones que se observan en distintos puntos del sistema alpino, denota que éste no pertenece en su totalidad a época reciente.

El descenso del Adriático.—Es muy vivo el contraste entre el borde septentrional de los Alpes, continuo y sencillo, y el meridional que corresponde al de la zona hundida y llena de fallas de las llanuras del norte de Italia. Este borde está poco definido y se sigue muy bien desde los Alpes Marítimos hasta el pueblo de Este, pero se pierde en la llanura veneciana.

Veamos ahora lo que nos dice el ilustre geólogo de Viena, acerca de la naturaleza de este borde de los Alpes.

Hacia el centro de dicho borde se alza el Adamello, masa de granito y tonalita circundada por terrenos secundarios.

(1) Se admite lo consignado por Suess acerca de la especial estructura de la cordillera Pirenaica, en la *síntesis tectónica de Asturias*, contenida en el libro *Criaderos de hierro de Asturias*, de D. Luis de Adaro, publicado en 1916 y que ya he citado anteriormente.

Los caracteres metamórficos de estas rocas y todas las circunstancias de la zona de contacto volcánico que lo rodea inducen a considerar este macizo granítico como una formación volcánica más moderna que el Muschelkalk superior, y para dilucidar si debe considerarse como cicatriz o como lacolito, es decir, si la masa volcánica alcanzó o no la superficie del suelo, fuerza es estudiar su prolongación al N. N. E.

Desde el lago de Idro hasta el valle de Pens existe una gran fractura, de 130 kilómetros de longitud, arrumbada primero al N. N. E. y luego al N. E., cuyo labio oriental ha descendido y está íntimamente relacionada con la tonalita, y une al granito del Adamello con el que asoma en la región neísica del macizo de Antholz en el valle de Pens; llámase línea de la Giudicaria.

Al pie del macizo granítico de la Cima d'Asta hay una fosa atravesada por otras fallas secundarias que parte de cerca de Trento, y por lo tanto de la línea de la Giudicaria, y se dirige por el N. E. hacia Agordo, al N. O. de Belluno, hallándose su labio septentrional unos 300 metros más alto que el meridional en el borde de la Cima d'Asta. Esta falla y la de la Giudicaria limitan por el O. y el N. O. una gran zona hundida que confina al E. y al S. E. con el Karst y la costa dálmata, que es la cabecera del seno adriático.

Se puede admitir que los Alpes meridionales, desde el lago Caldonazzo (junto a Trento) hasta Rigolatto y desde esta línea hacia la costa, están formados por una serie de escalones que aumentan en número y anchura y disminuyen de altura hacia Levante; los más próximos a la llanura son pliegues monoclinales, los septentrionales fracturas. Esta región, caracterizada por sus muchas fallas radiales y en haces abiertos hacia el E., se parece a los campos de

fractura del Utah, y otro de sus rasgos característicos es el cabalgamiento de N. a S. de los terrenos antiguos sobre los modernos (1).

La serie de fracturas de esta comarca determinan, en suma, una superficie hundida, en forma de bacía, limitada por la línea lago Idro, Merán, Fuentes del Drave, cauce superior del Piave y montañas situadas al E. de este río. Toda la comarca desciende por medio de fracturas y monoclinales hacia la costa veneciana; en cambio queda en pie en la parte occidental el pilar de la Cima d'Asta, que como no siguió el movimiento general de descenso, no sólo motivó las fracturas del sur (*fracturas de la Cima d'Asta y de Schio*), sino también las septentrionales, en las que los terrenos se hundieron *hacia el N.*, o sea en sentido inverso del general en la zona.

Fuera del borde de esta bacía, formado por un acantilado de erosión, se halla una zona de muy distinta estructura, cuya parte más característica es la comprendida entre el Drave y el Gail; el primero de estos ríos tiene curso muy tortuoso, con grandes recodos hacia el norte, uno en Lienz y el otro en Sachsenburg; el Gail tiene curso rectilíneo, y entre ambos ríos quedan dos espacios triangulares hundidos que penetran en cuña hacia el norte, como si opusiesen resistencia a un movimiento procedente de ese punto cardinal. Entre estas cuñas y el borde de la bacía comienzan los Alpes Cárnicos, que se prolongan hacia el este y presentan en sus laderas norte y sur grandes fallas longitudinales.

No existe en Europa región donde las dislocaciones se extiendan en tanta longitud y con tan gran profundidad

(1) Creo que esto obedece a que al verificarse el descenso que siguió al plegamiento de esta zona de los Alpes, en la parte más alta y levantada la caída de las masas plegadas fué más brusca, originando fallas, mientras que hacia la llanura se fué atenuando la caída, formándose primero grandes monoclinales que fueron luego perdiendo gradualmente su altura.—(N. del T.)

como en la comprendida entre el valle del Isonzo y Montenegro, por todas las costas de Istria y de Dalmacia. La disposición de estas fracturas, a las que Suess llama *fracturas del Karst*, es análoga a la de la región meridional del Tirol, y así como en este país el descenso y el cabalgamiento se producían siempre hacia el S. E. y el S., en la región citada los monoclinales y las fallas presentan los descensos y los cabalgamientos hacia el S. O. A dislocaciones de esta especie se debe la forma de la costa dálmata y de las islas adyacentes.

Así como en las costas del Mediterráneo abundan las formaciones terciarias, en las de toda la región limitada por las líneas de dislocación periadriáticas y en muchas de las islas próximas, faltan en absoluto los depósitos marinos modernos, pues todos los asomos terciarios que se hallan en ella, desde Istria hasta Montenegro, son de agua dulce. El punto más septentrional en que se conocen los depósitos marinos terciarios, es la isla de Pelagosa; y por eso Stache acertaba al afirmar que debía considerarse la cadena de las islas Lagosta, Pelagosa, Tremiti (entre la costa dálmata y la *espuela* que forma las costas italiana), como orilla meridional del antiguo continente adriático.

Los caracteres paleontológicos denotan que muchos afloramientos de la costa oriental de Italia (tales como el Monte Gargano, Monte Cornero, etc.) pueden considerarse como fragmentos de una meseta dálmata hundida. El sistema a que pertenecen estas masas es independiente de los Apeninos, pues se hallan separadas de ellos por una depresión rellena de depósitos marinos modernos, y su contraste es tan marcado, que De Giorgi propuso que se las llamara *sistema apulo-garganio*.

El gran número de sacudidas sísmicas que se producen alrededor del Adriático, denota que sigue veri-

ficándose actualmente el descenso de la zona que ocupa este mar.

Como resumen de lo dicho en los anteriores capítulos, y para explicar la disposición vorticiforme de los elementos del sistema alpino, manifiesta Suess lo siguiente:

Al O. y al N. del Jura y de la cadena principal de los Alpes, hállase primero el pilar de la Meseta Central de Francia, luego el de Dôle y más allá los de los Vosgos y la Selva Negra; después el campo de hundimiento de Franconia y Suabia, uno de cuyos escalones llega más allá de la fractura principal que corre a lo largo del Danubio, y cerca de este río hay hundimientos circulares con asomos eruptivos. Separados por fallas de este campo de descenso se alza el pilar de Bohemia, y más al E. las formaciones de los Sudetes apoyadas por falla contra el mismo pilar y que buzan luego bajo la cordillera de los Cárpatos. En el macizo de Dôle se apoya la cordillera del Jura, que avanza sobre el Jura tabular; detrás está la llanura molásica y luego la rama principal de los Alpes.

Los Alpes con los Cárpatos, que son su prolongación, presentan un borde externo muy homogéneo desde el Mediodía de Francia hasta Valaquia; toda esta faja montañosa, retenida por los pilares, cabalga sobre el ante-país hundido como una *escama superficial de la corteza terrestre*. Pasado este borde se presenta una masa montañosa más irregular, y después otra región hundida que corresponde al borde interno de la cordillera.

Los hundimientos y descensos del borde interno son muy variados; en los Cárpatos son fracturas con erupciones volcánicas, y en otras partes hay macizos independientes de los Alpes, hasta donde alcanzan los pliegues de esta cordillera. La zona hundida mejor caracterizada rodea la costa

septentrional del Adriático, cruzada por fallas y monoclinales en los que siempre es el borde más próximo al mar el que ha descendido, excepto en los situados al N. de la Cima d'Asta que descienden en sentido inverso, de modo que esta montaña se alza como un pilar aislado. Hacia el mar se dirigen también los cabalgamientos que acompañan a los descensos (1).

Mientras que en el borde norte de los Alpes Orientales los empujes tangenciales actuaron hacia el exterior, hacia el macizo de Bohemia que es su país frontero, en los Alpes Meridionales se observa un empuje tangencial hacia el hundimiento adriático, considerado como el país zaguero de los Alpes. El autor califica a este fenómeno de *tendencia a cabalgar sobre el hundimiento*.

Separado del área de hundimiento del Adriático por el macizo volcánico del Adamello, está el campo de hundimiento de Lombardía, y ambos enfrente de los Apeninos. Esta cordillera presenta el borde hundido hacia el O. y con líneas volcánicas, como ocurre en los Cárpatos; el borde oriental cabalga sobre los campos de descenso de Lombardía y del Adriático; esto explica la virgación o disposición en gavilla de las distintas ramas del sistema alpino: lo que es ante-país para una rama es tras-país para otra, y por eso el Adriático, país zaguero de los Alpes Orientales, es país frontero de los Apeninos. En el punto de inflexión, que corresponde a los Alpes Meridionales, se halla la zona enormemente fracturada del Tirol, de la Carintia y del Karst, y el asomo volcánico del Adamello. Parece que las zonas ocupadas por las distintas ramas del sistema alpino eran líneas

(1) Todo ha ocurrido aquí, a mi entender, como si después del plegamiento se hubiese producido un movimiento vertical de descenso, causado por la gravedad que afectó principalmente a las capas más profundas, y otro horizontal que actuó sobre las más superficiales (separadas por exfoliación horizontal de las profundas), las que al sufrir el segundo empuje cabalgaron sobre el ante-país como *escamas superficiales*, y así es como me explico esta gráfica frase de Suess.—(N. del T.)

débiles comprendidas entre masas resistentes; al aproximarse éstas se plegaron aquéllas, y luego algunas de las primeras quedaron en su sitio constituyendo los pilares, mientras que otras descendieron formando los campos de hundimiento.

El Mediterráneo.—Para instituir la cronología geológica se han seguido dos criterios diferentes: el paleontológico y el estratigráfico. Con arreglo al primero dividieron Lyell y Deshayes la época terciaria en tres períodos: eoceno, mioceno y plioceno; Beirich fundó el oligoceno apoyándose en el segundo criterio. Huyendo del absolutismo de ambos y buscando el mejor método para sus investigaciones, adopta Suess el criterio de dividir la historia del Mediterráneo en cinco edades o *pisos* a partir del oligoceno, cada uno de los cuales corresponde a una de las épocas en que ha tenido el Mediterráneo más carácter marino a causa de su comunicación con el Océano. Hay que advertir que en la parte oriental nunca fueron tan continuos estos períodos como en la occidental, que está más próxima al Atlántico.

Hacia la mitad de los tiempos terciarios se produjo en Europa una transgresión sólo comparable a la cenomanense, y después aparecieron en el Mediterráneo muchas especies que aun viven en este mar. Los depósitos que contienen dicha fauna constituyen el *primer piso mediterráneo* (que corresponde al burdigalense) y comprenden los falums de Leognan, las formaciones marinas inferiores del Ródano, la molasa marina de Suiza y de Baviera, las arenas serpentínicas de Turín, etc. Sobre este piso yace en el S. y el E. de Europa el *Schlier*, extensísima formación margosa azul, con yeso y sal.

El *segundo piso* (que corresponde al helvético) comprende los falums de Turena y de Salles, las margas

de Cabrières en el Ródano, las capas de Leitha en Viena y el horizonte superior de Malta. Encima yace, en el Danubio, el *sarmático*, que llega hasta el Caspio y el Aral. Según Fuchs, es análoga la situación de las margas del Vaticano sobre el segundo piso, a las del *Schlier* debajo de él.

En el *tercero* y el *cuarto piso*, se incluye todo el plioceno.

El *quinto piso* corresponde a las formaciones del Mediterráneo actual.

Se ha comprobado en recientes observaciones que, desde las épocas más antiguas hasta la terciaria, los depósitos marinos de América del Sur y de las Antillas eran muy análogos a los de Europa, de modo que en la historia del Mediterráneo es preciso tener en cuenta las observaciones hechas a ambos lados del Atlántico.

Cuba, Haití, Puerto Rico y las islas de Barlovento hasta la Trinidad pertenecen a una cordillera arqueada hacia el S., mientras que Jamaica y el S. O. de Haití pertenecen a otra interior. El país zaguero hundido ocupa el fondo del mar Caribe, y el ante-país (hundido también), el golfo de México, la Florida y la costa de las dos Carolinas. Así en una y otra cordillera se ven pisos cretáceos y terciarios (sobre todo formaciones de políperos), correspondiente a las de Europa. Las mismas capas terciarias y secundarias se extienden por las cercanías del valle del Mississippi, por Louisiana, Texas, Alabama y Florida. Las formaciones terciarias se unen con las de las grandes Antillas por las Bahamas, y toda esta zona pertenecía sin duda a una meseta terciaria continua cuya línea de separación con el Atlántico se acusa en la Florida y las Antillas, mientras que la fauna es propia del Pacífico.

En la costa oriental de los Estados Unidos se observan depósitos terciarios marinos horizontales, que sólo llegan

hasta la latitud de Nueva York y corresponden a los tres primeros pisos mediterráneos. Desde Nueva York hacia el N. no vuelven a hallarse en toda América depósitos marinos terciarios, y tampoco se encuentran en la costa occidental de Noruega, Escocia, ni Irlanda, y en cambio se hallan en el N. de Irlanda, en las Hébridas, en las Feroer, en Islandia y en Groenlandia, todo lo cual indica que hacia la mitad de la época terciaria existió en el N. del Atlántico un continente o un archipiélago de grandes islas en el que debieron ser intensos y frecuentes los movimientos tectónicos, a juzgar por las extraordinarias erupciones de lavas. El límite de este continente es muy vago por el N., pues son inciertos los datos sobre las formaciones marinas en aquellos parajes, pero se sabe que hacia el S. existen entre las lavas terciarias formaciones helvéticas en Madera y las Azores.

El ante-país de los Alpes está dividido en dos grandes regiones: al E. la Meseta Rusa, formada por sedimentos antiguos horizontales y que se prolonga hasta el S. de Suecia; la del O., con muchos macizos aislados de capas antiguas plegadas, y separados por cuencas de descenso, compone los núcleos montañosos del O. de Europa: Noruega, Escocia, Cornwall, Irlanda, etc. Excepto el N. de España, donde forma la costa el lado externo de una cordillera, todas las costas occidentales de Europa son bordes de pilares, y por esta razón no contienen, como la costa oriental de los Estados Unidos, una orla continua de formaciones terciarias marinas, sino algunas expansiones de estos terrenos que penetraban como golfos en el continente.

El primero de estos golfos es el del *Loira*, donde las capas terciarias marinas cubren en transgresión al cretáceo, como en el Mississipi.

El segundo es el del *Gironda*, entre la Meseta Central de Francia y los Pirineos, en situación análoga a la de los

terrenos terciarios comprendidos entre el macizo de Bohemia y los Alpes.

El tercero es el del *Tajo*, cuyos depósitos terciarios se prolongan hacia el S. bordeando la Meseta Ibérica.

El cuarto es el del *Guadalquivir*, que recuerda el del Gironda, limitado por la Meseta Ibérica y la cordillera Penibética.

En Marruecos penetran las formaciones terciarias marinas por el Atlántico, y su comunicación con el Mediterráneo debe buscarse también por las dos depresiones tectónicas del Gironda y del Guadalquivir.

Los depósitos terciarios del mar del Norte demuestran lo dicho acerca de la existencia de un gran continente en el Atlántico septentrional, y además que hacia la época del *cuarto piso* se efectuó una emigración de la fauna boreal hacia el Mediterráneo.

Los grandes macizos del O. de Europa (la Meseta Ibérica, la Central de Francia y la de Bohemia), llevan en su cima depósitos terciarios de agua dulce, de modo que se nos presentan como partes de antiguos continentes donde no alcanzaron las transgresiones mencionadas. Las formaciones terciarias marinas se ven en el borde externo de las cordilleras, como si éstas hubiesen sido cubiertas por la transgresión miocena.

En el golfo del *Guadalquivir* infiérese, por la posición de los sedimentos, que durante el primero y segundo pisos mediterráneos se comunicaban el Atlántico y el Mediterráneo por un estrecho, cuya costa septentrional seguía al pie meridional de la Meseta, y también por la región de las Alpujarras; durante el tercer piso se cerró la comunicación.

El golfo del *Gironda*, que tiene depósitos del primero y segundo pisos, no debe considerarse como un antiguo brazo de comunicación entre el Mediterráneo y el Océano, sino

sólo como un golfo atlántico en que el mar experimentó repetidos y sucesivos avances y retrocesos.

El golfo del *Ródano* dejó penetrar las aguas del Mediterráneo occidental, de igual manera que los del Girona y el Guadalquivir se abrieron a las del Atlántico, y se halla también entre un pilar y una cordillera: entre la Meseta Central de Francia y los Alpes.

El *primer piso mediterráneo* está muy bien caracterizado en Suiza, donde forma la tantas veces citada *molasa suiza marina*, que yace sobre la *molasa de agua dulce inferior* (del oligoceno), y debajo de la *molasa de agua dulce superior*. En esta fase de su transgresión, el Mediterráneo se extendió hasta el borde meridional de los grandes pilares del O. de Europa, y rodeó el macizo de los Alpes con un brazo de mar; como se ven sus restos en ambas orillas del valle del Rhin, dedúcese que la fractura de este río fué posterior a dicho primer piso que ocupó gran parte de aquella comarca. Existe este piso en Fez, en la costa argelina, en Córcega y Cerdeña, en Malta, en Turín en el borde interno de los Alpes Meridionales, en algunos puntos de la llanura húngara y Transilvania, pero no aparece en la cuenca de descenso de Viena, ni en el borde interno fracturado de los Cárpatos y de los Alpes Orientales.

En Oriente no se conocen señales del primer piso en el mar Negro, ni en el de Mármara, ni en el Archipiélago, pero abundan en Anatolia (Asia Menor) en sus costas meridionales, desde las de Casia (enfrente de la isla de Cos), y en las de Lycia y Cilicia hasta Tarso, desde donde penetran tierra adentro por el valle del Saichun hasta muy cerca del mar Negro. Restos de la misma naturaleza, que son muy fosilíferos y se hallan a veces a grandes alturas, se encuentran en el valle superior del Eufrates, en Armenia, junto al lago Urmiah y en la mesa irania hasta cerca de Teherán.

Después de esta primera expansión del Mediterráneo, se depositó un fango uniforme de color gris azulado con hojuelas de mica que luego se transformó en una molasa margosa. Esta formación se conoce con el nombre de *Schlier*, que recibió en la Baja Austria; tiene una fauna especial: *Aturia Aturi*, *Soledomia Doderleini*, *Axinus angulatus*, *Pecten denudatus*, *Spatangus austriacus*, y suele contener manantiales iodados y magnesianos, bancos de yeso y de cal y sales potásicas, producto de evaporación casi completa de las aguas del mar.

El *Schlier*, intercalado entre el primero y segundo pisos mediterráneos, es la imagen de un mar espirante que se extendía desde Niza hasta el S. O. de Polonia por el borde externo de los Apeninos y de los Alpes Orientales y los Cárpatos hasta Malta y Gozzo. Existía también en Lycia; comprende los yacimientos salíferos de los Cárpatos, y es muy posible que también le pertenezcan los de Armenia, Persia y las islas de Ormuz y Kixm en el Golfo Pérsico.

El *segundo piso mediterráneo* penetró por el Girona hasta Turena; hállase cerca de Lisboa, en el S. de Portugal, en las costas de Levante de España, en Marruecos, en Córcega y en las Baleares, y penetra por el golfo del Ródano, pero no se interna en los Alpes Suizos como el primer piso. En Italia vese a ambos lados de los Apeninos y en Sicilia y Malta; en los Alpes Meridionales aparece al S. de la Cima d'Asta; se conoce en Estiria, Carintia y Panonia, y llega hasta Belgrado y Plewna. Desde Panonia avanza por Transilvania, entre los montes Leitha y los Alpes, penetra en la cuenca de Viena y, y aunque cerca de Brünn se hallan sus señales más allá de la actual divisoria de aguas de Europa, este piso se extiende hacia el O. menos que el primero y el *Schlier*, indicando ya tendencia a la separación de las cuencas del S. O. de Europa y la danubiana. También se extien-

de el segundo piso por Siberia, Polonia y Galitzia y por parte de la Meseta Rusa, pero falta en todo el litoral del mar Negro, del de Mármara y del Egeo, en la parte media de la península de los Balcanes y en el O. de Asia Menor; reaparece en la costa meridional de esta comarca, en las islas de Chipre y Creta, en el desierto de Libia, en el N. de Egipto y en Cirenaica.

En los alrededores de Viena yacen sobre el segundo piso mediterráneo capas con una fauna especial, cuyo origen se ha discutido mucho. Se la creyó procedente del Océano Arctico, pues su carácter es propio de mares fríos, pero hoy se cree que está compuesta de especies mediterráneas y de otras autóctonas que no sobrevivieron a aquella formación. Este piso se llama *sarmático* y se extendió desde Viena por parte del valle del Danubio, Transilvania y Galitzia, por el S. de Rusia, costas del mar de Mármara, por las del O., N. y E. del Negro y del Caspio, llegando hasta el de Aral. Es decir, que comprendía *una zona interna al Mediterráneo actual*, si se exceptúan del conjunto de éste el Egeo y el mar Negro. En el valle del Danubio se dividía en una serie de pequeñas cuencas que comunicaban con el mar sarmático, y éste a su vez comunicaba, aunque incompletamente, con un océano libre. Después del sarmático continuó el descenso de las líneas litorales y se presentó un período lacustre en el que existieron varias cuencas independientes, pero algunas, como la de Viena, estuvieron cierto tiempo en comunicación con el Océano, porque en aquella población se han hallado peces marinos de dicha época. El *póntico* (que así se llama este piso) llegó desde el Caspio al valle del Ródano, ocupó el S. de Rusia, penetró por el Danubio más allá de Viena, cubrió los depósitos yesíferos a ambos lados de los Apeninos y en Sicilia y reposó en antiguos valles de erosión del Ródano; no tuvo ningún equivalente marino, pues se cree

que sus costas eran más bajas que el mar actual. Este piso sólo es de formaciones de agua dulce o salobre, y por lo tanto, aquellas especies marinas autóctonas que aparecieron en el mar sarmático no llegaron a desarrollarse en él.

Después del póntico se ensanchó el mar con una facies marina que se asemeja a la mediterránea actual, constituyendo *el tercer piso mediterráneo* (plioceno inferior). Este piso se desarrolló en el Guadalquivir, en el Levante de España al pie del Macizo Ibérico, en el E. de Francia al S. del Macizo Central y en el N. de Africa, en Sicilia y a ambos lados de los Apeninos, *pero falta en el N. del Adriático*. En Dalmacia lo sustituyen capas de agua dulce; existe en Dulciña y en las islas Jónicas y rodea el Peloponeso; no llega a Chipre y Creta ni a las Cyclades y el Archipiélago, ni al mar Negro, ni al Danubio; pero en casi todas estas regiones excluidas existen unas capas sincrónicas de agua dulce que constituyen *el piso levantino* y que, cortadas a pico sobre el mar, indican que esta parte del Mediterráneo debió formarse por un hundimiento reciente.

Luego se produjo otro movimiento del mar que hizo que éste invadiera parte de las regiones ocupadas por las formaciones levantinas, determinando *el cuarto piso mediterráneo* (plioceno superior).

La fauna que se llama mediterránea vivió en el Atlántico, que le servía de refugio hasta que terminadas las grandes regresiones del Mediterráneo volvía a repoblar este mar durante las transgresiones, pero a esta fauna septentrional hay que añadir otra originaria de los lagos independientes formados en el E. del Mediterráneo actual, y otras que han desaparecido, singularmente las propias de mares cálidos. Este es el fenómeno común que puede observarse a través de la serie de cambios locales producidos en el Mediterráneo desde el principio del tercer piso hasta la época actual;

pero hay que consignar aparte un hecho debido a una causa de carácter general: la *invasión de especies emigradas del N.* que ocurrió durante el *cuarto piso* y que señala una fase importante en la historia del Mediterráneo.

La falta de depósitos marinos modernos en muchos puntos de las costas del Mediterráneo, indica que en época muy moderna han ocurrido hundimientos que ensancharon dicho mar. La región del mar Negro y del Egeo, después de haber permanecido separada del Mediterráneo por el amplio istmo que unía Europa y Asia, se unió al mar occidental cuando se verificó la expansión del cuarto piso mediterráneo; el hundimiento del continente egeo se consumó después de la época glacial y tal vez lo presencié el hombre; esta región es la que hoy aparece tan fracturada y con tantas manifestaciones volcánicas.

El Danubio, que seguía la alineación de la serie de cuencas de Europa y Asia, pasó a ser tributario del Mediterráneo, quien lo robó al Caspio como consecuencia del hundimiento egeo; en cuanto al Caspio, representa hoy el tipo de los lagos salados pónicos, y en otro tiempo abarcaba el Aral y el mar de Azov, comprendidos en la depresión aralo-cáspica.

Un hundimiento recientísimo y muy análogo ocurrió en el golfo de México.

Ya se habló del hundimiento del Adriático y de que la meseta dalmata no contiene formaciones marinas; las que se hallan en su borde son postglaciales y aun más recientes. En el O. de los Apeninos ha habido hundimientos sincrónicos al del E. de los Alpes. Lo mismo se deduce de los restos observados en la Pequeña Syrte, en Marruecos, en Gibraltar, Formentera y hasta Creta y Malta: todo indica que en los últimos tiempos se hundió una región continental que ocupaba parte del actual Mediterráneo, que los hun-

dimientos ocurrieron en diferentes épocas y que el último debió ser posterior al período glacial.

A la vez que se producían estos hundimientos, se verificaba otro fenómeno menos violento que determinaba cambios en las líneas de la costa y al que se debe el gran número de *playas levantadas* que existen en el Mediterráneo (1).

Los primeros fenómenos son movimientos de la corteza, los segundos de la hidrosfera.

Todo indica que en la época actual aun no ha cesado la era de los hundimientos mediterráneos.

Después de describir en los capítulos anteriores la mandíbula septentrional del cepo dentro del que se formaron las cordilleras alpinas, la zona débil en que el plegamiento de éstas se realizó, y los últimos hundimientos que siguieron al plegamiento motivando los diversos cambios de forma y extensión del Mediterráneo, entra Suess en la descripción de la mandíbula meridional del citado cepo o prensa, o al menos de parte de ella. Como en la época en que escribió no se conocía la región central de África, se concretó a estudiar la septentrional de este continente y la meridional desde el Cabo de Buena Esperanza hasta los 5° y 6° de latitud sur.

El estudio de estas comarcas de África, con la inmediata isla de Madagascar, de Arabia y de la India, revela la homogeneidad de su estructura y la naturaleza arcaica y paleozoica del subsuelo, muy plegado, sobre el que reposan horizontalmente capas del principio de la era secundaria. La identidad de estas formaciones manifiesta que en los tiempos primitivos constituyeron un *escudo ecuatorial* que comprendía las citadas regiones y parte del Océano Índico, o

(1) En Alicante he observado un ejemplo muy característico de estas playas. (N. del T.)

sea el llamado *continente de Gondwana*. Este escudo estuvo sumergido al final de la edad primaria y durante parte de la secundaria; sufrió luego diversos hundimientos que produjeron las fosas del mar Rojo y de los grandes lagos del Africa Central, y además separaron Madagascar del Continente Africano y a éste de la India, motivando quizás de modo indirecto la emersión del Egipto y del Asia Menor.

Veamos ahora las líneas generales de lo expuesto por el autor en esos dos capítulos.

La gran meseta desértica.—La costa septentrional de Africa, desde el Guad-Draa hasta el N. de la Pequeña Syrte, está plegada y contiene muy completa la serie estratigráfica, mientras que la parte situada al S. de esta zona costera es más llana y faltan en ella los terrenos comprendidos entre el paleozoico y el cenomanense, el cual se presenta en transgresión.

La comarca menos conocida, a pesar de las nuevas exploraciones, era, cuando Suess escribió (e igual ocurre ahora), la occidental, en la que la cordillera independiente del Anti-Atlas anuncia una estructura distinta de la del resto de la meseta.

Desde el E. de Marruecos al cabo Bon, el cretáceo yace sobre el infracretáceo y el jurásico en las cordilleras, pero en el interior yace sobre el siluriano; junto al cabo Bon se complica la estructura de las cordilleras y aparece el eoceno. De modo que así como en la Plataforma Rusa las capas eran horizontales y faltaban varios pisos de la serie sedimentaria comenzando la transgresión en el cenomanense, y además las capas que se elevaban bruscamente en los Cárpatos cabalgaban sobre las del ante-país, en la meseta sahárica están también los estratos horizontales, faltan varios pisos, comienza la transgresión en el cenomanense y

hay levantamientos bruscos del macizo del Atlas, pero las capas no cabalgan sobre las del ante-país.

La región de los *xots*, cerca del golfo de Gabes (Pequeña Syrte), pertenece al ante-país, y en ella se observan claras señales de hundimiento posteriores al cretáceo que forma también las crestas que separan los *xots*. En la meseta sahárica los terrenos más antiguos están al S. y al E., y los más modernos al N. El autor considera en ella cuatro zonas: la primera y más antigua, formada por granito y neis y también por pizarras y cuarcitas, se ve desde el Eglab en el desierto de arena del Iguidí y sigue su borde meridional hasta el macizo del Ahagar, retrocede al S. hacia el Air, luego pasa por el volcán de Tarso y por algunos asomos de basalto. Hasta la depresión del Chad llegan las capas horizontales de arenisca que a veces se sobreponen al granito, y luego prosiguen las capas arcaicas por todo el país de Dar-Fur, el Senaar y Cordofan y la costa del mar Rojo, formando el borde de una especie de caldera, y penetran en Arabia cerca de Suez.

La segunda zona, situada al N. de la primera, está compuesta por el devoniano y el carbonífero; es bastante ancha al N. del mar de arena de Iguidí, se estrecha al N. del macizo de Ahagar, vuelve luego a ensancharse hacia el E., y al fin se pierde para no reaparecer hasta la península de Sinaí.

La tercera zona es cretácea, y aunque se conocen algunos asomos en Marruecos, puede decirse que comienza en Laghuat (Argelia); sigue hacia el E. por el Hamada-el-Homra, penetra en el desierto libico, y luego se dobla hacia Tebas y el mar Rojo, de modo que forma el lado interno del borde de la caldera que en aquella parte de Africa dibuja la primera zona, la paleozoica, y por el sur avanza hacia el lago Chad.

La cuarta zona, que sólo aparece al norte de los *xots* y en Egipto, formada por la caliza numulítica cerca del Cairo, yace bajo el *segundo piso mediterráneo* que se ve cerca de Suez y en la Cirenaica. Estos asomos y los que hay en la región de los *xots*, que pertenecen también al mismo piso, corresponden quizás a una *quinta zona*.

Al otro lado del mar Rojo, desde el estrecho de Ormuz hasta el de Bab-el-Mandeb, asoman las capas de pizarras antiguas y de neis en unión del granito y de una roca llamada *roca verde de Mascate*, en los puntos donde la costa es alta y acantilada; y cuando la costa es baja se compone de la caliza cretácea de la tercera zona o de la numulítica de la cuarta, de suerte que la primera está reducida casi a los acantilados de la costa y a las islas, y allí donde el acantilado granítico se separa de la orilla hay asomos eruptivos. En la costa africana, desde Berbera al cabo Guardafuí, se observa la tercera zona *directamente* superpuesta a la primera, que sólo se halla en Socotora y otras islas. En Arabia, lo mismo que en el Somal, las capas son horizontales y las pizarras secundarias que reposan sobre el basamento son las de la transgresión cenomanense.

Parece, pues, que la gran meseta africana se prolonga por Arabia, y que el golfo de Aden, que la interrumpe, es un hundimiento con indicios volcánicos que se extienden desde el Mandeb por las orillas del mar Rojo, y cuyos primeros asomos son el basalto del Ras Havein y el volcán de Aden, y en Africa los de Abisinia y Xoa.

La depresión del mar Muerto se prolonga al norte por el lago Tiberiades, y al sur por el Guadi Arabab en la alineación de fracturas del Jordán que corta a la del mar Rojo, y entre las dos dividen la meseta de rocas antiguas en tres partes: Egipto, Sinaí y Arabia.

Como Jerusalén está 1.800 metros más alto que el mar

Muerto, y éste 400 más bajo que el Mediterráneo (lo que excluye toda idea de valle de erosión), y las rocas de la orilla oriental son más antiguas que las de la occidental, es probable que, como dijo Buch, la línea del Jordán corresponda a una falla cuyo borde ha descendido. En cambio, al O. de la loma de Judea *no hay labio opuesto*, sino que el terreno ha descendido por una serie de fallas paralelas formando una *fosa disimétrica*; es decir, que se hunde en el Mediterráneo, lo que debió ocurrir recientemente, pues en toda la costa de Siria no hay formaciones mediterráneas terciarias. También hace notar Suess que, así como entre el pilar Vosgos-Selva Negra se ha producido la falla del Rhin, en el pilar Egipto-Arabia se ha producido el hundimiento del mar Rojo.

De manera que la gran meseta desértica se extiende desde el Atlántico hasta el golfo Pérsico, sus capas son horizontales sin más trastorno que los descensos, y faltan todos los pisos desde el paleozoico hasta el cenomanense; circunstancias que recuerdan la Plataforma Rusa.

El istmo de Suez, aunque bajo y arenoso, separa dos faunas marinas: la mediterránea y la eritrea. En otros tiempos la cuenca del mar Rojo llegaba al Mediterráneo; las areniscas de Guizeh, que aparecen también en el mar Rojo, conservan señales que atestiguan que éste estuvo en otro tiempo 60 metros más alto *con relación a las areniscas*, de modo que lo probable es que el suelo se fuera levantando poco a poco, y el mar Rojo y la parte inferior del Nilo socavando el terreno y conservando su nivel (1). Los grandes aluviones del Nilo formaron modernamente el istmo que separa las dos faunas.

Es posible que antes de existir el mar Rojo se produjesen

(1) Sin duda se trata de un fenómeno análogo al que se presenta en América en la región del río Colorado.—(N. del T.)

ya los aluviones del Nilo que originaron el Egipto, pues la formación nilótica llegaba hasta el lago Tiberiades, y en la isla de Rodas se han encontrado cocodrilos del Nilo, de modo que este río se extendía por una meseta continua de capas horizontales que comprendía el N. de Africa y Arabia (a lo que llama Suess *meseta desértica*), y acaso también la parte oriental del Mediterráneo y el Egeo. Muy recientemente se produjeron los hundimientos de estas dos comarcas y de la fosa eritrea.

Los restos del Continente Índico.—En la parte S. O. del extremo meridional de Africa se destaca el cabo de Buena Esperanza, y en cambio al S. E. no existe otro cabo análogo a causa de la forma y dirección de las cordilleras y por los hundimientos que éstas han sufrido, pues mientras que el continente se prolonga en punta bajo el mar al S. del cabo de las Agujas, las cordilleras corren primero de E. a O. de la bahía de Algoa a la Ciudad del Cabo, y luego al N. N. O. hacia el Namaqualand.

Estas cordilleras rodean la meseta del Karoo, y las rocas antiguas forman como el borde de un plato cuyo centro ocupan las formaciones de la meseta, borde que falta en el Cabo; la línea de costa corresponde a la falla más profunda de la serie de las que han producido los hundimientos de la región.

En aquella comarca hay tres elementos geológicos: las rocas antiguas (arcaicas, devonianas y carboníferas) plegadas que asoman desde la Ciudad del Cabo por la costa occidental hasta el desierto de Kalahari, rodeando al segundo grupo, que es el más importante y que constituye las formaciones del Karoo que no son marinas. El tercer grupo es secundario y marino y tiene poca importancia.

Desde la confluencia de los ríos Vaal y Orange se marca

hacia el N. *un escalón* que es la Campell-Range, y desde allí, donde asoman las calizas, siguen hacia el O. otras rocas antiguas que ocupan el Namaqualand y parte de la que fué Africa Occidental Alemana, de modo que el borde de las formaciones antiguas contornea primero el Orange hasta el recodo de Prieska y luego el lado oriental del Kalahari, perteneciente a la formación arcaica que ciñe a la del Karoo. Esta parece formada por dos pisos principales: abajo el conglomerado de Dwicka y encima areniscas con bancos hipogénicos intercalados, y tal formación, que abarca gran parte de la Colonia del Cabo, Orange y el Transvaal, ocupó en otros tiempos un espacio mucho mayor. Hoy llega la arenisca hasta el mar en el Natal, y a su alrededor aflora el conglomerado inferior. El límite oriental de la meseta es la cordillera de Draquen o Qualanba, pero su arista no corresponde a la falla primitiva causada por el hundimiento, que ocurrió mucho más cerca del mar; parte de las formaciones del Karoo quedaron en la orilla (Natal, Dwyka), y luego la denudación fué rechazando la arista hacia el interior (como aun se puede observar en el cauce superior del Tugela, cuyas aguas corren la cresta de la meseta y hacen recular su arista hacia el interior). Del mismo modo corresponden a estos asomos aislados de la costa del Natal los de la cordillera del Limpopo en la bahía Delagoa, que yacen sobre las rocas antiguas cortadas por asomos eruptivos. Entre el Zambesi y el Limpopo forman el suelo las rocas antiguas, que sólo en algunos sitios están cubiertas por formaciones del Karoo; en cambio, más al N., hasta el Rovuma, adquieren de nuevo mayor importancia las areniscas del Karoo, que contienen carbón, en una meseta cortada por el Rovuma en dos partes: el Mava y el Mahonda. Entre el Ñasa y el Tanganica se encuentran también areniscas cuyo sincronismo con las del Karoo no es positivo, pero sí probable. Todos los

viajeros posteriores a Stanley consideran, como este último, que aquellos lagos con rocas volcánicas en sus orillas son producto de un hundimiento; y Suess opina que su formación ha sido análoga a la del mar Rojo, del mar Muerto y de los *xots*.

Por lo poco que se sabe del Africa occidental (de Angola, por ejemplo), se deduce que todo el interior del continente, desde la Colonia del Cabo hasta los 5° y 6° de latitud sur, está formado por dos elementos: las rocas antiguas y las areniscas del Karoo con sus afines.

El tercer elemento citado, los terrenos marinos más modernos que los del Karoo, son del *comienzo del secundario*; algunos, pocos, del terciario y cuaternario se hallan en Elobey, Mossamedes, el Cabo, el Natal y Mombasa, y en ninguna parte llegan al interior del continente.

La región situada al S. de los valles del Ganges y del Indo es la verdadera Península Índica, ante-país de las cordilleras situadas al N., y a esta parte peninsular se refiere Suess al decir que la India no tiene cordilleras y que sus grandes relieves corresponden a bordes de mesetas con capas casi horizontales.

Como en Africa, se consideran aquí tres partes: la zona arcaica, formada por neises y pizarras antiguas; la de Gondwana, análoga a la del Karoo y Uitenhage, a la que se puede añadir la de los Vindhya, y las formaciones litorales iguales a las de Africa Austral. También se presentan los *trapps del Dekán*.

La zona arcaica, formada casi toda por neises, comprende la isla de Ceilán, las costas E. y O. de la península hasta el Ganges y hasta el Dekán, a la que hay que sumar los asomos de Gwalior, y los Arvali. La serie de Gondwana (que es detrítica) recuerda el conglomerado de Dwika, de la serie del Karoo, a la que parece corresponder la parte inferior

de aquella. El Gondwana superior yace en discordancia sobre el inferior, del mismo modo que en Africa lo hacen las capas de Uitenhage sobre las del Karoo, pero estas últimas forman mesetas y no las forma en la India el Gondwana inferior, pues hubo allí una gran denudación antes del depósito del superior. Si algo queda del Gondwana inferior, es gracias al hundimiento que sufrió esta formación entre los macizos de neises. *Todo lo que quedó en alto* fué barrido.

La costa oriental de la India era casi la misma que hoy, a mediados de la edad mesozoica. Se ven algunos asomos secundarios desde Quilón (situados en la costa O.), cerca del cabo Comorín, hasta más arriba del Godavari. Más al N., cerca del Ganges, cesan las capas secundarias marinas y en cambio se ven asomos basálticos, lo que prueba que allí ocurrieron recientemente grandes movimientos y erupciones. Los asomos cretáceos se repiten en la ladera meridional de la sierra de Garo al S. del Brahmaputra.

La costa occidental es muy distinta. Desde Quilón, donde terminan los depósitos marinos de la costa oriental, el borde de la meseta litoral está constituido hasta Bombay por el macizo neísico, y desde Bombay a Camboy por las rocas del Dekán. En el golfo de Camboy empiezan las transgresiones cenomanenses, que, como no son análogas a las del Natal y del Japón sino a las de Arabia y Egipto, hacen suponer que durante el cretáceo medio hubo dos mares: uno que llegaba desde Europa hasta Camboy atravesando el N. de Africa y Arabia, y el otro que ocupaba el S. E. de Africa, la India y las montañas de Asam. Estos mares debieron *ensancharse* en la época cenomanense.

La estructura de Madagascar es análoga a la del Africa Austral y de la India, y su centro, formado por neises y granito, se muestra como un pilar bordeado al E. por asomos

eruptivos. Las islas Seicheles, prolongación del centro de Madagascar, son graníticas, y eruptivas las de la Reunión, Mauricio y Rodríguez, situadas a levante. Hacia el E. presenta Madagascar su arista divisoria de aguas, al lado opuesto de la cual sólo asoma la formación moderna en la costa occidental.

Así, pues, la India, Madagascar y el Africa Austral tienen los caracteres comunes de una meseta continua en otro tiempo. En la India comenzó el hundimiento entre el Gondwana inferior y el superior, próximamente en el liásico; en el Africa Austral fué anterior al neocomiense y posterior al triásico, y hacia la mitad de la época cretácea debió existir una barrera entre la fauna mediterránea y la índica, formándose dos mares cretáceos.

Más adelante examina el autor si los grandes hundimientos han podido producir un descenso general de las costas y la emersión de mesetas, tales como el Sahara y Arabia.

Dentro del originalísimo método seguido en su obra por Suess, está la vuelta periódica al mismo problema geológico, considerado cada vez desde un nuevo punto de vista. Ya cita la Plataforma Rusa como lugar de referencia para todo el orden stratigráfico en Europa, pasando por las regiones plegadas de los Cárpatos y los Alpes, por las llanuras del centro y por los pilares que a su través asoman, o ya la abandona para volverla a considerar en su semejanza con el Escudo Canadiense; de igual modo, habla de las cordilleras que parece que faltan a la regla general o que no corresponden a las líneas directrices de los Alpes (como son los Pirineos, la cordillera dinárica y los montes Mesques), y luego de darlas de lado, vuelve a ellas para explicar su probable significación en el conjunto general, explicación

que se ha hecho posible merced al examen de otras comarcas lejanas cuya descripción, incluida en capítulos intermedios, quizás pareciese una digresión importuna. Así, tras la descripción del Mediterráneo, pasa a la exposición de la estructura de las mesetas desérticas de Africa y Asia y de los restos del Continente Índico, regiones que se extienden al sur de la zona plegada; tras esto entra en el examen de la parte oriental de esta zona, y dedica el séptimo capítulo de la segunda parte de su obra al análisis de las cordilleras asiáticas, lo que le sirve para conducirnos como de la mano a examinar, en el capítulo octavo, las relaciones que tienen con las de Europa, describiendo sus trastornos y anomalías y poniendo de manifiesto, con admirable sagacidad, cuál puede ser la naturaleza de aquellas cordilleras antes citadas como rebeldes al plan general del sistema alpino y que parecía que Suess no había querido abordar.

Las cordilleras asiáticas.—Las grandes cordilleras que se alzan al N. de la India, forman cuatro arcos principales:

El *arco iranio*, que nace en el Curdistán, limita la Mesopotamia, bordea el Golfo Pérsico y remonta el curso del Indo.

La *cordillera de la Sal*, de mucho menor tamaño, que describe un arco agudo.

La *cordillera marginal del Himalaya*, que llega desde el Jelan hasta el valle del Brahmaputra.

Las *cordilleras birmanas*, que, casi paralelas en su principio al Himalaya, se encorvan luego y llegan desde el Brahmaputra por el cabo Negrais en Birmania hasta las islas Andamán y Nicobar.

Todas las observaciones corroboran que en las *cordilleras exteriores del Iran*, o sea en el primero de esos cuatro arcos que abarca desde el N. de Mosul en el Tigris hasta

Defta-Ismail-Jan en el Indo, los pliegues se dirigen desde el Tigris al Beluchistan rodeando la meseta irania; acaso forman un haz en el estrecho de Ormuz, pero desde allí siguen uniformemente hasta el Indo. La serie estratigráfica comienza por el terciario (el Schlier) en la zona externa, siguen las capas numulíticas y a éstas las cretáceas, y luego un gran vacío en la serie hasta las paleozoicas que asoman principalmente en la zona interna. Por eso dice Suess, que este arco montañoso parece, por su composición y estructura, *una parte plegada de la meseta desértica*; en cambio, al E. los pliegues exteriores encuentran a las areniscas secundarias de la meseta de la India.

La *cordillera de la Sal* es una parte de la cenefa externa terciaria de las cordilleras iránias, que en vez de apoyarse tranquilamente, como el resto de la cenefa, sobre la masa de las cordilleras, se levanta formando un escalón, un resalto brusco del terreno que pone al descubierto las formaciones sucesivas, desde las carboníferas hasta las terciarias. La cordillera se dobla en forma de S (o más bien dibuja un cigüeñal por cuyo cuello se abre paso el Indo); abundan mucho en ella los accidentes estratigráficos.

El tercer arco es la zona terciaria que se alza delante del Hindu-Kux y del Himalaya, y se desarrolla con desigual anchura desde el O. del Jelan hasta la costa de Arracan; la forma y naturaleza de los accidentes que afectan a esta zona de ante-montañas terciarias acusan, la acción de dos fuerzas sincrónicas de plegamiento: una dirigida al S. O. en el Himalaya, y otra al S. E. en el Hindu-Kux; en el punto de encuentro de ambas series de pliegues, en el valle del Jelan, puede comprobarse que la acción plegadora del Hindu-Kux prevaleció sobre la del Himalaya.

Las comarcas del *Pamir* y de Spikpi y el macizo de Zanskar, muestran que la serie de pliegues paralelos de

esta parte del Himalaya obedece al mismo plan uniforme, y las capas mesozoicas, si bien dispersas en algunos puntos, reaparecen en las mesetas de más al N., en el Tibet por ejemplo. Esta disposición general persiste, y aunque hay muchos accidentes entre las comarcas de Ladac y Ruxpur y la meseta del Tibet, en la imponente masa del Mustag vuelven a señalarse la dirección y el movimiento tangencial de la cenefa terciaria.

La parte meridional del Hindu-Kux está formada por capas mesozoicas pertenecientes a los mismos depósitos, que hoy sólo se encuentran en jirones aislados en el Himalaya, el Caracorum y el Tibet. Esta zona mesozoica cabalga sobre el eoceno de la comarca terciaria de Rawalpindi y el Jelan, y detrás se hallan rocas antiguas, granitos y neises análogos a los del Pir Panyal. En suma, en esta zona montañosa se evidencia el empuje hacia adelante.

La meseta del Pamir se compone de cordilleras plegadas en varias series que todas se alinean de S. O. a N. E., como las del Hindu-Kux, y se encuentran de súbito con las de Caxgar, orientadas al N. N. O.; el Hindu-Kux debe enlazarse con el Mustag por medio de una curva continua.

Subiendo desde el valle del Indo hacia las montañas se encuentran: primero, las colinas del grupo de Corana, compuestas de las mismas rocas que la meseta de la India; luego, la cordillera de la Sal, en la que bajo las rocas terciarias asoma el basamento más antiguo; después, las ante-cordilleras terciarias del Hindu-Kux y del Himalaya, precedidas por accidentes que pasan de uno a otro sistema con cabalgamiento hacia el exterior, de manera que en algunos puntos de la cenefa asoman las rocas antiguas y los granitos (Pir Panyal, por ejemplo). Así, las distintas zonas del Himalaya vense alineadas paralelamente a la cenefa terciaria y tendidas hacia el S. O., en este orden: el Pir Panyal,

la faja mesozoica de Caxmir, la faja neísica de Zanscar, la mesozoica de Spiti, la neísica de Ladac y los jirones mesozoicos de Baltistan hasta la neísica del Mustag.

Las *cordilleras birmanas*, que forman un extenso haz, proceden del E. del Tibet; se dirigen primero al E. S. E., luego al S. y luego al S. O., prolongándose por las islas Andamán y Nicobar; es dudosa su unión con el Himalaya. Están formadas por tres zonas: la occidental que alcanza hasta el triás, la central terciaria y la oriental de rocas antiguas, principalmente arcaicas.

Los arcos del Himalaya y de las cordilleras birmanas se hallan frente a frente, y ambos enfrente también de la meseta de Xillong. La cordillera occidental o del Arracan es un solo y largo pliegue que avanza por la costa del mismo nombre hasta el cabo Negrais. La homogeneidad de la formación, los volcanes de fango, los yacimientos de sal y de petróleo y la presencia de las serpentina semeja esta zona a la de los Cárpatos y hace que se la pueda considerar como una facies de flisch.

La zona media, situada hacia el valle del Iraguadi, entre la cordillera del Arracan y la alineación de la península malaya, contiene muchos volcanes extinguidos; se puede considerar como una depresión comprendida entre la zona occidental de flisch y la oriental de rocas arcaicas, y donde se depositaron las capas terciarias marinas y otras terrestres con la fauna de los Siwalics correspondiente al pónico. La zona oriental arcaica y paleozoica, y formada también por neises y granito, constituye toda la península malaya.

Las islas de Sumatra y Java, tan ricas en volcanes, revelan su íntima relación con los arcos birmanos y, según Wallace, en el archipiélago malayo, como en el Mediterráneo y como en las Antillas, se observan restos de un antiguo continente *hundido en fragmentos* y cuyas líneas de

costa ofrecen aún señales de conmociones debidas o otra clase de fenómenos.

De los cuatro arcos que avanzan hacia la India, los dos del centro presentan más marcado el empuje hacia el S. que se nota en los cabalgamientos. Los países zagueros de estos arcos montañosos, difieren mucho entre sí; el del arco iranio es el borde plegado de una meseta de análoga constitución a la de su cenefa terciaria.

Las cordilleras del Hindu-Kux, desde la de la Sal hasta el Pamir, y el Tian-Xan, pertenecen a un mismo sistema de plegamiento sometido a enorme compresión.

El Himalaya pertenece a la mayor región que ha sufrido un plegamiento homogéneo, pues alcanza desde el Butan hasta la Mongolia, o sea unos veintidós grados de latitud. Todas las cordilleras que la forman: el Himalaya, el Cuen-Lun, el Altyn-Dag, el Nan-Xan, la cordillera de Humboldt, etcétera, hasta el desierto de Gobi, siguen el rumbo general al S. E. (a excepción de la cordillera de Ritter, al S. del Nan-Xan).

Las cordilleras birmanas (o arco malayo), avanzan mucho hacia el N. N. O. y no es fácil determinar su unión con el arco himalayo; Suess, juzgando por los datos que entonces tenía, se inclinaba a pensar que tal vez fueran las birmanas continuación de las cordilleras interiores del Tibet.

El autor deja para más adelante ocuparse de estas cuestiones, así como de la meseta de Australia, de las cordilleras que corresponden a las islas que la rodean y a las que contornean la costa oriental de Asia y que dan al N. del Pacífico tanta semejanza con la meseta india.

Relación entre las cordilleras de Asia y de Europa.—Por lo mucho que enseña acerca de la estructura y la génesis de los grandes sistemas de montañas, es sumamen-

te interesante este capítulo, en el que Suess hace la comparación entre los Alpes y las cordilleras asiáticas. Movimientos tangenciales han originado ambos sistemas, pero tienen muy diversa disposición sus líneas directrices, y conviene examinar el Tian-Xan y sus ramas occidentales a fin de determinar cuál es la última cordillera oriental de Europa y la última occidental de Asia, y como consecuencia, cuál es el carácter fundamental de la disposición de los Alpes.

El Tian-Xan es un sistema montañoso orientado de O. S. O. a E. N. E. que comienza en el desierto de Gobi y llega hasta la depresión del Turan; presenta muchas ramificaciones y alcanza 300 kilómetros de anchura en el meridiano de Caxgar. La disposición del Tian-Xan es inversa a la de los Alpes, pues en éstos la convexidad es hacia el N. y en aquél hacia el S. En los Alpes predominan las rocas homogéneas en las vertientes meridionales, que son las más ásperas, mientras que en el Tian-Xan lo son las septentrionales y en ellas predominan las rocas compactas, pero el plan de estructura tiene igual armonía en ambos sistemas.

El plegamiento del Nura-Tan, arrumbado al N. O., se puede seguir desde el O. del Alai por la meseta del Ust-Urt hasta el Donetz y el Aral en Rusia, y acaso hasta los montes Sandomir en Polonia.

La composición y estructura del Paropamiso y cordilleras que de ésta se derivan, orientadas todas al N. O., muestran que son prolongación del Cáucaso por el lomo submarino que se extiende de Bacú al golfo de Krasnowodsk, situado entre el grande y el pequeño Balcan.

Los Cárpatos tienen en su parte oriental estructura sencilla, presentándose como una cordillera plegada hacia el exterior y hundida hacia el interior. El estudio de las cordilleras de la parte meridional de Austria y de la península de los Balcanes, muestra que el *enlace de los Cárpatos con*

los Balcanes se efectúa merced a una torsión general en la dirección de las cordilleras.

El marco orográfico de la depresión rumana recuerda la arqueada cenefa que alrededor del Mediterráneo Occidental dibujan las cordilleras del N. O. de Africa y la Penibética; pero en tanto que en éstas el plegamiento se dirige al exterior y el marco corresponde a un hundimiento análogo al del N. de los Cárpatos, en la región rumana la llanura está limitada por el borde externo de una cordillera y falta la línea continua de volcanes que orilla el Mediterráneo.

Es tan completa la concordancia en la forma y disposición de los terrenos superiores al jurásico entre los Balcanes y Crimea, que ésta debe considerarse como prolongación de aquéllos.

Pero también hay que tener en cuenta que los pliegues septentrionales de los Balcanes y del Cáucaso obedecen a un empuje hacia el N. (según el tipo europeo), mientras en los meridionales del Cáucaso se observa la caída hacia el S., de manera que en esta región debe buscarse el límite entre los empujes que actúan hacia el S. en Asia y hacia el N. en Europa.

La costa S. del Caspio corresponde a los arcos occidentales del Iran; la del mar Negro, en el golfo de Trebisonda, a los arcos táuricos, y los promontorios de Apcheron y Tarmán tienen la orientación del Cáucaso. La estructura de Chipre denota que en esta isla se halla la continuación de las montañas táuricas, mientras que por Creta se prolonga la rama dinárica que forma la costa dálmata, y así encontramos los restos de un gran arco formado por la rama dinárica al O. hasta Creta y al E. por el Taurus hasta Chipre, al que llamaremos *arco dinaro-táurico*, y cuya parte media ha desaparecido en absoluto por hundimiento. Así se delimita una nueva región que abarca el O. y el S. de la penín-

sula de los Balcanes, y al mismo tiempo se explica la extraña inserción de la rama dinárica en los Alpes. De forma que las ramas montañosas de Asia se separan para formar por un lado las cordilleras del Taurus, y por otro las montañas costeras que, con las primeras, limitan la altiplanicie de estepas salinas de Anatolia.

La disposición de los Alpes influye en los contornos del O. del Mediterráneo y del S. de Europa. El empuje tangencial, siempre en el mismo sentido, se manifiesta en el Jura, en el tronco principal de los Alpes y los Cárpatos, en Transilvania y los Apeninos; faltan a esta regla los Pirineos y la cordillera dinárica.

En el centro y O. de Asia hay dos grandes grupos de cordilleras: las meridionales, muy convexas hacia el S. y apretadas en haces, y las septentrionales, menos convexas y que se prolongan en largas ramas rectilíneas; ambos grupos se unen por pliegues intermedios y ofrecen un vivo contraste, como ocurre entre los montes de Caxgar y el Tian-Xan y entre los montes Mesques y el Cáucaso. A Europa llegan dos ramas del Tian-Xan: una sigue la línea Alay, Nura-Tan, Manquixalac y cuenca del Donetz, en Rusia; la otra en el Paropamiso hacia el gran Balcan y Krasnowodosk (por donde cruza el Caspio), Crimea y los Balcanes, donde hallamos una violentísima curva que conduce por la cordillera frontera de Transilvania y Rumania a los Cárpatos; de modo que si la cordillera dinárica corresponde a la serie de arcos meridionales hacinados, el tronco principal de los Alpes debe ser prolongación de los arcos septentrionales, es decir, de las ramas occidentales del Tian-Xan. Al mismo tiempo se observa que el empuje y la convexidad de los pliegues alpinos, que es hacia el N., se vuelven en Asia hacia el S. desde los Cárpatos, y esta cordillera cabalga sobre dos regiones de diferente estructura: la Plataforma Rusa y los Sudetes.

El paso de los Balcanes a los Alpes recuerda e' frunce de la cordillera de la Sal en la cenefa externa del Hindu-Kux.

No es evidente la causa de la disposición de los Pirineos, que parece originada por movimientos dirigidos en sentido contrario del vortiginoso general de los Alpes, pero acaso se los pueda considerar como continuación del tronco principal de esta cordillera replegada sobre sí misma.

Los Apeninos y las cordilleras del N. O. de Africa y la Penibética tienen alguna semejanza con los grandes arcos asiáticos, pero han sufrido la influencia de la Meseta Ibérica.

La estructura de los Urales recuerda la de las grandes cordilleras del Tian-Xan, aunque son ajenos a éstas, y en ellos el empuje tangencial se dirige hacia el exterior. Su cenefa interna está bordeada por rocas eruptivas antiguas, y su rama meridional se prolonga por los Mugoyars hasta la meseta del Ust-Urt, donde se halla la divisoria entre el Aral y el Caspio.

La disposición de los Urales, de sus cordilleras secundarias, tales como el Pae-Joi y el Constantinow Jamen, y la de su ante-país, demuestran que en las costas del Océano Glacial aparecen los mismos rasgos fundamentales de estructura que en las llanuras del Indo. Sus cordilleras de plegamiento se desarrollan de igual modo, aquí antes del jurásico superior y allí después del terciario; pero mientras que en el S. el empuje tangencial actúa siempre hacia el mediodía, en los Urales se ejerce hacia el O. y en el Pae-Joi hacia el N. O.

Cinco grandes arcos convexas hacia el S. separan las regiones plegadas del norte de las mesetas septentrionales de Africa, Arabia y la Península Índica: el arco malayo, el himalayo, el exterior aplanado del Hindu-Kux, el iranio y el dinaro-táurico. El arco malayo y su tras-país se han roto lo mismo que la parte media del arco dinaro-táurico, como lo muestran los bordes caprichosamente recortados de las Cé-

lebes y Halmaheira en Malasia, y de la Calcídica y de Morea en Europa.

En la cenefa externa de estos arcos suelen estar plegadas las capas terciarias, y en algunos puntos se encuentran los depósitos de esta edad a gran altura, lo que indica que, desde mediados de la edad terciaria hasta época muy reciente, se han producido grandes empujes tangenciales que plegaron el fondo del mar que se extendía por el centro de Europa y de Asia, mientras que las mesetas del sur permanecieron tan ajenas a esos empujes como los pilares y la parte antigua del centro y occidente de Europa.

Por el norte de los cinco arcos citados, el Tian-Xan se dirige hacia Europa, y por el Paropamiso se une con el Cáucaso, los Balcanes y los Cárpatos, los cuales avanzan sobre la Plataforma Rusa y los Sudetes; algo más al O. se produce una gran torsión y el empuje es en lo sucesivo hacia el N.

El trayecto de todos estos arcos se revela en la forma del mar Caspio y en las islas de Creta y Chipre, en el Egeo; pero este mar, así como el Negro, muestran en sus contornos que proceden de un moderno hundimiento, a diferencia del Caspio que es resto de un antiguo mar interior.

Independientes de todos estos plegamientos parecen los montes Matchin en el Danubio, los Urales y otros macizos situados al N. de Rusia, como los de Nueva Zembla.

En los capítulos IX, X y XI se ocupa el autor de la estructura de América continental e insular, como previo estudio para hacer en el capítulo último un resumen de la disposición de las masas continentales del Globo.

En aquéllos se expone la marcada división de América en dos masas independientes (que a veces se ha querido denominar América y Colombia), mostrando que corresponde la primera a la faja, continua en otro tiempo, que

unía el Canadá con Europa, y la segunda al continente brasileño-africano, mientras que América Central, así la tierra firme como las Antillas, forma parte de una cordillera plegada en la prolongación de la depresión mediterránea, cordillera que parece seguir el contorno de América meridional por el N., el O. y el S., y presenta dos fuertes inflexiones: una al cambiar la alineación casi E-O. que presenta en Venezuela por la N-S. de la costa occidental, y otra al pasar de la última a la O-E. que vuelve a tomar en la Tierra del Fuego. Pero la naturaleza de este plegamiento se halla envuelta con el oscuro problema de la formación del Océano Pacífico, y nada positivo aventura Suess sobre tan incierto asunto.

América del Sur.—Las islas próximas al Brasil son volcánicas, como Fernando de Noronha y Abrolhos, y en cambio en el continente no se halla señal alguna de actividad volcánica. Las sierras arcaicas y paleozoicas de la costa oriental, señalan casi la divisoria de aguas de esta parte del continente, de modo que se forma hacia el interior una bacia cuyo centro ocupa el carbonífero, que también existe en la parte oriental de la cuenca del Amazonas que llenan los depósitos paleozoicos. En medio aflora el devoniano de Monte Alegre que corresponde a un anticlinal, y excepto en este punto, el devoniano sólo asoma fuera de la cuenca, al O. de la faja paleozoica. A estas rocas antiguas sigue inmediatamente el cretáceo, lo que parece indicar que durante este período existió un gran golfo en la cuenca actual del Amazonas.

La estructura del país es la misma al N. del Amazonas y en las Guyanas hasta el Orinoco, donde cambia por completo.

Las cordilleras argentinas abarcan desde las cercanías de los Andes hasta el cabo Corrientes y se componen de

varias series sucesivas. Las más septentrionales, situadas en la región del Gran Chaco, en las fuentes del río Bermejo, están formadas por el siluriano en su parte más oriental, mientras que al O. asoman el arcaico y el granito. Todas se dirigen de N. a S., pero al llegar a la provincia de Buenos Aires se hallan dos sistemas de sierras: la de Tandil, que forma el cabo Corrientes, y la de la Ventana, orientada de N. O. a S. E. Su estructura es idéntica; presentan en la ladera N. E. pórfidos y granitos, y en la S. O. el siluriano.

Su constitución y la prolongación de sus capas por debajo de la llanura, comprueban que estas sierras orientales se deben considerar como desviación de las occidentales arrumbadas de N. a S. Esto indica que la desviación de los Andes hacia el S. E., por la isla de los Estados, es general y obedece a una disposición en haz análoga y de igual orientación que la del Tian-Xan en Asia. Entre las ramas del haz se intercalan depósitos modernos, como los de Patagonia y Catamarca.

La costa occidental de América del Sur sigue la dirección de los Andes, o sea: al S. E. en el Perú hasta el golfo de Arica, al S. en Chile y al S. E. y E. en la Tierra del Fuego.

En el Perú hay dos cordilleras: la de los Andes y, más a levante, la de Illimani e Illipangu que tiene mayor altura.

En Chile hay una cordillera, prolongación de la de los Andes peruanos, y otra costera y discontinua, y entre ambas se extienden el desierto de Atacama y los Llanos de Chile. Este valle longitudinal desaparece bajo el mar más al S., en la bahía del Corcovado, y lo cruzan muchos valles transversales que en la parte meridional sumergida forman canales entre las islas Chiloé, Chonos, etc., que corresponden a las cordilleras costeras.

La estructura de la cordillera oriental del Perú y Bolivia es idéntica a la de las sierras argentinas, pues presenta el

granito y el arcaico en su falda N. E., y luego se compone de siluriano, sobre el que yacen el devoniano y el carbonífero (cerca del lago Titicaca), y más al O. el permiano que sirve de base a la cordillera occidental, o de los Andes propiamente dicha, que pertenece a la formación secundaria y corresponde por su estructura a la cordillera chilena principal, lo mismo que la oriental del Perú y Bolivia corresponde a las argentinas. En esta zona mesozoica se hallan los volcanes y los yacimientos de plata, y la mayor parte de su zona occidental se compone de jurásico, con muchas intrusiones hipogénicas, principalmente traquíticas.

Los volcanes activos se distribuyen en dos líneas: la más septentrional se extiende desde Bolivia hasta los 26° de latitud sur, y está toda en la faja jurásica, y la más meridional desde el 34° se dirige hacia el S., separándose de la faja jurásica que se desvía hacia el S. E., siguiendo la inflexión general de los Andes.

A esta zona jurásica de la cordillera principal sigue hacia el O. una gran depresión longitudinal que corresponde al desierto de Atacama y al valle longitudinal de Chile. En ambas se observan, además de las formaciones mesozoicas, diversas rocas hipogénicas que forman casi todo el subsuelo; las más antiguas se hallan en la parte O., cerca de la cordillera de la costa, y al E. las más modernas, hasta las lavas y la piedra pómez.

Las cordilleras de la costa se componen de capas muy plegadas, trastornadas y de *aspecto antiguo* que en su mayoría son metamórficas y deben su transformación a las rocas eruptivas que las acompañan. Hay también rocas indudablemente antiguas, y hacia el S. (en la bahía de Talcahuano, por ejemplo), vense capas secundarias y terciarias que se apoyan en la cordillera litoral y que buzan hacia el mar, donde forman algunas islas, tales como Huafo, Soco-

ro, etc., algo alejadas de la costa, mientras que las inmediatas, como Chiloé y Chonos, pertenecen a la cordillera litoral y se componen de las mismas rocas que ésta.

Estas rocas metamórficas de aspecto antiguo, se prolongan por el despedazado país que sirve de límite meridional al continente americano. En la Tierra del Fuego reaparecen las rocas secundarias muy semejantes a las del promontorio de Arica, lo que demuestra que el extremo meridional de América no es prolongación de la cordillera principal de los Andes, sino de la litoral. Todo confirma la generalidad de la inflexión de las cordilleras suramericanas, anunciada ya por el estudio de las argentinas orientales.

Obsérvanse en El Ecuador dos cordilleras andinas paralelas: la oriental, formada por neises, micacitas y otras rocas arcaicas, y la occidental, por rocas eruptivas antiguas.

En la región *intra-andina* comprendida entre ambas cordilleras se halla una comarca de formación reciente, algunas zonas volcánicas y una arenisca cinabrifera, prolongación acaso de la del Perú. En la parte N. de Bolivia no varía de un modo esencial la constitución de ambas sierras, oriental y occidental, y sólo hay que consignar que poseen gran número de volcanes.

Más al N. se desvía hacia el N. E. el arco de las sierras de Mérida y de Bogotá, que ciñen el macizo brasileño y se compone de neises y granitos sobre los que yace el cretáceo muy fosilífero.

Las cordilleras de Venezuela difieren en su estructura de las de la costa occidental, pues mientras en ésta las rocas más modernas se hallan junto a la orilla, en las de Venezuela están hacia el interior. Las más antiguas asoman en el litoral acompañadas por rocas volcánicas, de modo que, según la regla general, la parte más antigua y ríscosa de las sierras coincide con la costa que desde Valencia hasta la

Trinidad recuerda, por su disposición respecto del mar Caribe y de las Antillas, la de la cordillera del N. de Africa desde el cabo Bon al estrecho de Gibraltar con relación a la costa meridional de España. El mar Caribe corresponde a un hundimiento, como el Mediterráneo Occidental, y lo atestiguan las regiones sísmicas de Cumana y de Caracas.

Véase la armónica estructura que presenta América del Sur: después de la inmensa meseta del Brasil con las capas paleozoicas horizontales y el enorme vacío entre el primario y el cretáceo que, lo mismo que en otras mesetas, se observa allí en la sedimentación, se hallan, marchando hacia el O., las sierras argentinas y la oriental de Bolivia que son arcaicas, o al menos *con aspecto de tales*; luego vese la zona siluriana; luego la jurásica coronada de volcanes que forma la cordillera principal de los Andes, y por fin, en la costa, en lugar de una facies de flisch, como se observaría en Europa, surge la cordillera litoral casi en absoluto arcaica, con neises, micacitas y rocas hipogénicas antiguas y a trechos asomos de cretáceo (único terreno que contiene fósiles). Estas cordilleras, más o menos continuas, se extienden desde Arica por la costa e islas adyacentes y se encorvan hacia el E. por la Tierra del Fuego.

Las mismas rocas de *aspecto arcaico* y las cretáceas constituyen también las grandes sierras de Bogotá y de Mérida, y las de Venezuela que desde el N. del Ecuador llegan hasta la isla de la Trinidad.

Así como en el S. de Europa está hundido el país zaguero de los Alpes, los Cárpatos y los Apeninos, y visible el frontero, en América del Sur la meseta brasileña (país zaguero) se halla emergida, y el frontero yace bajo el mar. En Europa los volcanes se hallan en el borde interno; en América en el eje de las cordilleras, y no siguen la desvia-

ción de éstas por la Tierra del Fuego y Venezuela, sino que se circunscriben a la costa del Pacífico. En Italia son igualmente ácidas las rocas de los volcanes continentales y las de las islas volcánicas inmediatas; en América son ácidas las continentales (rocas traquíticas y andesíticas), y básicas (basaltos y fonolitas) las de las islas, lo mismo las de la costa oriental, como Fernando de Noronha, que las de la costa occidental, como las Galápagos.

Suess se muestra muy reservado en cuanto a la edad de los Andes y a su modo de formación. Para admitir que los Andes se formaran por un empuje lateral seguido de un gran hundimiento en el geosinclinal del Pacífico, se tropieza con la dificultad de explicar la inflexión de los Andes en la Tierra del Fuego y aun más en Venezuela.

No son seguros los datos paleontológicos que hacían suponer (por la existencia de fósiles más modernos en lo alto de los Andes), que la cordillera andina se había levantado muy recientemente. Es dudoso que el terciario participase de los movimientos alpinos, pero es un hecho que el cretáceo se halla fuertemente plegado, y desde luego en ningún punto se comprueba una caída general de la margen externa, como ocurre en los Alpes y en el Himalaya.

Suess no se pronuncia en ningún sentido respecto de la índole del fenómeno tectónico que origina los actuales movimientos sísmicos en la costa de Chile.

Las Antillas.—Las formaciones antiguas no siguen la dirección del istmo de América Central que une la del Sur con la del Norte, sino que le son perpendiculares, como puede observarse en las sierras de las Minas y del Merendon en Guatemala.

Las Antillas están constituídas por una cordillera que separa el mar Caribe del Atlántico y del Golfo de México;

esta cresta montañosa se bifurca en Haití y se prolonga por Jamaica hasta Honduras, y hasta esta misma región alcanza la prolongación de la Sierra Maestra de Cuba, de manera que puede decirse que América Central pertenece, por su estructura, a la formación insular de las Antillas.

La cordillera septentrional de las Antillas parece prolongación de las del Yucatán; la meridional prolongación de las de Guatemala, y por tanto América Central y las Antillas son independientes de las Américas del Norte y del Sur, que se deben considerar como dos continentes distintos.

El autor divide las Antillas, para su estudio, en tres zonas: la *primera zona*, en el interior del arco, es volcánica reciente y comprende varias islas de las pequeñas Antillas, tales como San Cristóbal, parte occidental de Guadalupe, la Martinica, la Granada, etc.

La *segunda zona* es montañosa y se asemeja a las cordilleras litorales de América del Sur; compónese de rocas antiguas y metamórficas, y de cretáceo como único terreno fosilífero, además de una faja terciaria que sirve de transición a la tercera zona. Comprende Cuba, Haití, Puerto Rico, Santa Cruz, Antigua, parte oriental de Guadalupe y el arco montañoso interior que, por Jamaica, se prolonga hasta Honduras. En las pequeñas Antillas sirve esta zona de marco a la volcánica.

La *tercera zona*, formada por rocas terciarias, abarca las Bahamas y parte de las Barbadas; puede considerarse como prolongación de la Florida y acaso también de la parte llana del Yucatán.

En Cuba la disposición general de los terrenos es la siguiente: el granito asoma bajo las grandes alturas de la Sierra Maestra en el S. E. de la isla, y en su costa meridional hállanse pizarras antiguas; en la septentrional asoma el secundario con la facies del flisch cortado por la hilada de

serpentinadas que forma el espinazo de la isla desde Holguín hasta la Habana. Los terrenos terciarios que se ven cerca del Cauto y de la Habana están horizontales. Análoga es la disposición de la isla de Haití, donde se ve el secundario con petróleo y asfalto como en Cuba, la misma faja central de serpentinadas y las pizarras antiguas del mediodía.

En el O. de Jamaica los terrenos terciarios adquieren gran desarrollo, y también contiene la isla cretáceo y rocas antiguas e hipogénicas en la parte S. O.

En Puerto Rico, las Barbadas e islas intermedias sigue con pequeñas variaciones la misma estructura, pues están formadas por rocas hipogénicas, metamórficas y cretáceo con petróleo.

Así, pues, la zona media de las Antillas o cordillera antillana se compone únicamente de granito, neises, rocas hipogénicas antiguas, serpentinadas y rocas cretáceas que pertenecen a una antigua cordillera y son idénticas a las formaciones de las costeras de América del Sur.

Es la misma serie de rocas que se halla en Grecia, en el Afganistán y en las islas Andaman y Nicobar. La presencia del petróleo en el infracretáceo se observa también en los Cárpatos.

El contorno del mar de las Antillas es semejante al del Mediterráneo Occidental, y con relación al golfo de México es lo que el Mediterráneo del O. respecto al del S. E., y tiene también los volcanes en el borde hundido de las cordilleras, como ocurre en Italia, norte de Africa y mediodía de España.

El golfo mexicano es el país fronterero exterior a la cordillera, y sus contornos no parecen obedecer a los plegamientos montañosos como en el Mediterráneo del S. E. A las islas de Chipre y Creta, restos del arco táurico hundido, corresponden Cuba y Haití, restos de otra cordillera; semejan-

za que hace aún mayor la identidad de sus rocas (serpentina con hierro cromado, flisch y caliza cretácea sobre un basamento granítico).

Así como son frecuentes los terremotos en el Mediterráneo Occidental, en Calabria, en el cabo de Gata, etc., son frecuentes las sacudidas sísmicas en las Antillas, Caracas, Cumana, Guadalupe, etc., y en las Antillas hay que tener en cuenta que, además de esta zona trastornada desde muy antiguo, se han señalado movimientos sísmicos desde la Habana hasta Guatemala, donde recientemente y coincidiendo con los terremotos del O. de Cuba, han aparecido nuevos cráteres.

América del Norte.—La parte oriental de América del Norte presenta fuertes plegamientos arrumbados de N. E. a S. O., y muchas grandes fallas transversales que acusan un movimiento general dirigido del Atlántico al interior del continente.

Sobre esta región plegada por movimientos que comenzaron en la época siluriana, yacen capas de arenisca roja triásica con muchos filones de rocas eruptivas. Dicha región no se halla separada por una cenefa de capas invertidas de un ante-país de diferente naturaleza, sino que ambos, cenefa y ante-país, son idénticos y sus plegamientos van desvaneciéndose poco a poco hacia el O. hasta las Montañas Rocosas.

Desde el N. del lago Superior a la bahía de Hudson y el archipiélago ártico, se extiende una inmensa región llana compuesta de rocas arcaicas, sobre las que se ven a trechos manchas horizontales de rocas paleozoicas. En la parte occidental de esta llanura, que recuerda la plataforma arcaica de Laponia, yace en transgresión el cretáceo, muy rico en carbón, que ocupa las llanuras que se extienden desde

el meridiano del río Colorado hasta el pie de las Montañas Rocosas por toda la parte central del continente hasta Texas y México. Debe tenerse muy en cuenta que si bien en el centro del continente abundan los depósitos terciarios de agua dulce, *en ningún punto de América del Norte se ha hallado la menor señal de depósitos marinos terciarios* (salvo en una pequeña extensión de sus costas y de la depresión del Missisipi).

En el centro de la llanura cretácea, al O. del estado de Sur-Dakota, se halla la curiosa formación de las Blak-Hills, montañas en que asoman los terrenos arcaicos, el primario y el granito, rodeadas por una depresión en que yacen varios niveles del secundario, tales como el jurásico, no observados en otros puntos de América del Norte, y donde, como en la Salt Range de la India, la serie estratigráfica se presenta tanto más completa cuanto más próxima se halla a las montañas del interior del continente.

La zona montañosa occidental de Norte América está limitada al O. por el Pacífico y al E. por el pie oriental de las Montañas Rocosas, y en ella marcan tres líneas muy claras que dividen aquella parte de los Estados Unidos en cuatro regiones independientes: la primera sigue la fractura occidental de los montes Wasatch hasta el Gran Cañón del Colorado; la segunda corresponde al límite oriental de la Sierra Nevada de California, y la tercera sigue el golfo y el valle del mismo nombre. Las cuatro zonas son: la primera, las Montañas Rocosas, los montes Uinta, los Wasatch y las mesetas de los ríos Colorado y Verde; la segunda, las Basin Ranges (series de sierras entrecortadas en las cuencas cerradas del oeste); la tercera es la Sierra Nevada, y la cuarta, la Baja California y las cordilleras litorales.

La constitución de las Montañas Rocosas al E. del Gran Lago Salado es igual a la de la región oriental, y sobre todo

a la de las Blak-Hills, pues contienen los terrenos arcaico, paleozoico y secundario, comprendiendo este último el jurásico y el triásico marinos que, aquí como en los Alpes y el Himalaya, se intercalan en el gran vacío que existe entre el permiano y el cenomanense en sus ante-países respectivos.

La cordillera consiste en una serie de lomas alargadas de rocas antiguas en las que se apoya el carbonífero, y que se levantan abruptamente sobre las capas cretáceas de la llanura sin ante-país intermedio. En las regiones débiles se señalan muchos asomos eruptivos y accidentes tectónicos, tales como la falla Mosquito, los grandes lacolitos de los Spanish Peaks y las manifestaciones volcánicas de Yellowstone. Sean cualesquiera el debatido origen y formación de las Montañas Rocosas, parecen los mismos que los de los montes Uinta, y en cambio es muy distinta la estructura de los montes Wasatch.

La meseta del Colorado queda limitada al E. por las Montañas Rocosas y al N. por los montes Uinta; hacia poniente vese la altiplanicie del Utah, limitada al O. por grandes fallas y al S. por los campos de lava de las fronteras del Arizona y Nuevo México. En esta región se reúnen los diversos brazos del Colorado, que se encajona en una serie de terrenos donde predomina el carbonífero y desciende a 1.500 metros bajo la superficie de la meseta en el Gran Cañón, en cuyo fondo se ven rocas arcaicas y silurianas muy levantadas, encima los depósitos carboníferos discordantes y luego toda la serie estratigráfica hasta el terciario lacustre, con algunos vacíos, pero sin discordancia. Esta estructura es la de todo el suelo en el O. de los Estados Unidos, y acaso abarque todo el territorio desde el Pacífico al Atlántico en el S. del país y N. de México.

La bóveda carbonífera de los montes Uinta está limitada por terrenos modernos levantados, que si se colocasen

sobre dicha bóveda alcanzarían un espesor de 900 metros. Entre los Uinta y los Sawatch se alzan dos macizos paleozoicos, y a todos rodea un extenso monoclinual que sirve de límite por el N. E. a las mesetas del Colorado y en el que se observa que el buzamiento de las capas es hacia la región más baja, todo lo cual indica que esta gran región ha descendido en masa y que las montañas intermedias citadas son otros tantos pilares..., y aquí se ofrece de nuevo la comparación ya expuesta al tratar de los campos de descenso de Suabia y Franconia; los pilares se presentan como estacas clavadas en el fondo de un estanque cuya superficie está helada; si baja el nivel del agua, las estacas perforan la capa de hielo y sobresalen. Asombra la idea de que todo el terreno haya alcanzado en otro tiempo 900 metros de altura, y aun más sorprendente y significativo es el hecho de que el río Verde, que procede de los llanos terciarios del N. de los Uinta, atraviese estas montañas, en las que ahonda hasta 900 metros en las cuarcitas, y siga el borde de los montes Lodova, donde hay señales de depósitos terciarios; lo que denota que el río corrió por una llanura terciaria *no interrumpida* hasta que el hundimiento de ésta le obligó a ir excavando su lecho en las rocas antiguas de los pilares emergidos de ella.

Las mesetas del Colorado y del Utah están rodeadas por fallas o monoclinuales; en ellas se abre el Gran Cañón que tiene centenares de metros de profundidad, y se observa además una verdadera *intrusión vertical* de las coladas basálticas a través de las capas; todo lo cual indica que se trata de una región en la que una gran dovela se ha fracturado en diversas épocas y que cada uno de sus trozos ha descendido a distinta profundidad. El descenso de algunos de estos trozos produjo la inyección del magma basáltico subyacente.

Así como en el Colorado y en el Utah se contemplan hundimientos de regiones tabulares, en la comarca de las Basin Ranges, limitada al E. por la falla occidental de los Wasatch y al O. por Sierra Nevada, se pueden observar dos series de movimientos tangenciales posteriores al jurásico y otros verticales terciarios que hundieron la región plegada por los movimientos anteriores, de manera que recortaron las cordilleras continuas en otro tiempo. Como es natural en una región hundida, son allí abundantes las manifestaciones volcánicas. El terreno es arcaico y paleozoico, con rocas hipogénicas modernas en toda la parte oriental; la occidental se compone de terrenos secundarios directamente superpuestos al granito. Estas formaciones se prolongan, aunque con muchas variaciones, hacia el S. por la República de México.

La cordillera de Sierra Nevada puede considerarse como perteneciente a la formación de las Basin Ranges y representante de su cenefa externa, pues su constitución es casi idéntica a la de la parte occidental de las Basin Ranges.

La cordillera llamada Coast Ranges se alza al O. del gran valle californiano y en la península de California. La depresión que ocupa aquel valle y el golfo de California, recuerda la serie de depresiones alineadas por todo Chile entre el desierto de Atacama y el golfo del Corcovado, y aun más notable es la semejanza entre las Coast Ranges o cordilleras litorales de California y las de América del Sur, tanto por la estructura como por la composición, pues en ambas es granítico el basamento y no contienen señales de la serie paleozoica ni de la parte inferior de la mesozoica, ya que (salvo algunos asomos jurásicos) la serie estratigráfica comienza en el cretáceo. En ambas abundan las serpentininas y contienen yacimientos de cinabrio; y se trata, sin duda, del mismo tipo de montañas a que pertenece también la cordillera de las Antillas.

Al N., en los territorios del Oregón, Washington e Idaho, desaparecen estas formaciones bajo enormes mantos de lavas muy modernas.

En el Canadá, junto al lago Winnipeg, los terrenos antiguos se ocultan hacia el O. bajo el secundario, que adquiere carácter litoral al pie de las Montañas Rocosas que probablemente formaban la costa en aquella época, lo mismo que más al S., hacia Nuevo México.

Cuatro son las cordilleras que se distinguen en la Colombia Inglesa: las Montañas Rocosas, donde se halla el devoniano; la cordillera del Oro, cubierta por lavas modernas; la Cascada Range, que no está ya cubierta por estos depósitos y que es independiente de la Coast Range de California, y la cordillera de Vancouver, a la que pertenecen las islas de la Reina Carlota.

Los continentes.—El hecho de que subsistan las denominaciones de Antigo y Nuevo Mundo para designar las grandes divisiones de los continentes, prueba lo atrasado que se halla el estudio racional de conjunto de la superficie terrestre; también es impropia la expresión de Antigo Continente usada para designar el conjunto de Europa, Asia y Africa.

Como fundamento para una nueva nomenclatura, examina Suess, primero, la edad que puede atribuirse a cada continente basándose en la época en que sus partes más bajas fueron definitivamente abandonadas por las aguas del mar.

Al estudiar América del Norte vimos que ocupó su centro el mar cretáceo, y luego, en gran parte, un mar de agua salobre, el lago Laramie, de manera que el mar se retiró de este continente al principio de la edad terciaria.

También en América del Sur son del terciario medio los

depósitos marinos más modernos que se observan en una pequeña porción de la cuenca del Amazonas.

El conjunto de Europa, Asia y Africa se compone de partes muy heterogéneas; la primera comprende el S. y algo del centro de Africa, Madagascar y el Indostán, está emergida desde el fin del carbonífero y en su seno se ha hundido el Océano Índico. Suess denomina esta región *continente de Gondwana*, el cual, junto con una zona de desiertos formada más al N. por el Sahara, Egipto, Siria y Arabia que permaneció sumergida hasta el comienzo del terciario, forma la *Indo-Africa*, unidad caracterizada por la carencia de pliegues desde el fin de la era paleozoica, y da el nombre de *Eurasia* a lo que resta del conjunto de los tres continentes después de haber separado *Indo-Africa*.

La cenefa meridional de Eurasia avanza en grandes pliegues hacia Indo-Africa. Esto origina una clarísima línea de demarcación desde el N. O. de Africa por Malta y Sicilia, islas Jónicas, Creta, Chipre, Diarbequir, Golfo Pérsico, bocas del Indo, pie del Himalaya, el Brahmputra, cordillera del Arracan, islas Andaman y Nicobar, Sumatra y Java. Toda la parte meridional de Eurasia está plegada, y los pliegues avanzan hacia el S. en Asia y hacia el N. en Europa, después de la violenta torsión del arco rumano. Al N. de esta zona plegada están la Plataforma Rusa y los grandes pilares del O. de Europa.

Descomponiendo el Mediterráneo en Occidental, Adriático, mares Egeo y Negro y porción comprendida entre la Pequeña Syrte y Siria, se observa que sólo esta última parte pertenece a Indo-Africa y las otras tres corresponden a Eurasia, así como la cordillera del N. O. de Africa y todas las islas, menos Malta y Gozzo que pertenecen a Indo-Africa. El mediterráneo americano es muy análogo: el mar Caribe ocupa el interior hundido de la cordillera de las Antillas

que tiene, como la que rodea al Mediterráneo Occidental, volcanes en sus bordes. Los hundimientos en países plegados siguen la dirección de los pliegues, como ocurre en Chipre y en Haití; en los países de mesetas, las líneas de hundimiento son indiferentes o rectas, como en la costa de Siria.

El examen del Océano Índico muestra que el Golfo de Pegú y el mar de la Sonda pertenecen a los plegamientos de Eurasia; el Golfo Pérsico es una faja hundida de un antepaís, y el mar Rojo una fosa abierta en una meseta. El resto es una meseta descendida: la parte hundida de Indo-Africa.

Para más adelante deja Suess la comparación detallada de los diferentes contornos del Atlántico y del Pacífico, y, como consecuencia de lo expuesto, dice el autor que deben considerarse cuatro unidades continentales distintas:

La primera *Indo-Africa*, meseta limitada al N. por los pliegues de Eurasia y en los otros bordes por fracturas, y además dividida en dos partes por el Océano Índico.

La segunda unidad es *América del Sur*, especie de escudo limitado por cordilleras, menos al E. y N. E., donde está cortado sin directrices visibles. Las ramas montañosas del O. divergen del tronco común entre el Cabo de Hornos y el Cabo Corrientes, y a esta unidad parece pertenecer la cordillera de las Antillas.

La tercera unidad continental es *América del Norte*, cuyos pliegues se dirigen todos al O. desde el Atlántico al Pacífico. Al N., hacia el archipiélago ártico, se extiende una gran meseta de capas antiguas horizontales.

Eurasia es la porción del mundo de unidad menos manifiesta, a pesar de la enorme extensión de su zona plegada.

No sé si habré acertado a condensar, en las pocas páginas anteriores, lo expuesto tan magistralmente por Suess en las partes primera y segunda de su famosa obra.

Cuando empecé su lectura, con progresivo asombro, comprendí que sólo traduciéndola podría estudiarla al detalle y sin tropiezos. Esta labor me ha sido muy grata y fructífera, descubriéndome nuevos horizontes para las investigaciones geológicas, como a todos los que han efectuado igual tarea.

Así es que me doy por bien retribuido con la enseñanza adquirida. Además, de la obra de Suess deduje el sabio fundamento de lo que D. Lucas Mallada apunta y recomienda en su citado discurso, cuando dice: «Por lo que afecta a la dinámica terrestre (de España), hay esparcidos innumerables datos en centenares de Memorias y bosquejos que contienen varios miles de cortes geológicos en que se representan pliegues, fallas y dislocaciones diversas, faltando únicamente recopilar y ordenar las observaciones de todos, hacer el juicio crítico y sacar las deducciones que nos expliquen muchas particularidades de nuestras cordilleras.»

Y obediente a la indicación del insigne maestro, formulada hace más de veinte años, he comenzado un estudio de conjunto de la tectónica de nuestra península, que, si contra mi deseo, no logro realizar por su magnitud, confío en que siquiera me reporte igual beneficio que la presente traducción: enseñarme mucho de lo que ignoro.

Para terminar, declaro que según avanzaba en la lectura de la obra maestra *Das Antlitz der Erde*, iban acrecentándose mi culto a su autor y mis simpatías hacia el hombre cuyo estilo revela un modalismo espiritual de sumo valer.

Menos afortunado yo que los traductores franceses y británicos, sólo puedo ofrendar hoy tristeza y veneración a la memoria del sapientísimo geólogo, fallecido hace seis años.

Pero el coloso de nuestra ciencia ha dejado un hijo que reverdece sus laureles: el Dr. Frank E. Suess, ilustre Catedrático de Geología en la Universidad de Viena. De él solicité permiso para traducir la obra, y lo obtuve en estos términos:

*Me es muy grato manifestarle, en nombre de los sucesores de Eduardo Suess y en el mío propio, que se le autoriza plenamente para publicar la obra **La Faz de la Tierra**, traducida por usted al castellano.*

Y es para mí y para mis deudos una satisfacción grandísima que la obra de mi padre se pueda apreciar también, desde ahora, en el idioma de Calderón.

Con profunda gratitud correspondo a tan honrosa y galante respuesta. La considero, además, como indicio favorable de que la audaz sinopsis que he hecho de cada capítulo y mi traducción de la magna obra, merezcan al digno heredero de Suess una crítica indulgente.

Madrid, Mayo de 1920.

SOBRE LOS TERREMOTOS

OCURRIDOS EN LAS

PROVINCIAS DE ALICANTE Y MURCIA EN 1919

POR

VICENTE KINDELAN y JOSÉ DE GOROSTÍZAGA

Ingenieros del Cuerpo de Minas.

SOBRE LOS TERREMOTOS
OCURRIDOS EN LAS
PROVINCIAS DE ALICANTE Y MURCIA EN 1919

I

De nuevo el suelo de las provincias de Alicante y Murcia ha sido conmovido por temblores de tierra. Las dos provincias figuran, como es sabido, entre las más sísmicas de España, existiendo varias zonas sismogénicas o epicentros, de las cuales las más extensas son las que corresponden a los focos de Torrevieja y Archena, que, aunque muy próximos entre sí, son distintos e independientes.

Los temblores de tierra en esa parte de la región de Levante de España, han tenido lugar desde épocas bien remotas, pues «háblase por algunos historiadores de terremotos ocurridos en los años 500, 339, 327 y 218 antes de Jesucristo, y se supone que tuvieron gran extensión en la Península Ibérica, conmoviendo también el suelo en que se asienta la ciudad de Murcia».

Quien quiera conocer detalles sobre la historia de la sismología murciana, puede encontrarlos en el libro *Huerta de Murcia*, por D. Pedro Díaz Cason; y también en el capítulo de «Meteorología endógena», correspondiente a la descripción física de dicha provincia, publicado en el tomo XXIX del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*.

En la «Reseña histórica», que forma parte del *Estudio relativo a los terremotos ocurridos en la provincia de Murcia en 1911*, por los Ingenieros del Cuerpo de Minas don Rafael Sánchez Lozano y D. Agustín Marín (1), se da noticia de algunas circunstancias interesantes observadas durante los terremotos más notables ocurridos en esa provincia, deduciéndose que, en repetidas ocasiones, los períodos sísmicos fueron frecuentes y de larga duración.

Entre todos se destaca, por ser el más desastroso, el ocurrido en Torrevieja el 21 de Marzo de 1829, que forma parte de la serie que tuvo lugar desde el 14 de Septiembre de 1828 hasta el 7 de Julio de 1829. Comenzó este terremoto por un pequeño temblor que se sintió a las doce del día; a éste siguió otro, el más famoso, a las seis y cincuenta minutos de la tarde; durante la noche se contaron unos 400, y de 30 a 40 cada uno de los tres días siguientes, con efectos tan extraordinarios, que en un momento quedaron enteramente en ruinas Torrevieja y otros muchos pueblos; de forma que durante el período sísmico quedaron en aquel territorio 2.965 casas asoladas, 2.396 quebrantadas, 57 iglesias y ermitas arruinadas, y 96 molinos y 4 puentes destruidos; y estas calamidades no vinieron solas, pues hubo que lamentar la pérdida de 839 personas muertas y 375 heridas.

En el decenio 1909-1918, Torrevieja figura con 59 temblores, esto es, con algo más del 10 por 100 de los sentidos en todo nuestro territorio peninsular. De esos sismos, 43 corresponden al período iniciado el 30 de Junio de 1909 y terminado el 30 de Septiembre del mismo año; durante los setenta días que duró, se sintieron temblores en diez y nueve, alcanzando las intensidades siguientes: uno el gra-

(1) *Bol. del Inst. Geol. de Esp.*, t. XII, 2.ª serie, pág. 180. Año 1912.

do VII de la escala Forel-Mercalli, otro el VI-VII, tres el VI, cuatro el V, seis el IV y ocho el III (1).

El más fuerte de todos fué el ocurrido el 1.º de Julio a las catorce horas, que derribó un tejado y uno de los muros de una casa bien construída y causó averías en otras, además de la caída y rotura de varios objetos. La repetición de las sacudidas y el que algunas fueran realmente fuertes, produjeron tal temor que muchas personas estuvieron algunos días sin apenas atreverse a entrar en sus domicilios, ni aun para preparar los alimentos. Los dos más fuertes se registraron en Granada, distante 270 kilómetros, y se sintieron (aunque algo menos el segundo) como del grado VII en Torrevieja, Torre de la Mata y Guardamar; del VI en Rojales, Benijofar y Pilar de la Horadada; del V-VI en Benijuzar, Jacarilla, Almoradí, Dolores y San Fulgencio; del V en Bigastro; del IV en Orihuela, Benterri, Callosa, Crevillente, Elche, Santa Pola, Alicante y San Pedro del Pinatar (Murcia); del III en Murcia.

En la mayoría de esos pueblos también se han sentido los últimos temblores de tierra.

II

Por lo que se refiere a la serie de sacudidas sísmicas ocurridas durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 1919, puede decirse que dió principio el día 10 del primer mes, acusando la última sacudida la Estación Sismológica de Alicante el 9 de Noviembre, pues si bien los sismógrafos registraron otra el 29, corresponde a la serie de sacudidas sísmicas iniciada el día 20 del mismo mes y

(1) *Los terremotos alicantinos en Septiembre de 1919*, por D. Manuel M.ª G. Navarro, Director de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada). *Ibérica*, revista semanal del Observatorio del Ebro. Año VI, tomo 2.ª, vol. XII, núm. 301, página 284.

que abraza extensa área, cuyo epicentro sitúa el Observatorio Fabra entre el Noguera Ribagorzana y el Tor (1).

El 10 de Septiembre a las once horas cuarenta y un minutos de la hora legal, es decir, a las diez horas cuarenta y un minutos de la civil (tiempo medio de Greenwich), se produjo una fuerte sacudida sísmica, percibida por casi todos los habitantes de las provincias de Murcia y Alicante. Quince minutos después se sintió otro temblor, y en ese día pudieron apreciarse, según nos dijeron, hasta siete sacudidas bien determinadas. Continuaron los movimientos del suelo en los días sucesivos, y paulatinamente fueron disminuyendo en duración e intensidad durante los meses de Octubre y Noviembre.

A continuación reproducimos las horas de registro en las varias estaciones peninsulares de la serie de temblores de tierra iniciada el 10 de Septiembre, con sus réplicas en la vega del Segura (2).

SEPTIEMBRE: *Día 10.*

	h.	m.	s.	h.	m.	s.	h.	m.	s.	h.	m.	s.
Alicante.....	10	40	46	10	56	57	11	59	15	14	22	42
Almería.....	10	41	02	10	57	15	11	59	34	14	23	02
Cartuja... ..	10	41	20	10	57	41	11	59	57	14	23	22
Ebro.....	10	41	22	10	57	34	11	59	49	14	23	22
Málaga.....	10	41	15	10	57	37	11	59	59	14	23	30
Toledo.....	10	41	28	10	57	41	11	59	57	14	23	30
Fabra.....	10	41	36	10	57	50	12	01	24	14	24	22
San Fernando....	10	42	25	»			»			»		

La estación de Alicante registró otras tres sacudidas, a 11^h 7^m 36^s; a 15^h 49^m 16^s, y a 15^h 51^m y 58^s.

(1) *Ibérica*. Año VII, tomo I, vol. XIII, núm. 314, pág. 95.

(2) *Ibérica*, tomo II, vol. XII, núm. 300, pág. 271. Datos sísmicos de España, tercer trimestre 1919.

Día 11. Nuevas réplicas del temblor del 10, registradas en la Estación de Alicante, a 0^h 38^m 34^s y a 5^h 20^m 40^s; en la Cartuja, a 0^h 39^m 42^s; en la de Almería, a 0^h 39^m 3^s; en el Observatorio del Ebro, a 0^h 39^m y 19^s; en la Estación de Toledo, a 0^h 39^m 25^s, y en la de Málaga, a 0^h 40^m y 3^s.

Día 22. La estación de Alicante registra cuatro réplicas del temblor de la vega del Segura, a 8^h 36^m 29^s; a 10^h 38^m 21^s; a 10^h 48^m 54^s, y a 18^h 9^m 25^s.

OCTUBRE

Día 7. Entre 7 y 8 horas se sintieron varias sacudidas en algunos pueblos de la provincia de Alicante, situados en las márgenes del Segura. En Almoradí, se sintieron con bastante intensidad. (D. Bartolomé Ortiz.) Son réplicas de los temblores iniciados en la vega de dicho río el 10 de Septiembre. (V. *Ibérica*, vol. XII, pág. 284.)

Día 9. La Estación de Alicante registra dos sacudidas débiles, a 8^h 30^m 16^s y a 9^h 0^m 20^s, en Rojales y en Callosa de Segura, como del grado V. (D. Juan G. de Lomas.)

Día 17. En Torremendo (Alicante), se sintieron varias sacudidas de poca intensidad. (De la prensa.)

Día 27. La Estación de Alicante registra dos temblores a 13^h 31^m 21^s y a 14^h 44^m 14^s, sentidos en casi todos los pueblos de la provincia de Alicante situados en las márgenes del Segura. (Sr. Lomas.)

NOVIEMBRE

Día 5. Estación de Alicante. Registra un temblor, a 4^h 45^m 42^s, sensible en casi todos los pueblos de la provincia situados en las márgenes del Segura. (D. Juan G. de Lomas.)

Día 9. La estación de Alicante registra un temblor, a 8^h 9^m 2^s con el epicentro a 50 kilómetros, sensible en casi todos los pueblos situados en las márgenes del Segura. (Sr. Lomas.)

Comisionados por el Instituto Geológico para el estudio de estos temblores de tierra, hasta el mes de Octubre no pudimos realizar nuestra visita a los pueblos de las provincias de Alicante y Murcia antes mencionados, por impedirlo las casi continuas y formidables tormentas ocurridas desde mediados de Septiembre, siendo la más importante la del 9 de dicho mes, que inundó toda la vega del Segura, destruyó grandes trozos de carreteras y líneas férreas, se ahogaron muchas personas y causó destrozos de importancia en campos y pueblos.

Donde más se sintieron los efectos fué en Cartagena, en cuya población perecieron varias personas, se inundaron importantes edificios y los principales comercios sufrieron pérdidas materiales de gran importancia.

Una vez reparadas las vías de comunicación, emprendimos nuestro viaje de estudio, y como ya había transcurrido más de un mes del gran temblor del 10 de Septiembre, no pudimos recoger todos cuantos datos hubiéramos deseado, habiendo desaparecido para entonces algunos de los efectos causados por la sacudida sísmica, entre ellos las grietas que se abrieron en las inmediaciones del Segura, por las que, según dicen, salieron eyecciones de cieno, agua y arena, fenómeno que no pudimos comprobar, aunque no dudamos que ocurriera.

Con motivo del terremoto, no ocurrieron desgracias personales; no tenemos noticia de que de las montañas se desprendieran bloques de piedra, ni de que se alterase el régimen de los pozos de agua, pues si bien nos dijeron

que en algún lugar eso ocurrió, fué tan vago el relato y sin medio de confirmación que hay que ponerlo en duda.

Afortunadamente tampoco ocurrieron hundimientos parciales o totales de viviendas, templos, edificios públicos, etcétera, hechos que dan caracteres catastróficos a estos fenómenos. Los mayores desperfectos fueron en algunas iglesias, cuyas torres y naves se agrietaron, cayendo al suelo parte de las cornisas, empañetados, etc. Las iglesias que más sufrieron fueron las de Torremendo, Dolores, Almoradí y Benejuzar, cuyos templos se clausuraron por amenazar ruina.

Fuera de las iglesias, apenas si vimos daños de importancia, quedando limitados a grietas en muchos tabiques, derrumbamiento de algún techo o paredes de casas de ligera y probablemente de defectuosa y antigua construcción.

La información confirma que, la mayor parte de las veces, a los terremotos precedía un ruido subterráneo, y que vinieron al suelo algunos armarios y estanterías. Está comprobado también que sonaron pequeñas campanas, que se pararon relojes, produciendo todo tal pánico entre los habitantes, que huyeron, abandonaron sus casas y vivieron durante varios días a la intemperie, o en las tiendas de campaña que establecieron en plazas públicas y alrededores de los poblados.

Aunque todo eso tuvo que ser muy desagradable para aquellas gentes, no terminaron con ello sus males, pues a los terremotos sucedieron formidables tormentas acompañadas de verdaderos diluvios, repitiéndose una vez más lo que en otras ocasiones sucedió, o sea el que a los temblores de tierra hayan seguido tempestades con grandes lluvias. Ese hecho sirvió en el siglo pasado a ilustres geólogos italianos y españoles para establecer una relación entre la meteorología endógena y la atmosférica.

III

Para fijar la duración de los sismos no tenemos otros datos que los facilitados por los moradores de aquellos lugares. Coinciden todos en que duraron desde uno a seis segundos, siendo el más largo el del 10 de Septiembre.

La intensidad acaso sólo pueda apreciarse por los daños causados en los edificios y obras de fábrica, pues de prestar oídos a lo que decían la mayoría de los vecinos de las pequeñas aldeas, debieran clasificarse entre los grados VII y VIII, o sea llegar hasta el *temblor ruinoso*.

A nuestro juicio, no han pasado del grado V, o sea *temblor algo fuerte*, y a lo más, en la zona epicentral, en Torremendo, Almoradí, Callosa, etc., pudiera incluirse alguno en el grado VI de la escala de intensidades Forel-Mercalli, modificada por Augusto Sieberg, que a continuación se inserta. (La formada por Mercalli en 1888, como modificación de la de Rossi, aparece publicada en el tomo XII, 2.^a serie, año 1911, pág. 198 del *Boletín del Instituto Geológico*.)

ESCALA DE INTENSIDADES

(Forel-Mercalli, modificada por Augusto Sieberg)

I. Temblor insensible.—No percibido por el hombre y sólo conocido por haberlo registrado los sismógrafos en especial sensibles a los terremotos cercanos y los sismoscopios también más sensibles. En algún caso pudiera darse cuenta alguna persona de haberlo sentido, después de constarle su existencia.

II. Temblor muy ligero.—Solamente advertido en medio del reposo completo por alguna persona muy sensible (en especial muy nerviosa), como un estremecimiento o balanceo casi imperceptible, y más fácilmente sentido en los pisos altos que en los bajos y sobre todo estando despierto en el silencio de la noche.

III. Temblor ligero.—Sentido por pocos, en relación al número de los que no se dieron cuenta del fenómeno, como un estremecimiento análogo al producido por el paso rápido de un coche. Rara vez se puede apreciar la duración del temblor y menos todavía la dirección aparente del movimiento. Varias personas se enteran de que lo que sintieron sin apenas darse cuenta, fué un sismo, al saber que otras lo habían sentido.

IV. Temblor mediano.—Apenas sentido fuera de los edificios por algunos. En el interior de éstos percibido por los más, aunque no por todos. Estremecimiento o ligero balanceo del mueblaje y otros objetos, con ligero golpeteo de las piezas de cristalería y vajilla que se encuentran casi tocando las unas a las otras, al modo como sucedería si pasase cerca y sobre un empedrado desigual un carro pesadamente cargado. Las cristaleras se estremecen, crujen las ventanas, puertas, viguería y los pisos de madera. Los líquidos contenidos en vasija de gran superficie relativa (el agua en los lavabos, por ejemplo) se mueven ligeramente. El temblor puede despertar algún dormido y nunca causa espanto, de no estar ya las personas excitadas y angustiadas por terremotos anteriores.

V. Temblor algo fuerte.—Sentido por muchos en calles y plazas, a pesar de la agitación producida por el tráfico ordinario. En el interior de las casas se presentan muchos hechos que observar.

Unas veces se siente un estremecimiento análogo al que hubiera producido un pesado mueble al derrumbarse, y otras, hallándose el observador sentado o en el lecho, le parece sentir como si estuviese en una embarcación agitada por las olas.

El follaje de las plantas se mueve, como si soplará un viento de mediana intensidad, ocurriendo lo mismo con los objetos fácilmente agitables.

Los objetos suspendidos libremente, como cortinas, lamparillas eléctricas y arañas (no muy pesadas), oscilan; las campanillas suenan y los relojes de péndola se paran o describen sus péndolas, al oscilar, arcos mucho mayores que de ordinario, según que la dirección de la sacudida sea perpendicular al plano de oscilación o coincidan más o menos aproximadamente con el mismo, y los parados andan un poco. Las campanas de muelle de los relojes de pared suenan; las lamparillas eléctricas pueden apagarse por establecerse corta circuitos o interrupciones; los objetos de equilibrio poco estable caen o cambian algo de lugar; los cuadros golpean a los muros y se tuercen; pequeñas vasijas completamente llenas de líquidos se derraman; mientras que puertas y ventanas entreabiertas se cierran o se abren más, a veces con rotura de cristales.

Ordinariamente despiertan los dormidos, y alguna vez se refugian las personas al descubierto.

VI. Temblor fuerte.—Todos sienten el terremoto con espanto,

por lo que muchos huyen al exterior. Algunos creen estar a punto de ser derribados. Los líquidos contenidos en vasijas se agitan notablemente; caen cuadros de las paredes y libros, etc., de estantes y aparadores, lo que no ocurre si se encuentran orientados según la dirección predominante de la sacudida. Numerosos cristales de puertas, ventanas y armarios se cierran, y hasta los mismos muebles y otros objetos estables, cambian algo de posición y aun se caen. Tocan solas las campanas pequeñas de las capillas, etc.

En alguno que otro edificio sólidamente construído se producen pequeñas grietas sin importancia, y también se desprende algún poco de estuco o revestimiento de paredes y cielos rasos. En los edificios mal construídos los desperfectos son mayores, sin llegar a ser nunca alarmantes.

VII. Temblor muy fuerte.—En el interior de los edificios muchos objetos aun pesados caen o se mueven, produciéndose grandes perjuicios.

Las campanas de las iglesias tocan solas.

Se enturbian las aguas corrientes y se presentan ondas contra la corriente. En las orillas se pueden presentar eyecciones de arena o guijarro, a la vez que puede cambiar el caudal y la composición de las aguas.

Numerosas casas de tipo europeo (mampostería), a pesar de su sólida constitución, sufren algunos desperfectos, tales como grietas poco importantes en los muros, caída de porciones considerables del revestimiento de las paredes y cielos rasos, desprendimiento y caída de tejas, torcedura de veletas. Rotura y caída de chimeneas de mala construcción, con el estropeo consiguiente de los tejados. Caídas de adornos mal sujetos de las altas torres.

En los edificios construídos con armazón interior y tabiques de madera, los daños, caída del revestimiento, etc., se acentúan.

Los edificios en mal estado, ya por su construcción, ya por el material o por el descuido, como por ejemplo, muchos generalmente habitados por personas poco acomodadas, cobertizos, chozas y aun iglesias, sufren notablemente y aun pudieran destruirse parcialmente.

En cambio no sufren nada los edificios sólidamente construídos con algunas precauciones, como ocurre, por ejemplo, con los de hormigón armado y los de armazón de cañas y madera, muy comunes en los países tropicales.

VIII. Temblor ruinoso.—Todos los troncos de árboles, y en especial las palmeras, se balancean fuertemente, como si las agitase un violento huracán. Hasta los muebles más pesados cambian de lugar o caen al suelo. Las estatuas y objetos semejantes situados cerca del suelo en iglesias, cementerios, etc., o se desvían y tuercen sobre sus pedestales o caen. Los vallados de piedras se derrumban. A pesar de que estén sólidamente construídas, las casas de tipo europeo

sufren notablemente, presentándose rajadas importantes en los muros y se producen tal vez hundimientos parciales. La mayor parte de las chimeneas de las casas, y lo mismo puede ocurrir con las de las fábricas y con las torres que estén en mal estado, caen, con el consiguiente daño en los edificios circunvecinos. Las chimeneas de fábrica de buena construcción sólo sufren desperfectos en su porción más alta.

Los edificios de gran resistencia para terremotos (Japón, etcétera), construídos de piedra o ladrillo, sufren análogos desperfectos que los europeos ordinarios con los terremotos del grado VII, y las casas de madera se deforman. Las estacas carcomidas de los edificios malayos y análogos, se rompen.

Se presentan algunas rajadas pequeñas en el suelo, con salida a veces de arena, y en terrenos húmedos también de agua y de fango.

IX. Temblor destructor.—Hasta los más sólidos edificios de construcción europea ordinaria, sufren graves deterioros, de tal manera que muchos quedan inhabilitados y alguno que otro total o casi totalmente destruído. Los edificios de armazón de madera o metálica ordinaria pierden en gran parte el revestimiento de material y quedan más o menos resentidos. Los edificios de piedra y ladrillo construídos para resistir a los terremotos, sufren notables desperfectos, y algunos, los de madera (rajadas, desenganche de piezas...), pudiendo quedar notablemente torcidos y desvencijados los más viejos y menos resistentes.

X. Temblor muy destructor.—La mayor parte de los edificios de piedra y con armazón, quedan gravemente dañificados y aun destruídos, diferenciándose los construídos más especialmente para resistir a los terremotos en que el tanto por ciento de los muy perjudicados es menos que el de construcción a la europea. Los mismos edificios y puentes de madera sufren averías de consideración y alguno que otro queda destruído.

Los diques y obras análogas quedan con más o menos desperfectos.

Los raíles se tuercen. Las cañerías de agua o de gas se rompen o atascan, se raja el asfalto de calles y plazas, y se presentan elevaciones en el empedrado. En los terrenos poco consistentes y más aún si son húmedos, se abren grietas de hasta varios decímetros de anchura, las que, cuando son paralelas a los ríos y canales, miden hasta 0,50 a 0,75 metros. Pueden desprenderse de los montes, no sólo tierras, sino hasta trozos de roca y rodar a los valles.

Las orillas escarpadas se derrumban en parte, mientras que las bajas se cubren en algunas partes de arena o fango, con lo que se modifica notablemente el aspecto del paisaje. El caudal de aguas cambia con gran frecuencia en fuentes y pozos, y también las aguas de ríos, canales y lagos pueden ser proyectadas a las orillas.

XI. Catástrofe.—Sólo alguno que otro edificio de piedra o ladrillos resiste a la destrucción. Aun de los mismos de madera o de

almazón de hierro quedan arruinados, sobre todo en las cercanías de la línea de fractura. Los más sólidos puentes de cantería y de hierro se destrozan por romperse los pilares de cantería y quebrantarse los de hierro. Algunos puentes de madera resisten, mientras que otros quedan arruinados o sufren grandes averías. Los diques y otras obras hidráulicas se rompen. Los raíles de las vías férreas se encorvan y retuercen notablemente.

En las vías de comunicación (camino, carreteras, etc.), se muestran efectos diferentes según la constitución del terreno. Las canalizaciones de aguas, gas, etc., no sólo se rompen, sino que se inutilizan. En el terreno suelen presentarse muy notables cambios morfológicos, amplias rajadas y fallas, y especialmente en terrenos secos, desviaciones horizontales o verticales del suelo. En otras condiciones pueden presentarse abundantes eyecciones de arena o de fango.

Los desprendimientos de tierra o desgajamientos de rocas son frecuentes.

XII. Gran catástrofe.—Ningún edificio ni obra de arte humano, queda en pie.

Las modificaciones del terreno alcanzan las mayores proporciones, sobre todo si las condiciones de éste son favorables. Así en las tierras laborables se presentan hoyos profundos, alternando con montones de materiales arrojados al través de numerosas grietas, a la par que como escalones (descensos o elevaciones del terreno) y desviaciones laterales. Se desprenden peñascos de las cimas, se producen numerosas fallas y trastornos en las riberas de ríos y lagos, cuyas aguas bañan puntos que antes no habían alcanzado. Las corrientes de agua, tanto las superficiales como las subterráneas, sufren numerosos trastornos, y los mismos ríos pueden cambiar notablemente su curso, etc.

Como consecuencia de las visitas que hicimos a los pueblos donde más se habían sentido los terremotos, y de los informes oficiales y particulares que pudimos recoger, resulta que, si bien se dejaron sentir en gran número de lugares, las sacudidas fueron en mayor número y de mayor intensidad en los poblados de la provincia de Alicante nombrados Torremendo, Almoradí, Dolores, Callosa del Segura, Orihuela, Elche, Benejuzar, Calpe, Catral, Guardamar del Segura, Granja de Rocamora, Rafal, Jacarilla y Rojas, además de la capital. En general, fueron los más afectados los situados en las márgenes y proximidades del río Segura.

En la provincia de Murcia se sintieron, aunque con menor intensidad, además de en la capital, en Cartagena, San Pedro del Pinatar, San Javier, Pacheco y otros de la costa del Mediterráneo, a lo largo de la cual parece que ha existido otra línea de dirección de sacudidas.

IV

Para conocer detalles de cuanto se refiere a estos terremotos, desde el punto de vista de la Sismología física, o sea el análisis del movimiento sísmico a distancia por el estudio de los sismogramas, debe acudir al trabajo hecho por la Comisión del Instituto Geográfico y Estadístico nombrada a ese objeto, de cuyo Centro dependen las Estaciones Sismológicas de Alicante, Almería, Cartuja (Granada), Málaga y Toledo, que disponen de material y aparatos adecuados y de personal especializado en esos estudios.

Por eso nosotros sólo hemos de ocuparnos de lo que pudiera llamarse Sismología tectónica, o sea de los terremotos en su relación con la geología de la comarca donde han tenido lugar, examinando sus efectos en el terreno, importancia de los movimientos del suelo, destrozos causados, etc., para pretender averiguar su causa, si fuera posible.

Se ha podido apreciar que los movimientos sísmicos que en tantas ocasiones han conmovido el terreno en la región de Levante de España, en realidad y por lo general, han sido de carácter local, y que repetidos con gran frecuencia unas veces, y otras separados por intervalos más o menos largos de años, sólo excepcionalmente han ocasionado grandes catástrofes.

En los ocurridos durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 1919, se confirma el carácter local que siempre tuvieron, ya que habiéndoles acusado las Es-

taciones Sismográficas de Tortosa (Observatorio del Ebro), Alicante, Toledo y La Cartuja (Granada), y representando gráficamente los sismogramas la intensidad variable de las sacudidas, no se ha tenido conocimiento de que simultáneamente se hayan dejado sentir sus sacudidas en otros territorios de la región sísmica de Europa a que corresponden y que comprende, dentro de nuestra Península, una faja de amplitud variable que se extiende desde Lisboa a la desembocadura del Turia en la provincia de Valencia, ofreciéndose la particularidad de que pueblos como Lorquí, Cotillas, Ceutí, de la provincia de Murcia, donde mayores fueron los temblores en 1911, no los han advertido apenas en Septiembre de 1919, no obstante hallarse tan cercanos de la zona epicentral de los últimos, o sea los poblados nombrados Torremendo, Orihuela, Torrevieja, etc.

El terremoto de Lisboa, ocurrido en 1.º de Noviembre de 1755, y los de las provincias de Málaga, Granada y Almería, en Diciembre de 1884, que ocasionaron catástrofes de gran magnitud, pues en el primero perecieron 60.000 personas, y se propagó por un lado hasta las regiones septentrionales de Europa, y por otro hasta las playas americanas, conmoviendo de paso las costas y todo el territorio de Marruecos, apenas se sintieron en las provincias de Murcia y Alicante.

Por lo que se refiere a los terremotos de la provincia de Murcia de 1911, se ha supuesto que fueron probablemente resultado de las últimas manifestaciones del vulcanismo ocurrido en la región después de la época miocena, fundándose, entre otras razones, en que la zona epicentral de aquellos terremotos, o sea el poblado de Lorquí, se halla rodeada de rocas eruptivas e hipogénicas en relación más o menos inmediata con los manantiales termales, así como por lo abundantes que son los desprendimientos de ácido carbónico en la comarca, y principalmente en Mazarrón.

Sin desechar en absoluto esa hipótesis y dándole todo el valor que realmente tiene, por la autoridad de las personas que en diferentes épocas y lugares la han sustentado, creemos, sin embargo, que los temblores de tierra tan frecuentes en Alicante y Murcia, que casi pudiera decirse que son continuos, sin que repercutan en otras regiones de España ni del extranjero, tienen una causa local íntimamente ligada a la geología de la comarca, debiendo, a nuestro juicio, acudir al estudio de las rocas del subsuelo para encontrar los elementos que producen tales sacudidas.

Si se examina el mapa que acompaña a la *Reseña geológica de la provincia de Alicante*, por D. Pedro de Novo y Chicarro, Ingeniero de Minas (1), se ve que los terrenos donde se asientan los poblados en que más se han dejado sentir las sacudidas, o sea la zona en la que suponemos se halla el epicentro, son los siguientes: triásico, plioceno, diluvial y aluvial. Se observa también que, por lo general, esos poblados se levantan en el contacto, o en las proximidades, de dos formaciones distintas.

De ellas, la que mayor interés ofrece por su composición petrográfica, desde el punto de vista que nos ocupa, es la triásica, que se presenta, según la referida *Reseña*, en la forma siguiente:

El piso superior del sistema está formado por margas irisadas yesíferas que contienen grandes cantidades de sal y magnesia, lo que hace que haya tantas fuentes amargas y saladas en la provincia. Estas margas se presentan a veces alternando con bancos de calizas dolomíticas de color amarillento y de estructura pizarrosa. Sobre este nivel se encuentra, a veces, otro de calizas magnesianas que parece forman la parte más alta del sistema. Casi siempre falta este nivel superior. El piso de las calizas tableadas y margas

(1) *Bol. Inst. Geol. de España*, tomo XVI, 2.ª serie, año 1915.

yesíferas, varía mucho de espesor en los diferentes parajes en que se presenta.

Tanto por los caracteres paleontológicos como por la posición estratigráfica, debe referirse dicho piso, en opinión del Sr. Novo, al piso más alto del triás superior de la Europa central, cuyos caracteres presenta en la región.

Debajo del nivel margoso se encuentra otro piso de gran espesor, formado por bancos muy potentes de calizas magnesianas negras con vetas blancas y algunas marmóreas con tonos rojizos, muy buenas para la construcción y ornamentación, que supone corresponden al piso más alto del Muschelkalk.

El piso inferior del sistema parece estar formado por bancos de areniscas rojas micáceas y algunos bancos de arenisca gris verdosa. Este tramo pudiera ser el piso de la «arenisca roja» de abajo, e indicaría entonces evidentemente la base del triásico.

Aunque los asomos triásicos en la provincia de Alicante son de reducidas dimensiones, son tan frecuentes que «es casi imposible extender la vista sobre un gran espacio de terreno en la provincia sin ver una o varias de dichas manchas», y, según el mismo autor, «la constancia con que se presenta la formación triásica debajo de todas las demás que constituyen el suelo de la provincia, hace suponer que el subsuelo está exclusivamente constituido por aquella formación; hipótesis que favorece la circunstancia de existir dicho terreno con mucho más desarrollo en las provincias contiguas».

Hemos de tener muy en cuenta, para nuestros fines, los datos que acaban de consignarse, así como el supuesto establecido por el Sr. Novo de que el piso del sistema más extendido por todo el subsuelo de la región es el «superior» o de las margas irisadas, que contienen cloruro de sodio en

grandes cantidades, hasta el punto de que es objeto de explotación, vendiéndose en forma de bolas para el ganado, en algún lugar.

En la zona epicentral donde ocurrieron los terremotos de Septiembre y meses siguientes, se representa en el mapa geológico una mancha triásica, la de las sierras de Orihuela y de Callosa de Segura, que si no es la más extensa de la provincia de Alicante, es de las más notables, y se halla formada por «grandes bancos de calizas negras con vetas blancas casi marmóreas, a veces muy magnesianas y siempre de estructura compacta con gran cantidad de grietas, oquedades y cavernas que frecuentemente se comunican entre sí». Hay además otros asomos pequeños del triásico al O. de Beniferri, al E. de Granja, en el castillo de Cox y en la estación de Albaterra, etc.

Toda la masa de las dos sierras citadas está cortada por multitud de fallas y plegadas en distintos sentidos.

Cuanto hemos expuesto acerca del triásico de Alicante es aplicable al de Murcia, donde, según puede comprobarse en el mapa geológico de la provincia, se manifiesta un buen número de manchas aisladas de no gran extensión, entre las que resalta por sus dimensiones la de la sierra de Carrascoy.

Daremos fin a este ligero bosquejo geológico haciendo presente que en la región de Torremendo, Almoradí, Callosa de Segura, etc., es decir, donde suponemos debe hallarse el epicentro de las sacudidas sísmicas que nos ocupan, no hay a la vista asomo alguno eruptivo de importancia, y que en la provincia de Alicante la única roca eruptiva o hipogénica que se encuentra es la ofita, que «no se presenta cubriendo grandes extensiones de terreno, ni aun en diques de importancia que constituyan relieves notables el suelo, sino que comúnmente se encuentra formando pequeños cerros».

Aunque por la mayoría de los geólogos se admite que la ofita es de origen interno y que las erupciones de estas rocas en el SE de España tuvieron lugar en la época terciaria, por lo cual aparecen tan trastornados y agrietados los estratos triásicos que atraviesan, bueno será recordar que, para otros, dichas rocas no proceden del núcleo central fundido, sino que son producto de fusión de las margas del triás, en cuyo terreno o en sus proximidades están la mayor parte de los asomos ofíticos.

Esto expuesto, consignaremos nuestra opinión de que en las rocas que integran los materiales triásicos se hallan determinados elementos que, por reacciones químicas y con la intervención del agua, dan origen a gases que, una vez desprendidos o producidos, se acumulan en las grietas y oquedades del subsuelo hasta alcanzar altísimas tensiones, capaces de romper la resistencia que se opone a su salida. Pudiera así explicarse la causa y origen de los movimientos sísmicos locales, objeto del presente trabajo.

Y para dar mayor fundamento a ese modo de pensar, vamos a reproducir algo de lo que D. Juan Gavala, Ingeniero de Minas, consigna en su estudio *Regiones petrolíferas de España* al tratar del «origen de los hidrocarburos en la región gaditana» (1): «Atendiendo—dice—, por otra parte, a la relación íntima entre los manantiales salados y los gases combustibles, cabe también suponer que éstos proceden de las arcillas salíferas y de la sal del Keuper. No existe sal, dice Mrazec (2), que no contenga esos gases, cuya formación está ligada a la presencia de materias orgánicas en disoluciones fuertemente salinas. Todos los yacimientos de sal de Rumania contienen hidrocarburos. La abundancia de gases difiere de un yacimiento a otro, habiéndose encontrado bolsas de grisú cuyas explosiones han ocasionado bastantes desgracias.

(1) *Bol. del Inst. Geol. de Esp.*, tomo 17, serie 2^a, pág. 105, año 1916.

(2) Mrazec: *Excursión a la salina de Slanic*.

»Según M. Costachaeu, los gases de la sal rumana están formados por una mezcla de metano, etano, hidrocarburos no saturados, ácido carbónico, oxígeno y nitrógeno. Los hidrocarburos están constituidos casi exclusivamente por metano, pues este gas entra en una proporción que varía del 80 al 90 por 100.

»La sal blanca de Slanic contiene (1):

Metano.....	86,39
Etano.....	6,39
Hidrocarburos no saturados..	0,96
Oxígeno.....	1,21
Nitrógeno.....	5,05

»Las cantidades de estos gases contenidos en un kilo de sal es de 110,68 cm³.

»Además de esos gases, hay otros que se producen entre las capas triásicas; tal sucede con el hidrógeno sulfurado, cuya existencia se acusa por su olor característico en algunas fuentes y que fácilmente se produce, «pues con yesos, piritas y carburos de hidrógeno, la naturaleza tiene a su disposición cuantos elementos son necesarios para elaborar dicho producto».

»El yeso, dice Braun, es reducido por los carburos de hidrógeno con formación de sulfuro de calcio y ácido carbónico; este último, en presencia del agua, ataca al sulfuro de calcio y se produce carbonato de cal e hidrógeno sulfurado. De este modo quedan en equilibrio químico, por una parte el sulfuro de calcio y el ácido carbónico, y por otra el carbonato de cal y el hidrógeno sulfurado. Por la acción del oxígeno del aire o de las aguas aireadas en la superficie, el sulfuro de calcio produce azufre libre, y el hidró-

(1) George I. Adams: «Oil and gas field of the upper cretaceous and terciarius formations of the Western Culf Coast». *Bull. U. S. Geol. Survey*, 1901.

geno sulfurado, al oxidarse en presencia del agua, se transforma en azufre con formación de pequeñas cantidades de ácido sulfúrico.

»La intensidad de estas reacciones depende, sobre todo, de la cantidad de agua subterránea en circulación, pues siendo el yeso poco soluble y siendo preciso que esta sal se encuentre en disolución para que se verifiquen las reacciones anteriores, cuando la circulación subterránea del agua es muy pequeña, las reacciones se verifican en pequeña escala, y las manifestaciones sulfurosas de la superficie son insignificantes aunque existan en el subsuelo gran cantidad de carburos de hidrógeno; en cambio si la circulación es activa, aunque los hidrocarburos se encuentren en pequeña cantidad, las reacciones mencionadas son más intensas, y más importantes también las manifestaciones superficiales.»

Según Gavala, no cabe vacilación en admitir como *roca madre única* del petróleo en Cádiz las arcillas salíferas del triás, pues las masas de sal no son en esa provincia de gran importancia, y todos cuantos fenómenos se manifiestan en relación con las emanaciones de gases y petróleo, por una parte, y con las fuentes salinas y sulfurosas, por otra, tienen una explicación en extremo racional y sencilla.

«Las aguas de infiltración disolviendo el sulfato de cal al atravesar las masas yesosas, y la sal común y los sulfatos de sosa y magnesia al ponerse en contacto con las arcillas salíferas, desagregarían los elementos insolubles de estas últimas, dejando al mismo tiempo en libertad los hidrocarburos líquidos o gaseosos que contenían. La acción de los hidrocarburos sobre las disoluciones selenotas daría lugar, según la teoría de Braun, a la formación de hidrógeno sulfurado, sulfuro de cal y azufre libre. El gas sulfhídrico obrando sobre las sales solubles de hierro, formaría el sulfuro de hierro ennegreciendo a las arcillas que el agua lleva en suspensión.»

El supuesto de que las emanaciones de hidrocarburos puedan proceder de una formación geológica anterior al Keuper es, a su juicio, insostenible.

«En primer término, es muy problemático que debajo de las capas triásicas exista otra formación sedimentaria más antigua: la cantidad de asomos ofíticos que acribillan aquellas capas induce a creer que en profundidad se suelden todos ellos para formar un inmenso lacolito que, aunque pudiera estar interpuesto entre el triás y otra formación sedimentaria más antigua, es lo más probable que se sobreponga directamente a otras rocas de origen plutónico.»

Aunque no han llegado a un acuerdo los geólogos y químicos respecto al origen de los hidrocarburos, parecen ganar terreno las teorías que los suponen de origen animal.

La cantidad de gases producidos dependerá de la de margas y arcillas más o menos cargadas de sal que contengan hidrocarburos. También del desarrollo que tengan las calizas y yesos, y en unos y otros casos de la masa circulante de agua procedente de lluvias y nieves que, penetrando en lo interior de la tierra, pueda alcanzar los estratos triásicos por grietas y fallas después de atravesar los grandes espesores de sedimentos más modernos que los cubren.

A nuestro alcance tenemos pruebas de que existen aprisionadas grandes cantidades de hidrocarburos y otros gases en el subsuelo de la región de que tratamos, pues en un Informe publicado en la *Revista Minera y Metalúrgica*, «Sobre una explosión de grisú en la mina *San Juan Bautista*, del término de Lorca, ocurrida en 12 de Enero de 1905» (1), se da cuenta de los resultados obtenidos por el reputado químico D. Enrique Hauser al destilar, en el Laboratorio de la Escuela de Minas, pizarras miocenas que forman la caja del criadero.

(1) *Revista Minera y Metalúrgica*, 1 y 8 Abril de 1905: Informe «Sobre una explosión de grisú en la mina *San Juan Bautista*, del término de Lorca, ocurrida en 12 de Enero de 1905», por el Ingeniero de Minas D. Vicente Kindelan.

Se dice en ese informe:

«Destilación de las pizarras: Un gramo de pizarra destilada completamente a baja temperatura durante cuatro horas produjo un volumen de gas combustible de 0° y 760 milímetros, de 90 cm³, es decir, que una tonelada daría 90 m³, y un metro cúbico de roca *in situ*, supuesto peso específico de 2,5, podría dar 225 veces su volumen de gases análogos.

»Recogidos sobre agua saturada de sal común y dejados reposar durante cuarenta y ocho horas para que se condensaran las materias bituminosas, se obtuvo el siguiente resultado:

Hidrógeno sulfurado... }	16,50
Acido carbónico..... }	
Hidrocarburos no saturados.....	2,10
Oxígeno.....	2,70
Oxido de carbono.....	28,00
Hidrógeno.....	10,30
Metano.....	14,80
Nitrógeno (por diferencia).....	26,20
TOTAL.....	100,60
Gases combustibles excluyendo SH ² =	55,20 %

»La gran cantidad de carbono e hidrógeno sulfurado que tienen los gases de esta destilación provienen, respectivamente, de la acción mutua del ácido carbónico de la caliza sobre los hidrocarburos y de la disociación de éstos con la elevada temperatura del final de la operación.

»Considerando que la destilación no correspondía a lo que pudiera ser en la naturaleza, se hicieron otras tres a la menor temperatura posible, terminándolas por bajo del rojo, hasta recoger en la segunda (B) y en la cuarta (D), en poco más de media hora, la mitad del volumen obtenido en (A), y en algunos minutos en la tercera (C) el cuarto del mismo

volumen, lo que demuestra la facilidad relativa con que esas rocas dan gases inflamables.»

Esos análisis probaron que las margas pizarreñas miocenas contenían gran cantidad de gases, principalmente metano e hidrocarburos no saturados, a los cuales fué debida la explosión del 12 de Enero de 1905, que, según consigna el citado Informe, pudo ocurrir del siguiente modo:

«Los gases procedentes de la destilación de esa clase de rocas en el interior de la tierra, ascienden por las grietas y fisuras del terreno, se reparten por toda la masa pétreo, saliendo lentamente a la atmósfera por la extensa red de canales que en todas direcciones cruzan la parte más superficial y permeable de las capas, o se difunden por los minados donde se hallan diluidos por la buena ventilación que existe en la mina y la lentitud con que se desprenden. Pero si los gases en su camino encuentran una *hueca* o cavidad natural de la roca, producida al efectuarse el levantamiento de las capas por movimientos ulteriores o por la acción de corrientes de aguas subterráneas, etc., pueden ir almacenándose en ella si no encuentra fácil salida, hasta que la resistencia que se oponga a ésta sea menor que la presión adquirida por aquél.»

De todo lo expuesto resulta:

1.º Que en las provincias de Alicante y Murcia los sedimentos triásicos adquieren gran desarrollo. Se supone, con fundamento, que las rocas de esa época son, entre las sedimentarias, las más antiguas que forman el subsuelo de la de Alicante, y el tramo que alcanza más desarrollo, pues por todas partes aparece, es el de los yesos, arcillas y margas abigarradas del Keuper, que contienen interpuestas y diseminadas grandes cantidades de cloruro de sodio que llegan a formar masas en algunos lugares.

2.º Que esas arcillas salíferas del Keuper, al ponerse

en contacto con las aguas subterráneas, serán desagregadas, la sal disuelta y puestos en libertad los hidrocarburos que ésta contiene, según ocurre en todos los yacimientos de esa substancia.

Al mismo tiempo que hidrocarburos, se producirán hidrógeno sulfurado, ácido carbónico, etc., que suelen también encontrarse disueltos o libres en algunos manantiales.

3.º Prueban la existencia de esos gases en la región, los análisis de los productos obtenidos al destilar las margas pizarreñas de Lorca, aparte de los manantiales con aguas sulfhídricas y carbónicas. Es decir, que procedentes esos gases de las rocas triásicas (yacimiento primario), llegaron a las capas miocenas (yacimiento secundario) después de una circulación ascendente, larga y activa, por causa de las presiones debidas a los movimientos tectónicos, o tal vez también al peso de los materiales acumulados sobre aquellos yacimientos primarios.

Y si los gases obtenidos al destilar un gramo de pizarra en el laboratorio, produjeron un volumen de 90 centímetros cúbicos a la presión atmosférica ordinaria, y una tonelada de la misma roca produciría 90 metros cúbicos, ¿quién se atrevería a aventurar con probabilidades de acierto hasta qué cifra se alcanzaría en la Naturaleza, dadas la potencia y extensión de las arcillas y margas salíferas en la región y la cantidad de aguas meteóricas que se filtran al través de aquellos terrenos, cuyos estratos se manifiestan dislocados y agrietados por todas partes?

Como se ve, lo anteriormente escrito se reduce a una somera reseña geológica de la comarca donde han ocurrido los terremotos, con la relación de algunas de las rocas que la integran; consígnase además la existencia de vapores y gases diversos, hechos que pueden producirse por causas muy variables y difíciles de precisar, pero que en el caso

actual parece ser debido a reacciones químicas originadas por la acción de las aguas subterráneas sobre algunas de las substancias que forman los estratos triásicos, ayudadas esas reacciones por una elevada temperatura, debida a la profundidad a que aquéllas se verifican, no siendo nuestra idea exponer cómo y por qué esa temperatura se ha producido.

Tampoco es nuestro propósito entrar aquí en la reseña de las muchas teorías que se han dado para explicar las causas que dan origen a los terremotos, y en lo que se refiere a los recientemente ocurridos en las provincias de Alicante y Murcia tienen, según nuestro modo de ver, explicación razonable y sencilla con sólo aplicar a este caso concreto algo de lo mucho que sobre terremotos se ha escrito, sin que tratemos de generalizar y admitir el mismo origen único para todos, porque aunque los efectos sean siempre idénticos, las causas son sin duda alguna diferentes.

En el caso de que tratamos, no hay que imaginar que son debidos a la existencia de rocas fundidas en lo interior de la tierra, hipótesis admitida por eminentes geólogos y físicos, pero discutida y negada por otros no menos notables; no hay necesidad tampoco de suponer que sean verdaderos temporales subterráneos que, como los atmosféricos, estallan y se modifican según ciertas condiciones; ni que sean resultado de movimientos orogénicos que continúan todavía en nuestros días; ni de la multiplicación de las acciones moleculares y consiguiente desarrollo de fenómenos electro-telúricos; ni tampoco hay que recurrir a las modernas teorías en que interviene la acción solar y las manchas solares en relación con los movimientos de esa índole; ni hay necesidad de admitir que en los temblores de tierra los compartimientos terrestres se muevan entre las dislocaciones que los limitan para recuperar el perdido equilibrio,

o se quiebran a lo largo de los accidentes nuevamente formados, etc.; ni otras varias explicaciones que no hemos de reproducir aquí. Esas y otras muchas hipótesis, formuladas por los sismólogos, han dado motivo a empeñadas controversias, sin que se haya llegado a ponerlos de acuerdo, y al cabo de los años se encuentra el asunto en el mismo estado que hace más de medio siglo, cuando el ilustre Ingeniero de Minas D. Casiano de Prado, en su informe acerca de los terremotos ocurridos en Almería, se expresaba en los términos siguientes:

«¿Qué son estos temblores? ¿Qué son estos ruidos? Se me preguntaba por aquellos pueblos, y yo casi no sabía qué contestar. Los físicos y los geólogos se hacen unos a otros las mismas preguntas, y, por lo que parece, todavía está bastante lejano el tiempo en que se llegue a un acuerdo sobre tan extraño fenómeno» (1).

De lo expuesto anteriormente, resulta que el volumen de gases contenidos en las capas triásicas debe ser de gran consideración, ya que la masa de sus materiales es de mucha importancia, y si se tiene en cuenta que las oquedades y fracturas tienen capacidad y disposición adecuada para retener estos gases, y que con el transcurso del tiempo, según sea la actividad química, se deben ir acumulando en ellas hasta llegar a adquirir presiones muy considerables, en relación con la magnitud y energía con que se desarrollan tales fenómenos en la Naturaleza, se comprende que cuando la presión de los gases exceda a la resistencia de las cavidades en que se hallan encerrados, se produzca la fractura de las rocas y lleguen los efectos de la conmoción hasta la superficie de la tierra, produciendo las sacudidas sísmicas, unas veces con efectos catastróficos, abriéndose simas y

(1) Informe de la Comisión para el estudio de los terremotos de Andalucía. *Bol. de la Com. del Map. Geol. de España*, tomo XII, página 4, año 1885.

grietas, y quedando reducido otras a imperceptibles vibraciones, sólo acusadas por los más perfeccionados aparatos sismográficos.

Las masas gaseosas de que se trata circulan al través de las innumerables grietas subterráneas, se contraen o se dilatan, según las condiciones locales, ocasionando sacudidas en los bordes de las grietas, que se traducen después, como es sabido, en movimientos vibratorios perpendiculares a las quiebras del terreno. Cuando, aprisionados, la resistencia que se oponga a su salida sea menor que la fuerza explosiva, tendrá lugar el máximo de la actividad endógena en el lugar de su producción, que en ocasiones es posterior a pequeñas sacudidas del suelo y casi siempre precede a otras conmociones de intensidad cada vez menor, hecho que se observa en las pequeñas explosiones que a la vista del hombre ocurren.

Como los gases y vapores circulan por las fracturas del terreno, la zona superficial afectada por una misma explosión alcanzará extensión variable, según la longitud, ramificaciones y enlaces de la red de grietas y oquedades.

Admitida esta hipótesis, se comprende que muy bien puede sentirse un terremoto en lugares situados a largas distancias del hipocentro si el campo de fracturas en comunicación es muy extenso, cual ocurre para nuestro caso en la zona de Cartagena, muy alejada de la epicentral de Torremendo, y también se explica sencillamente el que un terremoto pase casi inadvertido en un poblado, mientras que en otros muy próximos se haya sentido con bastante intensidad. Influye en esto la mayor o menor facilidad de las comunicaciones subterráneas, la dirección y distribución de las grietas, la diversa composición de los elementos que forman los terrenos y las discordancias de los estratos, y también contribuye de modo manifiesto la disposición topográfica del suelo.

Estas son las causas que, en conjunto, y a veces reunidas a otras, intervienen en la propagación de las ondas vibratorias a través de las capas terrestres.

Así se explica también por qué en la zona de extensión relativamente reducida de Murcia y Alicante, los terremotos se repiten a veces, y con pequeños intervalos de tiempo entre unos y otros, en unos lugares, y luego en otros distintos, es decir, según los parajes donde la presión de los gases ha llegado al máximo.

En resumen, la explicación más sencilla, a nuestro juicio, del origen de los terremotos en las provincias de Levante, por lo menos en los últimos años, debe buscarse en la expansión accidental de los gases, principalmente hidrocarburos, contenidos y formados en las margas salíferas del Keuper, unidos al vapor de agua producido por la elevación de la temperatura en profundidad, y estos gases circulan a grandes presiones por la red de grietas subterráneas, ocasionando en su recorrido sacudidas que se acusan en la superficie de la tierra por movimientos del suelo, de intensidad y efectos variables según las circunstancias locales.

Si se tienen a la vista la relación de los poblados donde ocurrieron temblores de tierra en los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre últimos, y el mapa geológico de la provincia de Alicante, se observa que aquéllos están colocados al S. de la línea que señala la separación de los terrenos diluvial y plioceno, al N. el primero. Se nota también que al S. de esta línea no se halla representada ninguna de las formaciones más antiguas: cretácea, jurásica y triásica, salvo el pequeño asomo de las sierras de Orihuela y Callosa, formaciones que, como se ve en el mapa, se desarrollan en la parte N. de la provincia. Eso parece indicar se trata de una línea «singular o débil» que marca el límite de un hundimiento o descenso de los terrenos más antiguos, y así

se explicaría el que los terremotos no se hayan propagado al N. de esa línea y, por lo tanto, a la capital de la provincia que se halla muy próxima, pues la diferente naturaleza de las rocas que forman los distintos terrenos situados a uno y otro lado de la supuesta grieta, cuya traza en la superficie del suelo quedaría marcada por esa línea, y también la discordancia que ha de existir entre esos terrenos y los infrapuestos, no son circunstancias favorables para la transmisión de las ondulaciones sísmicas por muy intensas que fueran en su origen.

Y por lo que se refiere a lo atenuadas que, por lo general, llegan a la superficie las conmociones originadas en el subsuelo de Alicante, hay que tener en cuenta que casi la totalidad del suelo de la región conmovida corresponde a la época cuaternaria con depósitos de un carácter detrítico, formados a expensas de los terrenos más antiguos que constituyen las sierras. Y sabido es que no son los terrenos con materiales sueltos, incoherentes, los más apropiados para la transmisión de fuertes sacudidas.

Marzo, 1920.

NUEVOS ANTECEDENTES
ACERCA DE LA PROLONGACIÓN ORIENTAL
DE LA
CUENCA DE BÉLMEZ
POR
D. ANTONIO CARBONELL Y TRILLO FIGUEROA
Ingeniero de Minas.

NUEVOS ANTECEDENTES
ACERCA DE LA PROLONGACIÓN ORIENTAL
DE LA
CUENCA DE BÉLMEZ

Después de publicado el reconocimiento geológico de la cuenca hullera del Guadalbarbo (1), ha tenido ocasión, el que suscribe, de realizar nuevas observaciones en aquella región, consiguiendo reunir nuevos datos que agregar a los ya conocidos, cuya recopilación sucinta ha de ser objeto del presente trabajo.

Distribución de las formaciones geológicas.—La disposición y forma de los diferentes terrenos geológicos, se representan con suficiente detalle en el plano adjunto, respondiendo el mismo a cuanto sobre el particular se consignó en el trabajo que precedentemente realizamos acompañando a D. Lucas Mallada.

Es indudable que la formación carbonífera de Bélméz experimenta un ensanchamiento considerable hacia el E., pero a la vez los estratos se presentan más metamorfizados, las inclusiones, fácilmente clasificables entre las sedimenta-

(1) «Reseña geológica de la cuenca hullera del Guadalbarbo», por D. Lucas Mallada y D. A. Carbonell.—*Bol. del Instituto Geológico*, tomo XIV, 2.ª serie, páginas 169 a 175.

rias de edad diferente, son más numerosas, lo que se traduce en una disminución aparente y progresiva en su valor industrial.

Por otro lado, el triásico, el mioceno, y en menor extensión el cuaternario, ocultan hacia el meridiano de Adamuz los principales rasgos estratigráficos del sistema y dan lugar a nuevas complicaciones respecto a las deducciones admitidas.

Si nos fijamos en el plano general de la cuenca de Bélmez-Adamuz, resalta la existencia de un gran seno hullero entre otros estratos pertenecientes al culm; y estando plegados los terrenos, afectando en líneas generales la forma de un gran sinclinal, cuyo eje medio se alinea de Bélmez a Espiel, Villaharta y Adamuz, vienen a ser esas manchas del carbonífero inferior como los bordes, los primeros indicios de los yacimientos industriales.

Los estratos paleozoicos, reconocidos en la margen derecha del Guadalquivir, aparecen en manifiesto buzamiento al NO., buzamiento claramente definido en la Sierra de Córdoba, cuya geología está por detallar.

Si esa tendencia se acentuó aún más en la cuenca carbonífera, parece plausible sospechar un acuerdo perfecto con la inclusión en el culm de la mayoría de las fajas carboníferas a medida que por el río Guadalbarbo y por Adamuz se prosiguen los reconocimientos hacia el río bético.

Decimos que ese buzamiento debió acentuarse en la principal mancha hullera, tanto por la naturaleza de sus elementos, más blandos que los de las formaciones más antiguas, cuanto porque a raíz de su depósito debió iniciarse la gran fractura del Guadalquivir precedida del plegamiento que dió lugar al seno hullero, cuando los elementos componentes aun no tenían su elasticidad definitiva.

Los efectos a que dieron lugar los movimientos que ori-

ginaron la disposición tectónica actual, tienen su rasgo sobresaliente en los serrijones de la caliza carbonífera, roca que no pudiendo resistir a los esfuerzos del plegamiento, irrumpió cortando los estratos suprayacentes. Generalmente, como el tránsito del carbonífero inferior al medio no se realizó tumultuosamente, sino que, al parecer por los indicios que respetó el tiempo, simplemente se acentuó la emergencia, estando en concordancia la existencia de las calizas con las de las mayores depresiones, y habiéndose efectuado en ellas el depósito más moderno, no extraña observar en la cuenca una relación de concordancia entre los asomos de esa roca y la existencia de afloramientos que hay que clasificar en el carbonífero rico.

Mas, cuando la asociación es muy íntima, la hidrología subterránea ha contribuido a una traslación de los elementos calcáreos, y el resultado definitivo ha sido un empobrecimiento de las capas de hulla por esos elementos calcáreos, extraños, que han venido a emborrascar las calidades del combustible.

Consideraciones de esta naturaleza pudieran hacerse por lo que afecta a la faja carbonífera más septentrional que se representa en el plano de la zona Obejo-Adamuz, y que desde los cerros de la Calera y Cabeza Gorda corre al N. del último pueblo citado.

Las novedades más interesantes desde el punto de vista geológico que deben reseñarse, son la existencia de una faja, casi en su totalidad incluida en el culm, que desde antes de llegar a la estación del Vacar se separa perfectamente deslindada de la del Valle del Guadalbarbo. En su totalidad está formada al NO. por pizarras negras que se deshacen fácilmente en trozos menudos de estructura romboédrica, ya en otros pequeños alargados y de aspecto astilloso; otras veces sus colores son grises y aun gris verdosos, pero en

todos los casos alternan sus lechos con otros más resistentes y compactos, de naturaleza más silíceas y a veces espática.

En esa banda, pasado el Cerro Muriano, en un itinerario hacia Córdoba, se cortan algunas calizas, en cuyas inmediaciones se manifiestan ciertos lechos de borrasco de mala calidad, inutilizables desde el punto de vista industrial. En las alineaciones, hacia Navas del Moro y Navas Llanas, ya en el término de Villafranca, y en el de Córdoba, he podido reconocer algún banco de conglomerado.

Los terrenos que la forman están sumamente plegados y sin dirección bien definida, si bien por la de los contactos puede aceptarse un promedio de E. 20° S.; otro tanto puede decirse con relación al tendido; sin embargo, la inclinación al N. parece ser la predominante.

Al mediodía del grupo minero de «El Conejo», las pizarras cambrianas están muy caracterizadas, buzando al S. unos 60°, y como es frecuente en toda la Sierra Morena, aparecen repetidas veces atravesadas por vetas de cuarzo que a menudo también se interstratifican. Los colores de esa roca sedimentaria son azulados, verdosos las más de las veces, presentando numerosas manchas pardo rojizas. Es corriente observar cambios de dirección y buzamiento, y aun rizados, principalmente hacia el contacto con el carbonífero inferior, donde la formación acaba por quedar vertical en ciertos lugares.

En ese contacto, en el arroyo del Valle se debe anotar la existencia de un banco de conglomerado de cemento arcilloso y cantos menudos, el cual se divide en bancos, y buzando unos 50° al SO., sirve de muro a otro de gonfolita, que en conjunto viene a tener con el primero, del que parece un tránsito en ciertos puntos, hasta 40 metros de potencia; aun más al S. de esos sedimentos, las pizarras silíceas y las

oscuras del culm se retuercen en variadas direcciones corriendo hacia Villafranca.

En la mancha principal de la citada zona de Villaharta, Obejo, Adamuz, siendo los depósitos carboníferos sedimentos relativamente blandos con relación a los terrenos más antiguos que les sirven de asiento, la acción de los agentes exteriores se ha ejercido con preferencia sobre los primeros, y por esto las líneas hidrográficas en el país se establecen a lo largo de las fajas de esa formación. Así puede comprobarse siguiendo un itinerario de O. NO. a E. SE. por el arroyo de Pedrique primero y después por el río Guadalbarbo, que en parte de su curso ha sido desviado como consecuencia de otros trastornos secundarios, pero que se ajusta a la regla tanto a la entrada como a la salida del valle de su nombre, o sea en su unión con el Cuzna y el Varas o Matapuercas, el último de los cuales desde las Piedras del Aire a la Hacienda también se extiende según las conclusiones deducidas, sólo que discurre de E. SE. a O. NO. por otra faja hullera más septentrional.

Reunidos los tres ríos, cortan el carbonífero, y esto se explica atendiendo a que así como desde Villaharta a las Juntas el eje de la formación carbonífera se inclina suavemente al E. SE., por el contrario, cuando se penetra en el término de Adamuz, en Fuente Cabrera, se observa que el buzamiento del referido eje es al O. NO., es decir, que aparte de los pliegues de los estratos hulleros en el movimiento originario se dobló la formación, elevándose a uno y otro lado de la actual línea por donde discurre el Guadalmellato, ofreciéndose en definitiva una extensión propicia a los derrubios por las corrientes que a ese punto más bajo aflúan del Valle de los Pedroches.

En el sentido E. SE. a O. NO. corren en el término de Adamuz los arroyos Maravillas y Miñantes, y pasados los

altos del Capricho, Hoya de Bautista y San Francisco del Monte, que van alineados de N. a S., se inclina de nuevo el eje de la formación al E. SE., hacia ese rumbo discurren el Tamajuso y el arroyo del Valle; y cada vez más baja, más derrubada, la formación carbonífera, acaba por subordinarse, antes de llegar al pueblo de Adamuz, al régimen que determinan otras formaciones más modernas, más blandas y superpuestas a ella.

Fácilmente se explica, después de lo indicado, el relieve de la manchita carbonífera que nos ocupa.

Saliendo de Villaharta se recorren 2 kilómetros ascendiendo en pendiente suave hasta el Puerto de Pedrique; a uno y otro lado se levantan los estratos más antiguos, determinando al S. SO. un banco de conglomerado carbonífero, con otras rocas del mismo sistema, los cerrillos de la Matanza, que se elevan a unos 100 metros de altura; más meridionalmente, los serrijones más antiguos, mucho más elevados, en manifiesta correspondencia con otros análogos situados al N. de la formación, y con relieve cada vez más marcado, separan la mancha carbonífera del Guadalbarbo de la del culm que pasa por la estación del Vacar.

Desde el Puerto de Pedrique desciende rápidamente el carbonífero unos 3 kilómetros hasta las márgenes del río Guadalbarbo, queda al N. el término de Villaharta, y ya en el de Obejo, siempre en la dirección E. SE., se continúan 15 kilómetros hasta las Juntas de los tres ríos, por los terrenos poco quebrados conocidos por Valle del Guadalbarbo.

Los dos macizos antiguos que limitan la formación huilera en esos 19 kilómetros se presentan perfectamente caracterizados; sus cumbres se elevan hasta unos 450 metros, distando entre sí unos 500 en los altos de Pedrique, y más de 2 kilómetros y medio al salir del término de Obejo, al N. de la Presa del Pantano.

Otras dos series de cerros más bajos que los anteriores forman dos cadenas sensiblemente paralelas a aquéllas, y se alinean a ambos lados del valle carbonífero. La más septentrional la ha originado la faja de calizas carboníferas que comienzan a asomar cerca del Balneario de San Elías de Villaharta, y que más caracterizada al S. de la casa de Pedrique, cruza el río y forma los cerros de la Calera, Caleruela, la Parrilla, Campiñuela, Cabeza Chica y Cabeza Gorda, donde corta de nuevo al Guadalbarbo, que acaso por una falla transversal al carbonífero, ya en relación con los afloramientos hipogénicos del Castillo de Lara, o quizá siguiendo su curso primitivo, sale de las suaves colinas de los Collados penetrando en las angostas cortaduras que entre Cabeza Gorda y la Serrezuela primero, y entre ésta y Cerro Calderín después, se abren para que la corriente describa un amplio semicírculo por bajo del Castillo de Lara, en el que no adelantando en su valle más de un recorrido de 3 kilómetros y medio, avanza más de 8 entre las pizarras cambrianas, los filadíos probablemente estrato cristalinos y las cuarcitas silurianas.

Los asomos de caliza carbonífera de la Serrezuela se alinean y corresponden con los del valle de la Cebollera, toman un aspecto muy característico en las cúspides verticales de los Cuchillares, cortan el Cuzna por el vado del Peñancillo, dan origen a los agrestes riscos del Morrión del Francés, y atravesando el Varas por la garganta del Boquerón, penetran en Adamuz por las Solanas de Trevilla.

Su altura máxima en ese cordón puede estimarse en unos 100 metros.

La otra serie meridional de elevaciones, alineada junto al macizo cambriano de las Umbrías de Obejo y la Sierra de los Puntales, da lugar a otra cadena de cerros de elevación análoga a la precedentemente señalada, elevaciones que se

forman a expensas de un gran banco de conglomerado carbonífero que desde Villaharta sigue por Pedrique hasta la mina de «Las Traviesas», y de aquí, por cerro Villarejo, a los de la Candelera, donde cortando de nuevo al Guadalbarbo, siguen al mediodía de las Mestas de Porras o de Obejo, determinan los cerros de la Casa y de la Tiesa, desde donde, cortando el Guadalmellato por el estrecho de su nombre, penetran en Adamuz.

En el centro de tan complicados terrenos se encuentra el estrecho Valle del Guadalbarbo, el cual en más de 15 kilómetros de longitud rara vez llega a tener uno de anchura, como sucede en las Vegas del Camino de Pañeros, de los Collados y de la Cebollera; dicho valle, de superficie ondulada, está a su vez constituido por las pizarras hulleras estériles, que dan origen a terrenos áridos, casi en su totalidad cubiertos de raquílica vegetación de monte bajo, que contrasta con la más frondosa de los cerros laterales.

Desgajada de esa banda principal, corre al N. otra faja carbonífera, cuyos primeros asomos aparecen al pie del cerro del Castillo de Lara, que acaso pueda ser relacionada por estudios posteriores con las manchas que hemos señalado al N. de la general de Bélmez-Espiel en el valle alto del Guadalbarbo, y que quedaron anotados en el trabajo publicado al efecto en la Estadística Minera de España de 1916.

Esta faja carbonífera, separada de la principal por la serie de terrenos estrato cristalinos, cambrianos y silurianos que se figuran en el plano adjunto, corre por el término de Obejo paralelamente a ella, acompañada con frecuencia de asomos de caliza fosilífera y que debe referirse, sin género de duda, al carbonífero. Su anchura no excede de 250 metros a lo más; pasa cerca de la cúspide del Cerro Calderín, atraviesa el estrecho cauce del Cuzna, entra en el término de Villanueva de Córdoba, por la falda septentrional del Cerro

Gordo, y por las Peñas del Halcón penetra en el de Adamuz; cruza el Arroyo de la Viuda, sigue durante un kilómetro escaso aguas arriba la corriente del Varas, y por la Pasada de las Peñas del Aire lo abandona, alineándose por Peña Mecon a la Loma de Kilva, después de un recorrido accidentadísimo de unos 8 kilómetros, por un paisaje pintoresco. Es interesante que anotemos, al hablar de ella, dos pequeños reconocimientos mineros, uno en el Castillo de Lara, que no puso a la vista más que pizarras oscuras muy descompuestas en un afloramiento, entre las que se mezclan gruesos cantos de caliza perfectamente alisados por un arrastre anterior y persistente en una corriente acuosa, y otros pocillos de reducida profundidad abiertos en el Arroyo de la Viuda, en cuyo vacío se encuentran pizarras oscuras embohrascadas por escasos y reducidos lechos de carbón.

A medida que se penetra en el término de Adamuz, el carbonífero ocupa cada vez mayor superficie, hasta alcanzar unos 4 kilómetros de anchura al E. de la Casa del Pantano, donde, desde la Molina del Capricho se extiende hasta el mediodía de la Ermita de Jesús. Desde el Guadalmellato hasta la línea que forman esas alturas hay un desnivel de unos 300 metros, y hasta ese meridiano suben los estratos hulleros por tres pendientes cordones que determinan el curso de los arroyos Maravillas y Miñantes.

La más septentrional de esas alineaciones está formada, en parte, por las pizarras bastas cambrianas y otras estrato cristalinas que se intercalan entre la mancha principal y la que desde el Castillo de Lara corre a la Loma de Kilva. A aquellos sedimentos se unen las calizas, los conglomerados y las pizarras del sistema hullero. Por las solanas de Trevillas corren esas formaciones hasta el Cortijo de Navajuelos, ascienden por pronunciadas pendientes, cortan el camino de los Contrabandistas, y al E. se unen los estratos

carboníferos existentes a ambos lados de la cuña de terrenos más antiguos.

A partir de los lugares últimamente anotados va disminuyendo la anchura de la mancha en cuestión, en el recorrido de 12 kilómetros que media al pueblo de Adamuz, quedando en grandes extensiones oculta bajo las tierras de labor que cubren casi la totalidad de la superficie del terreno, formando una serie de monótonos cerros cubiertos de olivares, quedando limitada al S. por el arroyo Tamujoso hasta su unión con el del Valle del Manco y las lomas del Serranillo, desde cuyo punto, por Corralizas Altas y Barranco Pardo, prosigue al referido pueblo de Adamuz, antes de llegar al cual queda en parte oculta por los sedimentos triásicos a oriente del arroyo Tamujosillo, depósitos que a su vez desaparecen bajo las calizas miocenas, unos y otros en estratificación horizontal, discordante por consiguiente con la de las formaciones antiguas.

En Adamuz sólo se observan las calizas miocenas. Al N. de este pueblo asoma el carbonífero sumamente dislocado; con un kilómetro escaso de anchura atraviesa la carretera de Villanueva a Pedro Abad, y al E. acaba de desaparecer por completo, rápidamente, bajo las formaciones más modernas.

El otro depósito carbonífero, paralelo, que asciende desde el Guadalmellato entre los arroyos de Maravillas y Miñantes, en correspondencia con los cerros determinados por la banda del conglomerado de la misma edad, en las Mesas de Porras, corre hacia la Hoya de Bautista, donde los estratos, al principio verticales, acaban por quedar horizontales y con un ligero buzamiento al O. NO. en Fuente Cabrera, límite de la formación por este rumbo.

Esta mancha carbonífera tiene otro retazo, unido al anterior por la cañada de Miñantes, y formado por los ásperos

cerros calizos de Peñas Rubias, Garci Méndez, Peñón Blanco, Cerro de los Aviones, etc., corriendo a ocultarse entre Adamuz y Villafranca bajo los sedimentos más recientes, miocenos y aluviales, quedando separada de la mancha carbonífera septentrional por diferentes bandas de rocas cambrianas, silurianas e hipogénicas, que se observan antes de llegar a la casa de la Nava y que hacia el E. SE. alcanzan cada vez mayor espesor; la del carbonífero en esta parte del término de Adamuz, escasamente pasa de un kilómetro, quedando oculto por el mioceno en la Mesa del Cristal.

En el Peñón de Guituero, y en los parajes que en esa dirección se extienden a lo largo del curso del Tamujoso, se observa la faja carbonífera representada, cuya característica es el intenso metamorfismo, común a las formaciones próximas a la gran falla bética.

En el paraje conocido por las Zorreras se practicó una pequeña labor sumamente próxima al cauce del Tamujoso, cuya erosión la hizo desaparecer rápidamente; en un extenso afloramiento se reconocen claramente las pizarras carbonosas, que en trechos quedan ocultas por los derrubios de las pendientes laderas. Corre la formación de O. NO. a E. SE., al parecer en correspondencia con otras exploraciones llevadas a efecto en el Peñón de Guituero o Fitero, que por ambos nombres es conocido en el país.

Estas últimas exploraciones, practicadas a O. y S. de la citada eminencia, demuestran la existencia de una veta de pizarras carbonosas que corren al N. 40° O., con un metro de potencia, y unos 25° de buzamiento al NE. con la vertical, armando entre las cuarcitas, que bien pudieran ser areniscas metamórficas con todo el aspecto de las primeras, análogas a las reconocidas en la vega de la Candelera, en el término municipal de Obejo, y que ya fueron anotadas en el estudio anterior de esta cuenca.

Las manchas carboníferas derivadas de la de Bélmez hacia la falla del Guadalquivir.— Complemento de los datos anotados sobre las formaciones que se representan en los planos adjuntos, especialmente en el de conjunto de la cuenca carbonífera de Bélmez-Villaharta-Adamuz, son los que figuran a continuación.

Entre el Cerro Cabello, en el término de Espiel, y la Cuesta de la Matanza, en la carretera de Córdoba a Almadén, se divide, como hemos dicho, la mancha carbonífera de Bélmez en otras dos; la más importante desde el punto de vista industrial, la única que puede llegar a tener ese carácter por los indicios recogidos hasta el día, es la estudiada con el nombre de cuenca del Guadalbarbo, indiscutible continuación del hullero rico cordobés; pero la más interesante desde el punto de vista geológico, porque sobre ella son muy escasos, casi nulos, los datos publicados hasta el día, siendo su extensión mucho más considerable que la de la primera, corre por las inmediaciones de la estación del Vacar-Villaharta a Cinco Arroyos en el término de Obejo, pasa al E. del Cerro Muriano por Suerte Alta, y mientras su límite N. se alinea por Navas del Moro y Navas Llanas al N. del término de Córdoba, y entre Villafranca y la Ermita del Calvario continúa hasta el Guadalquivir como queda indicado, vuélvese su contacto meridional hacia Córdoba por la Armenta, no quedando bien deslindada de otras formaciones, aunque cada vez tenemos pruebas de que su extensión en ese sentido es más considerable; mas el metamorfismo originado por la región hipogénica que desde Córdoba, por Villaviciosa, sigue a la Sierra de los Santos, ha enmascarado sus caracteres petrográficos y su estratigrafía primitiva.

Pruebas irrefutables de esa continuidad meridional del carbonífero desde Villaviciosa a Córdoba, se presentan a cada momento; entre ellas he de citar el descubrimiento de

un tallo de calamites en las cercanías de la mina «Mirabuenos» en 1914, minas que explota la Sociedad Minas de Alcaracejos en el término municipal de Villaviciosa, y hallazgo realizado al practicar unos desmontes para la instalación de un lavadero; las dudas que se trataron de oponer a tal encuentro, pronto fueron desechadas al cortarse una veta de unos tres centímetros de hulla en las galerías de la explotación minera; el reconocimiento de las crinitas y de las calizas con *productus* en el túnel de la Balanzona, de la vía férrea de Córdoba a Armorchón, y el de la caliza con crinoides en las cercanías del estribo E. del puente de Pedroches, a 2 kilómetros de Córdoba siguiendo la carretera de Almadén.

En esta mancha carbonífera, cuyos estratos deben clasificarse en el culm, y que son estériles o contienen lechos carbonosos que aun en las circunstancias actuales no han merecido, con fundamento, la atención de los prospectores, las rocas que predominan son las pizarras negras, concrecionadas unas, astillosas otras, que se disponen entre otros lechos más resistentes y silíceos, espáticos o samíticos, como los primeros de reducido espesor, y con los que alternan innumerables veces, y otras rocas que quedaron precedentemente anotadas. Una de ellas, la caliza, es relativamente abundante hacia la Sierra de Córdoba, y también en las inmediaciones de Villafranca, donde ha dado origen a algunos yacimientos de hematites roja; estos últimos crestones ya no se pierden hasta la intersección de la alineación con el Guadalquivir. En ellos se han encontrado *Productus Costatus*, Fow.; *P. Undatus*, Defr., y *P. gigas*, Mart.

Por la región N. de la banda carbonífera principal, que como queda dicho pasa desde Villaharta a las Juntas y Adamuz, hacia aquel rumbo, y pasada la derivación que da origen a la fajita del carbonífero que desde el Castillo de Lara corre a la Loma de Kilva, se ha reconocido algún in-

dicio de los terrenos carboníferos hacia el mojón común de los términos de Obejo, Adamuz y Villanueva de Córdoba. El sistema parece estar aquí representado por algunos hitos y bandas de calizas, cuyas dimensiones son reducidas en demasía, y cuyas prolongaciones no se han podido reconocer en el terreno.

También se hicieron algunos denuncios mineros que dieron origen a pequeñas labores de investigación en las inmediaciones de las Juntas de los ríos Varas y Matapuercas. Si desde la mancha carbonífera de Adamuz se sigue un itinerario a aquel lugar, se penetra en la formación cambriana, cuyas pizarras, casi horizontales en un principio, acaban por quedar verticales; en la casa de Navajuncosa penetra un asomo granítico que se sigue cortando en un kilómetro de longitud, viéndose después algunos bancos de cuarcitas que, a nuestro juicio, deben incluirse en el siluriano; en su contacto se cortan en unos 50 metros de potencia una serie de bancos de grauvacas, areniscas y pizarras, aproximadamente orientadas de N. a S. De nuevo en la casa del Serranillo se presenta el granito, que en las inmediaciones de la finca de María Sol es reemplazado por una pizarra muy silícea, siluriana probablemente, que al principio se inclina al S., y luego se dobla buzando al N.; a ella sigue la formación cambriana bien caracterizada.

Antes de llegar al Puerto de las Juntas, en el camino de Adamuz a Pozoblanco, viene una formación de carácter eruptivo de pórfidos y diabasas, que tiene más de 100 metros de potencia, y corre al N. 45° O. Numerosos diques hipogénicos de naturaleza análoga cortan a la pizarra en la bajada al río Varas; en esa pizarra se observa la presencia de un filoncillo paralelo a aquella dirección con un sombrero de hierro perceptible. A unos 300 metros de la casa del Sr. Sepúlveda, la pizarra, influenciada fuertemente por las

rocas eruptivas inmediatas, buza al E. 20° N. unos 75°, estando atravesada por fajas de colores más claros. Probablemente este terreno es cambriano, pero el metamorfismo regional lo ha transformado por completo, borrando en gran extensión los caracteres típicos de la formación. Esta pizarra, negra, se raya fácilmente, dando un polvo blanco que demuestra bien a las claras que está por completo desposeída de elementos carbonosos la roca original. Viene acompañándola una especie de brecha negruzca, verdosa, formada por elementos pizarreños, influenciados, como toda la formación, por el anfíbol, olivino y peridoto.

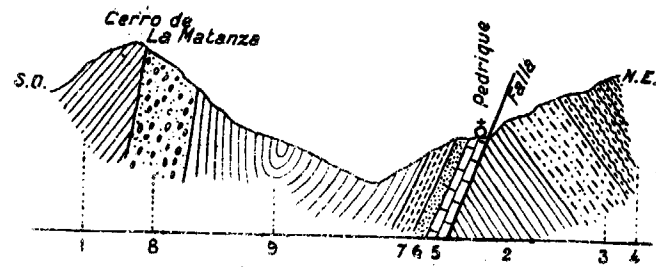
Los caracteres de la pizarra cambriana se reconocen tanto al N. como al S. de la casa de las Juntas. Hay grauvacas que además así lo comprueban, y a la derecha del Matapuercas siguen otras pizarras con todos los caracteres típicos de la formación cambriana en Sierra Morena. Tienen éstas abundantes manchas de chialolito y descansan sobre otras negras, que primero corren verticales al O. 15° N. pero luego buzando al S. y después se inclinan unos 80° al N.

En las Zahurdas de las Juntas la pizarra negra se comba hacia el S. En la margen izquierda del Matapuercas hay un pozo sobre esa pizarra negra, reluciente y casi vitrificada, presentando aquélla algunos contornos verdosos de anfíbol.

Apuntes sobre la estratigrafía de la mancha del Guadalbarbo.—Como ampliación a lo manifestado en el estudio anterior sobre la cuenca carbonífera del Guadalbarbo, daremos algunas noticias sobre los croquis que se acompañan.

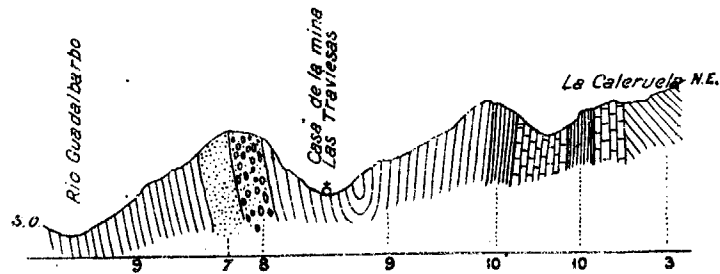
El buzamiento hacia el SO. de la formación carbonífera, perfectamente definido en La Ballesta, en el kilómetro 40 de la carretera de Córdoba a Almadén, no desaparece en absoluto en la bajada al Guadalbarbo; así se observa en el

croquis de un corte por los Cerros de la Matanza al caserío de Pedrique, ya que tal inclinación se acusa en los conglomerados, en las pizarras del tramo central y aun en la banda



Corte núm. 1.—Por el Caserío de Pedrique.

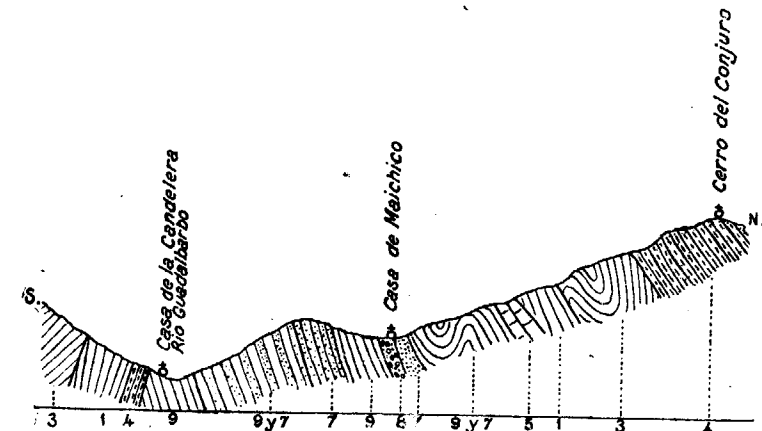
de calizas que corre al pie del caserío; rocas todas en manifiesta discordancia con los dos macizos más antiguos que las limitan. Especialmente al N.E., el tendido hacia ese rumbo en las cuarcitas silurianas, que aquí es de los pocos lugares donde se presentan bien definidas, las pizarras cambrianas y las grauvacas del mismo sistema, es preciso. En el contacto N. la línea de fractura, separación de las diferentes formaciones, está bien definida.



Corte núm. 2.—Por «Las Travesas».

En el croquis correspondiente al corte transversal por la mina de «Las Travesas», los estratos del carbonífero, próximos a la vertical en el anterior itinerario, comienzan a

manifestar un buzamiento al N., tanto más perceptible cuanto la erosión fué más profunda, lo que permite sospechar para la tectónica de los terrenos cortados desde Villaharta hasta los que ahora nos interesan efectos análogos, que gracias a un combamiento de la formación carbonífera hacia la superficie, hacen que las observaciones superficiales no concuerden con los resultados deducidos en la profundización de las labores mineras. La discordancia de estratificación con las rocas que forman los macizos laterales del carbonífero es bien perceptible, dado su mayor buzamiento, y la pizarra carbonífera, estéril, que queda intermedia entre los dos cordones, de conglomerados y areniscas menudas al S., con la capa más importante de carbón, y las fajas de caliza alternantes con el borrasco al N.; es concrecionada, estéril y se pliega con frecuencia en pequeños rizos.

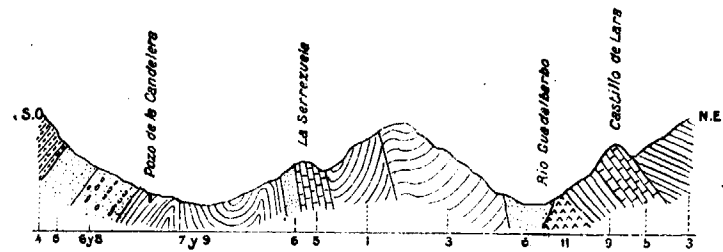


Corte núm. 3.—Por el Cortijo de Maichico.

Más acentuados los hechos anotados en el corte correspondiente a la casa de la Candelera y el cerro del Conjuro, corte cuyo croquis se publicó en el trabajo anteriormente publicado, pasemos a considerar el correspondiente al pozo

de la Candelera, donde a partir del S.O. se cortan los siguientes estratos:

a) Cuarcitas silurianas en contacto con las areniscas metamórficas, de clasificación difícil. Blancas, de cortes vivos y gran dureza, que buzan, casi verticales, al S.



Corte núm. 4.—Por el pozo de la Candelera.

b) Areniscas metamórficas, carboníferas; clasificables en esta edad gracias a los grandes tallos de crinoides que presentan con abundancia, pero no por su aspecto petrográfico, que más bien obligaría a incluirlas en el siluriano, buzan al SE. unos 70°.

c) Areniscas de elementos menudos y conglomerados de elementos medianos, cuya inclusión en el carbonífero es indudable y que son concordantes con las rocas anteriores.

d) Pizarras carboníferas concrecionadas, con algunos lechos samíticos, compactos, que alcanzan hasta un metro de potencia, y que se retuercen cambiando más de tres veces de buzamiento en una extensión de unos 400 metros.

e) Nueva faja, al parecer discordante, de conglomerados y areniscas carboníferas, con algunas gonfolitas hacia el N.

f) Caliza con crinoides, azulada, concordante con las rocas anteriores y sensiblemente en bancos verticales.

g) Talcitas filadiformes, estrato-cristalinas, casi horizontales, algo dobladas, de tonos verde rojizos.

h) Pizarras cambrianas, rizadas, también en estratifica-

ción discordante con las rocas anteriores, gris verdosas, con vetas de cuarzo interestratificadas.

i) Areniscas cuarzosas, carboníferas, metamorizadas por la acción de las rocas hipogénicas inmediatas, azoicas al parecer.

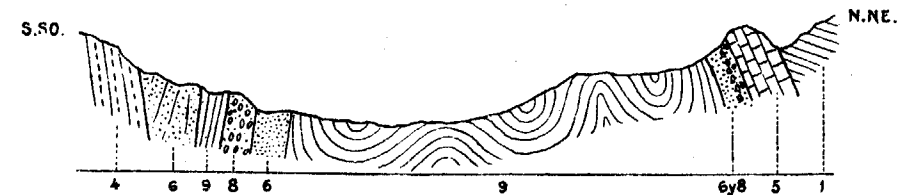
j) Dique de sienito.

k) Pizarra carbonosa dislocada con cantos redondeados de caliza y tendencia al buzamiento N.

l) Calizas del Castillo de Lara, concordantes con las anteriores y con numerosos fósiles.

ll) Pizarras cambrianas que buzan más de 45° al NE.

El croquis correspondiente al corte del pozo de la Candelera a la casa de los Collados da idea, comparado con el anterior, de las razones que nos hacen sospechar la existencia de una falla que corte transversalmente al carbonífero en las inmediaciones de estos parajes, pues para distancias tan reducidas fácil es reconocer que el buzamiento de las rocas que limitan al S. el carbonífero se ha invertido radicalmente; continúa la estratificación discordante con las

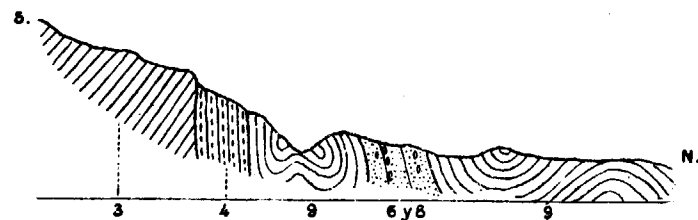


Corte núm. 5.—Por la casa del Collado.

cuarcitas silurianas al S., se anota la presencia de una faja de pizarras entre las areniscas metamórficas con crinoides, acaso afectadas por la línea de fractura a que precedentemente hacemos mención, se multiplican los pliegues del tramo de las pizarras estériles intermedias, acentuándose la traza de la línea de fractura que las separa de las areniscas,

conglomerados y calizas de la faja septentrional, cuyo buzamiento a ese rumbo parece más claro.

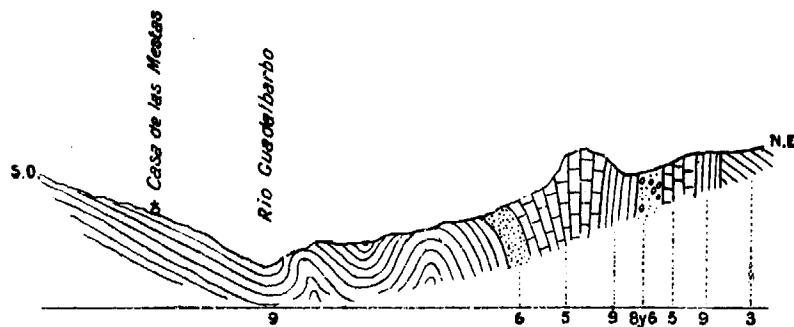
La discordancia entre las cuarcitas silurianas y las pizarras arcillosas del carbonífero se acentúa según el corte por



Corte núm. 6.—Por el arroyo del Carrizal.

el arroyo del Carrizal, a la vez que los conglomerados y areniscas, en relación con los afloramientos de carbón del cerro de la casa de las Mestas de Porrás, toman mayor potencia y se definen concretamente.

El buzamiento al N. del sinclinal probable que forma toda la alineación de terrenos carboníferos, se acentúa en

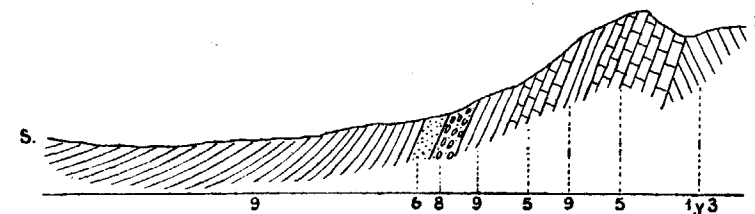


Corte núm. 7.—Por la casa de las Mestas.

el corte correspondiente a las Mestas de Obejo. En las dos bandas extremas aumenta el espesor de los bancos de conglomerados y areniscas; al N. existe una estratificación en abanico, y en apariencia son concordantes las diferentes

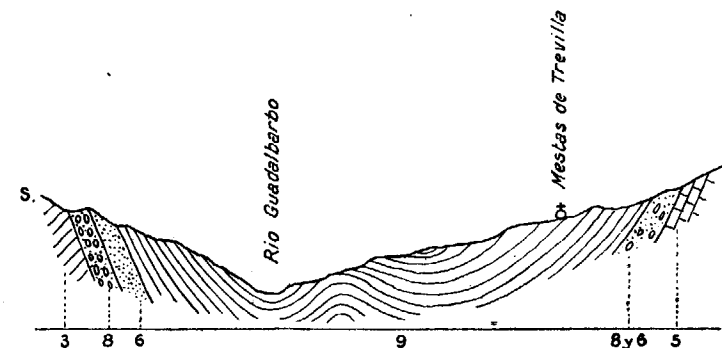
rocas de la formación carbonífera; mientras las últimas calizas y pizarras del carbonífero quedan verticales, buzando fuertemente al N. las pizarras cambrianas y otras rocas de apariencia cristalina.

Esta última discordancia se anota quizá con más claridad en el croquis que representamos correspondiente a un corte por el río Varas.



Corte núm. 8.—Por el río Varas.

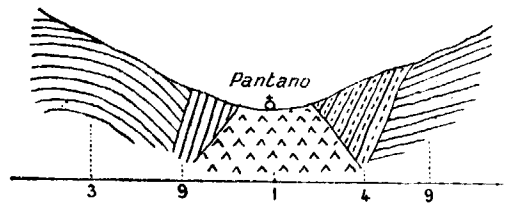
El sinclinal carbonífero, deducido por las diferentes inflexiones del tramo de las pizarras estériles, queda bien definido en el corte del terreno por las Mestas de Trevilla,



Corte núm. 9.—Por las Mestas de Trevilla.

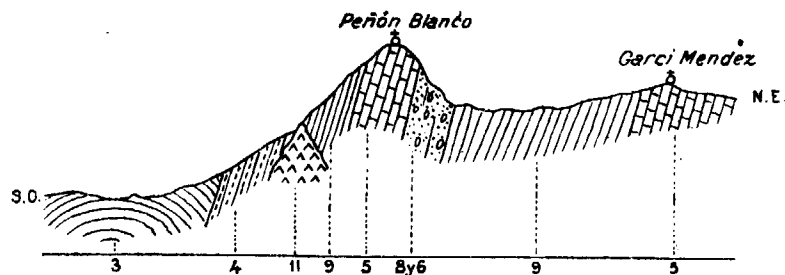
que unido al que se indicó en el trabajo precedente, hecho por la Presa del Pantano, da cuenta exacta de la marcha general de la formación por esta parte que, como se indicó, es donde toma el máximo de anchura.

La inclinación al S. que para toda la formación carbonífera se anotó en la faja de las minas del grupo de «El Conejo», está aclarada en el croquis que señalamos correspondiente



Corte núm. 10.— Por el Pantano de Guadalmeñato.

a un corte transversal de la formación por el Peñón Blanco; nótase aquí la presencia de dos bandas bien diferenciadas de calizas, estando todas las rocas afectadas por el dique de sienito, que desde la Presa del Pantano sigue por las ásperas laderas de Cabezas Rubias. Con frecuencia las calizas presentan en esta parte tránsitos a la dolomía, y

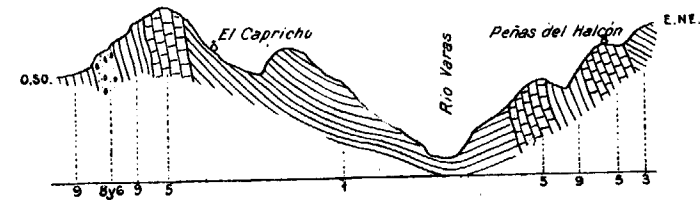


Corte núm. 11.— Por Peñón Blanco.

aunque en apariencia las estratificaciones se manifiestan concordantes, los fenómenos de resbalamiento que experimentaron están palpables.

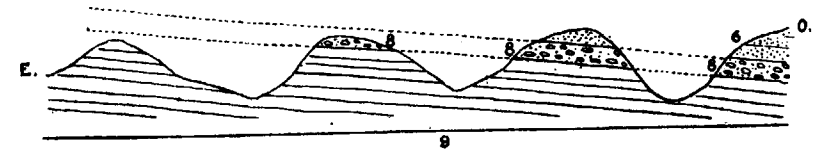
La accidentada topografía del cauce del río Varas por las Peñas del Halcón, está indicada en el croquis correspondiente a un corte de los distintos terrenos por «El Capri-

cho». Después de cortadas las pizarras, areniscas y calizas de la faja central carbonífera, que corren por las Mestas de



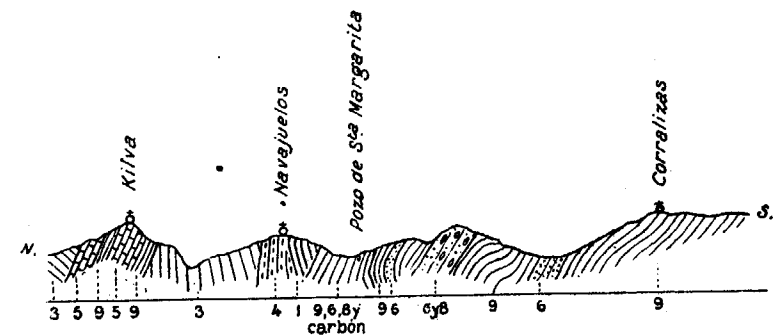
Corte núm. 12.— Por «El Capricho».

Trevilla, y cuyo buzamiento de unos 75° al N. está bien



Corte núm. 13.— Por la Fuente Cabrera a la Hoya de Bautista.

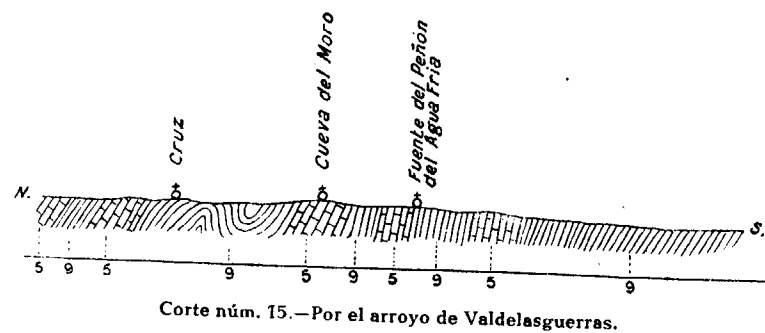
definido, se estrecha la faja cambriana que separa aquella



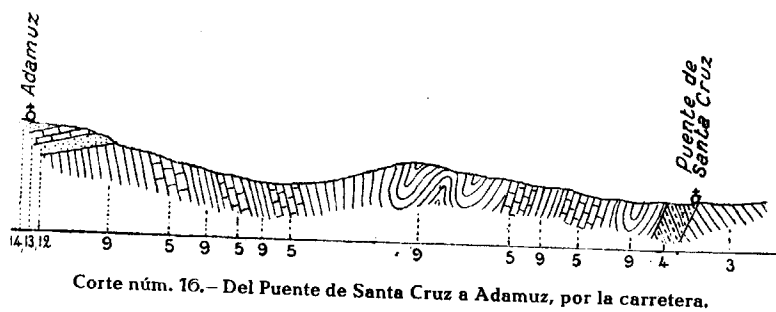
Corte núm. 14.— Por Corralizas Altas a la Loma de Kilva.

mancha de la alineación del Castillo de Lara. Como en croquis anteriores, buza aquí el cambriano al N., suavemente, y queda en estratificación discordante de unos 100 metros de

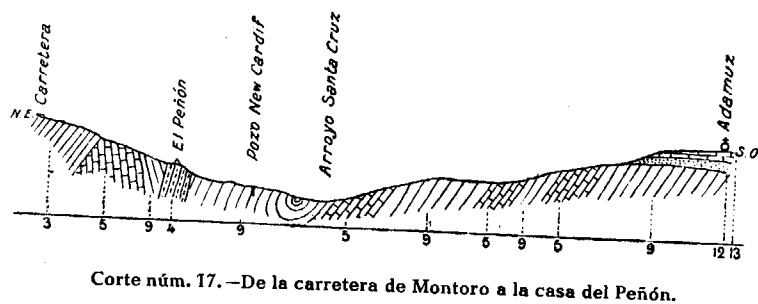
potencia, y formada por dos cordones de calizas verticales,



entre los que se interponen una serie de pizarras carbonosas muy descompuestas.



El corte correspondiente al itinerario de la Hoya de Bau-



tista a Fuente Cabrera, demuestra la terminación de la

mancha carbonífera hacia el último rumbo, después de quedar sus estratos casi horizontales, circunstancia que explica la mayor extensión de la formación hacia el pueblo de Adamuz.

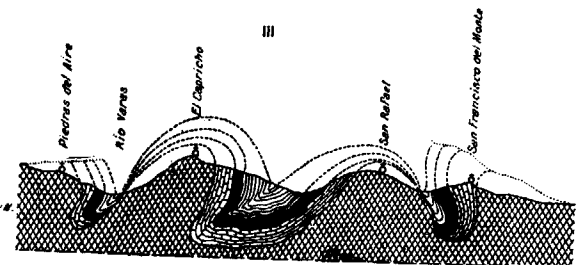
Finalmente, la dislocación que el sistema adquiere a medida que por la faja N. se aproxima a la gran falla bética, está aclarada con la representación al croquis del corte por el arroyo de Santa Cruz, a un kilómetro de Adamuz al N., en el que se ve que el buzamiento se acentúa.

Génesis probable de la cuenca.—Todo lo anotado nos permite suponer que los hechos deben haber ocurrido en la zona estudiada en forma análoga a la que se representa en el croquis de la página siguiente. La separación de las manchas del río Varas, El Capricho y San Francisco del Monte, sus buzamientos predominantes, su unión y separación en los diferentes rumbos, quedan acordes.





Consideraciones de otros órdenes también permiten aceptar tal hipótesis.

Consideraciones tectónicas.—Gran parte de las actuales cuencas del Guadalquivir y del Guadiana debieron estar ocultas por el mar carbonífero. Los movimientos posteriores plegaron y desgarraron los estratos depositados en él, arrumbándolos contra el contrafuerte granítico de Los Pedroches y los depósitos estrato-cristalinos, cambrianos, silurianos y devonianos a él adosados. El centro de aplicación de las diferentes fuerzas que actuaron en el levantamiento, por lo que a la cuenca de Bélmez se refiere, debió estar entre Espiel y Villaharta, zona la más trastornada y dislocada de la cuenca; de aquí que a medida que desde el último punto se marcha hacia Adamuz, las capas, verticales al principio, tiendan a adquirir cada vez menores buza-

mientos, el terreno carbonífero ocupe cada vez mayor extensión superficial, se subdivida en una serie de ramas, y



EXPLICACIÓN

-  Pizarras y samitas estériles
-  Pizarras y capas de carbón
-  Pizarras y calizas del Cuim
-  Terrenos anteriores al carbonífero

Prolongación oriental de la cuenca de Bémez. — Génesis.

en muchos lugares donde falta puede suponerse que la falta de aquellos depósitos, más que a la corrida de los estratos hacia el N. NE., sea originada por la erosión posterior.

A consecuencia de esas plegaduras, situados los bajos fondos del mar carbonífero hacia el O. y NO. y las mayores profundidades al S., facies tan diferentes como el culm y la caliza de montaña aparecen en íntimo contacto. El trabajo posterior de los agentes externos hizo desaparecer una parte importante de esos depósitos, y como consecuencia quedó rota la formación entre Villaharta y Adamuz en una serie de fajas alineadas al E. SE.

Siendo los depósitos carboníferos sedimentos relativamente blandos con relación a los terrenos más antiguos en que encajan, la acción erosiva ha tenido lugar con preferencia sobre ellos; por esto las líneas hidrográficas en el país tienden a establecerse según su arribamiento, como quedó anotado precedentemente.

Nota sobre la terminación oriental de la cuenca de Bémez.— Nos limitaremos ahora a dar algunos antecedentes relativos a la manera cómo desaparece la formación carbonífera de esta mancha al extremo SE. de la misma. Esta cuestión, someramente relacionada con la falla del Guadalquivir, ya ocupó nuestro trabajo con anterioridad, en la Estadística Oficial precedentemente consignada. Como allá indicamos, creemos que este es uno de los más importantes problemas por resolver en la minería del mediodía de España.

La mancha carbonífera que pasa al N. de Adamuz, o sea la faja más septentrional en que el sistema se divide hacia el río principal, queda oculta bajo el triásico, que a su vez aparece en ciertos lugares recubierto por el mioceno. Las fajas más meridionales siguen suerte parecida, pero así como el triásico, representado por la arenisca roja, es la formación preponderante desde Montoro hasta la carretera de Pedro Abad a Adamuz, rápidamente va perdiendo impor-

tancia hacia la desembocadura del Tamujoso, y de aquí, ya en el término de Villafranca, es reemplazado por el mioceno.

Pero en los lugares donde la erosión tuvo mayor intensidad, en la margen derecha del río, han quedado al descubierto las pizarras del culm y la caliza de montaña. Entre otros sitios donde tal sucede, podemos citar la azuda de los Cansinos, en el término de Córdoba y Villafranca, desde donde el caso es frecuente hasta la barca del camino del Carpio a Adamuz, y aun hasta la desembocadura del Tamujoso, siguiendo un itinerario hacia el N. por las márgenes de la corriente principal.

Rodeando el espolón de la Serrezuela de Villafranca, junto a las calizas del carbonífero, se encuentran a veces gonfolitas y otras rocas deducidas de las primeras, de fácil confusión con otros materiales terciarios y cuaternarios.

En dos puntos diferentes, frente a la desembocadura del Tamujoso y al S. del Alcolea, en el olivar del Chancillarejo, he encontrado en la margen izquierda del Guadalquivir rocas del carbonífero; pueden indicar concretamente la continuidad de aquella formación más allá de la gran falla andaluza, pero también pueden ser bloques derrumbados del macizo frontero, primero seccionado por líneas vivas y demolido por la acción de los agentes externos después.

Diremos, para terminar, cuatro palabras sobre las formaciones más modernas que recubren el carbonífero en esta parte.

El terreno triásico, dispuesto según bancos próximos a la horizontal, que se ven muy bien al atravesar el Guadalquivir, siguiendo la carretera de Pedro Abad a Adamuz, buza unos 15 a 25° al NE., pero más generalmente se presenta completamente horizontal. Seguramente esta mancha triásica estará relacionada con otros bancos del mismo terreno que asoman hacia Montoro, y aun con los que sirven



Montoro

MAPA GEOLÓGICO DE LA PROLONGACIÓN ORIENTAL DE LA CUENCA CARBONÍFERA DE BELMEZ

POR
D. Antonio Carbonell
INGENIERO DE MINAS



Escala de 1:50,000

EXPLICACIÓN

- Miogénico
- Eozóico
- Carbonífero
- Siluriano
- Mioceno
- Máfico rico
- Máfico estéril
- Triásico
- M. Mioceno
- CC Cauce carbonífero
- C Cuaternario

de asiento a esta población. También casi horizontales asoman los bancos de la formación triásica, pero ocultos en gran parte por los sedimentos miocenos y cuaternarios a poniente de Adamuz, y en el arroyo Parrosillo, de su término municipal.

Como se indicó, está representado el triásico por bancos de arenisca roja, que llegan a alcanzar un metro de potencia; a veces sus estratos son delgados y aun manifiestan en ciertos lugares un tránsito a las pizarras samíticas rojas. Algunos bancos de conglomerados pertenecientes a esa edad, se ven en las proximidades del Cortijo de Alcarrucen.

Los sedimentos miocenos, constituídos por calizas amarillentas, en numerosos sitios margosas y ricas en fósiles: *Ostrea crasisima*, *Pecten*, etc., aparecen en el mismo pueblo de Adamuz, siendo aquí numerosos los dientes de escualo, moluscos, lamelibranquios, *pectunculus*, náutica, turritelas, coralaris, etc., y entre ese pueblo y el Tamujosillo, formando una manchita de un kilómetro de longitud, que termina hacia la huerta del Indiano; también se muestra con mayores espesores al S. y al E. del citado pueblo, pero en general muy recubierto por los derrubios y tobas más recientes, formadas a sus expensas. Junto al Tamujoso quedan rotas sus capas horizontales asomando las pizarras del paleozoico. En la mesa del Cristal, e inmediaciones de Villafranca, adquiere de nuevo marcado interés. En Pedro Abad, en las cercanías de la Iglesia, se encontró un *Oxyrina plicatilis* en la caliza de esa edad.

La importancia de los mantos cuaternarios es escasa, siendo en las inmediaciones del río Guadalquivir las manchas de mayor potencia las que se extienden por la Yuguerriza y casas de Porras.

EL TERRENO CARBONÍFERO
DE
TAMAJÓN, RETIENDAS Y VALDESOTOS
EN LA PROVINCIA DE GUADALAJARA
POR
D. LEANDRO PÉREZ-COSSIO
Ingeniero de Minas.

EL TERRENO CARBONÍFERO
DE
TAMAJÓN, RETIENDAS Y VALDESOTOS
EN LA PROVINCIA DE GUADALAJARA

Si se tratara de un informe particular acerca de la mayor o menor posibilidad de riqueza industrial contenida en los jirones de terreno carbonífero que se presentan en la provincia de Guadalajara, hubiéramos terminado nuestro cometido después de la primera visita girada a esta región y de haber reconocido los manchoncitos, tan discutidos como mal estudiados; pues ni el espesor de la formación en que puede estar incluido el combustible, ni la historia, que tanto vale en las minas viejas, dejan lugar a dudas acerca de su exiguo valor industrial. Pero tratándose de un informe oficial, una de cuyas misiones es obtener datos (positivos o negativos) acerca de los criaderos minerales españoles, reuniremos todos los conocidos anteriormente y que hemos podido recoger y los que directamente, de nuestras varias visitas y pequeñas labores ejecutadas, hemos obtenido.

Desarrollanse estas manchas, susceptibles de contener combustible, en la meseta comprendida entre los ríos Sorbe y Jarama, en la que se encuentran enclavados los pueblos de Tamajón, Retiendas, Valdesotos, Tortuero, Puebla de Beleña, Puebla de Vallés, Almiruete, etc., etc., cuyas

rocas constitutivas pertenecen a varias formaciones geológicas, pudiendo todas ellas comprenderlas en los períodos Siluriano, Carbonífero, Cretáceo, Mioceno y Diluvial, salvo, claro está, los cauces antiguos y modernos de los ríos que son Aluviales.

La faja cretácea que limita por el S. la región elevada de la cordillera Carpetana, y que es continuación de la mancha cretácea madrileña, estudiada por D. Casiano del Prado en su Memoria incomparable sobre la provincia de Madrid, forma en esta zona un entrante sobre la formación siluriana, en la cual penetra hasta el pueblo de Almiruete, debajo del cual está la línea de separación de las dos formaciones.

Dos de las citadas manchas carboníferas se ocultan debajo del Cretáceo, estando la otra claramente asentada sobre el terreno Siluriano; pero en su conjunto, y consideradas topográficamente, todas están comprendidas en el declive, a veces suave, a veces escarpado, que arrancando de la Sierra del Ocejón (el más elevado y recio contrafuerte en la provincia, de la sierra Carpetana) va a morir a orillas del Jarama.

En este declive existen algunas zonas cuyo suelo, siempre áspero y quebrado, no ofrece, sin embargo, los aspectos de fragosidad característicos de toda esta región, pues se presentan con ligeras ondulaciones entrecortados por afloramientos y crestones ingentes de rocas silurianas.

Las sierras del Ocejón y de Valverde defienden por el N. este país de los vientos helados de este rumbo, y su temperatura, si bien no suave, es más blanda en invierno que la de las regiones adyacentes, lo que hace algo más productiva la tierra, siempre mísera en esta región de la Sierra, cuyo suelo desigual y escarpado presenta multitud de barrancos, torrenteras y alcabenes, coronando casi siempre sus alturas, agudos crestones de imponente aspecto.

Los barrancos principales que surcan la región que estudiamos, son:

Arroyo de las Damas.

Arroyo de las Huertas, que luego toma el nombre de Retiendas.

Barranco de los Lamederos.

Barranco del Arenal.

Arroyo de Valdelacasa.

Todos los cuales vierten al Jarama por la izquierda.

Y por la derecha vierten al mismo río los barrancos y arroyos de Valhondo, Matalayegua, Butarejo, San Andrés y Palancar, que unidos al de Valdesotillos, desembocan en el río con el nombre de Arroyo de Valdesotos.

Como puntos de referencia podríamos citar todos los que contiene el plano que acompaña, pero basta indicar los cuatro siguientes para hacerse cargo de los grandes desniveles de la región:

Ocejón.....	2.063 metros.
Almiruete (pueblo).....	1.164 »
Tamajón.....	1.072 »
Valdesotos.....	787 »

Historia.

Sea por el desconocimiento en que se tuvo hasta el siglo xvii todo lo relativo a los carbones minerales, sea por el poco aprecio que de estas manchitas se hizo, a pesar de encontrarse en región que fué industrial en el siglo xviii, el caso es que estos míseros y espaciados jirones no fueron reconocidos hasta el siglo xix.

La primera vez que encontramos citados los combustibles minerales de que se trata, es en el *Boletín de la Socie-*

dad Geológica de Francia correspondiente al año 1854, en el que a propósito de uno de los viajes científicos hechos a nuestra Península por M. Du Verneuil, se dice taxativamente que la arenisca entre la cual se encuentran unos delgados lechos de combustible en los términos de Retiendas, Valdesotos y Bonaval, es, sin género de duda, carbonífera. Es decir, que para este gran geólogo no ofrece duda alguna la clasificación del Terreno que sirve de caja al carbón. En cuanto al combustible en sí, reconoce que sus cualidades se apartan bastante, por su aspecto, de las verdaderas hullas, ofreciendo más caracteres de lignitos. Creemos honradamente que M. Du Verneuil debió visitar rápidamente el terreno, o quizá limitarse a examinar alguna muestra que le enseñaron, pues reconociendo con algún esmero los afloramientos de las capas de carbón, se adquiere el convencimiento de que, a juzgar por su aspecto, el combustible de que se trata es hulla, de mejor o peor calidad, más o menos grasa, de mayor o menor densidad, pero hulla.

Es verdad que las ideas sobre lo que significa la palabra hulla han cambiado bastante desde los tiempos en que M. Du Verneuil publicaba sus minuciosos y sinceros estudios de conjunto hasta hoy día, en que se consideran como verdaderas hullas, criaderos de combustibles que yacen en el terreno Liásico; pero de todos modos, en la clasificación de los combustibles se atendió más a sus condiciones industriales que a su yacimiento, y si bien en aquel tiempo todo combustible que yacía en terrenos geológicamente inferiores al Carbonífero, tuviera las cualidades que tuviera, sería una antracita, pero no podía ser hulla, y un carbón de yacimiento superior al Carbonífero era necesariamente lignito, pero hulla, de ningún modo; a pesar de ello, llama la atención este geólogo sobre las muestras que él vió y que por sus condiciones organolépticas y físicas, parecen no corres-

ponder al tipo clásico de los combustibles del Carbonífero, pues dice de ellas en el resumen de su primer viaje a España, que acompaña al cuadro de altitudes de la Península, trazado en 1853:

«Las areniscas de Retiendas, Valdesotos y Bonaval, en la provincia de Guadalajara, son ciertamente del período Hullero, pero el carbón que contiene es ligero, análogo al lignito y en capas estrechas.» Y antes de esta afirmación, dice textualmente:

«Una banda de caliza y arenisca pertenecientes al tramo de la creta cloritosa y otra más estrecha de arenisca hullera, separan el terreno Terciario lacustre de la cadena del Guadarrama.»

La banda cretácea, es un hecho, en cuanto a su existencia, no en cuanto a su situación; pero no sucede lo mismo en lo que a la arenisca se refiere, pues no presenta banda ni ancha ni estrecha, sino una serie de jirones pequeños, que si algún día pudieran estar unidos, hoy no pasan de ser unos modestísimos testigos que pueden asemejarse a las damas o mogotes de tierras que se dejan al practicar los desmontes para atestiguar con su presencia hasta dónde llegaban los espesores de las tierras movidas.

A partir de esta primera cita de M. Du Verneuil, a la cual quizá no fuera extraño D. Casiano del Prado, se encuentran varios geólogos españoles que las estudian y enumeran, no siempre con exactitud, siendo por su orden cronológico:

D. Casiano del Prado, en su Memoria geológica de la provincia de Madrid, menciona las manchas carboníferas de Guadalajara sin poner en duda ni un momento la edad de las mismas, que atribuye a la formación carbonífera.

El Sr. Aranzazu, en estudio publicado en Mayo de 1867, cita las mencionadas manchas carboníferas (que dicho señor supone una sola), y que se extienden por los términos de

Valdesotos, Tortuero, Valdepeñas y Alpedrete, y admite una sola capa de combustible, clasificando el terreno en que yacen como Carbonífero.

En 1874, el Sr. Donaire publicó un estudio somero acerca de la geología de Guadalajara, y al tratar del Carbonífero cita la mancha de Valdesotos como única, sin tener para nada en cuenta la de Retiendas o Bonaval y la pequeñísima de Tamajón, clasificándola como Carbonífero, lo que prueba con los fósiles que cita pertenecientes a este Terreno y correspondientes todos a la flora del tramo superior de Grand'Eury

En 1877, D. Pedro Palacios publicó un estudio geológico acerca de la provincia de Guadalajara, tan concienzudo y definitivo como todos sus trabajos, y en él se asegura, por los fósiles hallados, que las tres manchas de Valdesotos, Retiendas y Tamajón, son carboníferas sin género de duda.

En su Memoria geológica de Guadalajara, incluye don Carlos Castell en el Carbonífero de esta región las tres manchitas citadas, y cita a propósito de ellas algunas opiniones contradictorias, las cuales rebate con datos irrecusables, citando una cantidad agobiante de fósiles que sentimos no haber encontrado, pero de los cuales no dudamos un punto después de examinar los pocos que hemos podido recoger en nuestras varias y nada cortas visitas.

Posteriormente D. Lucas Mallada, en su obra monumental *Explicación del Mapa Geológico de España*, resume las afirmaciones anteriores, incluyendo las tres manchas citadas en el Carbonífero, y cita a propósito de ellas muchos de los fósiles que los geólogos antes citados han reconocido y clasificado en esta provincia.

Aunque fuera del orden cronológico, merece citarse la opinión de D. S. Calderón, que en el año 1874 publicó en

la *Revista de la Universidad*, correspondiente a dicho año, un estudio somero, pero bien orientado, sobre la estratigrafía de Guadalajara, y en dicho estudio admite que las manchas de Retiendas, Valdesotos y Tortuero son carboníferas, correspondiendo, a juzgar por sus fósiles, al tramo hullero, es decir, al que hoy llamaríamos Estefaniense, por los restos orgánicos que en él se encuentran, e indicando la presencia de la metaxita como descomposición de la arenisca granítica carbonífera por el agua. Admitiendo desde luego que la formación de este Carbonífero es de origen lacustre, lo que prueba por la presencia de un banco de pequeño espesor de calidad fétida.

Como se ve, no es desconocida para los geólogos españoles esta pequeña formación, ni ha dejado de ofrecer sus dudas el nivel geológico en que ha debido colocarse, pues más de uno ha incluido la mancha de Tamajón (que es la más pequeña) entre la formación cretácea, pues bajo ella se oculta y su espesor es tan insignificante, que es preciso fijarse mucho para que no pase inadvertida; unido esto a la calidad del combustible, cuyos caracteres (sobre todo los físicos) no presentan gran semejanza con las verdaderas hullas, hacen no extrañar las opiniones formuladas en sentido contrario a su inclusión en el Hullero.

La cantidad de fósiles que citan varios geólogos, sobre todo el Sr. Castell, no puede menos de llamar la atención al que recorre estas manchas, pues de una lista tan larga como la que dicho señor incluye en su Memoria de Guadalajara, no hemos podido encontrar más que alguna *sigillaria*, y no del todo bien definida, y algunos *helechos*, uno de los cuales es de verdadera importancia para la clasificación específica de las manchas citadas.

En la Memoria tantas veces citada de D. Casiano del Prado acerca de la provincia de Madrid, y terminada, pero

no impresa en 1852, se dice textualmente refiriéndose al terreno carbonífero de Guadalajara:

«No se puede menos de admitir que aquél sea verdaderamente terreno Carbonífero, puesto que se halla compuesto de pizarrillas, arenisca carbonera y capas, aunque muy estrechas, de carbón, y además muchas impresiones de pecopteris y calamites.»

Tanto las rocas como los fósiles que D. Casiano cita, son las que efectivamente se observan en aquella comarca, llamando la atención que observador tan profundo incluye en el Carbonífero una pequeña mancha cambriana que existe cerca de Atienza, en la cual se presenta una materia carbonosa francamente gráfitica sin conexión alguna con el Carbonífero, cuyas únicas representaciones en la provincia, son las manchas que vamos a estudiar de Tamajón, Retiendas y Valdesotos.

Estando las manchas carboníferas unas veces rodeadas por el Siluriano y otras descansando sobre este sistema y recubiertas por el Cretáceo que sustentan, o por el Diluvial que las enmascara, indicaremos someramente la composición de estas formaciones antes de entrar en la del Carbonífero, que es el objeto de nuestro estudio.

Siluriano.

La topografía de la región, cuyo suelo está formado por las rocas de este sistema, ofrece, como hemos dicho antes, un aspecto inconfundible; pues o presenta cerros elevados cuyas cimas ingentes ofrecen a la vista los dientes caprichosos a que dan lugar los afloramientos casi verticales de las cuarcitas, con colores de conjunto gris o azulado oscuro, o presenta cerros de cimas redondeadas formados por las distintas variedades que las rocas pizarreñas de este siste-

ma afectan como forma de equilibrio para resistir la acción derrubadora de los agentes destructores.

Las cúspides de toda la Sierra de la Concha, en cuyas vertientes meridionales se presentan las manchas carboníferas, están constituídas por cuarcitas o pizarras silíceas, las cuales, al caer en pedazos arrancados de su sitio de origen por las acciones del frío intenso de esta región desamparada y fría y el calor excesivo de los meses de estío, ocasionan gleras o cantorrales formados al pie de los cerros elevados de esta Sierra, sin que por ello desaparezcan estos materiales, pues por su falta de solubilidad y exceso de cohesión no permiten que sus restos, como ocurre con los pizarreños arcillosos, se transformen en partículas más o menos grandes que constituyan después depósitos en los cauces de los arroyos y barrancos que arrancan de la Sierra.

El Siluriano, dentro de la zona que estudiamos en la provincia de Guadalajara, tiene más importancia para nosotros que ninguno de los demás terrenos, pues o rodea por completo las manchas carboníferas de esta región, o les sirve de asiento inmediato.

Más importante que el Cretáceo y que los Terciarios y Cuaternarios por su extensión, podemos decir que forma el *subtractum* de esta parte de la provincia, pues la faja cretácea ofrece anchuras de poca consideración, viéndose no sólo limitada en todo el rumbo N. por la formación siluriana, sino presentándose también afloramientos de este período entre las rocas terciarias que ocultan por el S. a las calizas y areniscas de la Creta.

Las rocas principales del Siluriano de esta provincia fueron estudiadas con todo el esmero que D. Pedro Palacios pone en sus obras, en el bosquejo que de la provincia de Guadalajara publicó este eminente geólogo el año 1877.

De los dos tramos que el Siluriano presenta en esta zona,

no tenemos nosotros que ocuparnos del tramo inferior, o sea el de las cuarcitas, pues no tiene conexión alguna con el Carbonífero, y nos limitaremos a indicar el superior, o sea el de pizarras.

En este tramo se presentan cuatro tipos de pizarras ya indicadas por Palacios, o sean:

- 1.º Filadios semicristalinos.
- 2.º Filadios azulados oscuros.
- 3.º Pizarras arcillosas.
- 4.º Pizarras carbonosas.

Nada tenemos que decir de los filadios semicristalinos, pues los términos de Nava de Jadraque, Semillas y Arroyo de Fraguas en que se presentan, distan bastante de nuestra zona, alternando con las cuarcitas de la base del sistema, y correspondiendo esta subdivisión a los filadios cristalinos de los autores ingleses y que no se presentan en la zona que nos interesa.

La segunda subdivisión correspondiente a los filadios tegulares; tampoco se ofrecen más que accidentalmente entre las zonas de pizarras en las que se apoya el Carbonífero. Tienen estas rocas la propiedad de dividirse en trozos grandes, de pequeño espesor, de color gris y cierta sonoridad cuando se las golpea con el martillo, pudiendo emplearse, como se emplean, para cubiertas de edificios.

Las zonas de pizarras son para nosotros las más interesantes. Se ofrecen a la vista arcillosas, arcillo-silíceas y completamente silíceas. Sus colores son muy variados, pues las hay azules muy oscuras, azules claras, rojizas, amarillentas y pardas.

En la fractura fresca, presentan casi todas color rojizo por el mucho hierro que contienen, y suelen romperse en lajas de poco espesor y tamaño pequeño. Como única aplicación, las hemos visto empleadas en la construcción de

cercas. Suelen alterarse con la acción de los agentes atmosféricos, pero no destruirse, sino caer en trozos que la acción posterior de las aguas, al arrastrarlas a los cauces de los barrancos y actuar sobre ellas, las hacen perder las aristas vivas y redondearlas en forma de cantos rodados.

La variedad arcillosa, que es la más abundante, llega por su destrucción a constituir verdaderos canchales, como el que presenta la falda occidental del Ocejón, donde hay sitios en que es comprometida la marcha.

Estas pizarras, conforme van cargándose de sílice, sin cambiar de color, cambian de textura, llegando a presentarla fibrosa o granuda como un tránsito a la cuarcita. En algunos puntos, como en el Cerrajo de Tamajón o Cerro Negro, dice el Sr. Calderón que se cargan de otreлита. Nosotros hemos tenido la desgracia de no encontrar este mineral, a pesar de haber recorrido el Cerrajo o Cerro Negro en varias direcciones.

Las pizarras ampelíticas no las hemos visto solas como las arcillosas y silíceas, sino formando lechos entre los otros tipos de pizarra. Tan cargada de materias carbonosas se presenta en ocasiones, que su color negro brillante ha sido causa de muchas equivocaciones al juzgar de ligero, pues se ha confundido con la pizarra gris carbonífera, y algunos la han creído tan próxima al carbón, que en Almiruete como tal la tomaron. En Tortuero, en un cerro siluriano a cuyo pie está edificado el pueblo, y cerca del contacto con el Cretáceo, se hicieron excavaciones creyendo que se trataba de pizarras carboníferas, y en Valdesotos, frente a la misma iglesia del pueblo, se trató de buscar carbón en las pizarras ampelíticas del mismo Terreno.

En las cercanías de Tamajón, casi frente al molino de las Huertas, aflora también esta pizarra cuya presencia comunica a los cortes naturales del terreno un aspecto de

inconsistencia que parece va a derrumbarse, debido a la falta de coherencia de esta roca por lo muy atacada que se ofrece a la vista por los agentes destructores, perdiendo en los afloramientos el aspecto brillante que en su masa presenta, y siendo tal su color que, según hemos oído, en la Miñosa, se emplea para lapiceros bastos.

Esta pizarra ampelítica se ha confundido alguna vez por los mineros de Guadalajara con otra pizarra muy oscura, entre cuyas fajas, como ocurre cerca de Atienza, se presenta algún delgado lecho tan cargado de carbono que puede emplearse también como mina para lapiceros, pero esta última, geológicamente, no presenta conexión alguna con la primera, pues corresponde al terreno Cambriano.

Entre las pizarras arcillosas no se presentan en esta provincia, como ocurre en la de Madrid, algunas especies de ellas cargadas de granates pequeños, pero sí ofrecen, por efectos de metamorfismo, el satinado de la mica en cristales microscópicos que a simple vista no hay manera de diferenciar, siendo entonces bastante silíceas y formando uno de los tránsitos a las cuarcitas de la base del sistema.

En el Cerro Negro o Cerrajo de Tamajón se observa también una especie de pizarras duras, silíceas, de color azulado, rojizo en la fractura, que se rompen en fragmentos grandes y angulosos, con caracteres talcosos, constituídas indudablemente por la sedimentación de los detritus de estos silicatos unidos a otras sustancias, como el cuarzo, la mica y restos de algún feldespato aglutinados por un cemento silíceo.

Como mineral accidental, se presenta en varios puntos de esta formación, una especie muy rara en España, que consiste en una brecha ferruginosa o conglomerado de granos de cuarzo con cemento ferruginoso que sirve de aglutinante, y alguna vez al estado de oligisto o hierro especular,

entrando a formar parte de la roca este cemento en tal cantidad (formando filoncillos), que constituye una mena de hierro que se pensó explotar en las ferrerías de Somolinos, según dice el Sr. Palacios.

El Sr. Cortina la cita en las inmediaciones de Almiruete, y el Sr. Calderón asegura su semejanza con la especie llamada Itabirita o Siderocristo del Brasil, asegurando que se encuentra también en Tamajón, aunque nosotros no hemos conseguido encontrarla.

¿Será quizá la especie que por oro explotaron los romanos en las inmediaciones de este pueblo y que cita Tito Livio en Tamajón, a cuyo pueblo designa con el nombre de la Gran Tamaya?

Es verdad que en Almiruete existe un filón de cuarzo aurífero que se debió explotar antiguamente, pero la Itabirita típica del Brasil contiene oro casi siempre, y pudiera ser que esta especie española también le contuviera.

Formaciones filonianas en las pizarras (aparte de la especie indicada), no conocemos más que los filones de cuarzo, algunos de los cuales son de gran potencia y corrida corta. Es clásico en la provincia el filón de Umbralejos, de 15 metros de potencia y 60 de corrido. En Almiruete se presentan varios que se explotaron para la gran fábrica de vidrios de Tamajón. Unos y otros ofrecen la particularidad de no romper la estratificación, sino de seguirla, y por su corto recorrido afectan más la forma de masas que de filones, oscilando la dirección de los mismos alrededor de la N.-S. Dice Prado, al indicar la existencia de filones análogos en el Siluriano de la provincia de Madrid, que, sin negar su origen interno, es innegable la intervención del agua en la formación de estas masas o filones cuarzosos. El color del cuarzo no es nunca blanco, en esta región, sino sonrosado, pardo o rojizo, como si la intervención del hierro en la

formación de las rocas de esta provincia hubiera comenzado en las más antiguas, llegando hasta la formación Cuaternaria como característica local, pero sin que permita concentraciones de dicho metal capaces de dar origen a una explotación regular y continua de estos minerales.

Inútil es decir que de los dos tramos que el Siluriano ofrece en esta provincia, o sea el de cuarcitas y el de pizarras, el más antiguo es el primero, correspondiente al tramo Ordoviciano.

El de pizarras comienza por las pizarras silíceas, que son un tránsito a las cuarcitas, presentándose los lentejones de filadios entre su masa; siguen las grandes masas (a veces enormes) de pizarras arcillosas, ofreciendo en la cúspide de las mismas e intercaladas con ellas las pizarras ampelíticas. Los filadios tegulares se presentan en lechos aislados entre las pizarras arcillosas. Constituyendo esta enorme masa de pizarras, cuyo espesor no bajará, según el Sr. Palacios, de 600 metros; la representación del tramo llamado Portlandiense por los geólogos ingleses.

El Sr. Calderón, en su Memoria de Guadalajara, admite que la edad de las cuarcitas y pizarras es la correspondiente a la base del Siluriano, que Sedgwick llamó Cambriano fundándose en la presencia de *graptolítidos* y *fucoïdes* en las pizarras de Checa, pero hoy está completamente fuera de duda, por los fósiles hallados en la zona a que nos referimos, que corresponde al Siluriano, no existiendo más Cambriano en la provincia que la faja pequeña de las inmediaciones de Atienza, de que hemos hecho mención anteriormente.

Los fósiles encontrados por los Sres. Palacios, Aranzazu, Donaire, Castell y Calderón corresponden, como los que encontró Prado en el siluriano de Madrid, a los géneros *calimenas* y *placoparias*.

Nosotros, menos felices, no hemos encontrado más que restos de *graptolitos* en las pizarras ampelíticas.

La acción del derrubio no es tan perceptible hoy día en las rocas del Siluriano como en los Terrenos más modernos, a causa de la mayor dureza y cohesión de sus rocas, pero los enormes cantorales o cascajeras que se observan en los lechos de las corrientes de agua y al pie de los macizos elevados, indican que en otras edades debió ser muy activa, contribuyendo no poco a estos efectos destructores el tendido enorme que los lechos de estas rocas presentan, llegando en algunos puntos, como en la Sierra del Ocejón, a 65°, siendo la dirección del buzamiento N. 35° O.

En general, las capas silurianas ofrecen una serie de ondulaciones y pliegues que hace muy difícil determinar su dirección. Prado da como media de muchas tomadas por él en la provincia de Madrid, N. 35° E. en Torrelaguna, que es la misma que da Aranzazu para la Sierra del Ocejón, cuya dirección hemos comprobado, pero sin atrevernos a asegurar que sea la general de las rocas de esta Formación a causa de haber medido muchas que no coinciden con ella, ni tampoco con la que da Prado para la mancha madrileña, que es N. 5° O., oscilando entre N. 22° O. y N. 5° E.

Las acciones metamórficas se marcan bien en las rocas silurianas, pues sin ellas el carácter pizarreño de las que principalmente forman este terreno, no existiría, pudiendo atribuirse a estas acciones los cambios de estructura de estas pizarras, según el paraje en que se encuentran; pues sólo por acciones de metamorfismo puede explicarse la presencia de la otrelita en los planos de estratificación y crucero de las pizarras, así como el encontrar rocas de esa especie (en cuya masa se ofrecen los granates y la mica), de difícil diferenciación de la verdadera micacita si no fuera por el carácter paleontológico.

Los fósiles del Siluriano de esta provincia, aunque algo más abundantes que en la de Madrid, son también muy escasos.

Nosotros no hemos podido encontrar más que restos informes e imposibles de clasificar de *graptolítidos* en las pizarras arcillosas y en los filadíos.

A pesar del cuidado con que hemos reconocido estas zonas, no hemos encontrado restos de *crucianas*, como las que citan Prado y D. Pedro Palacios, y mucho menos las *Calimenas Blumenbachi* C. *Tristany* y C. *Tourneminey*, géneros de trilobites que se citan por todos los autores que visitaron esta región y que en la obra del padre Torrubia, escrita en 1754, se designan con el nombre de cangrejos fósiles.

Cretáceo.

La faja cretácea que oculta cerca de Tamajón la mancha carbonífera que existe en este término y en Bonaval la otra mancha de la misma Formación, es continuación y forma parte de la que se extiende por la provincia de Madrid descansando sobre el Siluriano, y que ocultándose por el E. bajo los mantos Terciarios del Mioceno, reaparece en la provincia de Cuenca formando, al parecer, un fondo de barco que debe y puede tener importancia por la posibilidad de encontrar en ella aguas artesianas tan discutidas y negadas en Madrid.

El aspecto general de esta faja en la zona que estudiamos es de bastante regularidad, sobre todo en la parte comprendida entre Tamajón y Retiendas, y sin llegar a creer, como el Sr. Aranzazu, que es tan regular en su posición como la que ofrece el Padrastró de Atienza o la Mesa de Campisávalos, ambas de Guadalajara, donde las capas se observan perfectamente horizontales y regladas, no dejan de ofrecer en su conjunto cierta marcha uniforme.

No quiere esto decir que no ofrezca accidentes su estratificación, pues en el mismo molino de las Huertas, como a dos kilómetros de Tamajón y en la margen izquierda del barranco, se presenta un corte natural del terreno en el que se ve la disposición del tramo calizo, formando un gran anticlinal seguido de un sinclinal, que ofrecen la particularidad de no presentar cambios de espesor en las capas, ni en el fondo de barco, ni en la cúspide de la loma.

En las cercanías de Tamajón, en el sitio llamado Virgen de los Enebrales, ofrecen los estratos de esta Formación una horizontalidad muy marcada, y en todo el camino de Retiendas a Tamajón, en la parte caliza del mismo, sólo se observa un buzamiento muy marcado hacia el S.

En el rumbo N., esta faja cretácea se estrella contra los estratos del Siluriano, mientras que por el S. se oculta bajo los mantos Terciarios y Cuaternarios de la campiña del Henares.

La dirección de las capas no es posible tomarla en detalle, pues cambian constantemente de un punto a otro a pesar de la innegable regularidad de la Formación, pero tomada en conjunto, puede decirse que es N. 45° E.

Es verdad que nosotros hemos estudiado esta formación en las proximidades de la Sierra, donde su depósito debió ser influido por los bordes muy inclinados de la cuenca siluriana, trastornada no sólo por el levantamiento ocasionado por la erupción de rocas eruptivas que señala Palacios, sino además por los pliegues a que dió lugar el movimiento de intumescencia que, según la opinión del Sr. Ezquerro, fué la causa del levantamiento de sus bordes, al elevarse la Sierra del Guadarrama, puesto que la faja cretácea está en su contacto.

La roca eruptiva a que nos referimos es un pórfido compuesto por una pasta verdosa con cristales de feldespató,

hojuelas de mica y granates, pudiendo observarse en Cañamares y La Miñosa, en los alrededores de cuyo pueblo la pasta envolvente es color rojo de guinda y no verde. Las erupciones de esta roca debieron tener lugar al final de la época Devoniana.

La topografía del terreno Cretáceo en esta región, indica por sí misma los grandes trastornos que debió sufrir a causa de desgastes ocasionados por el derrubio en épocas anteriores a la actual. Los cauces actuales de los ríos y arroyos, angostos y abarrancados, ofrecen sitios donde claramente se comprende la enorme cantidad de materiales acarreados por las corrientes de agua, más potentes y violentas que hoy día, cuyos cauces casi siempre se abren en arenisca, pues la caliza, como más coherente, resistió mejor el empuje de las aguas, y no consiguieron abrirse camino en estas rocas, observándose este hecho no sólo en el río Jarama, sino en los arroyos como el de Retiendas y el de Valdesotos, en cuyos fondos llegase a veces a descubrir las rocas de formación inferiores a la Cretácea por el fácil derrubio de la arenisca.

DIVISIÓN DEL CRETÁCEO

Aunque en realidad podemos considerar el Cretáceo como formado simplemente por sus dos miembros, tan constantes en España y fuera de ella, arenisco y calizo, algún geólogo, como el Sr. Calderón, considera tres, intercalando entre los dos anteriores un miembro margoso que puede considerarse como perteneciente al de las calizas, pero siendo las margas, una mezcla de arenas y calizas y teniendo mucha mayor importancia el miembro calizo en esta formación, entre los elementos del cual se presentan las margas, debemos considerarle como incluido en él.

Areniscas.—Las areniscas cretáceas de la provincia de Guadalajara son difíciles de distinguir a primera vista de las triásicas y miocenas, pues en esta región el color rojizo parece que es una propiedad inherente a sus formaciones secundarias y terciarias por el exceso de material ferruginoso que acompaña y completa las rocas de estas edades. Además, es frecuente el paso del color rojo al color blanco puro casi sin transición de matices, y algunas veces a estos dos colores se unen horizontes de areniscas que, por contener glauconita entre sus elementos integrantes, ofrecen a la vista un color verdoso. La reunión de estos colores comunica al conjunto del miembro arenisco (donde se presentan juntos), un tono abigarrado que lo asemeja a las areniscas del Triás.

Los horizontes de areniscas, como inferiores a los calizos, descansan directamente sobre el Siluriano o sobre el Carbonífero, siendo siempre discordante o transgresiva la estratificación en el contacto de los dos terrenos.

No en todos los puntos de la región que estudiamos ofrecen las areniscas cretáceas los mismos caracteres.

Entre Tamajón y Retiendas, o sea en la vega que formó el Arroyo de las Huertas o de Retiendas, se presenta constituida por granos gruesos, rodados unas veces y angulosos otras, de sílice, unidos por un cemento calizo, variando sus colores del blanco puro al amarillo y rojizo.

Cerca de Almiruete, sin variar los granos, cambia el cemento, que al cargarse de hierro comunica a la roca un color rojo de sangre.

En Tortuero la arenisca suele ofrecer un color amarillo muy pronunciado, como si el elemento ferruginoso que empasta los granos silíceos hubiera sufrido algún fenómeno de hidratación. Siendo con mucha frecuencia de grano mediano y consistencia bastante para ser empleada como piedra

de construcción. La presencia entre sus capas, de guijarros de cuarzo pulimentado, pero no redondos, dispuestos en lechos paralelos a la estratificación, hace pensar en la posibilidad de que el origen de estas areniscas sea debido a los cuarzos y cuarcitas silurianas de la próxima Sierra, más bien que a la descomposición del granito, como supone el Sr. Ezquerro.

D. Pedro Palacios admite la hipótesis de D. Casiano del Prado, sobre el origen de estas areniscas como resultado del derrubio y nueva sedimentación de las capas triásicas; pero esta hipótesis, perfectamente admisible para el Cretáceo de Sigüenza, donde descubrió Prado las capas que él consideró análogas a las areniscas verdes de la cuenca parisiense, no lo es para la de la región que estudiamos, donde no se presenta en toda la faja de Madrid y Guadalajara sedimento alguno triásico, que hubiese quedado como muestra por grandes que hubieran sido los efectos destructores del derrubio si hubiera existido dicho terreno Secundario en sus proximidades.

En Retiendas, encima de las areniscas de grano mediano y color claro, se ofrecen algunos horizontes de arenas que, al desmoronarse por la acción de los agentes atmosféricos, forman pequeños y redondeados cerros de bastante espesor en la cúspide. Estas arenas, casi sueltas, son de la misma composición y color que las areniscas a quien están superpuestas, distinguiéndose unas de otras por el grado de coherencia que ofrecen sus elementos.

En las dos orillas del Jarama y en una isleta que sirve de asiento al puente de madera que todos los años tienden los vecinos de Valdesotos, Retiendas y Bonaval, y que con toda regularidad se lleva el río en el mes de Abril, pueden observarse estas areniscas en bancos gruesos, finogranudas y de color verdoso.

Entre Retiendas y Tamajón forma la arenisca una serie de cerros, constituidos por granos microscópicos de cuarzo unidos por un cemento calizo que se aprovechó como primera materia en la gran fábrica de vidrio, cuyos restos imponentes llaman la atención en este último pueblo.

Finalmente, en algunas localidades como Valdesotos, Tortuero y Bonaval, acompaña a las areniscas lechos de arcilla casi pura al estado de pizarrilla foliácea, de color amarillento en las dos primeras y gris azulado en la última localidad, los cuales faltan en absoluto en Atienza, cuyo Padrastro es uno de los parajes clásicos para estudiar el Cretáceo de Guadalajara.

Calizas.—Las calizas del Cretáceo en la zona comprendida entre el Sorbe y el Jarama, son de varia coloración y textura, pero inconfundibles con las Terciarias.

Varía su coloración desde el blanco de leche hasta el amarillento y rojizo, pasando por varios matices del gris que suele ser predominante,

En su masa, presentan gran homogeneidad en general, pero unas veces se ofrecen bancos que contienen espato calizo, otras son granos de arena los que la impurifican, y cerca de Tamajón, en el sitio llamado La Cantera, se ve una clase de caliza muy blanca y al parecer pura, pero que, expuesta al aire, presenta en sus superficies de contacto caracteres que la incluyen entre las areniscas con cemento calizo. Esta es la llamada piedra de Tamajón, de la que se hacía en Madrid algún consumo para la construcción, hasta que la piedra de Colmenar la ha sustituido, por la mayor facilidad de su labra a causa de su blandura y crucero fácil.

En el barranco de las Huertas, junto al molino del mismo nombre, se ve un tajo de gran altura formado exclusivamente de calizas en su margen izquierda, de colores agri-

sados y bancos potentes, alternando con algunos lechos de margas. La caliza de la cúspide en todo el recorrido de Tamajón a Retiendas, se presenta cavernosa, recordando las calizas triásicas, pero los fósiles que en ellas se encuentran no ofrecen duda alguna para la clasificación de este terreno.

Al final del barranco de las Huertas, ya cerca de su desembocadura en el Jarama y frente al convento de Bonaval, la caliza cavernosa que corona la mesa, forma como una cornisa tajada a pico y ofreciendo una composición homogénea en un gran espesor.

En el mismo Tamajón, como a dos kilómetros del pueblo siguiendo la carretera de la Presa, y en el sitio llamado Virgen de los Enebrales, se presenta un tipo de caliza cavernosa en la que el derrubio ha ocasionado una descomposición parcial de la masa, tomando el conjunto el aspecto fantástico que presenta la «Ciudad Encantada» de Cuenca, pues en ella se ven ruinas de palacios, puentes, estatuas y enormes trozos de columnas rotas, sobresaliendo el conjunto sobre una planicie de corta extensión y sorprendente aspecto.

En el estudio del Sr. Calderón, se asegura que en las cercanías del mismo pueblo se encuentran lumaquelas, pero no hemos tenido la suerte de encontrarlas y sólo hemos hallado las formas estalactíticas rellenando las oquedades de la caliza cavernosa.

Cerca también del mismo pueblo, en el llamado Cerro de la Tonda, es donde más variedad de fósiles hemos encontrado, cuya lista acompaña.

Debemos confesar con toda sinceridad que no somos paleontólogos más que de afición, y la clasificación de fósiles está hecha por nosotros, así es que con la mejor voluntad hemos podido equivocarnos en algunas especies, pero tratándose de una parte accidental para el estudio de estos

criaderos, no hemos querido molestar a los especialistas para esta clasificación, como lo hemos hecho para la flora de Carbonífero.

En el Cretáceo de Guadalajara se presentan cuevas y simas, análogamente a lo que ocurre con el de Madrid, pero en la faja que nosotros estudiamos sólo pueden tomarse como principios de tales, algunas de las oquedades abiertas, aunque con pequeña profundidad, en las falsas ruinas de la Virgen de los Enebrales.

Una de las especies calizas más típicas del Cretáceo, o sea aquella en que ofrece los puntos verdes de glauconita, la hemos visto también en la zona de Bonaval sustentando las calizas cavernosas de la cúspide.

Los fósiles que hemos recogido, son:

Fósiles encontrados en la faja cretácea de Tamajón.

EQUINODERMOS: *Hemiaster Orbignanus*, *Cidaris Tribuloides*, *Micraster planus*.

BRAQUIÓPODOS: *Rhinconella Cuvieri*.

LAMELIBRANQUIOS: *Ostrea Lateralis*, *Ostrea Matheroni*, *Alectrionia Carinata*, *Exogira Flabelata*.

GASTERÓPODOS: *Tylostoma Torrubia*, *Fasianela Gosaelia*.

CEFALÓPODOS: *Acantóceras Centoni*, *Schlembaquia Varians*, *Buchiceras*, *Pachidiscus Witikindi*, *Desmóceras Griffitti*, *Stephanoceras Olcostephanus*.

Como se ve, todos o casi todos son característicos del tramo Cenomanense, es decir, de los que M. Du Verneuil clasificaba como creta inferior en sus notas acerca del terreno Cretáceo de España. Esta misma clasificación es la que acepta D. Casiano del Prado para el Cretáceo de la provincia de Madrid, que es continuación del de Guadalajara. La

duda que ofrece para D. Pedro Palacios el tramo en que deben colocarse las rocas del Cretáceo de Guadalajara, se funda en la presencia de las *Náticas Rotundata* y *Perezei*, las cuales en la provincia de Teruel se presentan como típicas del Neocomiense, mientras que en Guadalajara se presentan mezcladas con el *Hemiaster* y otras especies fósiles características del Cenomanense, tramo equivalente al de la creta inferior de D. Casiano del Prado, y que el Sr. Cortázar califica de creta tobácea en su Memoria de la provincia de Cuenca.

Creemos que esta duda que presenta D. Pedro Palacios es un exceso de la honradez científica de tan concienzudo geólogo, pues si la presencia de un fósil por sí solo no puede definir un terreno, tampoco puede dejar de aceptarse la clasificación de Cenomanense para el tramo del Supracretáceo de Guadalajara por la presencia de un resto correspondiente a otros tramos, y más si se tiene en cuenta que el género *Nática* no es de los más característicos del Neocomiense.

ESPESOR DEL TERRENO SUPRETÁCEO

Considerando la faja entera del Cretáceo, que arrancando de la provincia de Madrid llega hasta la de Cuenca, puede decirse que el máximo espesor encontrado, es el comprendido entre San Agustín y el Salto y Charco del Hervidero, en Madrid, al cual atribuye Prado 300 metros de potencia, variando tanto dicho espesor que en El Molar sólo ofrece 20 metros.

En Guadalajara, Palacios no admite más espesor en Tamajón que 140 metros, es decir, el mismo que se observa en el Padrastró de Atienza, donde la formación cretácea parece no haber sufrido efecto alguno derrubiador por los

agentes destructores; y si se examina con algún cuidado el acantilado del arroyo de las Huertas, se ve que la cifra dada por Palacios se debe aproximar a la realidad, dentro de los límites de inseguridad que esta clase de medidas ofrecen.

En la zona comprendida entre los ríos citados, descansa el Cretáceo directamente sobre el Siluriano sin interposición de ninguna otra Formación, excepto en los cortos espacios en que yace sobre el Carbonífero, pero sin interposición entre este Terreno y los Paleozoicos citados, de los Terrenos intermedios que comprende la edad Secundaria.

Epoca cuaternaria.

Período diluvial.—En la zona que estudiamos de la provincia de Guadalajara, se presentan los varios aspectos del período diluvial que para toda la región del centro de España describe D. Casiano del Prado en su Memoria sobre la provincia de Madrid.

Al mismo pie de la Sierra del Ocejón, cuya vertiente está cubierta por las gleras o cantorales de fragmentos angulosos más o menos grandes, de pizarras silurianas y algún trozo, no muy frecuente, de micacita y cuarzo, se presenta el terreno Diluvial, siendo el espesor de esta formación muy notable en algunos puntos.

Se presenta después, descansando sobre el Cretáceo y tocando al Carbonífero de Retiendas, una importante masa de Diluvium rojo amaranto, casi violado en algunos puntos, como ocurre en el citado pueblo y en las márgenes del arroyo de Fraguas, camino de Almiruete.

Este Diluvium rojizo amaranto no es el clásico Diluvium rojo de Madrid, sino que forma uno de los grandes manchones de Diluvium de la Sierra. El manchón que el Sr. Castell llama del Vado, no forma faja continua con el de Hiende-

laencina, sino que queda separado del mismo por la masa agreste y elevada de la Sierra del Ocejón, de la cual proceden indudablemente los materiales que lo constituyen en la primera de las manchas citadas, así como de la Sierra del Alto Rey proceden los del manchón mucho más importante de Hiendelaencina.

En los cauces de los ríos y barrancos, el Diluvium no existe y quedan al descubierto las rocas subyacentes, unas veces silurianas, otras carboníferas, y cretáceas otras.

Componen principalmente esta masa de Diluvium, una arcilla roja mezclada con cantos de pizarras, micacitas y cuarcitas, más rodados que los que se presentan en las gleras del pie de la Sierra, los cuales no han sufrido transporte de ninguna clase. Alguna vez, como ocurre en Valdesotos, el color del Diluvium es amarillento, como de ocre, llamando la atención el lustre que ofrecen los taludes de sus masas cuando el sol las hiere.

En los cauces de los arroyos, sobre todo en el de Fraguas, presenta el Diluvium el mismo aspecto y color que en Retiendas, estando los cantos de pizarra tan impregnados del color de la masa arcillosa, que es preciso lavarlos cuidadosamente para que la citada roca ofrezca a la vista su aspecto y color característico.

El espesor de esta masa diluvial es muy variable del manchón de Retiendas al de Hiendelaencina. En el primero no hemos encontrado más de 20 metros en ninguna parte; en el segundo, según el Sr. Castell, llega o pasa de 100 metros.

Indudablemente el brillo de los taludes depende, en Hiendelaencina, de la descomposición del gneis y reducción a partículas pequeñísimas de la mica que contiene, la cual, por su densidad, se concentró en su superficie al verificarse la sedimentación; pero en la mancha de Re-

tiendas el brillo existe, pero la arcilla rojiza no es producto de la descomposición de los gneis, sino de las pizarras silurianas, y en éstas, si bien en sus caras de estratificación y crucero suele no faltar la mica, en algunas especies, no tiene en ellas la condición de elemento esencial, como lo tiene en las rocas gnéisicas. ¿De dónde procede, pues, el lustre?

Creemos que esta cuestión está íntimamente ligada con la del color rojo amaranto que estas arcillas presentan, y que no puede ser causada por la pequeña cantidad de hierro que entra a formar las pizarras silurianas, de cuya descomposición se produjeron los elementos que la integran.

M. Le Gras opina, que para esta rubefacción del Diluvium es preciso admitir la preexistencia de manantiales ferruginosos (como se ha comprobado en los Alpes) al formarse el terreno de que se trata; pero en Francia e Italia abunda el hierro en esa región montuosa, mientras que en Guadalajara no se presentan más que los conglomerados ferruginosos que hemos indicado y que ofrecen cierta analogía con la Itabirita o Siderocristo, y es preciso acudir al término de Robredarcas, donde se presenta una pudinga ferruginosa, y sobre todo a la provincia de Segovia, donde en Madrigueras y Muyo se encuentra una brecha cuaternaria ferruginosa de difícil beneficio que se pretendió emplear en la ferrería de Somolinos.

Como se ve, son puntos de una gran oscuridad genésica y que, por muy buena voluntad que se tenga para explicarlos, no hay modo de hacerlo satisfactoriamente en la actualidad.

Este Diluvium rojo amaranto de Retiendas y de la margen del Jarama, es el que ocasionaba las turbias del canal del Lozoya por sus dos afluentes el Rofredillo y el Reduvia, cuyas turbias se cortaron desviando uno y otro y

disminuyendo en consecuencia el caudal que ambos aportaban a Madrid.

Quizá aplicando a esta parte de la Sierra el método de repoblación forestal que tan brillante resultado dió en el valle del Lozoya, se hubieran evitado las turbias sin haber disminuído el caudal de la conducción.

Es probable que este Diluvium rojo fuera la causa del abandono de uno de los proyectos de abastecimiento de aguas a Madrid por el río Jarama, estudiado con anterioridad al del Lozoya y que hoy trata de aprovecharse para riegos.

El verdadero Diluvium rojo de Madrid y Guadalajara, según la clasificación de Prado, es el que suele presentarse encima de casi todas las mesetas terciarias de esta segunda provincia en donde la masa de Terciario no ha sido derrubida, pues se presenta con carácter de constancia precisamente encima de las calizas miocenas, las cuales, como se sabe, no existen en todos los parajes donde el Mioceno lacustre extiende sus mantos.

Esta ausencia de Diluvium rojo donde no existe el miembro superior calizo, hace suponer con fundamento que existía antes del enorme derrubio que sufrió esta zona con indudable posterioridad a los depósitos diluviales de este tipo.

El Diluvium rojo está constituido por tierra roja arcillosa con cantos pequeños de cuarcita y cuarzo diseminados en su masa y cantos de caliza que proceden de la descomposición previa de las capas de esta roca sobre las que descansan, alteradas, ya por los agentes destructores, ya por fenómenos glaciales que es preciso admitir para la explicación de estos hechos, ya por movimientos no demostrados, pero admisibles en las cumbres de las sierras y lomas elevadas.

Nunca presenta este manto Cuaternario espesor nota-

ble, hasta el punto que no conocemos paraje alguno en que pase de 40 centímetros, y muchas veces se mezcla de tal modo con las rocas subyacentes, sobre todo en aquellos en que las labores agrícolas alcanzan cierta profundidad, que no hay manera de discernirlas, teniendo además en cuenta que las lluvias del período actual han arrastrado por las laderas una porción no escasa de estas gredas terrosas.

En la zona que estudiamos sólo se presenta en algún pequeño manchón que no hay manera, por su espesor y cortas dimensiones horizontales, de fijar en el plano.

Este Diluvium se presenta también alguna vez sobre las rocas jurásicas, como ocurre en algunos puntos del partido de Molina, pero generalmente queda circunscrita a las mesetas terciarias que no han sido derrubadas.

Finalmente, el *Diluvium de la campiña*, según la expresión del Sr. Castell, es el más extendido de todos; es el análogo al Diluvium de Madrid, llamado gris por Prado en su Memoria sobre la citada provincia, en el capítulo más notable, a nuestro entender, de la referida Memoria, que no creemos tenga hasta la fecha, precedente ni semejante en la historia de la Geología stratigráfica, dada la época en que la escribió y los elementos con que contaba para realizar este trabajo.

Ocupa toda la parte S. desde la Puebla de Vallés, siguiendo la dirección casi E. O. que afecta la faja cretácea y asentado sobre el Terciario, a quien cubre en casi toda su extensión. De esta masa, la parte que toca a Valdesotos y Retiendas comprende al Diluvium local rojo amaranto de la Sierra y al Diluvium análogo al madrileño. Está constituido por arenas, arcillas, gredas y cantos poco o nada rodados; su color es claro, pardo o rojizo, no presentando por ninguna parte el color gris característico de la descom-

posición del granito, que llegó a constituir en Madrid una de las especies diluviales.

En la Puebla de Vallés, el Diluvium presenta en la base algunos cantos gordos de cuarcita; pero en Valdesotos y Retiendas, sobre todo en este último pueblo, los cantos rodados que más se presentan son los de pizarra. Suelen ofrecerse entre la masa superior lechos de areniscas poco coherentes y algún menguado lentejón de arena suelta y blanca, quedando en la base la zona de cantos.

Cerca de la Puebla de Vallés y siguiendo la carretera de Humanes a Torrejón, se ofrece el curioso y desolador espectáculo de un derrubio tan intenso y profundo que al llegar la carretera a lo alto del páramo donde la Puebla de Vallés se asienta, tiene que mantener su anchura por medio de estacadas unidas con alambres, pues la acción de las lluvias actuales ha arrastrado el elemento arenoso, quedando unos hoyos u oquedades, ensanchados de continuo, que amenazan la existencia de la citada obra. Debajo de la zona arenácea, las gredas arcillosas no tienen la incoherencia de las rocas cuaternarias, pues ofrecen en los declives unos cuchillares o alcabenes que, como pequeñas y escarpadas sierras en miniatura, presentan picos agudísimos y faldas abruptas, que resisten por algún tiempo la acción de los agentes destructores.

El conjunto de estos picos da a las faldas de esta región un vistoso aspecto, pero al mismo tiempo indican la incapacidad e incuria que han presidido en esta provincia, donde por haber talado el monte que indudablemente cubría en otro tiempo estos parajes, se vive amenazado de quedarse sin comunicaciones, si no se sujeta por medio de la repoblación estas rocas de poca coherencia. Hasta tal punto la misma naturaleza marca el camino a seguir, que se ven rodeadas las cortaduras de un festón de plantas herbáceas

que son las que hoy contienen la propagación de esta acción destructora.

Los fenómenos que ocasionaron el origen y depósito de las masas diluviales, no ofrece duda que fué la acción de una masa de agua enorme, la cual arrancó y descompuso profundamente el terreno sobre el que descansan las rocas diluviales, cuyo depósito fué haciéndose, al desbordar las aguas terrenos abiertos y anchos en los cuales disminuiría su velocidad, pues para depositar los limos impalpables que formaron las gredas, la velocidad del agua debía ser insignificante.

Al empuje de dicha ola debió quedar el país desolado, pero la acción de estas aguas no debió ser de corta duración, pues dió tiempo a que la vegetación resurgiera y fué bastante frondosa para sostener animales de la corpulencia del elefante y otros proboscídeos y paquidermos que exigen gran tamaño en los vegetales de que se alimentan.

Otros fenómenos debieron contribuir a estas formaciones, y la acción glacial no puede menos de admitirse, por más que no se han visto piedras rozadas y aborregadas, pero es indudable que esa acción existió, pues sin ella no se concibe cómo no se presenta Diluvium de ninguna clase en las cañadas de las sierras, y sin embargo, en todas ellas la roca firme está al descubierto, lo que no impide que a su pie se encuentren verdaderas gleras o cantorrales que no se explican de otro modo y que los lagos de lo alto de la Sierra, que ya existían en la época Cuaternaria, no se hayan rellenado, si reducimos los fenómenos que ocasionaron las rocas diluviales a la acción de las masas de agua. La laguna de Somolinos, a 15 kilómetros de Atienza, es buen ejemplo de ello.

Rotas las crestas de la Sierra por los heleros, ya puede explicarse el conjunto de fenómenos, porque las masas de

agua actuando sobre los canchales existentes, pudieron arrastrarlos merced a la enorme velocidad que el agua llevase y depositarlos en aquellos puntos en que al disminuir la velocidad, podían sedimentarse afectando la clasificación por tamaños, como hoy lo conseguimos en los talleres de Preparación mecánica.

En cuanto a los materiales que entran en su formación, se observa la transformación que han sufrido, pues el feldespato y la mica de las rocas cristalinas, así como la pizarra siluriana, se presentan en forma de arcillas, y la cuarcita y el cuarzo en forma de guijo y de arenas.

Las margas y areniscas, arcillas y yesos del Cretáceo y Terciario, no sufrieron más transformación que ser desparadas en la masa del Diluvium, pero con tal desigualdad que de los varios manantiales que brotan en terreno Cuaternario, unos son tan buenos y puros como los que brotan en la Sierra, y otros tan impropios para la bebida como los de las margas del Terciario, que todos son selenitosos.

Para terminar, citaremos un fenómeno curioso que recuerda Prado en su Memoria, y es el tránsito de la caliza dura a roca incoherente, como se observa en los trozos de esta roca sepultados en las masas de Diluvium que M. Drian cita en su *Petrología* en el Diluvium alpino de la Croix Rousse, cantos de caliza reducidos al estado de harina, fenómeno idéntico al que hemos indicado para el Diluvium de Guadalajara.

En esta formación no hemos encontrado fósil ninguno ni instrumento útil al hombre, que ya existía en esta edad.

Carbonífero (1).

El estudio de esta Formación constituye el objeto del presente informe, y puede asegurarse que pocos descubri-

(1) En el plano lo hemos teñido de amarillo para destacar mejor el carmín de las labores.

mientos habrán ocasionado más esperanzas que las concebidas por los industriales de aquella época, en que las líneas férreas estaban sin terminar, y algunas ni estudiadas siquiera.

La explicación es fácil: la industria del alumbrado por gas ya era conocida y estaba implantada dentro y fuera de España; el transporte de carbón constituía un problema de solución difícil, y la existencia de un depósito carbonífero a menos de 100 kilómetros de Madrid, era la solución ideal para aquellos españoles que, guiados por hombre de espíritu tan superior a su tiempo como fué el Marqués de Salamanca y por Compañías francesas que tanto bien y tanto mal han hecho a España, veían en la explotación de estos posibles yacimientos de combustible la base para implantar industrias casi desconocidas en nuestra patria.

Mucho se discutió sobre la existencia del Carbonífero, y aunque el estudio y conocimiento de los terrenos estaba tan adelantado como hoy, sin más variación que la nomenclatura más rica y pedantesca que hoy existe, la dificultad en las vías de comunicación era un grave inconveniente para la repetición de los viajes, pues ni siquiera existía la triste carretera que hoy une el pueblo de Humanes con el de Tamajón.

La indiscutible autoridad de D. Joaquín Ezquerro del Bayo debió enfriar un tanto aquel entusiasmo, pues (probablemente sin haber visitado el terreno) aseguró que la mala calidad del combustible se debía a que su formación no correspondía al terreno Carbonífero, sino al Cretáceo. Esta opinión equivocada, que ha sido la base de que otros geólogos hayan sostenido la misma teoría, ocasionó bastante desconcierto entre los mineros que se habían lanzado por el camino de registrar todo el terreno en que pudiera presumirse la existencia de combustible, como lo demuestra la gran cantidad de labores de reconocimiento, unas

mal colocadas y otras dispuestas con acierto indudable, para definir el criadero.

Los estudios posteriores, cuya mención hemos citado, no dejaron duda acerca del terreno en que yacen los combustibles, a pesar de lo cual es raro no oír todavía opiniones tan disparatadas como la que atribuye la formación citada al Cretáceo lacustre o Wealdense.

Forman estas manchas (que a no dudar constituyeron una sola) un conjunto de rocas tan típicas, que desde luego llaman la atención del que sin prejuicio alguno atraviesa estos parajes.

MANCHA DE TAMAJÓN

Saliendo de Tamajón en dirección a Retiendas, en el barranco de la Solana de las Huertas y como a 100 metros antes de llegar al molino del mismo nombre, se presenta la primera mancha de Carbonífero, formando topográficamente un lomo o contrafuerte del levantamiento general de la orilla derecha del barranco y limitada por dos barranquillos, que van a morir a la orilla del arroyo citado.

Es la mancha más pequeña, pero geológicamente es la mejor caracterizada. Son tan escasas sus tres dimensiones que ha pasado casi inadvertida, pues el Sr. Castell no la cita en su Memoria y dice que la mancha de Tamajón se oculta bajo el Cuaternario, con no sabemos qué fundamento.

Se apoya esta mancha en estratificación discordante sobre el Siluriano, que en su contacto con el Carbonífero está formado por una zona u horizonte estrecho de pizarras silíceas rojizas.

Sobre estas pizarras descansan pizarras grises muy oscuras, con bastante mica negra y plateada en sus lechos de estratificación y crucero, carácter que las distingue de las silurianas.

Sigue a estas pizarras un conglomerado de pequeñas lascas de pizarras silurianas grises, unidas por un cemento silíceo arenáceo con mica.

Encima viene una arenisca en contacto con una capa de carbón de 6 centímetros, que es el mejor y más puro que hemos encontrado en toda la Formación, y después areniscas pizarreñas grises, conglomerado potente (5 metros) de cantos gordos rodados de pizarra siluriana unidos por cemento arcilloso con algunas hojuelas de mica.

Otro lecho delgado de arcilla pizarreña gris.

Otro lecho de conglomerado de hojas pequeñas de pizarras, como el primero que hemos citado.

Un lecho de arenisca clara.

Un lecho de pizarra gris, banco potente de arenisca pizarreña (5 metros) gris clara, con hojuelas de mica y partículas carbonosas, formando una verdadera psamita.

Y finalmente, un lecho de arenisca pizarreña gris rojiza con hojuelas de mica.

Sobre esta última capa se apoya el Cretáceo, que comienza por una arenisca roja con cantos de caliza, siendo quizá debido a su contacto el color rojizo que afectan las últimas capas de la arenisca del Carbonífero; sobre ella se apoya una potente masa de caliza, siguiendo la alternancia de areniscas rojas y blancas y bancos de caliza hasta salir al valle del barranco de las Huertas, producido indudablemente por la erosión de las aguas sobre los bancos de arenisca.

El espesor total del Carbonífero en esta manchita, se puede medir perfectamente, pues se ven sus dos límites y no pasa de 20 metros.

El tendido de este conjunto de capas silurianas, carboníferas y cretáceas que forman el lomo descrito, va disminuyendo en dirección del valle, donde es casi horizontal.

Lo mismo el Carbonífero sobre el Siluriano, que el Cretáceo sobre el Carbonífero, descansan en estratificación discordante bastante marcada en la superficie.

En esta manchita no existe pizarra ninguna que presente caracteres bituminosos, pero en cambio la capa de carbón (pues no hemos visto más que una) es la de mejor calidad que hemos encontrado. Presenta ensanches y estrechamientos desde 2 hasta 10 centímetros, y es negro brillante, homogéneo, sin trazas de pirita ni de ninguna substancia que le impurifique y con aspecto de hulla grasa de llama larga. A esta capita deben referirse los análisis seductores que transcriben casi todos los que han pisado este terreno con ideas industriales, fiándose de los informes suministrados por mineros ilusos o valientes.

Sobre esta pequeña mancha de Carbonífero se abrió una pequeña galería (G.) de 12 metros de longitud en dirección normal a la estratificación, y no se cortó más que la capa que aflora en la superficie y que hemos indicado.

En la margen izquierda de este barranco se observa en toda su potencia el miembro calizo del tramo del Cretáceo que forma el suelo de Tamajón, y por la derecha, descansando sobre los Paleozoicos y como estrellándose contra ellos, la formación arenácea del mismo tramo Cenomane.

Claro está que en el miembro calizo no faltan algunos lechos de margas que separan los bancos más coherentes de calizas ni la formación arenácea deja de contener algún depósito calizo, pero una y otra entran como elemento accesorio y no como principal en los miembros respectivos.

La dirección de las capas del Cretáceo es imposible definir las en el barranco citado, pues presentan una serie de ondulaciones que haría incierta la medida tomada al detalle y preferimos dar la general, medida desde los cerros de Almi-

ruete, que para el conjunto da una dirección de N. 45° E. Esta misma dirección, como veremos después, es la que presentan las capas carboníferas en la mancha de Retiendas, y quizá haya sido una de las causas por las cuales opinaron algunos geólogos que debían clasificarse estas rocas entre las cretáceas; pero si no bastaran los fósiles del Cretáceo para diferenciarlas (porque los del Carbonífero son escasos), la textura y composición de ellas sería bastante para incluirlas en grupo distinto al de la Creta, pues precisamente en esta Sierra se presentan varias y complicadas cuestiones de este género, sin que por ello se pueda dudar de la exactitud de la clasificación de las rocas.

MANCHA DE RETIENDAS

El segundo manchón se presenta abarcando las dos orillas del Jarama, en término de Retiendas. Es de mayores dimensiones que el anterior, asienta como él sobre las pizarras arcillosas del Siluriano y se cubre con las rocas cretáceas.

En el llamado barranco de las Colmenas, como a 50 metros del camino del Vado y 200 al N. del barranco de Bonaval y a 1.400 metros de Retiendas, se presentan las rocas del Carbonífero en la superficie, por unas areniscas claras, pizarreñas, micáceas y con algunas partículas carbonosas buzando al S. 45°.

Entre las areniscas se ven algunos lechos de pizarras y una roca fragmentaria formada por cantos rodados de pizarra siluriana de color gris, con alguna insignificante vetilla carbonosa. El espesor de este conglomerado es pequeño y se repite varias veces entre los lechos de arenisca.

Las areniscas son: unas veces de gran compacidad y grano fino, y otras más bien afectan aspecto granudo y porfiróide

con cemento arenáceo y granos pequeños de pizarra gris o negra, carbón, feldespato y algo de cuarzo. Otras veces encubre la arenisca cantos gruesos y rodados de pizarra o de otra arenisca rojiza y compacta que se encuentra en su masa en forma de lentejones.

Los lechos de carbón son de insignificante espesor, mucho brillo y parecen como ondulados dentro de la masa de arenisca.

En este sitio, en el año 1901, se practicó un sondeo cuya situación se ve todavía.

A 700 metros del arruinado convento de Bonaval y 90 del barranco de la Cabaña, se practicó otro sondeo en cuyo fondo quedó una corona con cuatro diamantes, el casquillo y parte del tubo de corrida.

El perfil que acompaña hace ver el espesor de terreno Carbonífero que atravesó la sonda.

Al otro lado del Jarama, o sea en su orilla derecha, existen varias labores que vamos a indicar.

Galería del arroyo de la Era.—En la ladera derecha del barranco de la Era se excavó una galería en la demarcación de la mina «San Rafael». Tiene esta labor una dirección NE.-SO. y unas dimensiones de 1,40 de alto por 2 metros de anchura.

En el acantilado del arroyo no se ven las areniscas, pero sí unas potentes hiladas de pizarras en delgados lechos de colores grises y pardos. La galería tiene 15 metros de longitud, con un codo en su culata, en ángulo recto con la primera dirección, y un desarrollo esta última travesía de 12 metros.

Entre las pizarras se observa algún delgado lecho de carbón que no alcanza 4 centímetros de potencia, siendo estas pizarras casi horizontales.

En el fondo de la galería se presenta la arenisca psamí-

tica de color de ladrillo y muy poca mica, sin presentar asomo ~~ni huella~~ alguna, de lechos carbonosos.

En el fondo del barranco, en una de cuyas laderas se abre la anterior galería, se ve el conglomerado potente de cantos gordos de pizarra gris y parda unidos por el cemento arenisco silíceo que forma la base del sistema Carbonífero.

Encima de las pizarras se asienta la arenisca sin mica o con muy poca, y encima otros bancos de arenisca de grano muy fino.

Carca de la citada galería se practicó otro sondeo que alcanzó la profundidad de 85 metros, de los cuales 62,40 se hicieron valientemente en las pizarras arcillosas del Siluriano.

Aguas arriba del mismo barranco se practicó otro sondeo, y finalmente, otro a 50 metros del barranco de San Andrés, al SO. del mismo.

En el fondo de dicho barranco, en el que queda a la vista la Formación carbonífera, se ven de abajo a arriba: Conglomerado grueso, notable por el gran espesor de los cantos de pizarra que lo forman. Encima un conglomerado fino de cantos pequeños redondeados y aplastados de pizarras silurianas, gris rojo y amarillo, unidos por un cemento silíceo de colores vivos, presentando el aspecto de un vistoso mosaico, y coronan la formación arenisca psamítica fino-granuda, con mica en hojuelas algunos granos arcillosos y arcillo-feruginosos y pizarras grises sin asomo alguno de combustible.

Todo el fondo del arroyo es del conglomerado grueso.

En la confluencia de los dos arroyos de San Andrés y de la Era, situados a 400 metros del Jarama, aparecen las pizarras grises arcillosas inconfundibles del Siluriano.

Otros dos sondeos practicados dentro de esta misma

mancha, dieron lugar a los perfiles que se acompañan con los números 6.º y 7.º y la composición de rocas que en ellos se expresa.

Esta mancha, como se ve, ha sido objeto de un estudio más formal, aunque desgraciadamente mal dirigido, pues el afán de atacar los lugares en que el Carbonífero estaba al descubierto para definir cuanto antes la existencia del combustible, ha dejado la sonda sin su verdadera utilidad, como hubiera sido atravesar la Formación cretácea para estudiar el Carbonífero en la zona en que el derrubio no le ha afectado desde la época de la Creta cloritosa.

MANCHA DE VALDESOTOS

La mancha de Valdesotos y Tortuero es, indudablemente, la más importante, la más estudiada desde hace mucho tiempo, la que dió lugar a labores de más importancia y la que hizo concebir más ilusiones a los mineros. ¡Que si no tuvieran ilusiones, muchas veces descabelladas, no lo serían!

Se desarrolla esta mancha por las orillas del arroyo del Palancar, desde Cabeza de Udilla hasta cerca del pueblo de Valdesotos, alcanzando parte del término municipal de Tortuero.

En ella se han practicado las labores siguientes: En término de Valdesotos y junto al arroyo del Palancar, al pie del camino y junto a un escarpe que el monte ofrece, para bajar de la colina al valle, por donde la senda se desarrolla; se practicó una galería, más bien calicata, de 3,50 metros de longitud y una sección de $2 \times 2,20$ (G. 3).

Su boca estaba tapizada de hiedra, rehundidos su techo y sus hastiales y habitada por murciélagos. Su dirección es E.-O. Afloran en sus costados unos bancos de areniscas

psamíticas en los cuales se abrió la labor citada, y tienen estos bancos una inclinación de 40º al O. Se ve claramente dibujada una capa de carbón de 1 centímetro de espesor contenida entre la arenisca psamítica y la pizarra arcillosa descompuesta gris; la cual se presenta con la misma inclinación y buzamiento que las rocas que la encajan. El carbón no es tan brillante, ni está tan hecho, por decirlo así, como las muestras procedentes de los dos manchones anteriormente citados, o sean los de Retiendas y Tamajón.

En esta mancha no se ha ejecutado ninguna labor de sondeo, y sólo describiremos rafas, socavones y pocillos, por ser las únicas que se han ejecutado.

Como a 300 metros de la calicata anterior, siguiendo el camino del arroyo del Palancar, se practicó otra labor en forma de pocillo, de sección cuadrada, con 3 metros de lado y 4 de profundidad (P.).

Esta labor, que estaba llena de agua, presenta desde la boca el Carbonífero, salvo unos centímetros de tierra vegetal. Comienza con areniscas psamíticas, parduzcas, hojosas y brillantes y debajo pizarras grises sumamente foliáceas y bastante descompuestas, ofreciéndose entre estas rocas, dos desmirriados lechos de carbón, ninguno de los cuales presenta más de 3 a 4 centímetros de combustible, siendo éste, negro pardo, sin brillo, de poca densidad y todos los caracteres exteriores de un lignito de calidad mediana.

La distancia de la labor citada al arroyo del Palancar no pasa de 15 metros, y la escombrera que ocasionó la labor, demuestra que la excavación no fué de más importancia que la indicada anteriormente.

Dentro de la misma mancha se ejecutó recientemente una labor como a 20 metros de distancia del arroyo del Palancar y en su margen derecha, como todas (pues por la izquierda asoma el Siluriano desde la orilla). Esta labor es una

galería cuyas dimensiones son 2×2 metros y 12 de longitud, en dirección casi N.-S. (G. 4). Está abierta toda ella en una arenisca azulada, muy dura al atacarla por el pico, pero que por el contacto del aire se resquebraja fácilmente en lajas y fragmentos menudos.

Presenta la galería una capa o lecho muy delgado, más bien una veta carbonosa de mal aspecto, sin brillo o mate y con poca densidad.

La distancia del carbón a la solera de la galería es aproximadamente un metro, su tendido casi horizontal y buza ligeramente al S.

Esta labor estaba completamente inundada, a causa de estar la solera de la misma un metro más baja que el terreno natural.

La labor más importante ejecutada en todo este manchón, no puede visitarse por estar por completo rehundida y cegada. Se trata de un verdadero pozo de mina, cuya profundidad no debía bajar de 30 metros, con algunas galerías que suponemos de reconocimiento; estas dimensiones las hemos oído a personas del país, algunos de los cuales han trabajado en ellas, y descontando lo que puede aumentar la fantasía de los viejos cuando se trata de recordar hechos acaecidos en sus mocedades, no cabe duda, a juzgar por la escombrera, que la labor, no fué somera ni exigua en dimensiones.

Está situada como a 300 metros de la anterior, siguiendo el arroyo, aguas arriba.

En la escombrera se ven pizarras y arenisca carbonífera, coronada por trozos de pizarra claramente siluriana, no rotados, sino rotos por el barreno, y cubiertos ya por una capa delgada procedente de detritus de las rocas de la escombrera.

Esta escombrera es quizá el indicio que más define, pues

en ella se ve que a profundidad no muy grande se cortó el Siluriano, y por lo tanto, en este sitio está bien marcado el pequeño espesor que la formación carbonífera alcanza, sin que hayamos visto en esta mancha de Valdesotos ni en la escombrera citada el conglomerado típico que forma la base del Carbonífero en Tamajón y en Retiendas, ni el conglomerado de cantos pequeños de pizarras que invariablemente se encuentra en las dos citadas manchitas.

En el cauce del arroyo del Palancar, a la altura de la labor últimamente indicada, se presentan las pizarras carboníferas con pequeño espesor y algún pequeño lecho carbonoso. Muestras de estas pizarras las hemos ensayado en Tamajón, y honradamente hemos de confesar que no dieron resultado alguno al intentar hacerlas arder, conforme indican todos los geólogos que han recorrido estas manchas.

Quizá a esta labor, hoy recubierta, se refiera el Sr. Aranzazu cuando asegura que ha visto 50 centímetros de espesor en la capa que describe del término de Valdesotos.

Quizá el exceso de buena fe ante las afirmaciones de los Ingenieros franceses que proyectaron y dirigieron la fábrica de destilación de carbones y pizarras, cuyas ruinas se ven a corta distancia de la labor últimamente citada, o quizá algún accidente local, hoy desaparecido, fueron la causa de dicha afirmación, que luego copian muchos de los que le siguieron. Tal vez nosotros hayamos tenido la mala suerte de no encontrarlas en las varias visitas que hemos girado a este terreno, pero la lealtad nos impone decir que no hemos visto potencias superiores a 5 centímetros en todo el manchoncito de Valdesotos y Tortuero, y para eso de un carbón tan terroso, mate y emborrascado, que no nos extraña se haya calificado de lignitos, aun cuando geológicamente sean hullas y de las mejor definidas.

Finalmente, a 200 metros de la labor citada, existe otra

labor (P. 3) formada por un pocillo de reconocimiento y una calicata, en la cual aparecen la arenisca y la pizarra, pero no el carbón, quizá por constituir esta parte la cabeza de la cuenquecita de Valdesotos, pues se encuentra al pie del cerro llamado Cabeza de Udilla, que es un límite de la misma.

En resumen, el sistema Carbonífero de Guadalajara, representado por las tres manchitas indicadas, está formado por las rocas siguientes: pizarras, calizas, areniscas, pudingas, carbón y arcillas como rocas principales, y como accidentales, las variedades de las rocas anteriores, como son las psamitas y arkosas, presentándose algún pequeño riñón de baritina entre las arcillas carbonosas de Valdesotos, sin que hayamos tenido la suerte de encontrar en ellos ninguna salpicadura de sales de plata, como asegura el Sr. Calderón.

La arenisca está formada por granos de cuarzo y pizarra, no en granos, sino en laminitas unidas unas a otras por un cemento puramente arcilloso, procedente de la destrucción total de las pizarras del Siluriano.

Es muy frecuente en estas rocas, encontrarlas salpicadas de hojuelas de mica negra o plateada interpuestas en hojas paralelas, circunstancia que comunica a la roca un aspecto pizarreño o como estratiforme. A veces se une a la mica una gran cantidad de láminas delgadas carbonosas, procedentes de plantas carbonizadas que se rompen con gran facilidad, pasando la roca a constituir una verdadera psamita. Sus colores son blanco, blanco amarillento, gris claro y gris oscuro.

En el término de Bonaval, algunos bancos de psamita presentan la particularidad de haber sustituido la mica por el feldespato, y en alguno de ellos este feldespato se ha descompuesto por el agua, originándose por este fenómeno de

caolinización la roca llamada metaxita, que se observa también en el término de Tortuero.

En Valdesotos y en Retiendas la arenisca suele contener como elementos constitutivos, cuarzo y feldespato, con hojuelas de mica, pero aunque su composición es análoga a la del granito, ni presenta la textura de esta roca, ni se confunde con una roca hipogénica, y forma entonces la roca llamada arkosa, pues los fragmentos de pizarra que contiene entre sus elementos y el cemento arcilloso, o arcilloso ferruginoso que los une, le comunica el carácter sedimentario que esta especie de rocas presenta. Sus colores son blanco como un granito basto o pardo negruzco por las partículas carbonosas que contiene.

Las arcillas y margas pizarreñas se caracterizan muy bien alternando entre sí, siendo muy delgados los lechos de arcilla y formando la parte más consistente de la masa. Se distinguen con facilidad de las arcillas del Cretáceo y Terciario, no sólo en su color más oscuro, sino en que no traba con el agua, y las más modernas forman pasta con este líquido. Suelen contener hidratos de magnesia en bastante cantidad.

Las pizarras grises más o menos oscuras son, después de las areniscas, las rocas más importantes del sistema; son satinadas, susceptibles de destacarse en hojas delgadas y caras planas, conteniendo restos de fósiles de difícil clasificación las más de las veces.

Las calizas son las rocas que menos abundan, pues sólo hemos observado un banco de ellas en el término de Valdesotos. Su aspecto es granudo, color gris, y manifiesta su carácter carbonífero en el olor fétido que despide por el choque o el raspado.

Los conglomerados son de dos especies: existe uno de cantos gruesos más o menos rodados, formados de cuarzo, cuarcita y pizarras de colores oscuros, pardos o grises, uni-

dos por cemento arcilloso-silíceo que no suele faltar en la base del sistema formando el contacto con el Siluriano, y otro de pequeños trozos de pizarra, no en forma de cantos, sino de lascas de colores vivos y variados, unidos por cemento rojizo, cuyo conjunto hemos comparado a un mosaico veneciano. Estos conglomerados faltan en la mancha de Valdesotos y Tortuero, donde las areniscas descansan directamente sobre las pizarras del Siluriano.

El carbón que se presenta en estas manchitas es de dos aspectos, no ofreciendo más carácter constante que la inconstancia de las capas de este combustible. Su espesor, siempre pequeño, a veces se reduce al de una hoja de cuchillo, y hemos tenido la desgracia de no encontrar por parte alguna los espesores de carbón, ya pequeños de por sí, que dan los Sres. Aranzazu, Donaire y Calderón, pues no hemos visto en parte ninguna más de 10 centímetros de carbón, y para eso no todo él homogéneo, pues aparte de los adelgazamientos que la capa ofrece, la naturaleza del carbón varía de un punto a otro. En Tamajón ofrece aspecto brillante, gran densidad y el color negro de las calidades buenas del carbón de gas.

En Bonaval y Retiendas, los delgados lechos de combustible que afloran a la superficie, entre las psamitas y arkosas, tienen aspecto hojoso, color pardo negruzco y mate. En los testigos que dió la sonda en esta parte de la formación, también cambia bastante, siendo de poca densidad casi siempre y algunos tienen aspecto metálico como el cok de gas.

En las márgenes de los arroyos del Palancar y del Arrejo, se halla tan alterado el combustible por el agua y los agentes atmosféricos, que su aspecto ofrece todos los caracteres de un lignito terciario y hasta su color es pardo negruzco.

Algunas veces la capa de carbón presenta manchas blancuecinas de sulfato de potasa.

Según el Sr. Aranzazu, la capa de carbón que él vió era de aspecto muy bituminoso, y precisamente indica como paraje el arroyo del Palancar, donde nosotros sólo le hemos visto con aspecto pizarreño de color negro pardo y poca densidad.

El Sr. Castell explica la afirmación del Sr. Ezquerria, quien atribuyó a la formación cretácea los carbones de Retiendas, a la presencia de unas areniscas del Cenomanense que están en contacto con la formación hullera y entre las cuales dice que se encuentra un lecho de lignito. Nosotros hemos recorrido con todo detenimiento estos parajes y no hemos encontrado semejante detalle.

El número de capas de carbón, asegura el Sr. Aranzazu que son dos separadas por lechos de areniscas. No sabemos si habrá algo de fantasía, pues Palacios nada garantiza sobre el número de ellas, pero además puede ser así y haberlas visto en el pozo cegado, que indudablemente fué la labor legal de investigación y concesión, porque a esta misma labor refieren los Sres. Donaire y Aranzazu el espesor de 50 centímetros que dicen presentaba la capa de carbón de Valdesotos.

Aparte de los ensayos hechos en el laboratorio con las muestras recogidas en las diversas visitas giradas, hemos practicado nosotros algún ensayo con ellas, ensayos que pudiéramos llamar caseros, y hemos visto que son por sí solos estos carbones incapaces de encenderse por los procedimientos corrientes empleados para encender estufas o cocinas, pues si bien arden cuando se introduce uno o varios trozos de este combustible en un hogar ya encendido con hulla o cok, dejando un residuo grande, no es posible en cambio hacerlos arder, colocando una peque-

ña cantidad de dicho carbón sobre un montón de astillas encendidas.

Este hecho, repetido varias veces con muestras tomadas de diferentes sitios, nos hace creer que los ensayos a que se refieren los geólogos que han estudiado estas manchas, deben referirse a muestras obtenidas en profundidad, pues nosotros sólo hemos ensayado las muestras obtenidas en las labores superficiales, desatoradas y limpias por nosotros, o de las pequeñas calicatas practicadas directamente en nuestros estudios.

Otra roca que se presenta en esta formación, sobre todo cuando en la masa carbonífera falta la hulla, es una pizarra muy oscura, casi negra, arcillosa, de gran densidad, que consideran los Sres. Aranzazu, Donaire y Calderón como una pizarra bituminosa, la cual tiene la propiedad de arder.

Esta pizarra negra que nosotros hemos visto en el barranco del Manzano, cerca de su unión con el del Palancar, guiados por las indicaciones del Sr. Donaire en su *Bosquejo*, la hemos ensayado y nos fué imposible hacerla arder por muchos esfuerzos que para ello hicimos, y después de hora y media de estar entre las brasas de un buen hogar de hulla, salió tal y como había entrado, salvo un ligero olor fétido, indudablemente causado por la presencia de alguna substancia bituminosa.

La dirección de las capas del Carbonífero en Guadalajara no es constante de un punto a otro, ni aun dentro de la misma mancha.

En Valdesotos, la dirección media es N. 60° E., oscilando entre 10° y 30° al S.

En la misma mancha de Valdesotos, junto al arroyo Arremojón, la dirección de las capas carboníferas es casi E.-O., con buzamiento de 10° al S. En el barranco del Pa-

lancar, correspondiente a la misma mancha, hemos medido N. 65° O., con buzamiento de 27° al S. 25° O.

En la mancha de Retiendas los rumbos de las capas carboníferas presentan las mismas diferencias en dirección y buzamiento que en el manchoncito de Tamajón. La dirección aproximada es de N. 45° E, con buzamiento que comienza siendo de N. 30° y termina en horizontal junto al barranco de las Huertas.

ÖTROS PUNTOS EN QUE SE INDICA

EL CARBONÍFERO CERCA DE TAMAJÓN

Deseando completar este estudio con las indicaciones no sólo de geólogos e Ingenieros, sino de los mineros del país, recorrimos en sucesivas expediciones los pueblos de Valdesotos, Tortuero, Almiruete, Alpedroches, Valdepeñas y Arroyo de Valdefraguas, cuyos caminos desde Tamajón hemos seguido, y desgraciadamente siempre hemos hallado la misma confusión con las pizarras ampelíticas del Siluriano.

En el barranco que corta el cerro a cuyo pie está asentado el pueblo de Almiruete, y cuya dirección es N. 30° O., se ve una masa potente de pizarras silurianas ampelíticas tan lustrosas y negras que, por su aspecto, son capaces de ilusionar a cualquier minero sobre la posibilidad de que la substancia carbonosa que les comunica este tono sea bastante a obtener de ellas, por destilación, hidrocarburos en abundancia. La dirección de estas pizarras es casi normal al camino, y descansando sobre ellas se ven las areniscas rojas y blancas propias del Cenomanense de Guadalajara en su miembro arenáceo.

El pueblo de Almiruete está todo él en la arenisca roja del Cretáceo, pasando por debajo de las últimas casas la lí-

nea de contacto con el Siluriano, en cuyas pizarras está ya enclavado el cementerio del pueblo.

Las crestas de los cerros de la margen derecha del camino y arroyo de Valdefraguas, presentan las cuarcitas silurianas con sus picos agudos y dentellados que emergen enhiestos entre los pizarrales destrozados por el derrubio, que no ha podido sino mellar, pero no destruir las rocas silíceas de la base del sistema.

En el mismo pueblo de Valdesotos, frente al puentecillo que salva el arrollo del mismo nombre, aparecen las pizarras silurianas casi verticales, conteniendo en su masa algunos lechos potentes de pizarras ampelíticas negras, lustrosas y satinadas sobre las cuales se han practicado algunas labores de investigación con el resultado que era de esperar, teniendo alguna importancia por sus dimensiones la galería practicada frente a la iglesia del citado pueblo.

En el pueblo de Tortuero también se presenta el Carbonífero (según el decir de los mineros de oficio), y desgraciadamente, después de cruzar el pueblo que está enclavado sobre areniscas rojizas, margas amarillas y arenas del Cretáceo, se ve en las faldas de la Sierra de Concha la misma pizarra oscura causa de tantas ilusiones para el minero de esta región, pues en estos últimos años en que la guerra ha encarecido el combustible, no ha habido uno que no haya descubierto pizarras carboníferas dondequiera que el Siluriano se descubre.

No hemos tenido ocasión de visitar Alpedroches ni Valdepeñas, porque nos desviaba mucho de nuestro objeto, pero puede asegurarse que la roca que ocasiona las denuncias es la pizarra negra lustrosa del Siluriano.

En cuanto al Cretáceo, también tiene su parte de culpa respecto a falsas imputaciones, pues la presencia en Bonaval de las areniscas cloritosas ha dado lugar a que se ex-

tendiera el manchón carbonífero de Retiendas por sitios en que, desgraciadamente, no existe, y esta equivocación es menos disculpable, pues no son fáciles de confundir por su textura ni composición, las rocas análogas de los sistemas Cretáceo y Carbonífero.

INTERPRETACIÓN DE LOS SONDEOS

Los perfiles de los sondeos trazados por el que esto suscribe, están hechos teniendo a la vista los partes del sondeador, conservados con escrupuloso esmero por el Gerente que fué de la Sociedad Española de Sondeos, D. Lorenzo Alonso Martínez, y facilitados por dicho señor con toda amabilidad; pero a estos partes debe añadirse, para hablar con toda sinceridad, que la clasificación de terrenos está hecha por el mismo oficial sondeador, y es de suponer que no fuera precisamente un geólogo, ni tenía por qué serlo, y como la Sociedad que ejecutó los sondeos por su cuenta (pues la de Sondeos sólo tuvo el contrato a tanto el metro de perforación, sin más responsabilidad que la mecánica del sondeo), no se cuidó de tener un técnico, por modesto que fuera, que clasificara los testigos. Nosotros, en vista de los partes diversos del sondeo, después de reconocer el terreno en la superficie, y por las pocas y someras labores visitables, hemos tenido que trazar los perfiles que acompañan según las condiciones de verosimilitud que nos han parecido más cerca de la realidad.

Examinando con algún detenimiento los perfiles, se ve que:

En el sondeo número 1, la sonda cortó el terreno Carbonífero, en el cual comenzó la perforación hasta llegar al nivel de 55 metros aproximadamente, y que desde este nivel se cortó terreno Siluriano, comenzando en la zona descom-

puesta de areniscas con gredas arcillosas, zona de descomposición que rara vez falta en el contacto de dos períodos geológicos, siguiendo a este nivel otro de areniscas sueltas, al cual siguen las pizarras arcillosas blandas del referido sistema.

En el número 2, desde el nivel de 13,80 penetra la sonda en Siluriano, y se hacen denodadamente en este Terreno 69,20 metros, de los cuales pueden ser de transición los 8,5 primeros y los 60,70 restantes en las pizarras de la cúspide del Siluriano, sin duda de ninguna clase.

Los números 3 y 4 no salen del Carbonífero, y si el espesor de pizarra en uno y otro llama la atención, debe tenerse en cuenta que el buzamiento de las capas es muy grande, y que sin salir de un horizonte de espesor pequeño, relativamente, pueden atravesarse con la sonda espesores grandes. La prueba de ello es que la sonda quedó en pizarras, sin atravesar las zonas de areniscas y pudingas de la base, zonas que no faltan en esta mancha.

Finalmente, los sondeos 5 y 7, que se dieron con una inclinación de 45° al N., definen, sobre todo el primero de los dos, todo el espesor del Carbonífero, sin faltar como final la clásica pudinga antes de entrar en las zonas de descomposición que separan los dos Períodos.

En cuanto al número 7, creemos que desde el principio, pasado el terreno de acarreo, se encuentra en Siluriano, y hasta que una parte del terreno que se clasifica como acarreo debe ser la pudinga de la base del Carbonífero, y nos inclina a admitirlo, la nota del sondeador en que comunica que esta zona de acarreo es difícil de atravesar desde el tercer metro, no necesitando entibar toda la longitud de 5,80 metros que este terreno presentaba.

Vale la pena de tener en cuenta la observación anterior, pues se ve que no basta gastar dinero en reconocimientos y

estudios industriales, cuando a este gasto no se une un estudio detallado por quien sepa hacerlo, y que, a pesar de tratarse de personas de cultura como eran los investigadores, no sintieron la necesidad de que alguien que conociese algo la Geología les clasificase las zonas que atravesaban con la sonda, pues sólo veían el mayor o menor espesor de las capas de combustible, sin pararse a pensar que el gasto que pudiera ocasionarles las visitas de un técnico que clasificara los testigos, quedaba compensado de sobra con el número menor de metros de sondeo, o lo que es mejor, con la definición stratigráfica de la zona, cosa que desgraciadamente no se ha conseguido a pesar del dinero gastado.

Si se volviese alguna vez sobre estas interesantes y mal conocidas manchas a estudiarlas en profundidad por un minero resuelto, creemos que el Estado debía prestarle ayuda, no en metálico ni en material de sondeo, sino simplemente en el auxilio técnico de un Ingeniero de esta Jefatura de Minas, pues por tratarse de terrenos reconocidos y fáciles de clasificar, no es necesaria la presencia de un Ingeniero especialista.

FÓSILES DEL CARBONÍFERO

Edad del criadero.—En las pizarras y en algunas areniscas se ofrecen una gran variedad de fósiles en muy mal estado de conservación para clasificarlos, habiendo, sin embargo, encontrado tres bastante definidos, y entre ellos uno que fué clasificado por el Sr. Falcó como *Teniopteris*.

Los otros dos fueron un *Pecopteris Miltoni* y una *Estigmarmaria*. Unidos éstos, claramente reconocibles, a la larga lista que incluyen todos los geólogos que han estudiado esta región, es indudable que se trata de la parte superior del Hullero, y aun por la aparición del *Teniopteris*, que es la

primera vez que se cita, puede decirse que hoy la única duda que presenta el estudio de estas manchas es si se trata de los horizontes superiores del Hullero, o sea del tramo Estefaniense como hoy se clasifica, o debe discutirse otra vez la existencia del Permiano en España.

Es cierto que un solo fósil no puede ser causa de alterar la clasificación de un terreno, y más si se tiene en cuenta que en la clasificación carbonífera de Grand d'Eury, lo típico de ella es que las distintas zonas en que la divide se unen unas a otras íntimamente, y cada una de ellas se caracteriza menos por la aparición de especies determinadas que por la preponderancia numérica de las mismas, y por lo tanto, no pueden clasificarse por unos cuantos ejemplares de cualquier especie, pero sí es digno de notarse que el helecho fósil encontrado, cuya clasificación hizo el Sr. Ruiz Falcó, verdadero especialista en la materia, o sea el *Teniopteris Multinervis*, los autores consultados, lo citan en la cúspide del Estefaniense como horizonte inferior, pero cuyo verdadero desarrollo lo refieren al Permiano; entre otros, podemos citar Renault, *Cuenca de Autumn*; Stéfwni, *Carbonífero de Toscana*, y Zeiller, *Cuenca del Autumn*. Este último autor dice terminantemente que nunca ha visto el *Teniopteris* en el Carbonífero y siempre en el Permiano. Lapparent lo considera como del Triásico en su tramo de arenisca abigarrada, y hasta un autor de una obra de geología elemental, Velain, lo considera exclusivo de dicho terreno.

Repetimos que ni por un momento dudamos que sea Carbonífero el terreno que estudiamos, pero sí llamamos la atención sobre la existencia del citado fósil que corresponde a la manchita de Valdesotos y Tortuero.

Otra circunstancia que debe tenerse en cuenta es que de fósiles animales no hemos encontrado ninguno, ni lo citan

tampoco los geólogos e Ingenieros que han estudiado estas manchas con carácter exclusivamente científico, y además en que los caracteres del carbón que en ellas se encuentra (excepto en la manchita de Tamajón, en que la calidad es tan buena como exigua la cantidad), más que capas de carbón pertenecientes al Hullero superior, parecen depósitos de la época en que, debilitadas las acciones de los agentes que contribuyeron a formar las capas ricas de combustibles, sólo quedaron energías bastantes para aportar las pequeñas cantidades de restos orgánicos que cubrían el suelo, a los recipientes o cuencas situadas siempre en parajes elevados acompañados de los aluviones que aportaban las aguas torrenciales, degradando las pendientes próximas para verterlas en las referidas cuencas.

Claro está que el origen de estos lagos de montaña corresponde a la gran fase de levantamiento que tuvo lugar en la época carbonífera, sobre todo en la parte central y occidental de Europa, en la cual el Mediterráneo hullero, agrandado considerablemente hacia el E., invade Rusia y deposita en ella las calizas con fusulinas que ya se conocían en los Alpes, cuya fase corresponde al último término del terreno Carbonífero.

A esta fase creemos nosotros que corresponden las manchitas de Guadalajara.

Por más que en repetidas expediciones tratamos de encontrar más fósiles, no pudimos encontrar ningún ejemplar característico, como hubiera sido un *Walquia*, y sólo encontramos algunos *pecopteris* y *Sigillarias* en muy mal estado de conservación.

De todos modos, debe observarse que cuanto más se estudia la cúspide del Hullero, sea la región que sea en que estos horizontes se manifiesten, más se comprende la dificultad de diferenciarlo del Permiano, y más justificación

ofrece la antigua denominación que se daba a este período de Permo-Carbonífero.

Indudablemente, al acentuarse los movimientos que ocasionaron el levantamiento de las partes occidentales y centrales de Europa, la acumulación de combustibles no se hizo como en los períodos inferior y medio del Carbonífero, en lagunas bajas o grandes estuarios del litoral marítimo, sino, como hemos indicado antes, en cuencas lacustres aisladas, en las depresiones de los antiguos macizos, unidos al Continente carbonífero por el relleno de todas estas depresiones al ser colmadas por las materias que el acarreo de las aguas acumuló en el fondo.

La demostración de este hecho la hizo Omalius D'Halley, el cual probó que todos los macizos montañosos constituidos por rocas sedimentarias anteriores a la época Carbonífera y que sobresalen entre terrenos Secundarios y Terciarios (como la Meseta de España), son los restos de la Europa del fin de la época Carbonífera.

Todos estos núcleos soldados entonces los unos a los otros y cubiertos de potente vegetación, son los que han dado origen a las numerosas y pequeñas cuencas hulleras que corresponden al final de la época Carbonífera, siendo, al parecer, completamente independientes de las formaciones marinas primero y después lagunares de los terrenos bajos correspondientes al Carbonífero inferior y medio, siendo el carácter típico de estas pequeñas cuencas la facies lagunar de montaña, y por lo tanto su relativa poca extensión y la independencia absoluta de unas a otras, sin más carácter que las ligue que ser contemporáneas y la analogía (pero no identidad) de sus rocas y fósiles.

A esta última fase es a la que corresponden los manchoncitos que estamos estudiando.

CONSECUENCIAS GEOLÓGICAS

De las afirmaciones anteriores se desprende, como consecuencia, que la pequeña extensión actual de la formación Carbonífera en esta región no debe considerarse como la total que alcanzara al final de dicho período, pues los afloramientos Silurianos que aparecen entre el Diluvial al S. de la Puebla de Vallés, parecen indicar el límite meridional del recipiente o lago en que se depositaron los sedimentos de combustible con los lodos y restos de cuarcita y pizarra que, arrancados a las rocas de la última formación, fueron la base de las pizarras, areniscas y conglomerados que forman por su conjunto el sistema Carbonífero de esta zona. Pero si con fundamento se comprende que los jirones de este Terreno que en la actualidad se ven, no debieron ser la totalidad de la formación, sería una temeridad suponer que la extensión de esta cuenca por debajo del Cretáceo y Diluvial debe alcanzar límites considerables.

En efecto: no es posible admitir que estas manchas de Carbonífero puedan considerarse como los afloramientos de una cuenca importante, que debe desarrollarse en la actualidad por debajo de las Formaciones más modernas, porque se trata sólo de la parte superior del sistema, cuyo espesor puede medirse en la manchita de Tamajón, y si bien es cierto que se oculta debajo de las areniscas cretáceas, también lo es que de no ocultarse de este modo, de estar completa la serie estratigráfica y de no presentar el tendido que estas capas ofrecen, veríamos encima de las rocas del Carbonífero, las del Permiano y las de los Secundarios, pues estratigráficamente termina el Carbonífero en las rocas que estas manchas presentan.

Tampoco es admisible la hipótesis de que el Hullero

medio e inferior fueron derrubiados con antelación al depósito de los estratos más modernos de este tramo, y aunque la época fué de grandes convulsiones, en ninguna parte ha sido tan eficaz la acción derrubidora que haya barrido todo lo existente sin dejar rastro alguno de las formaciones anteriores, por lo cual las esperanzas de encontrar en profundidad algún resto de estos miembros del Hullero deben ser muy pocas, pues se ve claramente cómo descansa la base del Carbonífero sobre los estratos Silurianos, y aunque indudablemente se trata de los bordes de la cuenca, esa misma circunstancia nos hace creer que los depósitos, lo fueron directamente sobre el Siluriano y sólo en las facies final de la actividad hullera, siendo así que de otro modo algún resto quedaría en contacto con los horizontes de aquel Terreno.

Alguna más probabilidad ofrece la continuación de estas manchas por debajo del Cretáceo, sin que sean muchas, porque el vallejo del arroyo de las Huertas o de Retiendas tiene bastante profundidad para que en su fondo apareciera algún indicio del sistema Carbonífero, como ocurre en el del Palancar en la mancha de Valdesotos; pero desgraciadamente las areniscas del Cretáceo son las únicas que constituyen el fondo del barranco.

No es esto negar la posibilidad de que en la margen izquierda del arroyo de las Huertas y después de atravesar los horizontes Cretáceos, se encuentre alguna prolongación de las manchas de Tamajón y Retiendas, pero sí debe considerarse que la perforación a realizar para estudiar esta continuación, no es pequeña, porque dado el tendido con que aflora el Carbonífero en Tamajón, pasará de 150 metros el espesor del Cretáceo que ha de atravesarse para llegar al Hullero, si lo hay, a no ser que alguno de los pliegues que forma el Siluriano que sirva de base a los otros terre-

nos más modernos que él, presente algún anticlinal y se tenga la suerte de cortarlo en este punto, pues entonces disminuiría bastante el espesor a atravesar, pero se correría el peligro de no cortar el Carbonífero, limitado al fondo de la pequeña cuenca bordeada por el Siluriano, y cortar directamente con la sonda este último Terreno.

En cuanto a la mancha de Valdesotos, las probabilidades que ofrece para encontrar carbón, son menores aún, por estar completamente rodeada de Siluriano. Siendo necesario (de decidirse a hacer alguna investigación) situarse en la zona Cretácea que limita a este último terreno por el S.

COMPARACIONES CON OTRAS CUENCAS DEL CENTRO DE ESPAÑA

Podía creerse que estas manchas carboníferas de Guadalajara, ofrecen relación con la próxima cuenca de Henarejos, así como con el afloramiento Carbonífero de Casarejos en Soria, el Moncayo en Zaragoza y quizá las cuencas de Préjano y Turruncun; pero los caracteres de unas y otras son completamente distintos, sin más carácter común que ser carboníferas, y por lo tanto, no pueden ni deben tomarse como indicios de una gran cuenca recubierta por terrenos más modernos que, análogamente a los isleos de Cretáceo de la provincia de Guadalajara, marcan indudablemente los restos de un gran manchón derrubiado por los agentes destructores.

Con la cuenca que más analogía ofrece, es con la de Henarejos, pero así y todo las rocas no son idénticas, yacen de manera distinta y no se asientan las capas carboníferas de estas últimas sobre las pizarras del Siluriano como en Guadalajara, sino sobre las areniscas y calizas del Devoniano. Siendo la flora que en Henarejos se presenta

Pecopteris y *Aleopteris*, *Calamites* y *Calamocladus*, de horizonte distinto a la que ofrecen como característica los manchones de Guadalajara. Las rocas del Carbonífero de Henarejos son análogas, pero no idénticas a las de Retiendas, pues las primeras son psamitas de elementos gruesos, pizarras muy arcillosas y pudingas en la base, pero los elementos de esta roca no son silíceos ni arcillosos, sino calizos. Las capas de carbón son varias y algunas afloran con bastante espesor, mientras que en Guadalajara con buena voluntad pueden admitirse dos (pues seguramente sólo una puede garantizarse). Las orientaciones de las capas carboníferas en Henarejos son de E. 20° N. y su buzamiento es al N., mientras que en Guadalajara ya hemos indicado cuáles son estos dos elementos, y finalmente, en Henarejos se cubren con el Triás, mientras que en Guadalajara lo hacen con el Cretáceo o yacen sobre el Siluriano sin ningún recubrimiento. Correspondiendo una y otra a términos distintos de la serie Carbonífera.

Como se ve, no hay manera de aceptar estos diversos manchones como restos de una cuenca sola, y aun admitiendo que tanto una como otra deben tener una parte oculta por terrenos más modernos, deben considerarse como absolutamente independientes.

Nada tenemos que decir de las otras manchas de las que hemos hecho mención, por ser mucho mayores sus diferencias.

CARACTERES INDUSTRIALES DE ESTOS YACIMIENTOS

Las pocas labores ejecutadas en estas manchas carboníferas, por los distintos concesionarios de las minas en ellas demarcadas, no pecan por exceso de buena elección,

ni como situación ni como dirección de las mismas, pues no existe una siquiera de ellas que defina nada por falta de longitud, porque pretender con 15 metros de galería, sobre capas de carbón de la época de las de Retiendas y Valdesotos, definir el criadero, es desconocer la marcha y formación de las mismas, dado el carácter de irregularidad que es lo típico de ellas en cuanto a espesor. La labor más importante ha seguido en dos docenas de metros el afloramiento y al notar la continuación de su exigua potencia, ha sido abandonada, sin que deje siquiera carácter negativo, pues las dudas de si se tratará de una gran mancha carbonífera seguirían como antes de practicar dichas labores, si otros caracteres no las resolvieran.

El pozo que indudablemente existió cerca de Cabeza de Udilla y que a juzgar por la escombrera, es la labor más seria que se ha practicado en estas manchas, no debió ser tampoco de gran profundidad, y el desarrollo de labores en horizontal debió ser muy limitado, pero quizá lo bastante para consumir el capital empleado en estas concesiones mineras, en las cuales se comenzó como desgraciadamente se empiezan muchos asuntos de este género, gastando en obras de fábrica e instalaciones mecánicas, un capital que no debió emplearse hasta definir el criadero.

INVESTIGACIONES QUE PUEDEN ACONSEJARSE

En vista de todo lo anterior proponemos, para que los mineros los acepten o no, los consejos siguientes:

Manchita de Tamajón.—Como esta mancha está perfectamente limitada al N. por el Siluriano, desapareciendo por el S. debajo de los estratos Cenomanenses, y aunque

su extensión a la vista es muy pequeña, aconsejamos en la margen izquierda del arroyo de las Huertas, 100 metros antes de llegar al molino de las mismas, practicar un sondeo cuya profundidad no debe pasar de 200 metros y cortar el Carbonífero, si existe y no termina en cuña debajo del Cretáceo.

Si este sondeo diera resultados, debe seguirse practicando taladros cada vez más separados del arroyo de las Huertas y siempre en dirección al S. Claro está que a mayor separación, la profundidad del taladro será mayor, por ir aumentando el espesor del Cretáceo en la margen derecha; pero como se trata de un estudio que debe ser lo más económico posible, sólo si los primeros sondeos dan resultado, debe pensarse en el empleo de una sonda de vapor, de gran potencia.

Mancha de Retiendas.—También esta mancha presenta el Siluriano en sus proximidades y desaparece bajo los estratos del Cretáceo, cubriéndose en algunos puntos bajo el manto Diluvial de Retiendas.

Los asomos carboníferos de esta mancha son mayores que el de la manchita de Tamajón, siendo inferior la calidad del carbón de los afloramientos de la primera al de la última, pero las rocas de una y otra son exactamente las mismas.

Los sondeos en esta zona deben situarse también en la margen derecha del arroyo de Retiendas antes de su desembocadura en el Jarama y colocarse encima de las areniscas rojas y blancas del Cretáceo, pudiendo comenzar por la playa que el río presenta en su margen izquierda entre el arroyo y el río, pues una vez separados de este sitio, como los estratos calizos del Cenomanense alcanzan una gran altura, formando una elevada meseta,

habrá que atravesar con la sonda espesores de importancia, lo que no es aconsejable de no dar resultado el primer sondeo.

En la margen derecha del río Jarama, donde aflora el Carbonífero, además de los sondeos ejecutados podían efectuarse otros que definieran algo más la Formación Huellera, la cual está aquí muy cerca del Siluriano, pero es probable que de presentar alguna extensión sea en el sentido del eje del río Jarama, en cuyas playas de la margen derecha deben efectuarse los sondeos.

Lo mismo los sondeos de la manchita de Tamajón que los de la de Retiendas, no todos deben ser verticales, pues vale la pena de dar algunos inclinados, a pesar del mayor coste de los taladros con este tendido.

Mancha de Valdesotos y Tortuero.—Esta mancha es la más definida industrialmente, pues se ve el carbón en los numerosos afloramientos que presenta el combustible en las orillas del arroyo del Palancar.

Presenta más que las otras manchas el carácter común de la proximidad al Siluriano en la zona donde el carbón se presenta, y no se oculta bajo los estratos calizos del Cretáceo. Sus condiciones, por lo tanto, son poco favorables para fundar en ellas esperanzas de industrias extractivas.

En esta manchita, más estudiada que las otras por labores mineras, debían practicarse también unos cuantos sondeos, pues aunque el Siluriano la rodea, podía presentar cantidad bastante de combustible, ya en carbón, ya en pizarras, para intentar una explotación modesta que, dada la proximidad a Madrid, remuneraría el empleo de un pequeño capital.

Los sondeos están indicados a partir del arroyo del Pa-

lancar hacia el S., pues aunque poco, las labores que en esta manchita se han ejecutado, algo indican sobre el exiguo espesor que las capas ofrecen hasta ahora, y cuya causa pudo ser la situación de las labores en los mismos bordes de la cuenca.

Con una sonda a mano es seguro que se alcanzaba profundidad bastante (70 a 80 metros) para estudiar definitivamente esta mancha y saber a qué atenerse en cuanto a posibilidad productora de la misma.

Debía también descubrirse el pozo, y aunque seguramente dará bastante agua, por su proximidad al arroyo, los medios actuales de desagüe son bastantes a dominarla sin más energía que la que una caballería puede desarrollar, y ver si se confirma la idea del Sr. Aranzazu sobre el espesor de la capa de combustible.

ALGUNAS CONSIDERACIONES INDUSTRIALES

Es innegable la importancia que tendría una cuenca carbonífera, aunque fuera de corta extensión, situada a 28 kilómetros de la estación de Humanes, cuya distancia a Madrid es de 79 kilómetros, es decir, a menos de la mitad de distancia que está la cuenca de Puertollano, y más si se tiene en cuenta que por sus caracteres estratigráficos y paleontológicos puede garantizarse que, perteneciendo al subtramo superior del Stephaniense, la calidad de los carbones deberían, en general, ser semigrasos, de llama larga o corta, es decir, carbón para quemar en caldera, o destilar en retortas con producción de cok. Es verdad que una misma capa de carbón puede presentar distintos caracteres industriales de un punto a otro de la misma, debido a condiciones locales del yacimiento, pero lo general es que el

tramo superior del Carbonífero ofrezca carbones más hidrogenados que los tramos inferiores, que suelen ser más oxigenados y nitrogenados. No pretendemos sentar esta aseveración como verdad científica, porque no lo es, pero sí recordar lo frecuente que es presentarse los carbones grasos y semigrasos en los horizontes más elevados del Hullero.

Las muestras ensayadas por la Sociedad Central de Alumbrado, bajo la razón social S. Canti y Comp.^a, en el año 1865, dieron por resultado:

Carburo de hidrógeno líquido..	15 por 100
— — — volátil...	3 —

y téngase en cuenta que fueron las pizarras las que se destilaron, lo que indica la notable hidrogenización de los productos de estos jirones de cuenca carbonífera.

Las muestras analizadas por nosotros nada nos garantizan, pues están tomadas muy cerca de la calle por ser muy someras las labores hechas, y a pesar de tratarse de afloramientos lavados continuamente por las aguas de lluvia y por las del arroyo Palancar, en días de crecidas, dieron los siguientes resultados:

	Muestra núm. 1.	Muestra núm. 2.
Humedad.....	3 40 por 100	5,45 por 100
Materias volátiles.....	27,20 —	26,05 —
Carbono fijo.....	40,20 —	49,25 —
Cenizas.....	29,20 —	19,25 —
TOTAL	100,00	100,00
Calorías Mahler.....	5.385	5.710

Se ve por el conjunto de datos expuestos que no son excesivamente halagüeños los resultados, pero no se olvide que se trata de carbones expuestos a las inclemencias del tiempo, a los cambios de temperatura y a las alternativas de humedad y sequedad, tan exageradas en esta mísera región española.

Para no hacer comparaciones con otras formaciones carboníferas ricas de España, la establecemos con los carbones de la cuenca de Henarejos, de que ya hemos tratado, y de los ensayos practicados con dichos carbones, según el Sr. Cortázar, se deducen las diferencias siguientes:

	Carbón fino.	Agua y materias volátiles.	Cenizas.	TOTAL
Afloramientos	63,00	14,00	23,00	100
Galería general	64,00	33,00	3,00	100
Fondo de la mina	76,30	19,70	4,00	100
1. ^a muestra (llama larga)	66 por 100 cok malo.			
2. ^a — —	67 — — bueno.			
3. ^a — —	80 — — excelente.			
Espesor del sistema	80 metros.			

Bien pudiera ocurrir, en vista de los datos de estos criaderos, que las muestras del afloramiento, o próximas a él, dieran mal resultado, y en la masa de hulla (si es que existe masa) ser de excelente calidad. Lo único que puede asegurarse es que de existir cantidad de carbón y yacer en condiciones que lo hagan explotable, la calidad no será la que imposibilite su explotación, a juzgar por las muestras que conocemos.

INDICIOS DE CONTINUACIÓN DE LA CUENCA

No debe ocultarse que los indicios que se ofrecen son capaces de intimidar a cualquier industrial, pues la Sierra de Concha, en cuyas vertientes se encuentran las manchitas citadas, apoyándose en el Siluriano que forma dicha serie de elevaciones, vuelve a presentar asomos de esta Formación Paleozoica antes de llegar a la Puebla de Vallés, entre los aluviones del Cuaternario. Es decir, que de existir el Carbonífero por encima del Siluriano y debajo del Cretáceo y Diluvial, su extensión no puede ser muy grande. Este indicio no debe ser, sin embargo, obstáculo para detener las investigaciones de un minero resuelto, pues cuando se descubrió la cuenca de Puertollano, era artículo de fe entre los mineros de ella que sólo comprendía la pequeña extensión a que daban el nombre de *Ovalo*, extensión no superior en longitud de uno de sus ejes a la que hoy ofrece la distancia entre Valdesotos y la Puebla de Vallés.

Lo mismo en aquella que en esta cuenca, el Siluriano la limita, ofreciendo la de Valdesotos la ausencia de intrusiones basálticas que tanto daño han hecho a la formación carbonífera de Puertollano, porque si bien en las cercanías de Valdepeñas de la Sierra, y sobre todo en La Miñosa, se ofrece una roca eruptiva, no corresponde su aparición a períodos o épocas relativamente modernas como la en que aparecieron los basaltos, sino probablemente al largo espacio de tiempo que corresponde a la formación de los grandes depósitos hulleros, espacio que representa una época de gran perturbación geológica, de dislocaciones y de erupciones violentas, durante el cual los grandes movimientos del suelo provocaron la emergencia progresiva de los macizos montañosos, cubriendo de pliegues su superficie. Y por

lo tanto, que posteriormente al depósito de las capas de hulla, no se presenta en esta región, roca eruptiva ninguna que desgarrara los mantos de combustible (si es que existen), como ocurrió en Puertollano.

En consecuencia, la limitación de la cuenca por el Siluriano no creemos que deba ser obstáculo para hacer desmayar al minero en esta empresa de reconocimiento preliminar, pues los límites que se han asignado a la de Puertollano ha demostrado la práctica que, por bien fundados que estratigráficamente estuvieran, no correspondían a la realidad, porque los testigos que extrajo la sonda, hicieron ver que se extendía la Formación Carbonífera por parajes muy apartados del Ovalo; y quien sabe si algún día, no se demostrará la continuación de la misma cuenca por debajo de las capas terciarias y cuaternarias de Argamasilla y Valdepeñas de Ciudad Real.

Limitando la cuenca de Guadalajara entre Retiendas y la Puebla de Vallés, o sea entre los afloramientos silurianos, si en ella existiera una sola capa de combustible, hay espacio bastante para contener una gran cantidad de carbón, aun admitiendo, como creemos, que corresponda esta Formación a la facies lagunar del Carbonífero siempre, menos rica en combustibles que la facies representada en la cuenca de Puertollano.

Desgraciadamente, las pocas labores ejecutadas demuestran que el espesor de la Formación es muy pequeño, y como el derrubio que lo redujo a límites tan insignificantes fué muy anterior a los depósitos cretáceos, la esperanza de que los primeros alcancen mayor espesor debajo de los segundos es muy escasa, pero tampoco es imposible que el último Terreno oculte un depósito lagunar más profundo, con mayor extensión y potencia que el que se observa en la parte reconocida.

Que las tres manchitas de Guadalajara fueron una sola, es para nosotros indudable, pues todas ellas ofrecen una absoluta identidad de rocas y fósiles, y pudiera ser que por debajo del Cretáceo, sobre todo las de Tamajón y Retiendas, llegaran a unirse constituyendo una manchita susceptible de explotación.

Conclusiones.

En resumen de todo lo indicado, establecemos las siguientes conclusiones:

1.^a Se trata de jirones o retazos de terreno Carbonífero poco seductores, pero no del todo despreciables para que un minero resuelto intentara un estudio detenido y poco costoso relativamente con el estímulo natural de un gran beneficio, si por este medio se demostrase la existencia de carbón o pizarras útiles a la industria debajo de las capas más modernas.

2.^a Estas capas de combustible no dieron (cuando se intentó, en 1865), resultado ninguno en extensión ni en potencia para asegurar una explotación regular por modesta que fuese.

3.^a Que el fracaso de la Sociedad de Alumbrado, que en 1865 intentó esta explotación, no debe ser causa de absoluta desanimación, pero sí de cautela para el que emprenda este negocio, pues en primer lugar no se practicaron labores serias de investigación, se procedió después con gran ligereza al emplear dinero en obras que no debieron intentarse hasta después de definido el yacimiento, y finalmente, se emprendió la explotación por pizarras bituminosas que no suelen presentarse en los horizontes del Hullero, quedando casi siempre limitada su existencia a las hiladas del Permian-

no, con lo cual, y no sin algún fundamento en nuestra opinión, confundieron la formación carbonífera, a pesar de que ya D. Casiano del Prado y Du Verneuil lo habían clasificado como tal.

4.^a No debe ocultarse que de existir capas de carbón en profundidad, no debe confiarse en la regularidad de su marga, pues los afloramientos y las pocas labores practicadas demuestran que de no haber aumento de potencia, constituirían capas en rosario, y éstas no ofrecen la comodidad de explotación que presenta la característica de la capa de carbón, según el Sr. Ezquerro, que es la igualdad de potencia en grandes recorridos.

5.^a Que de haber quien se decidiera a estas investigaciones, diera el Estado toda clase de facilidades con respecto a personal técnico; pero de ningún modo cargase con los gastos de la investigación, por ofrecer pocas probabilidades de éxito y tener éste bastante malos negocios encima para meterse en uno más.

6.^a Que la persona o entidad que emprendiera este negocio podía tener el convencimiento de obtener una enorme ganancia si los resultados eran positivos, y de ser negativos los resultados, la tranquilidad de haber definido algo útil, contribuyendo al conocimiento de unas manchas tan interesantes como son estas de Guadalajara, pudiendo limitar la pérdida desde el principio comenzando con sondas pequeñas, sin emplear los trenes de perforación que implican grandes gastos, hasta reconocer en principio la continuación de los estratos carboníferos por debajo de los más modernos; y

7.^a Finalmente, que tanta responsabilidad contrae el técnico que quita toda esperanza al minero en un negocio que no presenta buenos caracteres, pero en el cual los caracteres negativos no son absolutos, como el que a sabien-

das y por lucro personal influye con sus consejos en que el capital acuda a negocios disparatados, y por lo tanto que no debe impedirse (diciendo la verdad y mostrando las dificultades) que una empresa poderosa y atrevida resuelva de una vez este problema, sobre todo si se tiene en cuenta que en un País como el nuestro, en que se espera la fortuna de la lotería, o de los polvos de hacer sardinas, debe excitarse con el consejo a quien, estando en condiciones para ello, emplee un capital de alguna cuantía en estudiar un problema, que de resolverse favorablemente, constituiría una importante riqueza, por pequeña que resulte la extensión de la cuenca, si hubiera una sola capa de carbón de potencia y calidad medianas.

Guadalajara, 3 de Enero de 1920.

EL TERRENO CARBONÍFERO

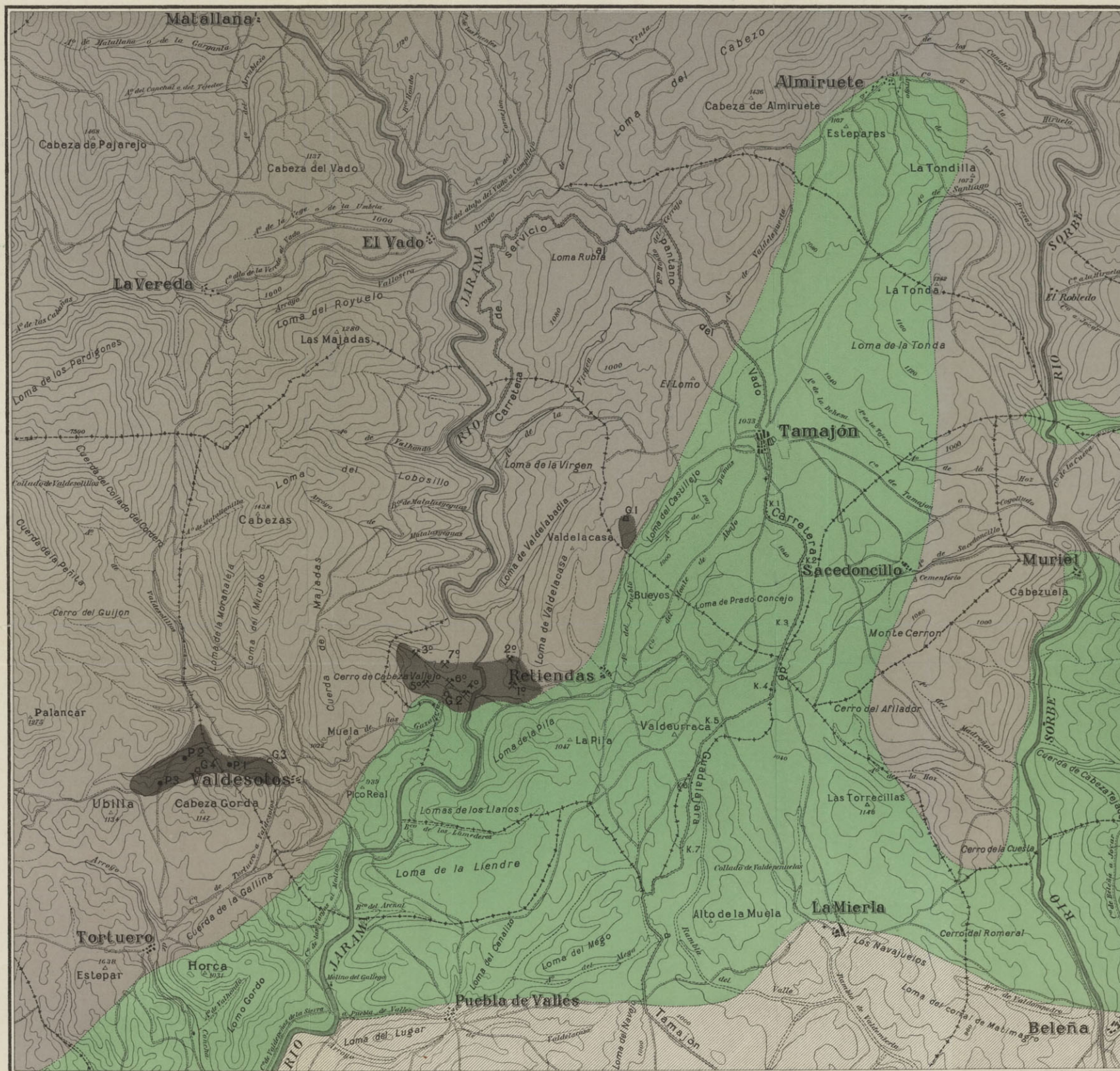
DE LA

PROVINCIA DE GUADALAJARA

POR

D Leandro Perez Cossio

INGENIERO DE MINAS.



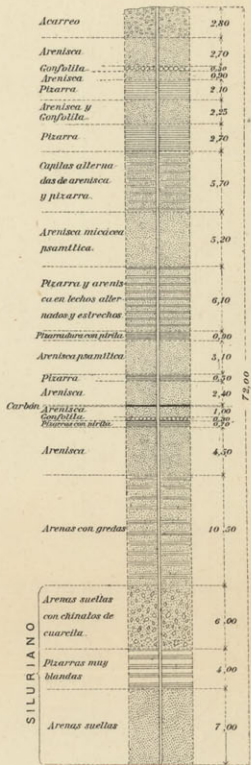
EXPLICACIÓN

- Diluvial
- Cretáceo
- Carbonífero
- Siluriano

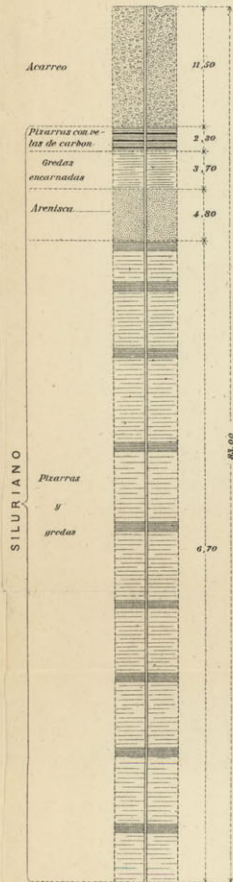
- Sondeo
- Sacación
- Pozo

SONDEOS EJECUTADOS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE RETIENDAS

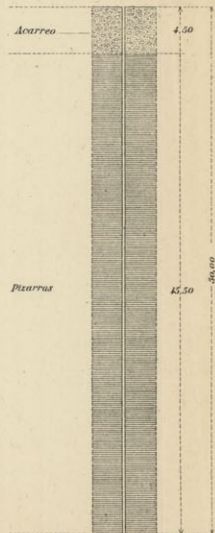
SONDEO Nº 1
Paraje: Monte de Majadas.
RETIENDAS
Mina Quinta



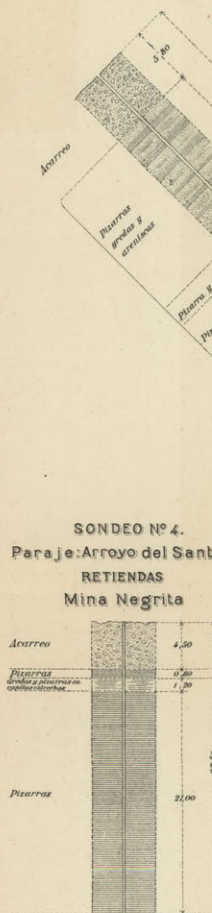
SONDEO Nº 2.
Paraje: La Cabaña.
RETIENDAS
Mina Sexta



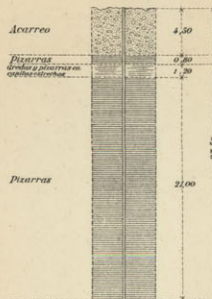
SONDEO Nº 3
Paraje: Los Mermejales.
RETIENDAS
Mina Negrita



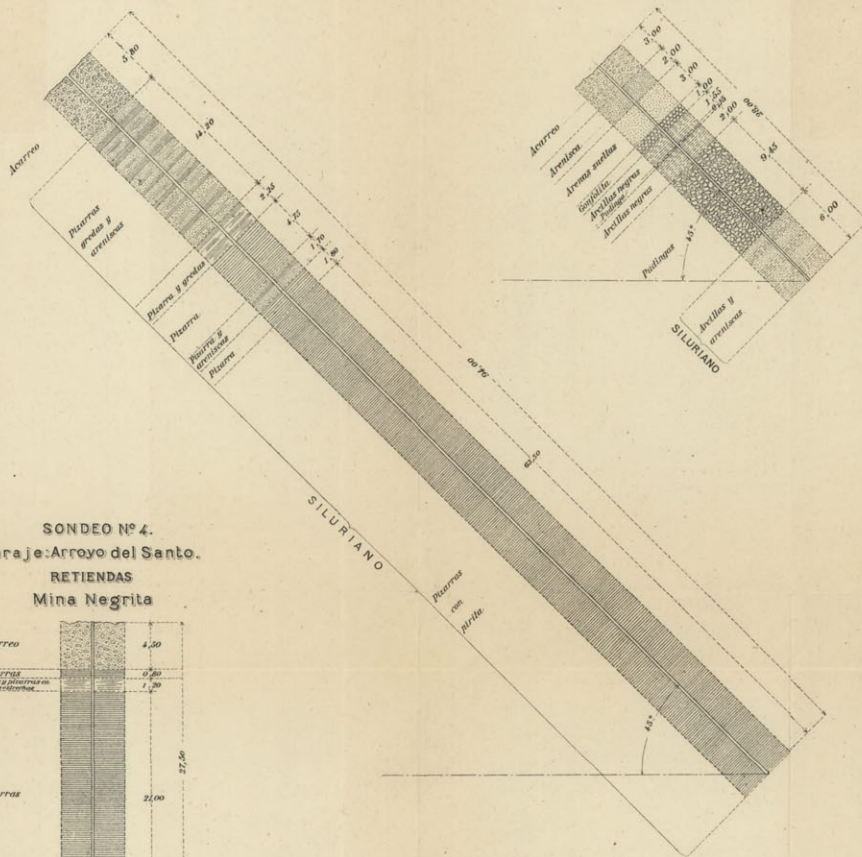
SONDEO Nº 5.
Paraje: Arroyo del Santo.
RETIENDAS
Mina Negrita



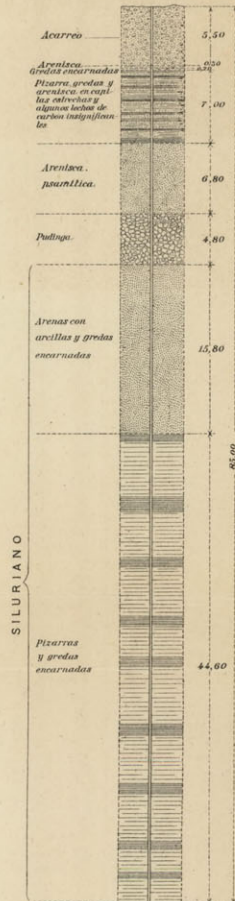
SONDEO Nº 4.
Paraje: Arroyo del Santo.
RETIENDAS
Mina Negrita



SONDEO Nº 7. I.
Paraje: Cabecera de los Olmos.
RETIENDAS
Mina Sexta



SONDEO Nº 6.
Paraje: Arroyo de San Andrés.
RETIENDAS
Mina Negrita



ESCALA 1: 400

ZONA ORIENTAL DE MÁLAGA

NOTAS SOBRE SU ESTRATIGRAFÍA

Y

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS YACIMIENTOS METALÍFEROS

POR

ALFONSO DE ALVARADO

INGENIERO DE MINAS

YACIMIENTOS METALÍFEROS DE MÁLAGA

Para comprender bien el pronunciado relieve de la zona oriental de Málaga, es preciso tener muy en cuenta el importante influjo de las dos grandes fallas que, dirigidas de NO. a SE., coinciden aproximadamente con la depresión del Guadalhorce y con la línea Zafarraya-Motril; la dirección de la cordillera Bética experimenta un notable cambio a lo largo de una línea que corresponde con la falla del Guadalhorce, variando el arrumbamiento de las cumbres de NE. a SO., que es el general de la Serranía, al E.-O. dominante en la sección inmediatamente siguiente de la cordillera Bética, y saltando a Sierra Nevada, se ha observado allí que los pliegues de las micacitas forman anticlinales cuyas cumbres siguen dirección bastante aproximada a las dominantes en Ronda.

Como entre ambas zonas estrato-cristalinas existe intercalada la de Sierra Almijara, cuyas rocas son de igual época, estando, sin embargo, los ejes de sus plegamientos orientados en dirección aproximadamente normal a los de las otras dos regiones, constituye esto una anomalía importante, para la cual es preciso buscar una explicación satisfactoria.

Para relacionar el pliegue anticlinal de la Sierra Almijara con los correspondientes de la Sierra de Mijas, es preciso admitir la existencia de una falla en las inmediaciones de la línea Málaga-Alora, no siendo fácil concebir en la unión

de ambas zonas estratos de igual edad más que admitiendo la formación de un brusco codo en el fondo del mar; a consecuencia de este plegamiento en ángulo agudo, las capas cristalinas toman la dirección E.-O. que se observa en Vélez-Málaga y van a parar en su extremo occidental a la indicada falla del Guadalhorce, donde es fácil observar la falta de ajuste de las capas de igual período.

Relacionando después la Sierra Almirajara con la Nevada, cuyas rocas dominantes son las micacitas que recubren el tramo inferior de los gneis y dolomias de la Almirajara, se nota otro violento cambio en la dirección dominante del haz anticlinal de la Sierra Nevada, que es aproximadamente normal al anterior; para acordar los estratos de ambas sierras, puede suponerse la existencia de otro pliegue en ángulo muy agudo, acompañado de falla, que debe existir a juzgar por el inmenso salto que representa llegar a colocarse al mismo nivel el tramo inferior de las dolomias por un lado y el superior de las micacitas por otra parte.

Realmente esta falla transversal, dirigida sensiblemente según la línea Zafarraya-Motril, se presenta en las inmediaciones del pueblo de Molvizar bastante visible y fácil de apreciar.

Continuando desde Sierra Nevada hacia Oriente, se observa un nuevo cambio de dirección de las capas, que se desvían bastante hacia el N. en la Sierra de Baza, acusando así la existencia de otra falla dirigida aproximadamente según la línea Guadix-Cabo de Gata, y cuyo rumbo es aproximadamente el de las hondonadas terciarias de Guadix.

Por tanto, de la disposición de los terrenos estrato-cristalinos en la región S. de España parece deducirse que, además de las fuerzas que determinaron su levantamiento, su dirección dominante, sus fuertes pendientes y sus fallas

longitudinales (paralelas a la dirección de los pliegues), han ejercido acción también otras presiones que dieron lugar a grandes roturas transversales con desplazamientos horizontales de las fracciones separadas por ellas.

Los trozos llevan nombres diversos, desde la Serranía de Ronda hasta la de Baza, y están separados entre sí por cortaduras, que no son simples barrancos debidos a la erosión superficial de la atmósfera y las aguas meteóricas, sino profundas gargantas, verdaderos abismos y anchos valles, debiendo admitirse que, rota la cordillera por poderosos impulsos dinámicos posteriores a su plegamiento primordial, los diversos trozos quedaron probablemente en contacto hasta que las denudaciones terciarias y recientes fueron aumentando cada vez más la separación entre sus bordes, dando así lugar a los anchos valles y grandes cuencas terciarias acomodadas a las tres principales líneas transversales de fractura, cuya dirección es casi paralela.

Puede observarse sobre un mapa que la de Málaga-Alora, coincidente con la depresión del Guadalhorce, pasa también, prolongada hacia el S., por el islote volcánico de Alboran, la de Motril por la llanura de Zafarraya, pequeño circo rodeado de montañas donde se supuso situado el epicentro de los grandes terremotos, y también merece notarse que la línea de fractura de Guadix atraviesa al S. las importantes masas eruptivas que se levantan en el Cabo de Gata.

Todo indica, aparentemente, que el macizo bético se ofrece en un estado de equilibrio inestable, que en el espacio de Málaga a Vélez pudiera representarse por un arco tendido apoyándose por sus extremos sobre los macizos de la Serranía de Ronda y Sierra Nevada, traduciéndose su esfuerzo por un empuje continuo sobre las fallas de Málaga-Alora y Motril-Zafarraya que le sirven de límite a uno y otro lado del supuesto arco; dentro de esta hipótesis, explica-

ríamos las múltiples discordancias de estratificación y las oscilaciones del suelo, repetidas desde la época secundaria, como consecuencia de una falta de resistencia en los flancos de los dos macizos montañosos que sirven de apoyo a la zona intermedia de Málaga y van gradualmente cediendo ante las grandes presiones que contra ellos actúan.

Tales ideas sobre la tectónica de la región, expuestas primeramente por los geólogos franceses MM. Barrois y Offret, de la misión de Andalucía, concuerdan en su mayor parte con otras observaciones personales mías hechas recorriendo con mayor detenimiento la provincia de Málaga.

La existencia del sistema de fallas transversales dirigidas de NO. a SE. que aparecen visibles en varios puntos, es admitida y apoyada por el Sr. Orueta Duarte con hechos innegables, como por ejemplo, la observación de que los daños causados por los grandes terremotos de 1884 no se distribuyeron uniformemente alrededor del epicentro, sino que se alineaban según direcciones casi exactamente rectilíneas, separadas por espacios en que los daños eran casi nulos; tales direcciones eran siempre NO. a SE., coincidiendo con la de las tres grandes fallas indicadas.

La hipótesis de un arco agudo cuyas ramas se apoyan en las fallas del Guadalhorce y Motril-Zafarraya, ideada para explicar la anormal orientación de los pliegues en Sierra Almirajara y la Axarquía, está corroborada por varios hechos observados después sobre el terreno.

Por el contrario, hay opiniones muy opuestas en lo que se refiere a la edad en que tales fracturas se produjeran, pues mientras M. Barrois las considera posteriores al Trías, el Sr. Orueta Duarte sostiene que si esas desviaciones y dobleces en el plano horizontal se hubieran verificado después de la época triásica, es evidente que los estratos de esa formación se hallarían doblados y desviados en la misma for-

ma que lo están los estrato-cristalinos y cambrianos, y esto no ocurre así más que en la falla del Guadalhorce, a partir de la cual todos los estratos, incluyendo también la serie secundaria, se hallan plegados hacia el SO.; pero en las otras dos fallas, en las de Motril y Guadix, las desviaciones y dobleces afectan exclusivamente a los terrenos arcaicos y primarios, mientras que el Trías, Jurásico y Cretáceo no cambian de posición o varían muy poco; la cordillera Bética al llegar a Zafarraya, que es el punto de máxima acción de la falla de Motril, continúa la dirección O.-E. hasta llegar a Alhama, donde queda cubierta por el manto terciario de la vega de Granada, sucediendo algo semejante en los terrenos afectados por la falla de Guadix.

Habiendo personalmente comprobado esas observaciones en la mancha triásica de Nava Chica, y después de estudiadas las direcciones dominantes en los estratos cretáceos y liásicos de Sierra de Marchamonas y Zafarraya, creo necesario admitir que las grandes fallas transversales y el efecto máximo de las presiones que doblaron los terrenos antiguos a lo largo de ellas, han sido anteriores a la época triásica.

Como es, en cambio, evidente admitir que la época de las dislocaciones ha sido posterior a la edad de los terrenos afectados, es decir, de los estrato-cristalinos y cambrianos, resulta que tales roturas debieron coincidir con los grandes levantamientos hercinianos, cuya época fué caracterizada en el S. de España por una extremada actividad orogénica.

Los muy notables estudios realizados por el Sr. Orueta Duarte en la Serranía de Ronda, coincidiendo con otras observaciones en las montañas del Rif y Atlas, le han llevado a afirmarse más y más en la idea de atribuir edad herciniana a las dislocaciones y fallas transversales que

tan profundamente han influido en el actual relieve de la cordillera Bética.

Teniendo en cuenta que la región extrema oriental de Málaga, objeto de este ligero estudio, está casi exclusivamente formada por terreno estrato-cristalino, vamos a indicar a grandes rasgos la composición de sus diferentes tramos.

Desde luego, en toda la parte que he recorrido de la región Vélez-Málaga, parecen faltar los dos tramos inferiores de la serie (1), es decir, las formaciones de gneis glandular (2) y de gneis con cordierita; en los diversos itinerarios que he recorrido, desde la costa a las cumbres de la cordillera, se encuentran solamente pizarras micáceas grises, entre las que se intercalan pequeños bancos de conglomerados, calizas compactas alternando con filadíos y pizarras sericíticas, y finalmente, formando las cumbres más altas, un tramo muy potente de calizas dolomíticas blancas, bastante parecidas a las que se presentan en Sierra de Mijas.

La estratificación es, en general, confusa, especialmente en la gran masa de calizas dolomíticas hendidas en todos los sentidos, y resulta difícil fijar con exactitud el orden de superposición de los diversos bancos, debido a la multiplicidad de plegamientos que, dando lugar a recubrimientos e inversiones, ocultan la primitiva colocación de los sedimentos; parece, sin embargo, que en general debemos considerar como superior al tramo de la caliza dolomítica, que en muchos puntos se apoya sobre la formación de micacitas y filadíos, pues si en algún sitio, como por ejemplo al N. de Canillas de Albaida, se observa una gran masa de filadíos

(1) De la serie estrato-cristalina, tan detenidamente estudiada por el Sr. Orueña Duarte en la Serranía de Ronda.

(2) Merece citarse como excepción una muy pequeña zona en que junto al camino de Torrax a Cómpeta, paraje Cuesta de las Cruces, se presenta bien definido el tramo del gneis glandular, que no hemos encontrado en ningún otro punto de la región estudiada.

y pizarras sericíticas apoyadas sobre las calizas, en realidad éstas vuelven a aparecer más arriba, junto a la cumbre, y parece por tanto natural admitir que las calizas dolomíticas forman un gran pliegue anticlinal sobrepuesto a las pizarras y ligeramente recostado en dirección hacia el N.-NO.

Intercaladas entre las micacitas, se observan algunas anfíbolitas y cuarcitas epidotíferas formando lechos delgados; la proporción de carbonatos de cal y magnesia es bastante variable (en los bancos de calizas), dominando el primero en las calizas grises y siendo más elevada la cantidad de carbonato magnésico en las rocas sacaroideas blancas que integran las altas cumbres de Cerro Lucero y Pico del Cisne, que separan los términos de Cómpeta y Alhama de Granada.

ITINERARIOS A TRAVÉS DE SIERRA TEJEA

I.-Recorrido de Torre del Mar al Pico de Las Maromas por Canillas de Aceltuno.

Tomando la carretera que se dirige a Loja, se observan claramente en los desmontes más inmediatos al pueblo bancos de pizarras gris oscuro, inclinados unos 40° al N.; estas pizarras contienen principalmente mica negra, andalucita y turmalina con algunas glándulas de cuarzo.

La inclinación de las capas pizarreñas disminuye hasta unos 30°, buzando N.-NE. en el kilómetro segundo, al N. de Vélez-Málaga, donde la estratificación está bastante bien definida; no se nota ninguna variación importante en la constitución del terreno a lo largo de la carretera de Loja entre Vélez y el lugar llamado Puente Alto, observándose en todos los desmontes de la carretera las mismas pizarras oscuras, excepto en una pequeña trinchera situada junto a la confluencia del Rubite (1), donde puede notarse la exis-

(1) Río Rubite, afluente del Vélez.

tencia de estrechos bancos de arenisca brechoide bastante deleznable.

Abandonando la calzada en Puente Alto y separándonos al E. para seguir el camino de herradura que conduce al pueblo de Canillas de Aceituno, se observa, pasado el primer kilómetro, una variación bastante sensible; las pizarras oscuras desaparecen, dejando lugar a filadios grises metálicos y pizarras sericíticas con reflejos verdosos.

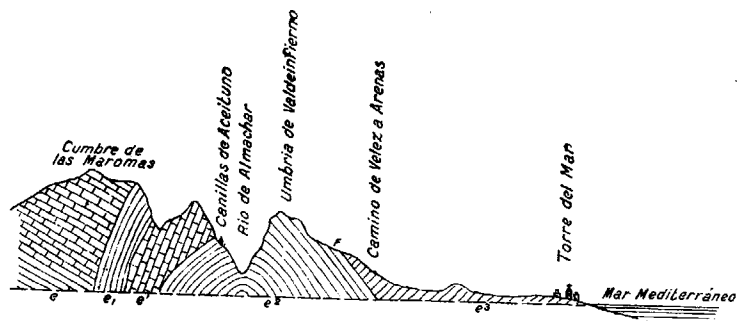


FIG. 1.ª

Corte en dirección S. 10° O. a N. 10° E., desde Torre del Mar a la cumbre de Sierra Tejea, pasando por Canillas de Aceituno.—e, calizas blancas dolomíticas del estrato-cristalino; e', calizas grises compactas; e₁, pizarras micáceas; e₂, pizarras sericíticas; e₃, pizarras pardo-rojizas.

Al doblar la cumbre del cerro llamado Umbría de Valdeinfierno se presentan algunos bancos de granulitas, cuarcitas y conglomerados brechoides; en los dos últimos kilómetros del camino, y sobre todo poco antes de llegar al pueblo, se observa interestratificación de capas hojosas de granulita con otros bancos de micacitas muy claras en que domina netamente la mica blanca.

Como a los dos lados del arroyo Almachares, que corre al pie de la Umbría de Valdeinfierno, varía en casi 70° el buzamiento de las pizarras, debe suponerse la existencia de un pliegue anticlinal muy pronunciado, denudado más tarde por la erosión de las aguas torrenciales que han dado lugar a una estrecha garganta.

En las inmediaciones de Canillas de Aceituno aparecen los bancos de calizas grises, cuya masa constituye allí toda la zona alta de la Sierra, y cuyas direcciones de estratificación y pendientes resulta sumamente difícil determinar por presentarse la roca hendida en todas direcciones, con fisuras muy próximas entre sí.

Siguiendo al N. del pueblo, y casi según la línea de máxima pendiente, el llamado «camino de la nieve», encontramos a unos 300 metros de altura sobre el pueblo la fuente y mina de «La Rábita»; puede apreciarse en una trinchera que la dirección real de los bancos de caliza gris es E. 20° S. a O. 20° N., siendo casi verticales y con ligero buzamiento al N., y existe entre las calizas una pequeña masa de mineral de hierro, óxido y carbonato que afecta la forma de bolsada y ha sido parcialmente explotado por medio de una trancada de corta longitud que atraviesa la capa mineralizada.

A juzgar por sus caracteres, parece ser este pequeño yacimiento debido a sustitución metasomática del carbonato de cal disuelto al contacto de aguas termales.

La senda que conduce a la cumbre continúa atravesando bancos de caliza gris blanca hasta poco antes de alcanzar la llamada Casa de la Nieve, en cuyas inmediaciones se atraviesan nuevamente bancos de filadios de unos 200 metros de espesor; más arriba se presenta nuevamente la gran masa de caliza que forma la cumbre de la Sierra, presentando enorme espesor, pues continúa visible en las vertientes septentrionales que se apoyan en la vega de Alhama.

Merece citarse la existencia de un profundo abismo de forma cilíndrica, llamado La Sima, situado algo más arriba de la mencionada Casa de la Nieve, a 2.035 metros sobre el nivel del mar, y muy próximo al pico extremo occidental de la Sierra Tejea, al cual da nombre.

Este pozo presenta, en su parte superior, forma casi exactamente cilíndrica de 8 metros de diámetro, con paredes verticales hasta una plataforma situada a 24 metros de profundidad en que cambia de dirección, pasando a una inclinación de 40° aproximadamente, con sección más estrecha en la pequeña longitud reconocida.

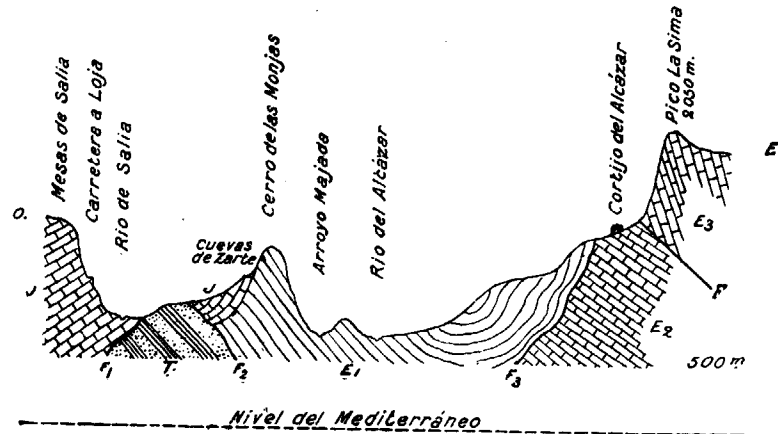


FIG. 2.ª

Corte según O. a E. magnético, desde el borde S. de Mesas de Salia al pico de La Sima, en Sierra Tejea, pasando por Cuevas de Zarte.—F, línea de falla; F_1 , F_2 , F_3 , líneas de fractura; J, calizas blancas jurásicas; T, arenas y margas triásicas; E_1 , pizarras micáceas del estrato-cristalino; E_2 , calizas grises del estrato-cristalino; E_3 , calizas blancas dolomíticas, tramo superior de la misma formación.

Resulta dudoso explicar la formación de La Sima, puesto que su forma difiere sensiblemente de la general de los embudos volcánicos, y es también de notar la absoluta ausencia de lavas, rocas eruptivas de ninguna especie, ni cualquier otro vestigio de acción volcánica en los alrededores.

Parece más aceptable suponer que la cavidad cilíndrica es debida a una muy prolongada erosión de las aguas ejerciendo gradualmente su acción sobre una fractura, y despego de los bancos calizos a lo largo de la línea de intersección de dos fisuras, de dirección aproximadamente normal, que se observan allí con frecuencia.

Aun siendo muy confusa la estratificación en la cumbre, la dirección dominante de las capas parece ser E.-O., con inclinación de 60° y buzamiento al S.

La vertiente septentrional de la cordillera, en el trozo comprendido entre los picos La Sima y Las Maromas, es notablemente escarpada, y como ningún levantamiento de segundo orden limita la vista, se domina claramente una enorme extensión de las vegas de Alhama, Loja y Granada, encerradas entre esta alta cadena y los levantamientos subbéticos de edad secundaria.

No ofrece casi ningún interés el recorrido de 12 kilómetros hecho por mí a lo largo de la línea de cúspides de las Sierras Tejea y de Alhama, pues la formación es completamente uniforme, sin presentarse ninguna nueva especie de

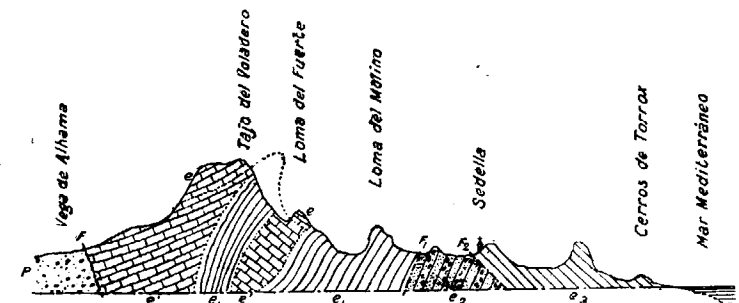


FIG. 3.ª

Corte en dirección N. 15° E. a S. 15° O. normal a la línea de las cumbres de Sierra Tejea, pasando por Sedella.—P, plioceno; e, calizas blancas dolomíticas del estrato-cristalino; e', calizas grises del estrato-cristalino; e_1 , pizarras sericíticas verdes; e_2 , areniscas y conglomerados; e_3 , pizarras micáceas pardas; F, línea de falla principal; F_1 , F_2 , líneas de falla.

rocas ni trazas de yacimiento minerales; los puntos dominantes de este sector son la cumbre de Las Maromas, a 2.064 metros de altitud, que es la máxima de toda la región, y el Tajo del Voladero, a 1.970 metros, donde, según puede apreciarse en la figura 9.ª, cambia el perfil de las cumbres, dejando de ser una línea ligeramente ondulada, casi recta, correspondiente a la altiplanicie superior, para

tomar el carácter dentellado con profundas escotaduras y agudos picachos de paredes casi verticales que ofrecen panoramas de extremada belleza en la Sierra de Cómpea.

Descendiendo transversalmente desde el Tajo del Voladero en dirección SE. para alcanzar el pueblo de Sedella, y dejando al N. la gran masa de calizas grises que se apoyan sobre los conglomerados terciarios de la vega de Alhama, encontramos, muy próximos a la cumbre, bancos verticales hojosos de pizarras sericíticas que en ningún otro punto de la Sierra se presentan con espesor considerable dentro de la zona más alta; aquí ofrecen las pizarras algo más de 150 metros de potencia.

Atraviesa después la vereda otro estrecho banco de calizas grises, de estratificación confusa, fisuradas extensamente en direcciones múltiples, y salvando la estrecha cañada que separa los tajos culminantes del Cerro del Fuerte y Loma de Turilla, se divisa una inmensa extensión, muy árida, integrada totalmente por pizarras y filadidos verticales con buzamiento al N.; estas pizarras, muy ricas en mica blanca, presentan generalmente matiz gris verde o azulado e irisaciones con brillo sedoso, mientras que las encontradas en el camino de Alcaucín a Canillas de Aceituno, son generalmente grises con irisaciones rosadas e igual brillo de seda.

Todo el recorrido a lo largo de la Loma de Turilla en dirección N.-NE. a S.-SO., atraviesa más de una legua sobre la misma formación, no variando el aspecto ni la dirección de las capas hasta poco después de atravesar el cauce del río de Salares, presentándose en la pequeña contrapendiente que conduce al pueblo de Sedella y 300 metros al N. de éste, en las vertientes de la Loma del Molino, estrechos bancos de areniscas y conglomerados con cantos rodados.

Las casas del pueblo de Sedella están asentadas sobre

micacitas, cuya inclinación y buzamiento difieren bastante de las situadas al N. de las areniscas; las capas de la banda S. hasta el litoral se presentan inclinadas a 40°, con buzamiento S., dirección O. 15° N. a E. 15° S. aproximadamente; hay indicios de la existencia de un pliegue anticlinal que unía estas capas con las de igual formación y edad que constituyen la zona alta.

II.- Recorrido desde Sedella al pueblo de Cómpea y ascensión a la cumbre del Cerro Lucero.

Se sigue un camino de herradura cuya dirección general es NO. a SE., con varios zig-zags para salvar las pendientes de las escarpadas estratificaciones que se interponen entre ambos pueblos.

Atravesamos sucesivamente dos riachuelos que, convergiendo poco después para correr hacia el Rubite, llevan los nombres de arroyo de Sedella y río de Salares, quedando encerrado entre ambos brazos el islote sobre el cual está edificado el pueblo de Salares, muy estrecho y pendiente, formado por micacitas.

Salvado el segundo riachuelo, continúa el camino de herradura subiendo diagonalmente la alta loma de Fogarates, orientada de N. a S.; la cuesta de subida a esta loma, que alcanza unos 2 kilómetros de longitud, se desarrolla toda ella sobre pizarras grises muy hojosas, y al llegar a la altiplanicie volvemos a encontrar las calizas, cuya orientación no es allí fácil de determinar. Variando su rumbo al NE., desde el borde oriental de la loma el camino desciende por una rápida pendiente al fondo de una estrecha garganta, por donde corre con carácter torrencial el llamado río de Algarrobo, cuya rápida corriente ha pulimentado los bancos de caliza dolomítica, apareciendo muy clara su estratifica-

ción; junto al puente que da paso al pueblo de Canillas de Albaida, las capas son cortadas casi normalmente por el río, su dirección es E.-O., inclinación 70° y buzamiento S.

Al atravesar las calles de la aldea, se puede observar en los desmontes hechos para construcción de algunas casas la estructura de la formación de calizas dolomíticas; son éstas blancas marmóreas y sacaroideas. Sobre idéntico terreno, cambiando su dirección al SE., se desarrolla el camino desde Canillas de Albaida hasta Cómpeta, situado en la vertiente occidental del más elevado contrafuerte de la Sierra de Alhama, que separa los valles de los ríos de Algarrobo y Torrox, continuando ininterrumpido hasta cerca del mar.

Todas las estribaciones de la Sierra enclavadas en este término municipal, están formadas por los bancos de calizas dolomíticas, cuyo tramo alcanza aquí su máximo de espesor, así como en el de Sedella hemos visto que dominaban notablemente los filadíos y pizarras micáceas.

Atravesando el contrafuerte inmediato para bajar al río de Torrox, encontramos restos abandonados de trabajos mineros, en su mayor parte hundidos; los filones, cuya parte superior es muy pobre y no afloran a la superficie, están enclavados entre las calizas poco alteradas. Son dos, muy estrechos y discontinuos, rellenos parcialmente de sulfuros e hidrogenocarbonatos de cobre, intentándose explotarlos por medio de tres socavones, uno de ellos de gran longitud, con dos pozos de ventilación; hoy día quedan sólo escasísimos vestigios de mineral y es difícil el acceso a las labores hundidas.

Siguiendo aguas arriba el curso del río de Torrox y más tarde el arroyo de Mármoles, se pisa sin interrupción la enorme masa de dolomias que hemos dicho domina en esta región, presentándose continua sin intercalación alguna en

más de un kilómetro de potencia; aproximándonos a la Venta de Panaderos, se encuentran intercalados algunos estrechos bancos de pizarras que pronto desaparecen, dejando lugar de nuevo a las dolomias; la estructura de éstas, difícil de determinar en las laderas y cumbres de los montes cubiertos por pinares muy espesos, se presenta claramente visible en el fondo del torrente de Mármoles, que partiendo de la falda del Puerto de Frigiliana, sigue un cauce estrechísimo y pendiente, para buscar el río de Torrox junto a Cerro Calixto.

La roca denudada por las aguas es blanca sacaroidea, idéntica a la que se presenta en la garganta de Canillas de Albaida.

Saliendo de la Venta de Panaderos, un camino de herradura conduce al Puerto de Frigiliana, situado a 1.300 metros sobre el nivel del mar, y al Occidente del Puerto se eleva casi vertical la imponente masa del Cerro Lucero, cuya ascensión es en extremo dura y fatigosa; la parte inferior de la montaña está cubierta de pinos, como sucede en los montes vecinos, pero más arriba desaparece la vegetación y presentándose las laderas casi verticales, es preciso trepar apoyándose en los salientes y grietas de la roca, que se presenta muy resquebrajada.

Llegando a la cumbre, que es muy estrecha, formando casi una aguja, encontramos una señal de triangulación secundaria para deslinde forestal de las provincias de Málaga y Granada; los estratos se presentan muy próximos a la vertical, siendo su dirección y buzamiento muy confusos por estar las rocas calizas dolomíticas atravesadas por innumerables fracturas de diversa orientación.

Como la cumbre del Cerro Lucero, a 1.980 metros sobre el Mediterráneo, se destaca muy aislada, separándola quebradas profundas de los vecinos Pico del Cisne y Peña Se-

llada, resulta un punto de vista excepcional para apreciar la topografía de la región, divisándose claramente hacia el S. toda la zona oriental de Málaga, al O. la Serranía de Ronda, al N. las vegas de Alhama y Granada, hasta su límite en la cordillera Sub-Bética, y cerrando el horizonte hacia Oriente las cimas de Sierra Nevada y la Alpujarra.

III. - Recorrido de los alrededores de Alcaucín hasta los Llanos de Zafarraya.

La carretera de Torre del Mar a Loja sigue a media ladera el valle del río Vélez, atravesando las pizarras grises que antes hemos mencionado hasta un puente situado 12 kilómetros al N. de Vélez-Málaga, donde atraviesa el río, y tomando una dirección media N. 10° O., va elevándose la carretera en fuertes rampas trazadas sobre las calizas liásicas; en la figura 2.^a hemos indicado la aparente disposición de los estratos, notablemente plegados y dislocados, tal como se presentan suponiendo un corte de E. a O. en el kilómetro 17 a partir de Vélez-Málaga, limitado entre las Mesas de Salya y la cumbre de la Tejea, a través del Cerro de las Monjas.

Los estratos liásicos que sirven de base a la carretera, forman una vertiente muy rápida (casi vertical en la cumbre) hacia el estrecho valle en cuyo fondo corre el río de Salya; la pendiente de las capas parece ser de unos 45°, buzando al O., aunque en los dos grandes peñones que, aparentando columnas, limitan el llamado «boquete de Zafarraya», un nuevo levantamiento marque una discordancia que coloca las capas casi horizontales.

Afectada extraordinariamente esta zona inmediata al Puerto por la gran falla transversal de Zafarraya a Motril, las capas liásicas, triásicas y estrato-cristalinas presentan pliegues, inversiones y recubrimientos de interpretación difícil.

Atravesando el valle del Salya puede observarse, en la llamada Cuesta del Espino, completo cambio en la constitución y relieve del terreno, aparentemente triásico superior, presentando irisaciones muy características las tierras inmediatas al Cortijo del Espino; en estas tierras se encuentran numerosas muestras de mineral de manganeso, en su mayor parte cantos rodados, aunque también se encuentran tres pequeñas bolsadas, reconocidas por calicatas poco profundas, excavadas junto al camino antiguo de Granada.

Algunas de las muestras analizadas han alcanzado elevada ley en manganeso, siendo la mayor parte de los trozos de mineral «pirolusita» de buena calidad; lo muy descompuesto del terreno en la zona superficial y la abundancia de cantos rodados, quita interés al yacimiento desde el punto de vista industrial, pues tal vez la mayor parte de los trozos de mineral hayan sido arrastrados por las aguas desde los filones situados a nivel más alto, en Sierra de Marchamonas.

Asimismo se presentan indicios de mineral de manganeso cerca de la cumbre del Cerro de las Monjas, que limita al O. la Cuesta del Espino; existe allí un filón encajado entre calizas compactas con 6,55 metros de potencia; su dirección, concordante con la estratificación, es NO. a SE. y buzamiento al NE.

El mineral del afloramiento es duro, contiene bastante hierro y su ley de manganeso es bastante menor que en los cantos rodados.

Pocos metros más arriba del filón de hierro-manganeso, se encuentra la línea de contacto discordante entre las calizas grises y una formación de pizarras hojosas grises claras, muy ricas en mica blanca, con reflejos sedosos y ofreciendo a veces matiz rosado; este tramo, que presenta un violento pliegue sinclinal, alcanza gran espesor y se mar-

cha sobre él al atravesar las estrechas cañadas por donde corren el arroyo Majada y el torrente del Alcázar.

Continúa el tramo de filadios casi verticales hasta media ladera de la Sierra Tejea, siendo su buzamiento contrario al que presentan en el Cerro de las Monjas; poco antes del Cortijo del Alcázar se presentan las calizas grises, de estratificación confusa, y de allí arriba forman un tajo inaccesible hasta la cumbre de la Tejea.

YACIMIENTOS DE MINERALES DE MANGANESO EN SIERRA DE MARCHAMONAS

En los alrededores del pueblo de Periana, marchando hacia la Sierra con rumbo N., se camina casi exclusivamente sobre calizas oolíticas jurásicas, mientras que tomando la subida a la montaña desde puntos situados más al Occidente, como son las aldeas de Guaro y Vilor, es fácil observar la superposición de terrenos de constitución muy diversa en cortas extensiones.

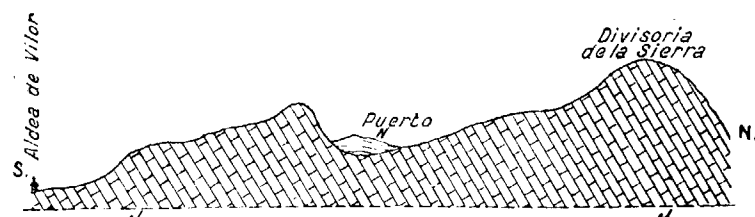


FIG. 4.ª

Corte según dirección aproximada S.-N.; zona al N. de Periana, Sierra de Marchamonas.—N, margas nummulíticas; J, calizas jurásicas.

Subiendo desde Vilor a la cumbre de Marchamonas se atraviesa un gran tramo de calizas, caracterizado como de edad jurásica por la existencia de *Belemnites* (ejemplares mal conservados); en la hondonada, que corresponde a un puerto, se observan varias capas de margas ligeramente onduladas, casi horizontales.

A partir de los baños de Vilor, subiendo según dirección exactamente N., se atraviesa un tramo de más de 300 metros de margas nummulíticas, apoyándose también sobre una amplia hondonada de las calizas blancas, que vuelven a aparecer más arriba, cerca de la cumbre de la Sierra.

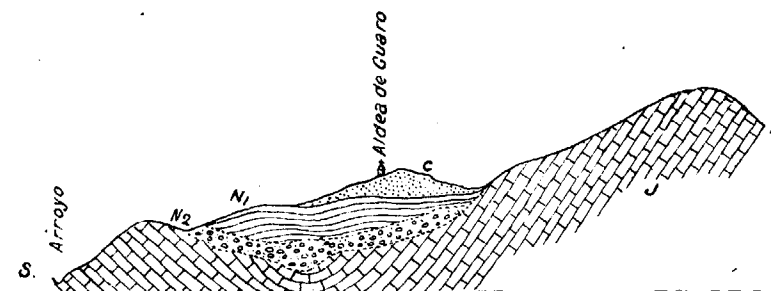


FIG. 5.ª

Corte según dirección aproximada S.-N.; zona al N. de Periana, Sierra de Marchamonas.—G, cono torrencial; J, calizas jurásicas; N₁, margas y arenas nummulíticas; N₂, conglomerado nummulítico.

En las inmediaciones de la destruída aldea de Guaro, aparece una formación detrítica de gruesos cantos; ocupa poca extensión y recubre parcialmente a las margas.

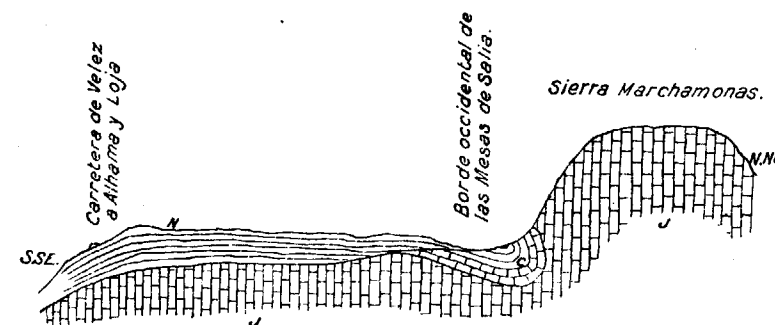


FIG. 6.ª

Corte según dirección aproximada S.-N.; zona al N. de Periana, Sierra de Marchamonas.—J, calizas blancas jurásicas; N, margas nummulíticas; G, margas y calizas margosas del Cretáceo.

Los fósiles son muy escasos y difícilmente clasificables; en las calizas, además de *Belemnites*, se han encontrado algunos *Políperos* y *Rinconelas*.

Siguiendo otro itinerario a partir del Pueblo de Periana, con rumbo N.-NE., se atraviesa una extensa zona de calizas blancas, y a 4 kilómetros de distancia, en el paraje conocido por Puerto de Macharaviaya, encontramos varios afloramientos de mineral de manganeso que han sido objeto de explotación.

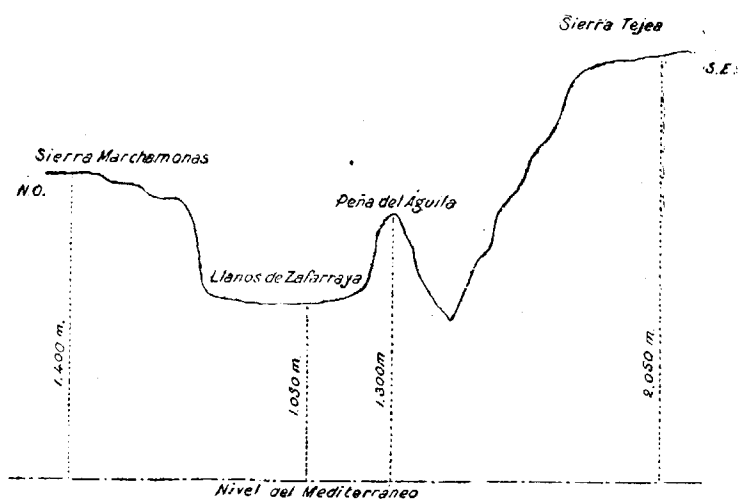


FIG. 7.ª

Perfil NO. a SE. de las Sierras de Tejea y de Marchamonas, atravesando los llanos de Zafarraya.

En la mina llamada «Panchita», a media ladera de un cerro, en su vertiente occidental y muy próxima al camino de herradura que va del pueblo a Llanos de Zafarraya, encontramos la boca de un socavón de 1,80 por 1 50 metros de sección y 42 metros de longitud; esta labor, llevada en línea recta con rumbo E. 30° N. con intención de explotar a nivel inferior la bolsa de mineral reconocida en la superficie, no llegó a cortar la masa mineralizada, ni se nota en los hastiales ningún indicio de descomposición de las

calizas que permitía suponer haber atravesado ningún filón en estéril.

A 18 metros de altura sobre esta bocamina se ha perforado otra curvilínea, siguiendo una dirección media E. 25° S., de sección amplia y 20 metros de longitud; el frente de la galería está en mineral (pirolusita bastante pura), así como una pequeña trancada de 7 metros de profundidad y 3,25 de anchura.

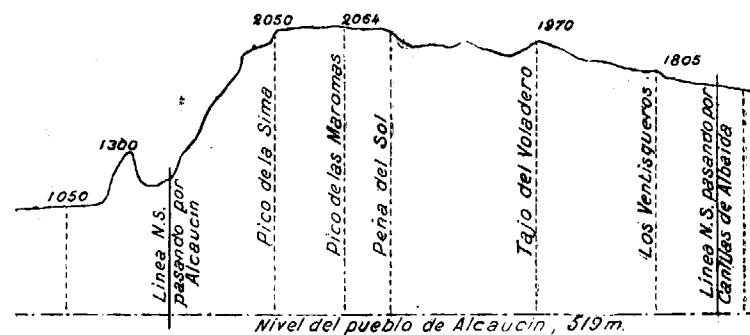


FIG. 8.ª

Perfil de las cumbres en el tramo central de la Sierra Tejea; dirección dominante, O. 15° N. a E. 15° S.

Se presenta a la entrada de la galería, a 3 metros de su boca, otra pequeña masa de pirolusita que no está reconocida en dirección, siendo por tanto imposible apreciar su importancia y cubicación.

La cumbre del cerro está cruzada por dos filones estrechos, dirigidos uno de ellos en dirección E. a O. y formando el otro con el primero un ángulo de 70° aproximadamente; ambos filones son muy discontinuos e irregulares, ensanchándose y dando lugar a la formación de pequeñas masas cerca de su cruzamiento, situado entre las labores que hemos mencionado. Las calizas oolíticas que forman la caja están bastante alteradas en la proximidad de la bolsa principal, y el origen del yacimiento ha sido probablemente, disolución parcial de la caliza con precipitación de

los carbonatos ferroso y manganeso, oxidados más tarde en la zona superior de las fracturas.

Lindando con el ángulo NO. de este registro, se encuentra la concesión «Josefina», enclavada entre la altiplanicie de Macharaviaya y una cañada que la separa de la cadena superior de Marchamonas.

A 30 metros al N. de la línea de deslinde E.-O., entre ambas concesiones y comprendido en todo su recorrido visible dentro de «Josefina», aflora un filón, al parecer bastante importante, encajado verticalmente entre las calizas oolíticas y que puede seguirse a unos 180 metros de corrida; en la parte inferior, a unos 100 metros del fondo de la cañada, el filón toma aparentemente el carácter de masa, habiendo sido explotado a cielo abierto por medio de una trinchera de 7 metros de anchura.

Aun cuando la cantidad de mineral apreciable a simple vista es relativamente pequeña, teniendo en cuenta el actual elevado precio y gran demanda de minerales de manganeso de alta ley, creo sería interesante, desde el punto de vista industrial, un reconocimiento metódico de este yacimiento.

ZONA DE NERJA - MINERALES DE HIERRO

Para reconocer el criadero de hierro que existe en la Cuesta del Cielo, tomamos como punto de partida la villa de Nerja, situada en el litoral; la mayor parte de la villa está construida sobre pizarras micáceas cristalinas, muy plegadas al S.-SO., pero con pequeña inclinación, mientras que las casas del extremo oriental y primer trozo de la carretera hacia Maro se asienta sobre conglomerado plioceno muy duro, con cemento silíceo.

Partimos de Nerja siguiendo durante 2 kilómetros la ca-

rrera de la costa que conduce por Maro a Almuñécar, y abandonándola en las inmediaciones del acueducto, tomamos hacia el N. por el Barranco de Cazadores, siguiendo el Camino de la Fuente del Esparto; se sigue el Barranco de Cazadores en una longitud de más de 3 kilómetros por el lecho y las paredes de una profunda garganta torrencial; las calizas casi verticales que forman la garganta, presentan estructura marmórea y son muy blancas.

Tomando después una vereda transversal en dirección NE., atravesamos por camino de herradura una pequeña cresta caliza, alcanzando al pasar a la vertiente opuesta el trozo superior del arroyo Sibila, y remontamos después su curso en unos 500 metros hasta llegar a su nacimiento, muy próximo al cual está el arranque del primer contrafuerte de la montaña llamada Cuesta del Cielo, que queríamos reconocer; según observación efectuada con barómetro de precisión autoregistrador, el nacimiento del arroyo está situado a 935 metros sobre el nivel del Mediterráneo, siendo de 4 kilómetros su distancia horizontal aproximada a la playa de Maro, que es la más cercana.

La base del contrafuerte, dirigido de E. a O., está formada por micacitas feldespáticas con andalucita, inclinadas 40° y buzando al SO., con indicios de fuerte plegamiento; pocos metros más arriba del nacimiento, llegamos a la gran formación de calizas dolomíticas, grises, granulares que constituye todas las cumbres vecinas.

Dentro de la pequeña zona de las micacitas se ha perforado un socavón, en contrapendiente, de pequeña sección y 24 metros de longitud; toda esta labor, mal proyectada, atraviesa la caliza y pequeñas intercalaciones de cuarzo, no pudiendo apreciarse ningún indicio de mineralización.

Subiendo la Cuesta del Cielo según su línea de máxima pendiente hasta un nivel 65 metros superior a la base, lle-

gamos a una pequeña cueva que sirve en la actualidad como refugio de pastores; allí la caliza es hojosa, en bancos casi verticales, presentando bastantes indicios de fracturas filonianas y con ligera coloración rojiza.

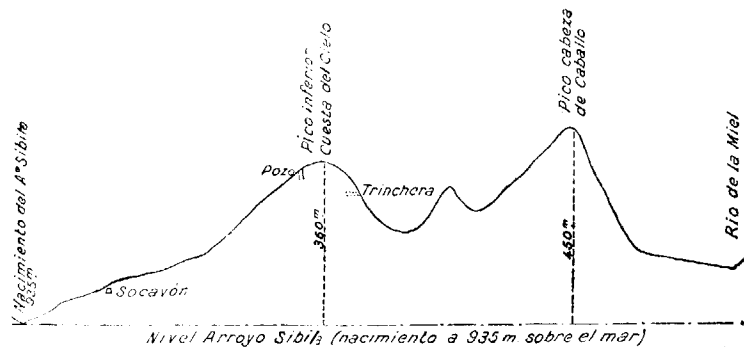


FIG. 9.ª

Perfil longitudinal de la Cuesta del Cielo, desde el nacimiento del arroyo Sibila; dirección E.-O. magnético.

Al continuar la ascensión de la montaña según la dirección rectilínea de la máxima pendiente, llegamos en la cota 170 metros (sobre la base adoptada, nacimiento del arroyo de Sibila) a una segunda calicata, donde asimismo se observan calizas hojosas verticales, ya más impregnadas de óxido de hierro.

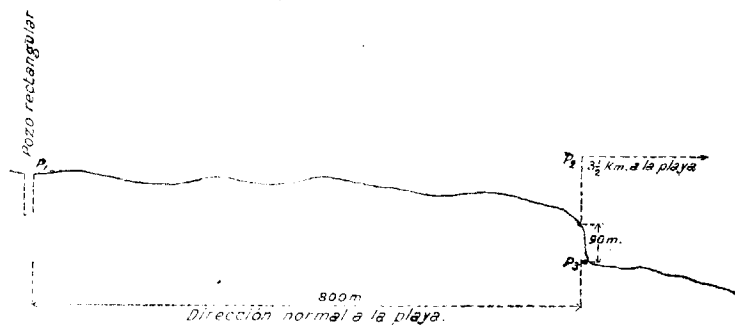


FIG. 10.ª

Perfil del contrafuerte transversal de la Cuesta del Cielo; dirección N.-S. magnético.

Bastante próxima a la anterior y a 190 metros de cota, encuéntrase otra pequeña labor de investigación, que consiste en una trancada de 7 metros de longitud, inclinada 45° y atravesando dolomias calizas ferruginosas concordantes con la formación vecina; como las tres calicatas reconocidas están exactamente en línea recta y es idéntica en ellas la dirección de los estratos, podemos ya considerar perfectamente determinada la dirección del filón-capa, que resulta ser de O. 20° S. a E. 20° N. (magnético); esta dirección se mantiene invariable en todos los afloramientos de más arriba.

A poca distancia horizontal de la anterior, por ser aquí la cuesta más escarpada, y a 255 metros de cota sobre la base, existe una cuarta calicata de muy poca importancia, conservándose iguales bancos ligeramente mineralizados con igual dirección y buzamiento vertical.

Siguiendo el recorrido según la pendiente, encontramos en las cotas 265 y 275 otras dos labores de investigación, cuyos resultados son ya más interesantes por encontrarse una metalización relativamente buena; los bancos de dolomias ferruginosas encierran aquí un filón de hematites roja, transformada parcialmente en limonita, cuya potencia oscila entre 4 y 5 metros, concordante con los afloramientos de la zona inferior.

Pocos metros más arriba existe otra calicata muy pequeña, también sobre mineral, y llegando finalmente a la cumbre del más bajo de los dos picos de la Cuesta del Cielo (que dominan la serie de cerros llamada Cordillera del Madroño), se encuentra la boca de un pozo rectangular de 1,50 metros de lado y 48 de profundidad, a cuyo fondo me fué imposible descender por falta de torno o escalas de ninguna clase.

Según las indicaciones del barómetro autoregistrador,

la boca del pozo está situada a 1.280 metros sobre el nivel del Mediterráneo, en la playa de Nerja. Creo que no es verosímil alcanzaran desarrollo importante las labores de preparación en el fondo del pozo, pues en la parte visible las paredes verticales están compuestas por dolomia caliza dura y sin descomponer, faltando asimismo en los alrededores escombreras ferruginosas y sin haber ningún otro indicio de haberse arrancado masas considerables de la hematites roja reconocida más abajo.

Resulta digna de notarse la completa falta de plan técnico en los trabajos de investigación, pues no existe razón alguna que pueda justificar la perforación de un pozo bastante costoso en el punto culminante de la montaña, siendo evidente la conveniencia de reconocer el criadero por medio de trincheras y galerías en dirección.

Descendiendo hacia Levante en dirección a la quebrada que separa los dos picos vecinos, se encuentra, en una cota 55 metros inferior a la boca del pozo y a 140 metros de distancia, una importante trinchera de 28 metros de longitud, según la dirección del filón-capa reconocido en la vertiente occidental y con potencia variable de 5 a 8 metros; existe allí cantidad apreciable de mineral arrancado y a la vista, estando en mineral todo el frente y paredes de la trinchera. Se trata de «hematites roja», cuya calidad es aceptable, acusando dos análisis efectuados sobre muestras medias, 48, 25 y 52,10 por 100 de hierro, con pequeña dosis de sílice y sin indicios de fósforo; esta zona rica se halla inmediata a la línea divisoria con el registro «Santa Cruz», perteneciente a la Sociedad de la Costa Granadina, domiciliada en Granada, que también posee otras varias concesiones en la cuenca del río de la Miel y junto a la playa de Maro.

Aunque en mi primer reconocimiento del terreno, efec-

tuado en día de fuerte temporal, obtuve la idea de que el yacimiento ofrecía carácter de masa en la zona alta de la montaña, un segundo reconocimiento más detenido permite asegurar que se trata, según todas las probabilidades, de un filón-capa bien definido y que sólo puede contarse con una cubicación bastante limitada de mineral explotable.

Cubicación del criadero.—Prescindiendo de las labores subterráneas a que da acceso el pozo rectangular, vamos a referirnos al trozo de capa mineral cuya riqueza está demostrada por los afloramientos más próximos a la cumbre en ambas vertientes.

Tomando 3 metros como potencia media de la banda mineralizada del filón y 80 y 200 metros para longitud y altura, tendremos $3 \times 80 \times 200 = 48.000$ metros cúbicos, cuya cubicación corresponde a 240.000 toneladas, si tomamos 5 como densidad.

A tal criadero, que entra en la categoría de filón metalífero potente, podríamos explotarlo por medio de socavones o galerías generales de arrastre, separados entre sí 40 metros de distancia vertical, que al mismo tiempo servirían para dar salida a las aguas, cosa sumamente fácil dada la topografía del terreno, extremadamente favorable para explotación dados sus grandes desniveles.

NOTAS SOBRE LA ZONA NE. DE NERJA Y SUS YACIMIENTOS DE CINC Y PLOMO

Generalmente se da el nombre de Sierra de Nerja a la región que se extiende entre el río Chillar, la divisoria de Granada y el río de la Miel, llegando por el S. los contrafuertes hasta tocar casi la ribera del Mediterráneo; las altas crestas dentelladas que la limitan al N., corren de O. a SE. desde el Cerro Lucero, ya descrito, hasta el pico Nava

Chica (1.780 metros), y en el centro de la región se encuentra la gran depresión, orientada de N. a S., conocida por Barranco de Cazadores; las otras dos depresiones estrechas, por donde corren los ríos Chillar y de la Miel, están sensiblemente orientadas según la misma dirección que la central.

Entre estas depresiones se alzan los contrafuertes montañosos de la Cuesta del Cielo y Tajo del Almendrán, que alcanza 1 650 metros de cota, separando las aguas que afluyen al Barranco de Cazadores (casi siempre en seco) de la cuenca del río Chillar; la vertiente septentrional de la Sierra es muy brusca y tiene sus principales contrafuertes orientados de S. a N., bajando en rápidas pendientes a confundirse en la vega de Granada.

Estratigrafía y tectónica. — La gran mayoría de la Sierra de Nerja está constituida por terreno primitivo, parece faltar en absoluto la serie primaria y las formaciones secundarias están representadas por trozos sueltos de Trías, limitados a la cumbre de algunas montañas del grupo Nava Chica, mientras que el terreno terciario está limitado a una muy estrecha banda litoral.

Terreno primitivo. — La serie comprende una potente formación de gneis, pizarras y calizas, cuyo espesor parece ser de unos 1.500 metros, si bien la extremada complejidad de los pliegues hace difícil fijarlo con exactitud, siendo el tramo de las calizas el más potente con mucha diferencia; pueden distinguirse de la base a la cumbre, con bastante claridad, cinco tramos, bien diferenciados en algunos puntos.

1.º *Gneis*, que aflora sólo en una limitadísima extensión de la zona NO., curso alto del río Chillar.

2.º *Micacitas*, que muestran bastante desarrollo en la

cuenca del río de la Miel y a lo largo del litoral, presentándose en Maro muy impregnadas de hierro.

3.º *Pizarras maclíferas*. Existen estrechos bancos que encierran cristales de andalucita en las vertientes del monte Atalaya, y también han sido reconocidos en un socavón de la zona S., en la mina «La Volcánica».

4.º *Pizarras con actinota*. Se encuentran siempre en contacto con la capa mineralizada reconocida en las inmediaciones de la Fuente del Esparto.

5.º *Calizas compactas cristalinas*. A veces fuertemente impregnadas por la galena, pirita y óxido de hierro; otras zonas están muy dolomitizadas, extendiéndose el conjunto de las crestas dolomíticas desde Cerro Lucero hasta el Tajo del Sol. Merece observarse que la zona de las dolomías presenta en las cumbres perfiles más agudos y dente-llados.

Otros terrenos. — El Trías, muy poco desarrollado, está constituido por carniolas, arcillas y dolomías, cuya coloración rojiza en algunos parajes atrae la atención.

El terciario superior y cuaternario marino están representados en la estrecha zona litoral, donde afloran por algunos bancos de pudinga muy dura, de cemento silíceo y areniscas poco coherentes, con raros fósiles de *Ostrea*, mal conservados.

Tectónica. — Las pizarras y calizas forman un conjunto fuertemente plegado, cuya dirección media es sensiblemente de O. a E., oblicuando algo al S. en la zona extrema oriental; los pliegues más importantes reconocidos son los siguientes:

En Cerro Mariano (extremo NO. de la zona) un anticlinal volcado hacia el N., tal vez formado por dos anticlinales yuxtapuestos orientados de O. a E., buzando 35º al S. Las pizarras micáceas afloran allí en una banda estre-

cha al flanco de la montaña, recubiertas por las calizas cristalinas y por el Trías, cuyos retazos están circunscritos a pequeños sinclinales del terreno primitivo.

Junto a las galerías «La Tona» y «Bella Plata», del grupo Minas de Nerja, el cambio de dirección de los estratos (sin falla alguna) indica la existencia de dos anticlinales denudados, inclinado el primero al S. y el otro al E.; en las galerías de «La Gallina» puede reconocerse otro fuerte plegamiento que forma un anticlinal orientado de NE. a SO. algo inclinado al O.

La galería inferior de «La Volcánica» ha permitido reconocer otro anticlinal muy agudo, pues los bancos buzan primero al N. 85° y luego 83° S., siendo su orientación O.-E. y hundiéndose hacia el E.

Entre estos anticlinales complejos se encuentran otros secundarios no menos complicados, como sucede en los pliegues de «La Volcánica», donde además del principal, que se hunde profundamente, existe otro superficial, en gran parte denudado por la erosión, orientado casi igual que el principal, y además otro pliegue confuso cuyo buzamiento es aproximadamente al S.

Resumiendo: del conjunto de fracturas, pliegues y dislocaciones numerosísimas y complejas que presenta la región, parece deducirse que los pliegues *hercinianos* recubiertos en discordancia y parcialmente borrados por el Trías, han vuelto a ser levantados en la época terciaria, tomando la dirección general O.-E. como consecuencia de este segundo movimiento orogénico; sin embargo, algunas zonas, como el macizo «La Volcánica», han presentado una resistencia bastante grande para que todavía permanezcan visibles los pliegues *hercinianos*, y como resultante de los dos levantamientos indicados, se han originado al cruzarse los pliegues, cúpulas irregulares en cuyo eje aparecen aflorando

a la superficie las pizarras cristalinas del nivel inferior de la serie.

Zona mineralizada.—Al contacto de las calizas y pizarras se extiende siempre la zona de pizarras con actinota, a veces descompuesta, y es en esta capa donde han sido practicadas la mayor parte de las labores mineras.

La parte mineralizada (dentro de una capa muy plegada cuyo desarrollo excede de 2 kilómetros) está constituida por el banco más inferior de las calizas, que se encuentran impregnadas no solamente por menas de plomo y cinc, sino también por otros minerales, especialmente actinota y pirita de hierro; su muro está siempre constituido por la banda de pizarras con actinota, y rara vez se encuentra interpuesta una salbanda arcillosa, estrecha e irregular.

Su techo es con frecuencia menos definido, puesto que las calizas han sido en muchos sitios atacadas irregularmente.

Dentro de esta capa, la *galena* parece localizada en los afloramientos y en el techo de la capa; sin embargo, en Bella Plata se ha encontrado *galena* en las pizarras del muro.

Calamina.—Está esparcida irregularmente, formando lentejones en toda la extensión de la capa, con tendencia a localizarse en el muro las partes más ricas, y encontrándose a veces a igual nivel trozos de carbonato y silicato de cinc.

La blenda.—Es más escasa y se encuentra al contacto de inyecciones piritosas.

Según la marcha de las labores, podemos apreciar que la zona mineralizada no tiene carácter de filón, debiendo más bien admitirse que se trata de un criadero por sustitución, limitado a la zona en que el contacto de calizas y pizarras ha permitido la mineralización de las primeras.

Todas las labores ejecutadas hasta ahora confirman la existencia de una serie de bolsadas ricas, algunas bastante

importantes, ligadas entre sí por zonas pobres o totalmente estériles; formando rosario en las proximidades de la Fuente del Esparto, al N. del Barranco de Cazadores, es donde existen las bolsadas más importantes.

LABORES DE INVESTIGACIÓN EN LA ZONA METALÍFERA DEL BARRANCO DE CAZADORES

En el Barranco del Gallo, a unos 500 metros de su confluencia con el Arroyo Sainete, se ha perforado una galería partiendo del fondo del Barranco, cota 1.120; se hizo sin duda esta labor antigua (enclavada en la concesión «Gallina») con objeto de cortar y explotar una pequeña bolsada de galena, habiendo quedado entre los escombros trozos de calamina relativamente gruesos que se consideraban inútiles.

Se puede observar en esta galería que un pliegue anticlinal muy brusco, de pequeño radio, da por resultado dos afloramientos paralelos de la capa mineralizada bastante próximos entre sí, quedando enclavado entre las calizas dolomíticas un pequeño macizo de pizarras con actinota radiada; algunos nódulos de este anfíbol pueden clasificarse como amianto.

Únicamente es accesible la labor hecha sobre el afloramiento superior, que ha dado calamina blanca en pequeña cantidad, y aunque también debió trabajarse algo sobre el afloramiento inferior, los dos pocillos que en él se han emboquillado están casi totalmente obstruidos y no se puede reconocer la galería a que daban acceso.

Pasando a la vertiente N. del Barranco, se ve que el afloramiento de la capa mineralizada está recubierto y oculto por otro pliegue de las calizas superiores; convendría allí hacer una trancada para precisar la continuidad y posición exacta de la capa encajada en las pizarras.

MAPA MINERO DEL TÉRMINO DE NERJA



Siguiendo desde «Gallina» hacia el SE. y entrando en la concesión «Volcánica», que es la más interesante del grupo explorado, encontramos, junto a los picos El Almendrón y la Maceta, un macizo algo menos trastornado que el resto de la zona, donde la metalización en galena y calamina presenta algo mayor riqueza; este macizo es dividido en dos por el Barranco de Cazadores, y aunque su lecho, muy pendiente e interceptado por algunos tajos y bloques muy voluminosos desprendidos de las cumbres vecinas, constituye una mala vía de comunicación, es, sin embargo, la más practicable de toda esta zona montañosa, extremadamente abrupta.



FIG. 11.
Corte transversal en dirección N.-S.; concesión «La Volcánica»,
paraje Horno de la Cal.

A lo largo de las escarpas calizas que dominan el Barranco, hemos observado un afloramiento sinuoso de la capa impregnada, cuyo desarrollo puede evaluarse en unos 200 metros; se han emboquillado sobre la capa cinco galerías y varias trincheras, cuya posición se indica en el adjunto corte transversal, dado normalmente al lecho de la quebrada.

La más importante de estas galerías, «La Furia», alcanza un desarrollo de 120 a 125 metros, y el desarrollo total de labores en esta concesión, sobre la capa impregnada, alcanza unos 300 metros; en el frente de arranque de la galería principal hay una veta de calamina, cuya potencia es de 0,45 metros aproximadamente, y en la galería superior, ahora inaccesible, la metalización, según referencias varias, es más fuerte.

Como ley media de las tierras extraídas en las labores de esta mina, puede tomarse la de 12 por 100, resultando después de un primer estrío de 40 a 43 por 100 la riqueza de la calamina separada.

Merece notarse que en la concesión «Luciana», situada al SO. de «Volcánica» y en la opuesta orilla del gran barranco, se ha reconocido la misma capa con análoga mineralización en calamina, mientras que en las labores de la nueva concesión «Mi-Carlota» se ha encontrado exclusivamente galena, y el terreno es muy diferente.

Se han excavado en esta concesión dos pequeñas calicatas y una galería, cuya boca se encuentra en el escarpe E. de la quebrada, a unos 70 metros de altura; sigue esta galería el eje de un pequeño pliegue anticlinal, y cuando la reconocí, en Mayo de 1918, ofrecía en su frente, muro y hastial N. una vena de galena bastante potente, pero de marcha irregular.

También se presenta allí la galena formando nódulos, entre la arcilla, y a juzgar por la alteración de las calizas que sobre una estrecha banda de filadios forman la caja, parece tratarse de una bolsada formada por sustitución metasomática.

Aunque los indicios de metalización se encuentran profusamente repartidos en toda esta comarca, no hemos encontrado en ningún otro paraje cantidad importante de mi-

nerales de cinc o plomo, y del conjunto de nuestras observaciones resulta la impresión de que la capa impregnada de sales metálicas ha sido excesivamente trastornada por los movimientos orogénicos de edad terciaria, que han producido en ella múltiples estrechamientos, inflexiones y rupturas, viniendo más tarde los efectos de la denudación, muy enérgica en esta comarca, a destruirla en parte considerable.

Por todo ello, a diferencia de lo indicado por los geólogos franceses MM. de Brive y Aubry, que han estudiado parcialmente la región, creemos que aun siendo muy interesante desde el punto de vista orogénico y tectónico, la importancia industrial de estos yacimientos es escasa, teniendo en cuenta la zona demasiado extensa en que están repartidas las bolsadas ricas y las dificultades que la formación en rosario representa para un laboreo metódico.

Conviene, sin embargo, hacer notar la ventaja de ser muy pequeña la distancia al litoral y bastante fácil la construcción de un embarcadero en la playa de Maro.

APUNTES
PARA EL ESTUDIO DE LAS ROCAS DE ORNAMENTACIÓN
DE LA
SERRANÍA DE RONDA
POR
ENRIQUE RUBIO
Ingeniero de Minas.

APUNTES
PARA EL ESTUDIO DE LAS ROCAS DE ORNAMENTACIÓN
DE LA
SERRANÍA DE RONDA

El Ingeniero de Minas D. Domingo de Orueta, en su Memoria geológica sobre la Serranía de Ronda, indica ya la importancia industrial que puede adquirir la explotación de los materiales de ornamentación de toda aquella zona. Convencidos de ello, y durante las largas campañas que hemos tenido lugar de hacer a las órdenes del Sr. Orueta para las investigaciones de los yacimientos de platino, cromo y níquel en la Serranía, hemos tratado de aprovechar los momentos libres para llevar a cabo algunos estudios detenidos sobre las rocas citadas y para recoger datos que sirvan de base para estos apuntes, que a su vez no tienen la pretensión de presentar un estudio completo de los materiales de ornamentación de la Serranía, y sí tan sólo el llamar la atención sobre el desarrollo que pudiera tener una industria hasta ahora indebidamente olvidada, y que, sin embargo, dadas las condiciones de aquella región y las futuras vías de comunicación en proyecto, puede, a nuestro juicio, estar llamada a alcanzar una importancia de primer orden.

**Nota geológica resumen
de la Serranía desde el punto de vista de la
industria de rocas de ornamentación.**

El eje principal de la Serranía lo ocupan las rocas del estrato-cristalino, según el estudio del Sr. Orueta (el cual nos ha servido de guía para las investigaciones de detalle que luego hemos llevado a cabo). Sobre los bordes de estos afloramientos centrales arcaicos se han ido depositando los sedimentos que constituyen los terrenos más modernos. Esta masa principal del terreno azoico ha sido rota en enormes extensiones por la erupción peridótica, principalmente a lo largo de un eje orientado de NE. a SO., es decir, paralelamente, como era de suponer, a la gran falla general del Turón y Genal, que bordea la región por el N.

El estrato-cristalino se considera aquí dividido en los tres tramos siguientes:

- 1.º El inferior, constituido por un gneis glandular que contiene nódulos de ortosa rodeados de biotita.
- 2.º El tramo medio, constituido por gneis con cordierita, de textura gneísica regular, alternando con la dolomia cristalina.
- 3.º El nivel superior, formado en su base por gneis y micacitas que alternan con la dolomia. Esta última desaparece luego, quedando tan sólo una formación de gneis y lechos de anfibolitas intercalados.

De todas las rocas citadas, tan sólo la dolomia cristalina es la que interesa a nuestro estudio.

Apoyadas sobre el estrato-cristalino y en concordancia con él, suelen aparecer unas pizarras de color parduzco y rojizo que se consideran como la base del cambriano.

Por último, e intercaladas a veces con la pizarra superior del tramo medio, aparece la caliza que se ha denominado «alabeada», y que en algunos sitios, como en la Torrecilla, adquiere una potencia enorme. Esta caliza sería interesante desde el punto de vista ornamental, si su textura no fuese tan hojosa que permitiera disponer de lechos de algún espesor; desgraciadamente, la roca se presenta en estratos tan delgados que, en general, no pueden dar lugar sino a materiales ordinarios de construcción.

El terreno triásico tiene poca extensión en la Serranía, al menos si se le compara con los anteriormente apuntados, y aparece en manchones aislados, algunos de los cuales jalonan la falla Turón-Genal. Depósitos pequeños aparecen también entre Yunquera y Tolox, en Río Grande, cerca de su unión con el arroyo de la Teja, y por último bordeando la costa.

Integran este terreno las siguientes rocas:

- 1.º En la parte inferior unos conglomerados de color rojo intenso y de grano grueso, compuesto de trozos de gneis, pizarras, cuarzo, serpentina y hasta dolomia cristalina, angulosos y trabados con cemento ferruginoso, que le da el color rojizo característico a esta roca, de facies francamente litoral.
- 2.º Sobre este conglomerado grueso descansa otro mucho más fino de color más pálido, casi amarillo, conteniendo trozos rodados de serpentina.
- 3.º Por último, una caliza en estratificación concordante con los conglomerados, en donde se han encontrado algunos fósiles, si bien escasos y mal conservados, coronadas en algunos sitios por las margas irisadas superiores del triás.

De todos estos materiales triásicos, desde el punto de vista de ornamentación, tan sólo interesa una caliza negra

con veta blanca, que parece pertenecer a este tramo, y que da lugar, una vez pulimentada, a un hermoso mármol.

En el nivel jurásico hay algunos materiales interesantes para el arte de construcción. Forman este terreno, en su base, bancos estrechos de caliza dura y de color parduzco que alternan con otras amarillentas, ricas en trozos de sílex. Sobre ella, y ya en bancos gruesos, aparece otra caliza de color gris y aun blanco, que constituye el tramo medio. Por último, se encuentra la roca denominada en el país «jaspon», y que es una caliza muy compacta de colores rojizos que constituye el titónico. Esta última caliza es el solo material jurásico de la Serranía que reviste para nosotros cierto interés, pues da lugar a grandes bloques, a propósito para sillería, y hasta mármoles bastos.

Los depósitos cretáceos, compuestos de calizas margosas y margas pizarreñas, carecen de importancia para nuestro estudio.

En completa discordancia con los terrenos anteriores, aparece el numulítico. Este terreno está perfectamente determinado en la Serranía de Ronda, y en él se pueden estudiar claramente las distintas facies. Así tenemos en los bordes una brecha formada por cantos gruesos de serpentina, gneis, calizas jurásicas, etc., con un cemento constituido por restos de estas mismas rocas con algo de arcilla. Nos hallamos, por lo tanto, ante la playa del mar numulítico.

Sobre esta formación, vienen unas areniscas con mucha arcilla y gran cantidad de numulites. Su color es amarillo generalmente, aunque a veces se presenta también de color rojizo. Es esta una sedimentación ya de mar más profundo que el anterior, que a veces alterna en su parte superior con unas margas de colores irisados.

Por último, llegamos ya a la facies pelágica, que está

representada por una caliza de color amarillo claro que contiene gran cantidad de alveolinas. Esta caliza se presenta en bancos de bastante espesor, y es la única roca de este terreno que nos interesa para la ornamentación. Las manchas más importantes de numulítico pueden verse en la cuenca del río Guadateba, desde su mismo nacimiento. También es de gran importancia la que aparece en el río Turón. Se vuelve a encontrar el numulítico en el arroyo de Casarabonela y parte baja del río de las Cañas y en un gran manchón que se extiende desde Alozaina a Sierra Pelada, y además forma el subsuelo de casi toda la hoya de Málaga.

También es importante, por su extensión, el manchón que se extiende desde Estepona hacia la provincia de Cádiz.

La misma meseta de Ronda tiene por base el numulítico, que allí se halla recubierto por el mioceno.

Este último terreno no ofrece interés para nuestro estudio, puesto que ninguna de las rocas en él contenidas pueden servir de base para la construcción de piedras ornamentales.

La mayor parte de los autores que han estudiado la geología del litoral andaluz, han fijado su atención extensamente sobre la formación pliocena. La riqueza en fósiles es enorme, y difícilmente se encontrará otra que pueda igualarla.

Se ha dividido este terreno en tres tramos. En el primero, el que se considera como subapeño, y en el cual se incluyen los barros azules de los tejares de Málaga, que son unas arcillas de color de plomo y de grano muy fino que contienen multitud de fósiles en perfecto estado de conservación. También se incluye en este tramo unas areniscas de grano muy fino, variable, en las cuales alternan los bancos muy compactos con otros sumamente deleznales. Es-

tas areniscas son conocidas en el país con el nombre de «bizcornil», nombre local que ha sido adoptado por varios geólogos que han estudiado aquella región.

En los bordes de esta formación, en lo que constituye la parte costera, pasa el bizcornil a ser una brecha de cantos angulosos, formada por los detritus de serpentinas, gneis y demás rocas anteriores, cuya dureza en algunos sitios es tal, que la hace aplicable como piedra ornamental.

En el segundo tramo, que se equipara al astiense, se incluyen las arenas rojas o amarillas que en los tejares de Málaga reposan sobre los bancos de barro azul, y que para nosotros no tiene ningún interés.

Por último, en el tramo superior incluyen los autores una brecha de cantos de dolomia cristalina o de caliza.

Respecto a la formación cuaternaria y actual, nada nos interesan para nuestro estudio, razón por la cual omitimos el entrar en su descripción, para ocuparnos de las rocas de origen interno que constituyen la mayor parte de la Serranía, es decir, de las peridotitas.

Las rocas eruptivas de la Serranía están formadas por grandes cristales sin mezcla alguna de magma vítreo; cristales que si no presentan las caras completamente limpias, es sólo debido a la corrosión y a la descomposición por diversos agentes. Por otra parte, no se ha encontrado ningún sitio donde pueda verse debajo de la roca eruptiva otra clase de terreno. Todo esto viene a corroborar que no se trata de una erupción violenta, sino que la solidificación de las peridotitas se ha llevado a cabo en unas condiciones de lentitud y reposo que sólo pueden tener lugar bajo la forma de batolito en el interior de la corteza.

Por otra parte, los restos de gneis y dolomia cristalina que se encuentran muy a menudo reposando sobre las peridotitas, no son sino restos de la cubierta de este batolito,

que todavía resiste a la acción destructora de los agentes atmosféricos.

La peridotita adquiere diversos nombres, según los elementos que contiene, pasando desde la más básica y sencilla, formada exclusivamente de olivino y cromita, la dunita, hasta la más ácida, que contiene olivino, dialaga, labrador y cuarzo, es decir, un verdadero gabro.

Entre estos dos extremos (el ultrabásico, representado por la dunita, y el tipo más ácido, representado por el gabro) hay una serie de rocas de una acidez creciente, entre las cuales no es fácil fijar límites precisos, pues se pasa de unas a otras de un modo paulatino.

De todos modos y para facilitar su estudio, se han dividido por el Sr. Orueta en los grupos ultrabásico, básico y menos básico.

Corresponden al primero aquellas peridotitas que no contienen en su composición ni álcalis ni alúmina, como son: las dunitas, compuestas de olivino y cromita; las harzburgitas, con los mismos elementos más un piroxeno ortorrómbico, que suele ser la enstatita o la broncíta, y por último las piroxenitas, en las cuales se aumenta la proporción de piroxeno hasta el punto de estar constituídas por sólo este mineral en combinación con una espinela.

En el segundo grupo están comprendidas las rocas con algo de alúmina, pero sin álcalis, como son: la lertzolita, que es una harzburgita con un piroxeno monoclinico, la dialaga; la dialaguita, en la cual el piroxeno monoclinico se desarrolla de tal forma que él sólo constituye la mayor parte de la roca, y la websterita, que es una lertzolita sin olivino.

Al tercer grupo corresponden las peridotitas que contienen alúmina, álcalis, y hasta sílice libre: así tenemos las noritas, de la misma composición que las lertzolitas más un feldespato, que suele ser la anortita o el labrador, y algo de

biotita, y por último los gabros, compuestos de dialaga, olivino, labrador y granos de cuarzo.

Todas estas rocas, por un fenómeno de hidratación, dan lugar a las serpentinas, rocas muy a propósito para la ornamentación y de las cuales hemos de ocuparnos con más detalle.

De todo lo expuesto resulta que, para nuestro estudio, las rocas de la Serranía que más pueden interesarnos son:

- 1.º El producto de hidratación de las peridotitas, es decir, las serpentinas.
- 2.º La dolomia estrato-cristalina.
- 3.º La caliza negra triásica.
- 4.º La caliza con alveolinas del eoceno.
- 5.º La brecha pliocena con cantos de serpentina.

Existe además otra roca sumamente interesante, de la que no hemos tratado antes porque su formación no cabe fijarla dentro del marco de ningún terreno, y es el *mármol de almendrilla*, del que más adelante volveremos a hacer mención.

A continuación exponemos el estudio detallado de cada una de estas rocas y los procedimientos de que hay que servirse para los ensayos de resistencia y demás características. Estos ensayos requieren un material de laboratorio de gran precisión, del que desgraciadamente hemos carecido al tomar estos apuntes. Sin embargo, y aunque sólo sea para servir de base a estudios más detenidos, y sin la pretensión de que sean exactos los datos que hemos hallado, iremos exponiendo en cada roca algunas cifras encontradas por nosotros, después de repetidos ensayos sobre varias muestras.

Algún día, sin embargo, con más tiempo y más elementos, quizás volvamos a insistir sobre este asunto, para aportar los datos que vengan a completar estos apuntes.

ENSAYOS

Para hacer los ensayos con las piedras de ornamentación, lo primero que conviene hacer es cortar las rocas en pequeños cubos de unos 5 centímetros de lado, con una sierra de diamantes, por ejemplo, y procurar que los cubos que resulten sean lo más exactos posible, de manera que sus caras resulten perfectamente perpendiculares unas a otras, pues esto es de gran importancia para el ensayo a la compresión, que citaremos más adelante.

1.º **Peso específico:** La mejor manera de determinar el peso específico de una roca, es calentar ésta durante veinticuatro horas a una temperatura de 110º, con objeto de quitar toda el agua que la roca pueda contener. Una vez hecho esto, se deja enfriar y se pesa. Verificada esta operación, la roca se empapa bien en agua y se sumerge en este líquido, atada a un hilo de seda bien fino, volviendo entonces a pesar la roca sumergida. Dividiendo la primera cifra por la pérdida de peso que acusa la segunda operación, se obtiene el peso específico.

2.º **La relación de absorción,** dato que también puede ser interesante, se determina pesando la roca después de tenerla sumergida durante algún tiempo en agua, teniendo cuidado de secarla por fuera antes de efectuar la pesada y hacer ésta lo más rápidamente posible, para evitar que la evaporación falsee los resultados.

Se considera que una sumersión de una hora puede ser comparada con el grado de absorción de una piedra expuesta a la intemperie.

3.º **El coeficiente de saturación:** Este coeficiente puede definirse, diciendo que es la relación entre el agua absorbida en ciertas condiciones y la cantidad de agua que la roca es capaz de absorber. Este factor es muy importante

para determinar la resistencia de las rocas a las heladas. En efecto, los destrozos que éstas causan sobre las piedras, son debidos a la presión ejercida por el agua durante su congelación en los poros de la roca. Si estos poros están llenos de agua a menos de 0,9 de su volumen, hay espacio suficiente para permitir al agua dilatarse sin causar ningún desperfecto.

Un coeficiente de saturación de menos de 0,9 indica teóricamente que la roca no corre peligro alguno durante las heladas. Sin embargo, como los poros no se llenan todos igualmente durante el ensayo, por una corta sumersión, es conveniente tomar 0,8 como límite para el coeficiente de saturación, y hacer que las sumersiones en el agua de las rocas a ensayar sean de una duración de una hora.

4.º Resistencia al aplastamiento en seco: Esta resistencia puede medirse por medio del aparato hidráulico Wicks-teed, de 100 toneladas. Para ello es preciso que los trozos a ensayar estén preparados con el mayor cuidado posible, y que el paralelismo entre sus caras sea perfecto, de otro modo los resultados que se obtuvieren estarían falseados.

5.º Resistencia al aplastamiento en húmedo: También es interesante conocer este dato, pues la pérdida de resistencia que sufre una roca al ser saturada de agua da una buena idea de su conveniencia como piedra de construcción y de ornamentación. En algunas areniscas esta pérdida llega a ser hasta de una tercera parte; en los mármoles, en cambio, apenas si se nota disminución alguna de su resistencia al saturarlos de agua.

6.º El efecto que las heladas pueden producir en una roca puede determinarse saturando los trozos a ensayar, de agua, a una presión reducida y produciendo la congelación varias veces, por ejemplo 40, por medio del frío artificial. Después de hecho esto, se someten las rocas a la medida

de su resistencia al aplastamiento. Hay que advertir, sin embargo, qué el efecto que producen las heladas artificiales, como las que acabamos de describir, será excesivo comparado con el que las rocas hayan de sufrir en condiciones normales, y además el número de heladas para hacer el experimento es difícil de fijar, y variará según el clima donde estas piedras hayan de ser empleadas. Por lo tanto, creemos que lo más práctico es atenerse al coeficiente de saturación, como ya dijimos, y procurar que éste no pase de 0,8.

7.º La resistencia transversal: Este es también un dato interesante y se puede determinar con máquinas especiales para estas medidas, y entre las cuales se recomienda la máquina Olson.

8.º Resistencia a la corrosión: Para verificar este ensayo, se empieza por pesar el trozo de roca perfectamente seco y después se le sumerge en un depósito de agua, al cual se hace llegar una corriente constante de ácido carbónico y oxígeno. La experiencia debe proseguirse durante un mes, renovando el agua cada semana aproximadamente. Las muestras se secan, se frotan un poco, y se vuelven a pesar. Su disminución de peso y su cambio de color, nos dará una idea de la acción corrosiva que los agentes atmosféricos pueden ejercer sobre la roca ensayada.

9.º La facilidad con que una roca se deja trabajar: Ésta se puede medir por medio de un martillo perforador de aire comprimido, el cual se deja accionar un cierto tiempo sobre la muestra. La profundidad del orificio efectuado por este procedimiento, nos dará una idea de la mayor o menor facilidad con que la roca se deja trabajar.

SERPENTINAS

Como ya dijimos al hablar de las peridotitas, la serpentina nace de la hidratación de ciertos elementos contenidos en aquella roca, especialmente del olivino. Ahora bien, en la Serranía de Ronda hay que considerar dos modos de hidratación: el primero originado por los agentes atmosféricos, el segundo por emanaciones hidrotermales. La hidratación por los agentes atmosféricos da lugar a que se forme en toda la masa peridótica una costra de serpentina, que a veces sólo tiene algunos centímetros de espesor, y que por lo tanto no interesa para nuestro estudio. En cambio, la acción de los agentes hidrotermales de origen interno ha alterado la peridotita en tal forma, que la serpentización se extiende en grandes masas. Estas masas de serpentina están colocadas en los bordes de la erupción, jalonando los límites de la ruptura por donde se verificó la solidificación del batolito. Por estos bordes continuaron saliendo los vapores a presión que hidrataron las peridotitas.

La serpentina tiene una estructura compacta y sus colores son sumamente variados. Su dureza no es grande y son fáciles de trabajar. Poseen estas rocas un peso específico bastante elevado, de 2,8 hasta 3.

La roca se distingue en el acto de otra cualquiera por su textura en red, que se asemeja a la de la piel de una serpiente. Esta textura es visible, generalmente, a simple vista, pero a veces la malla es tan fina, que sólo el examen al microscopio acusa su existencia.

La cantidad de serpentinas que pudieran servir como piedras para ornamentación es bastante grande, y la coloración que más abunda es la verde en sus diversos tonos.

En las fotografías que acompañan a estos apuntes pue-

den verse distintas muestras, que han sido elegidas por nosotros después de hacerlas tallar y pulimentar.

La figura núm. 1 es lo que pudiéramos llamar una serpentina característica. Sobre un fondo color verde manzana, se destaca netamente un reticulado oscuro, casi negro, cuyas vetas, al entrelazarse, dan a la roca esa semejanza con la piel de serpiente que les ha valido el nombre.

Esta roca admite un buen pulimento y es una de las serpentinas más bellas de la región.

La figura núm. 2 es una serpentina de un fondo amarillo parduzco, dentro del cual se destacan pequeños cristales verdosos. La roca está atravesada por anchas vetas de magnetita, de formación secundaria, que son las fajas negras que se ven en ella.

La figura núm. 3 muestra una serpentina en la cual el reticulado es ya mucho menos visible. Su coloración general es el verde oscuro, algo azulado. Sobre este fondo se destacan algunos cristales de color pardo, que todavía han resistido a la hidratación.

Esta serpentina, tanto por su pulimento como por sus hermosas tonificaciones, puede resistir con ventaja cualquier comparación con las más renombradas del mundo.

Los ensayos que hemos hecho nos han dado un peso específico para la serpentina muy variable, que depende del grado de hidratación de la peridotita que ha dado origen a ella, y que es menor cuanto más intenso ha sido este fenómeno. Puede tomarse como término medio de estos ensayos la cifra de 2,85.

La dureza de la mayor parte de la serpentina de la Serranía de Ronda pasa del 3, y en la comparación llevada a cabo con otras serpentinas se ha visto que son más duras y más consistentes.

La resistencia a la ruptura oscila también bastante, pero

puede tomarse como término medio la de 1.000 kilogramos por centímetro cuadrado.

El punto más importante a investigar antes de empezar la explotación de una cantera de serpentinas, es el efecto que los hielos puedan producir en ella. En efecto, en serpentinas que aparentemente son iguales hemos notado enormes diferencias, hasta el punto que sus coeficientes de saturación han sido en unas 0,75, y en otras 0,97. No es posible fijar una ley; lo más práctico, creemos que es calcular este coeficiente antes de decidirse a explotar la cantera.

Los sitios más a propósito para fijar éstas, fundándose en las vías de comunicación, son, en general, la parte S. de la formación peridotítica, que está bordeada por la carretera de Málaga a Estepona y que en breve lo estará también por un ferrocarril al mismo sitio. También sierra de Aguas y Alpujata se hallan cerca de la carretera de Carratraca a Alora la primera, y de la de Alaurín a Cártama la segunda, siendo por lo tanto sitios a propósito para montar esta clase de industria

DOLOMIA CRISTALINA

Al tratar del terreno estrato-cristalino, ya dijimos que se consideraba que a él pertenecía la dolomia que forma las enormes masas de sierra Blanca, sierra de Mijas y otras menos importantes.

Nos fundábamos para asignarle esta edad geológica, en el hecho descubierto por el Sr. Orueta, y luego comprobado varias veces por nosotros mismos, de haberla visto en algunos parajes alternando con capas de gneis. Sin embargo, durante mucho tiempo se ha creído que estas dolomias eran de origen metamórfico.

Existe, en efecto, un hecho sobre el cual puede basarse

esta teoría, y es la dolomitización de las calizas en su contacto con las peridotitas. En estos contactos se efectúa un reemplazamiento, más o menos completo, de la caliza por la magnesia, que proviene de los silicatos ferromagnesianos que forman la roca eruptiva.

Sin embargo, este fenómeno no es bastante a explicar la formación de masas tan grandes como las existentes en la Serranía, puesto que su influjo en las calizas es muy limitado y sólo se extiende a unos cuantos metros del contacto.

Hay varios modos de explicar la formación de la dolomia.

Ésta puede formarse por simple precipitación química, del mismo modo que la caliza. Se han hecho, en efecto, experiencias, y se ha conseguido obtener dolomia haciendo actuar una disolución de cloruro de magnesia sobre sulfato cálcico en presencia de cloruro sódico y carbonato sódico. Hecha esta experiencia a una presión de 500 atmósferas, dió por resultado, como hemos dicho, la obtención de dolomia. Estas condiciones pueden verificarse perfectamente en el fondo del mar, y por lo tanto se concibe la posible formación por precipitación química.

El que en el mar se forman continuamente depósitos de calizas magnesianas, es un hecho comprobado. La Valdivia, por ejemplo, hizo dragados cerca de la isla de Madera y encontró un barro calizo que contenía hasta 18 por 100 de carbonato de magnesia.

Existen algunas algas y corales que tienen la propiedad de precipitar el carbonato de magnesia al mismo tiempo que el carbonato de cal. Estos seres, después de muertos, llegan a contener hasta 38 por 100 de carbonato de magnesia, sobre todo los corales. Para darse cuenta del enriquecimiento en dolomia que esto significa, es conveniente recordar que lo que se llama dolomia pura tiene por fórmula

Mg CO³ Ca CO³, lo que equivale a 45,65 por 100 de carbonato de magnesita y 54,35 por 100 de carbonato de cal. Es decir, que estos corales, que en vida nunca contienen más del 1 por 100 de Mg CO³, llegan a dolomitizarse hasta un punto que sólo falta un 7 por 100 para la dolomia pura.

También puede formarse la dolomia por sustitución, en parte, de la cal por la magnesita. Si se trata el carbonato de cal, bajo la forma de aragonito, por una disolución concentrada de sulfato de magnesita y cloruro sódico, a una temperatura de 60°, se puede obtener un depósito que contenga hasta algo más de un 40 por 100 de carbonato de magnesita.

En el sondeo de Founafouti se ha comprobado la dolomitización de las calizas corolinas. En efecto, los primeros metros la caliza contenía de un 6 a un 12 por 100 de carbonato de magnesita, y al llegar a la profundidad de 200 metros este carbonato entraba ya en una proporción de 40 por 100 en la formación de la roca.

La dolomitización puede también llevarse a cabo por el ataque de una caliza por aguas termales cargadas de magnesita, y por último, por metamorfismo.

Vemos, por lo tanto, que hay varios métodos de formación de la dolomia, pero sinceramente confesamos que, a nuestro juicio, ninguno explica la formación de las masas dolomíticas de la Serranía.

Los autores parecen estar conformes en que la acción del agua del mar sobre los depósitos calizos da lugar a formación de dolomias estratificadas; este no es el caso de la dolomia de sierra Blanca y sierra de Mijas, que se presenta en enormes masas. Tenemos que recurrir a la formación de la dolomia en los arrecifes coralinos, pero la edad de los depósitos (el estrato-cristalino o azoico) no nos permite pensar en la existencia de ser viviente alguno durante la época de su formación.

No entra en los límites de nuestro estudio la explicación de este fenómeno, pero sí queremos hacer constar que, a nuestro juicio, no se halla suficientemente esclarecido este importante punto.

La dolomia se presenta en la Serranía en masas, que generalmente afectan la forma lenticular, y sus yacimientos más importantes son:

1.º Sierra Blanca, al N. de Marbella; enorme masa dolomítica con alturas de más de 1.000 metros sobre el nivel del mar, y cuya proximidad a la costa (escasamente unos 4 kilómetros) hace que desde sus picos se pueda divisar uno de los más bellos panoramas de la región.

2.º Sierra de Mijas, que se extiende desde Mijas a cerca de Churriana, con una dimensión de más de 20 kilómetros.

3.º Al S. de Cártama, afloramiento que aunque no es de tanta consideración como los anteriores, tiene una extensión de unos 8 kilómetros.

4.º En las inmediaciones de Benahavis hay dos grandes manchones, uno en el paraje denominado Montemayor y otro el de las Angosturas. En este último, el río Guadalmedina ha abierto un surco que en algunos sitios tiene cerca de 100 metros de profundidad, lo cual da a aquel paraje un aspecto suntuoso.

5.º Otros afloramientos se extienden desde el cerro del Alcohol hasta Igualeja. Esta masa es atravesada por la carretera que se está construyendo, hoy día terminada precisamente, hasta el contacto de la dolomia con la peridotita.

Además de los enumerados, se encuentran otra porción de pequeños afloramientos, a veces con dimensiones de unos cuantos metros solamente, pero fáciles de distinguir a distancia, pues esta roca es completamente estéril y además su color blanco la hace destacarse sobre las demás.

Estos afloramientos se encuentran principalmente en la parte S. de la Serranía, bordeando la costa.

Aunque el color predominante en la dolomia es el blanco, se encuentra a veces también de color gris azulado.

Existen dos sistemas de diaclasas que afectan a todo el terreno estrato-cristalino, y por lo tanto a la dolomia. Ésta, sin embargo, debido a su dureza, no se desmorona con la facilidad que los gneises, y por eso se ven destacar las masas y diques de dolomia sobre éstos.

El examen en lámina delgada de la dolomia de la Serranía de Ronda hace ver que se trata de una roca sumamente compacta, con grandes cristales entrelazados unos con otros y sin interposición de ningún mineral extraño. Estos cristales están rayados en dos direcciones, que forman rombos más o menos agudos. Estas rayas son las trazas de los cruceros romboédricos sobre el plano de la preparación; los ángulos que forman dependen de la dirección en que se ha tallado el cristal. Es común ver tan sólo una serie de rayas que indican que el cristal ha sido cortado según su plano de crucero.

Claro está que al decir que la dolomia está formada por cristales de una sola especie, sin interposición de minerales extraños, nos hemos referido a los sitios donde la roca está alejada de su contacto con la peridotita, pues en este último caso el metamorfismo hace aparecer una serie de minerales raros, sumamente interesantes y dignos de estudio, pero que no entra dentro del margen de nuestros apuntes.

Existen dos clases de dolomia. Una de ellas es sumamente deleznable, imposible de tallar, y que se convierte fácilmente en una arena blanca. Esta variedad no es, por lo tanto, susceptible de aprovechamiento industrial.

La otra clase está formada por cristales grandes que, entrelazados, dan lugar a una textura sumamente compacta.

Ensayos verificados por nosotros, aunque sin todos los elementos necesarios, sobre diferentes muestras de dolomias, nos han dado en general unos resultados bastante constantes, que achacamos a la homogeneidad que caracteriza a esta roca.

Las cifras medias obtenidas han sido las siguientes:

La dolomia es susceptible de adquirir un bello pulimento; se trabaja fácilmente. Un martillo perforador «Atlas-Diesel», de 14 kilos de peso y obrando verticalmente sobre la dolomia, perfora barrenos de 17 milímetros de profundidad en un minuto.

La resistencia a la ruptura es de 1 850 kilos por centímetro cuadrado haciendo el ensayo en seco; de 1.540 kilos por centímetro cuadrado si se hace después de saturar de agua la roca, y de 1.520 kilos por centímetro cuadrado si se hace después de someterla a varias heladas consecutivas, 30 por ejemplo. La densidad de la roca es 2,8, el espacio poroso de 0,43 y el coeficiente de saturación de agua de 0,85.

Es difícil de atacar por los agentes atmosféricos.

Los cristales que forman esta roca se ven a simple vista, y le dan un aspecto sacaroide. Este material, por sus excelentes cualidades de resistencia e inatacabilidad, así como por su pulimento, es muy a propósito como roca ornamental de fachadas de edificios, para construcción de grandes losas, para pavimentos de lujo, escaleras, etc. Además, su disposición en bancos de espesores que oscilan alrededor de un metro, hace que su explotación en canteras sea fácil.

Su color es blanco purísimo, y su abundancia tal, que se pueden elegir los sitios para las canteras donde se desee, cerca de medios de comunicación.

En algunos sitios se ha explotado la dolomia en pequeñas canteras, como en Coín y Mijas, pero esto no es nada

comparado con las que podrían llevarse a cabo. Además la reciente construcción del ferrocarril de Málaga a Fuengirola ha hecho variar por completo las condiciones de explotación de aquella región, pues esta línea pasa en algunos sitios cerca de las dolomias, lo cual abaratará considerablemente los medios de transporte.

Es de esperar, por lo tanto, un nuevo impulso en el aprovechamiento de estas rocas, cuyas condiciones insistimos en que son muy superiores a las de la mayor parte de las calizas.

MÁRMOL NEGRO TRIÁSICO

Por comparación y analogía con unas calizas que se han encontrado en uno de los túneles del ferrocarril de Gómbates al Chorro, se consideran como triásicas las calizas negras con vetas blancas que se ven aflorar cerca del pueblito denominado Yunquera.

Esta caliza es de color negro mate, con pequeñas vetas de espato calizo blanco.

Es sumamente compacta y de grano muy fino, y susceptible de adquirir un buen pulimento. Hay variedades en que las vetas blancas desaparecen por completo, dando entonces lugar a un mármol negro que es muy apreciado para ornamentaciones de mausoleos, etc.

Los ensayos llevados a cabo sobre esta roca han dado los siguientes resultados:

La resistencia a la ruptura, estando la roca en seco, fué de 1.310 kilos por centímetro cuadrado; en húmedo, 1.280, y después de sometida 30 veces a temperaturas por bajo de 0°, a 1.245 kilos por centímetro cuadrado.

La densidad de esta caliza es de 2,82, el espacio poroso es de 0,26 y el coeficiente de saturación 0,97.

El martillo perforador, de que ya hemos hablado, hizo en esta roca un taladro de 14 milímetros en un minuto.

Hasta ahora se explota esta caliza, aunque no en grandes cantidades, en unas canteras que existen un kilómetro al E. de Yunquera y que pertenecen al señor del Río.

CALIZA CON ALVEOLINAS DEL EOCENO

Ya hemos dicho que la parte superior del eoceno está constituida por una caliza amarilla con alveolinas. Pertenece esta caliza a la clase que podríamos denominar organógenas, es decir, calizas que se han formado con la colaboración de organismos, sobre todo de animales, que sus traen el calcio al agua, transformándolo en Ca CO_3 .

La caliza con alveolinas es una roca de color verde grisáceo, bastante clara, y sobre este fondo se destacan pequeños redondelitos más claros, casi blancos, que son las alveolinas.

La caliza está formada por granos de calcita y fósiles sumamente numerosos, muy entrelazados entre sí, dando lugar a un mármol que no deja de ser interesante, aunque desde luego no lo sea tanto como los demás que hemos descrito.

Una vez hechos sobre esta roca los mismos ensayos que en las anteriores, las cifras fueron las siguientes:

Resistencia a la ruptura en seco, 1.070 kilos por centímetro cuadrado; en húmedo, 947, y después de 30 congelaciones, 925 kilos por centímetro cuadrado.

La densidad es de 2,7, el espacio poroso 0,85 y el coeficiente de saturación 0,83.

El taladro producido por el martillo perforador en un minuto, tuvo 18 milímetros de profundidad.

El pulimento no llega a adquirir la finura que en las anteriores.

Se puede encontrar esta caliza en varios sitios, siendo uno de los mejores la Torre de Santelmo, de Málaga, y los montes que hay detrás de ella. También son buenos sitios para estudiar estas rocas, el manchón numulítico que se extiende desde Estepona al puerto de los Guardas y la desembocadura del río Guadiaro.

MÁRMOL DE ALMENDRILLA

Se denomina de este modo un mármol de color pardo claro que se encuentra en las cercanías de Mijas, formando a modo de diques dentro de la dolomia cristalina.

Del examen de las canteras, hemos deducido que se trata de una especie de gran estalactita, formada por el depósito de la calcita que el agua ha disuelto al atravesar las grandes masas dolomíticas. La formación, bajo la forma de fajas alrededor de un núcleo central, comprueba esta teoría.

Existen dos clases de este mármol. En uno de ellos las bandas, alternadamente claras y oscuras, están perfectamente definidas. Los colores varían de una faja a otra, desde el pardo claro y el blanco hasta café oscuro. Las separaciones de estos colores están indicadas por líneas onduladas que son perfectamente paralelas entre sí. El aspecto de la roca resulta, por lo tanto, muy hermoso y sólo comparable al de algunas ágatas (fig. 4.^a).

La segunda clase es más transparente, sus fajas no están tan claramente definidas y su separación no es tan enérgica como en la primera; el aspecto de la roca es más sacaroide (fig. 5.^a).

La resistencia a la ruptura de estos mármoles ha dado, como término medio, 2.070 kilos por centímetro cuadrado en seco, 2.000 en húmedo y 1.930 después de 30 congelaciones.

La densidad es de 2,68, el espacio poroso de 0,95 y el coeficiente de saturación de 0,87.

Se deja taladrar bastante bien, pues en un minuto se hizo un taladro de 16 milímetros de profundidad.

Ambas se dejan pulimentar perfectamente, resultando unos hermosos materiales de ornamentación. Esta belleza es, en parte, debida a que la luz penetra en la roca hasta cierta profundidad y se refleja sobre las laminillas, producidas por las maclas de la calcita.

Las canteras son conocidas desde antiguo, y de ellas se han extraído preciosos ejemplares, como son las columnas de la capilla de la Encarnación en la de Málaga, cuyas dimensiones son de unos 50 centímetros de diámetro por más de 4 metros de altura, todas ellas de una sola pieza. Además, la mayor parte de los altares allí existentes contienen tableros de este mismo mármol, pudiéndose apreciar en ellos sus diversos tonos y formas.

BIZCORNIL PLIOCENO

Al hablar de este terreno, ya dijimos que en el tramo de areniscas, que en el país se conoce con el nombre de bizcornil, aparecía en algunos sitios una brecha de tal dureza y combinación de colores, que puede servir de piedra de ornamentación.

Esta brecha muestra grandes fragmentos angulosos que están enlazados por un cemento silíceo que contiene más o menos arcilla, siendo estos fragmentos, con preferencia, de serpentina (fig. 6.^a). Esta constitución hace poco menos que imposible el fijar cifras sobre los ensayos, por su falta de homogeneidad.

Esta roca se encuentra en las inmediaciones de San Pedro Alcántara, sobre la margen izquierda del río Gua-

dalmina, a su salida de las Angósturas, de que ya hemos hablado.

Es un material que se deja pulimentar perfectamente, y cuya resistencia a los agentes atmosféricos está demostrada con el hecho de haber sido descubierta una hermosa columna de esta roca, que aun conserva muy bien su pulimento, en unas ruinas de unas termas romanas que han sido halladas a un par de kilómetros de San Pedro Alcántara, cerca de la carretera a Estepona.

Por cuanto queda expuesto, será fácil adquirir el convencimiento del verdadero interés que puede encerrar un estudio detenido, no tan sólo científico, sino industrial y minero, de los numerosos materiales de ornamentación que se encuentran en la Serranía de Ronda.

Nosotros no hemos hecho más que esbozar este trabajo, cuya terminación y desarrollo en detalle exige, entre otras cosas, un material de laboratorio y un tiempo del cual no hemos podido disponer; teniéndonos que contentar, por ahora, con las pruebas aisladas de algunas características físicas que hemos podido realizar, y que quedan indicadas en esta Memoria.

Pero no cabe duda que en esta región de la provincia de Málaga, y desde el punto de vista que nos ocupa, cabe desarrollar una industria compleja y de seguros rendimientos, sobre todo el día en que sea un hecho la realización de los múltiples medios de transporte que hay proyectados para esta región.

San Pedro Alcántara, 25 de Mayo de 1917.



Fig. 1ª



Fig. 2ª

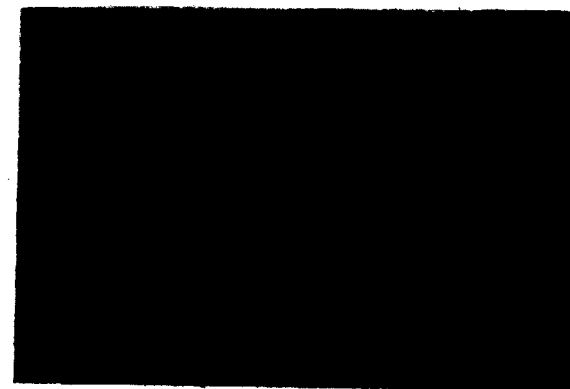


Fig. 3ª



Fig.4^a



Fig.5^a



Fig.6^a

YACIMIENTOS DE HIERRO
DEL
PARTIDO DE RIAZA
EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA
POR
J. MILÁNS DEL BOSCH
Ingeniero de Minas.

YACIMIENTOS DE HIERRO
DEL
PARTIDO DE RIAZA
EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA

Los yacimientos ferruginosos objeto de esta nota están comprendidos en los términos de Villacorta, Becerril, Serracín y Madriguera, pertenecientes todos al partido de Riaza, en la provincia de Segovia, y situados hacia el extremo NE. de la vertiente N. de la sierra de Ayllón.

Además de las menas de hierro, son frecuentes en esta parte de la provincia otras varias, entre las que se cuentan algunas de plata, de cobre y también de oro, así como el amianto y en muy importante cantidad el grafito; todas ellas han dado motivo a denuncias e investigaciones mineras, y hasta en algunos casos han sido objeto de explotaciones en pequeña escala. Concretándonos al hierro, vamos, antes de entrar en el estudio de los criaderos, a dar una idea de la constitución geológica del terreno en que están situados.

Reseña geológica.

En la comarca donde se manifiestan los criaderos de hierro predomina el terreno siluriano, el cual penetra desde la provincia de Guadalajara en la de Segovia para formar la sierra de Ayllón, y sus estribaciones de Becerril y Muyo, extendiéndose hacia el N. Está representado este terreno,

casi exclusivamente, por pizarras y ampelitas correspondientes al tramo superior, asomando además en algunos parajes las cuarcitas de la base, sin que, al parecer, esté representado el tramo correspondiente a la fauna segunda de Barrande. La dirección general de las capas es del NE. al SO. aproximadamente, y los buzamientos, aunque varían bastante, se arrumban por lo común al SE.

La mena ferruginosa se manifiesta formando un manto brechiforme que se apoya casi siempre sobre pizarras duras y silíceas fuertemente impregnadas de hierro. Debajo de estas pizarras aparecen otras ampelitosas y grafitoides, rocas dominantes en la sierra de Ayllón, donde se encuentran abundantes huellas de *Graptolitos*, sobre todo de las especies *Monograptus Halli* (Barr) y *M. convolutus* (Hissinger) de la tercera fauna de Barrande, es decir, del siluriano superior.

Las pizarras varían bastante de composición y textura; próximo a Villacorta por el E. y por el SE. hay una mancha que forma una loma de 20 a 30 metros de altura, donde estas rocas son silíceas y de color rojizo, tienen algo de mica y forman bancos de variable espesor cuya dirección general aproximada es de N. a S. con inclinación de 45° al E. La mancha queda limitada por el Poniente y por el S. por el río Cambrones y el camino real que va de Madriguera a Riaza.

Estas pizarras se hallan atravesadas en todas direcciones por multitud de filones y vetas de cuarzo de espesores variables, entre pocos milímetros y medio metro, que suelen ir acompañados de hierro y manganeso. El hierro de estos filones se presenta comúnmente en forma de hematites parda concrecionada, siendo de observar que la pizarra en el contacto con los filones y vetas de cuarzo toma un color más claro y resulta deleznable y arcillosa, como si el cuarzo y la hematites fueran producto de una segregación de la pizarra. Estas mismas substancias suelen rellenar también

los planos de junta, y a veces cubren con una costra la superficie de la roca. Estas pizarras no contienen, al parecer, ningún resto fósil. Más al N., hacia la ermita de San Roque, quedan cubiertas por un depósito de arenas rojizas diluviales.

En la confluencia de los ríos Vadillo y Cambrones aparecen discordantes, bajo estas pizarras, unas areniscas muy silíceas y micáceas que forman capas de poco espesor. Son de color amarillento rojizo, de grano fino y poco tenaces. Están también atravesadas por filoncillos de cuarzo blanco y rellenos los planos de junta de las capas y las litoclasas, por óxidos de hierro. Estas areniscas pueden considerarse como un tránsito a las cuarcitas de la base, que se presentan muy bien caracterizadas en el camino de Martín-Muñoz a Riaza y cerca de Becerril, formando capas gruesas de colores claros. Otra variedad de pizarras, común en esta región, es la que aparece en el mismo Molino del Puente de Hierro. Son duras y compactas, azuladas, grises o negruzcas, de grano muy fino, y algunas veces presentan pintas de pirita de hierro y manchas de los óxidos hidratados del mismo metal. Forman capas muy delgadas y se explotan con facilidad para la construcción y para hacer piedras de afilar, que suelen destinarse a la exportación. Los bancos de que se trata, se extienden hacia el E., apareciendo de nuevo junto al río Cambrones, al S. del camino real de Riaza a Madriguera, por debajo de las arenas rojas diluviales. Una cantera importante de esta roca, en la que se trabajó mucho, está cerca del cruce del río citado con el camino que va de Serracín a Becerril. Entre este pueblo y el Muyo se encuentran pizarras negras de grano fino y textura semiterrosa, algo micáceas, muy cargadas de carbón y con eflorescencias de sulfato aluminico férrico. Se ven además ampelitas con venas de cuarzo y de asbesto.

Acompañan en toda esta región a las ampelitas, nódulos carbonosos y de pirita de hierro, siendo de notar que estos últimos han dado origen, por descomposición, a sulfato de hierro que, combinado luego con la alúmina y los álcalis de la roca, la convierte en alumífera.

Al S. de Madriguera aflora un potente banco de ampelita micácea impregnada de hierro en proporción de 30 por 100. Es roca muy blanda, de textura fibrosa y con la superficie cubierta en algunos puntos por unas preciosas irisaciones debidas a los óxidos de hierro, procedentes probablemente de la descomposición de la mica. Hay además lechos muy carbonosos con abundantes restos de *Monographtus Halli* y *M. convolutus*. También en esta localidad se encuentran las ampelitas alumíferas, y sobre ellas se extiende la brecha ferruginosa.

En el río Vadillo, interestratificados entre las pizarras que sirven de asiento a esta brecha, hay algunos lechos delgados pizarreños, muy arcillosos y micáceos, y otros de kaolín más o menos compacto, probablemente formado a expensas de los materiales del estrato-cristalino, que tanto abunda en las proximidades en esta provincia.

La existencia de los yacimientos de grafito, sospechada hace tiempo, es hoy día una realidad comprobada en varios puntos, pero principalmente cerca de Becerril y el Muyo. Las denuncias hechas en demanda de este mineral son ya muchas, y algunas empresas empezaron la explotación, si bien no con muy felices resultados, con motivo principalmente de la enorme dificultad para el transporte. El grafito se encuentra en la base de las formaciones citadas, asomando en la superficie en algunos sitios. Desde muy antiguo se utilizaba en la región para la fabricación tosca de lapiceros.

Además del siluriano, el terreno diluvial tiene también representación, si bien escasa, en la comarca. Se presenta en

manchitas aisladas y los materiales que lo forman son por lo general arcillosos de color rojizo. En algunos sitios se encuentran sólo las arcillas, y en otros van sobre un banco de cantos rodados que apenas llega a medio metro de espesor. El del diluvial varía mucho: cerca del Molino del Puente de Hierro apenas tiene 1 metro, mientras que en otros sitios forma verdaderas colinas surcadas por pequeños barrancos producidos por las aguas, como sucede al NE. de Villacorta.

Las últimas casas de este pueblo por el lado S. están edificadas sobre estas tierras diluviales, muy arcillosas y de color rojo muy intenso, debido a la gran cantidad de hierro que contienen. Las designan con los nombres de «Almazarrón» o «Almagrera», y las utilizan para la fabricación de pintura, que en parte se exporta.

Es indudable que los materiales del diluvial en la comarca, proceden del derrubio de las rocas silurianas de la sierra de Ayllón, y también tal vez de las del estrato-cristalino.

Los criaderos de hierro.

Consisten los criaderos de que vamos a tratar en una brecha compuesta por cantos muy poco rodados de los materiales silurianos de la sierra de Ayllón, pizarras en su mayor parte y más raramente cuarcitas, sólidamente cimentados por una pasta silíceo-arcillosa muy ferruginosa. Es decir, que aparte de la impregnación más o menos avanzada de los elementos de la brecha por las aguas ferruginosas, el cemento es el que contiene la mayor parte del hierro de la mena. Constituye esta brecha un manto de variable espesor que, con ligeras soluciones de continuidad, descansa sobre el siluriano en todo el terreno descrito, amoldándose al relieve del suelo. Este manto, que proba-

blemente ofrecería cierta continuidad en la época de su formación, ha sido disgregado con el transcurso del tiempo por los derrubios y arrastrado en parte, quedando trozos aislados unos de otros, pudiendo señalarse actualmente cuatro manchas principales independientes, de forma prolongada según la orientación general de los arroyos y ríos que descienden de la sierra.

La más extensa, que llamaremos del Montecillo, por ser este el nombre con que se designa a un bosque pequeño en el que casi en su totalidad queda comprendida, empieza a la salida misma del pueblo de Villacorta, junto al puente del camino real que va a Madriguera, extendiéndose por las dos vertientes del río Vadillo, si bien por la del O. queda limitada a muy pocos metros de distancia, según una línea paralela al cauce, mientras que por el E. sigue una línea que al principio se acerca bastante al río Cambrones, pero luego, ya en la parte de la Dehesa de Becerril, va aproximadamente por el camino que conduce a este pueblo desde Villacorta. Por el S. los últimos asomos son los de la Cueva de la Mora, y desde aquí la línea-límite, siguiendo por la margen izquierda del arroyo de Valdevenar, va a cortar al río Vadillo.

La segunda mancha, que a nuestro juicio es la que sigue en importancia, se encuentra en el término de Madriguera, toca a este pueblo en su parte N. y se extiende luego por el S. en más de 600 metros. Ocupa casi toda la ladera occidental de una loma de unos 40 ó 50 metros de altura, situada al E. del arroyo de la Dehesa, pero no pasa a la ladera opuesta.

La tercera mancha está constituida por dos reducidos trozos que se manifiestan en el paraje denominado Las Coloradas o Las Zorreras, del término de Serracín.

La cuarta ofrece poca importancia por la calidad del mi-

neral. Empieza en terrenos del Muyo, en el sitio llamado Las Conveniencias, queda cubierta a trozos siguiendo hacia este pueblo por las tierras de labor, pero vuelve a comprobarse muy claramente su existencia en los cauces de los dos arroyos del Matón y de la Dehesa, remontándose hacia la sierra.

Además de estas cuatro manchas principales, existen otras pequeñas, como las de la Dehesa de Vallejuela, de muy escasa importancia, y otra con mineral de mejor calidad que existía en La Peñuela, y que hubo de desmontarse casi por completo para utilizar la roca en la construcción. Ambas están situadas al N. de Villacorta, la última muy cerca del pueblo. También hay pequeños restos de masa ferruginosa en La Peña del Cuervo y La Peña del Tormo.

La potencia, calidad, textura, riqueza en hierro, etcétera, varían mucho de unos a otros parajes; por eso es conveniente el describir las principales variedades de la brecha y hacer resaltar las diferencias esenciales.

En la superficie está generalmente descompuesta por efecto de los agentes atmosféricos, la roca se vuelve más pálida, es más pobre en hierro y se disgrega más fácilmente, pero en profundidad gana en riqueza y se hace tan consistente que puede utilizarse y hasta se ha empleado mucho, y con buen resultado, para sillares de construcción.

Remontando el cauce del río Vadillo, desde Villacorta se manifiesta la brecha en las dos orillas, casi sin interrupción. El espesor varía desde menos de 1 metro hasta 5 y más que ofrece en la margen izquierda, junto al Molino de la Ferrería. El tamaño de los elementos, que son comúnmente de pizarra, varía entre límites muy amplios; los hay sólo de algunos milímetros, y por lo general no exceden de 6 a 8 centímetros. En el cemento abundan los granitos de cuarzo. A lo largo de la linde de la mina «Nuestra Se-

ñora de Ontanares» con la «Alfredo», se hicieron varios pozos de investigación, actualmente cegados, en un terreno formado por tierras de acarreo, y aseguran los del país que la mayoría de estos pozos, después de 3 ó 4 metros de tierras, dieron con el banco de brecha, que comprobaron sólo hasta los 2 metros de profundidad. Más hacia el O. no se ve ningún afloramiento, ni hay indicios de que prosiga la formación, pero no sería extraño que continuara por debajo de las arenas diluviales que allí se presentan al parecer con gran espesor.

En el arroyo de la Almagrera se ve bien manifiesta la capa y al descubierto en una gran extensión; pero donde principalmente puede comprobarse, es en las dos orillas del Arroyo de Valdevenar. En la de la izquierda en la Cueva oscura, y en la de la derecha en otra cueva análoga, se ven los bancos con potencias de 4 y más metros apoyados sobre las pizarras, tan fuertemente impregnadas, que a primera vista parece todo una masa de mineral compacto, pudiendo dar motivo a confusión, como ocurre en el frente de los bancos, donde el criadero sólo tiene 1 metro de espesor, siendo todo lo demás pizarras. Esto se explica teniendo en cuenta que los bancos de brecha no son uniformes, sino irregulares, como resultado del arrastre de materiales sueltos que se amoldaron a las variaciones de la superficie del terreno. En este afloramiento hay algunas venas y zonas de concentración que constituyen un magnífico mineral de hierro muy compacto, pero no son más que concentraciones locales, siendo lo general que persista siempre la estructura en brecha.

Según datos facilitados por los Sres. Girod, dueños de la mayor parte de las concesiones existentes; más al S., en la Cueva de la Mora, se perforó un pozo donde se comprobó la existencia del banco ferruginoso en un espesor de 7

metros y medio, de los cuales se consideraban aprovechables de 3 a 4, con una ley de 55 por 100 en hierro. También se hicieron en las proximidades dos sondeos de 10 metros, sin conseguir atravesar en su totalidad la masa de mineral. Estos mismos señores me han facilitado análisis de varias muestras de mineral de sus concesiones, hechos por la casa Pattinson and Stead, de Middlesbrough, en los que consta que la proporción de hierro oscila entre 38 y 62,8 por 100, la de sílice entre 0,55 y 51,71 por 100 y la de fósforo entre 0,005 y 0,273 por 100.

Los asomos de Las Coloradas, y el de Madriguera, comprendido en la denuncia llamada de «Nuestra Señora de la Antigua», reúnen iguales condiciones. Este último es más importante por su mayor extensión. Tiene unos 700 metros de recorrido y su potencia es variable, llegando hasta 8 metros en algunos sitios. De desigual riqueza, como todos, contiene con mayor frecuencia trozos de cuarcita y vetas y nódulos de cuarzo. El afloramiento propiamente dicho del yacimiento, se manifiesta a media ladera en la loma antes citada, viéndose grandes trozos desprendidos y caídos por la parte del arroyo. En la ladera opuesta, contra lo que pudiera suponerse, no aflora el banco de mineral; solamente en el cauce del río de la Hoz, del término de Negredo, existen afloramientos donde la brecha es muy pobre y deleznable.

También de calidad inferior, no aprovechable, es la cuarta de las manchas citadas en el término del Muyo y la pequeña de la Dehesa de Vallejuela, al N. de Villacorta. En ésta son frecuentes los trozos de cuarcita y de arenisca sílicea muy micácea.

Por los alrededores del Muyo y Martín-Muñoz abundan mucho las escorias, demostrando la existencia de forjas antiguas donde se trabajó el hierro, y esto explica el que

un pico de la sierra de Ayllón, cerca del pueblo de Infante, tenga el nombre de Las Fragüelas. También existió en el Molino de la Ferrería, en Villacorta, en el primer tercio del siglo pasado, una forja catalana donde se trabajaba esta mena, obteniéndose al parecer un hierro de mediana calidad. Por la misma época se llevaban asimismo algunas cantidades de la brecha ferruginosa a una fábrica establecida en Somolinos (provincia de Guadalajara).

A continuación damos los resultados de algunos análisis efectuados en el Laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Minas, de muestras que hemos recogido en el terreno.

	Fe	Si	S	Ph
1. Cueva oscura, Arroyo de Valdevenar	59,10	7,20	0,47	0,070
2. Vena de concentración en una cueva de la margen derecha del mismo arroyo ...	61,60	7,00	0,27	0,065
3. Muestra normal de la misma cueva	45,61	29,72	0,28	0,061
4. Mina «Nuestra Señora de la Antigua». Madriguera.....	54,00	15,25	0,40	0,025
5. Idem, id., id.....	26,75	55,50	0,29	0,050
6. Afloramiento de la Peñuela-Villacortá.....	32,20	39,70	0,28	0,052
Idem de la Dehesa de Vallejuela.....	5,40	40,00	0,20	0,047
Filón de segregación en las pizarras silurianas.....	44,80	17,10	0,30	0,063

El simple examen de estas cifras es lo suficiente para comprender que el mineral que nos ocupa no puede ser objeto de verdadero aprovechamiento industrial.

Prescindiendo de las dos calidades extremas, podemos aceptar como corrientes y aprovechables las correspondientes a los análisis núms. 1, 3, 4, 5 y 6, que son de distintos sitios.

Los términos medios de estas cifras son los siguientes:

$$\text{Fe} = 43,55 \quad \text{Si} = 29,47 \quad \text{S} = 0,34 \quad \text{Ph} = 0,051$$

en los que las cantidades de hierro y fósforo podrían ser aceptables, pero la de sílice es inadmisibile.

Podría encontrar aplicación esta mena si fuese posible procurarse al mismo tiempo minerales calizos para mezclarlos en el lecho de fusión, de lo contrario habría que recurrir a costosísimos procedimientos de enriquecimiento, prácticamente inaplicables.

Aparte de la calidad de la mena, hay además otra razón importantísima para considerar no aprovechables industrialmente estos criaderos, y es la cuestión de los transportes, según se ha indicado anteriormente.

El ferrocarril más próximo es el de Ariza a Valladolid, y su estación más cercana a las minas la de San Esteban de Gormaz. Para llevar el mineral hasta esta estación, habría que transportarlo en la forma siguiente, suponiendo que se parta del centro del coto minero: primero, unos 14 kilómetros de camino carretero hasta Ayllón, donde se tomaría la carretera de Riaza a Burgo de Osma, y luego otros 25 kilómetros por esta carretera. Añadiendo a esto la conducción por vía férrea hasta Bilbao o Barcelona, resultaría un precio de transporte completamente inaceptable. Si se construyera el proyectado ferrocarril directo a Algeciras, pudiera ser que entonces, mediante una tarifa económica, se llegara al aprovechamiento del mineral.

No es posible, ni aun aproximadamente por falta de los datos necesarios, proceder a una cubicación de estos criaderos; mas para dar idea de su importancia, vamos a suponer que el espesor del manto de mena aprovechable es de 3 metros, y como abarca una extensión aproximada de

2.000.000 de metros cuadrados, sin contar más que lo que está a la vista y lo reconocido por los trabajos efectuados hace años, nos resultan 6.000.000 de metros cúbicos, que con 1,35 de peso específico, representan en números redondos 8.000.000 de toneladas, cifra que debe considerarse como mínimo. En el plano se señalan las concesiones adjudicadas por hierros.

Génesis y edad de los yacimientos.

Las pizarras silurianas que constituyen la sierra de Ayllón, estuvieron sometidas durante largo período geológico a una denudación muy intensa producida por los agentes atmosféricos, los que, actuando con gran energía a alturas de casi 2.000 metros, las rompieron y desmenuzaron en fragmentos que, arrastrados por las aguas, llegaron hasta el llano inmediato que por la parte N. se extiende en varios kilómetros, quedando allí detenidos y formando un manto de cantos poco rodados, que cimentados luego por las aguas ferruginosas, constituyen la brecha que forma los criaderos.

El hierro debió tener su origen en antiguos manantiales ferruginosos, en cuyas aguas, muy cargadas de ácido carbónico, viniera disuelto en forma de bicarbonato. Al ponerse éstas en contacto con la atmósfera, perdieron parte del ácido carbónico y se depositó el hierro bajo la forma de óxido hidratado. Es posible, además, que ocurrieran también fenómenos de «secreción lateral», y nada tendría esto de extraño, ya que las pizarras ampelitosas del siluriano, en la región que nos ocupa, contienen bastante cantidad de dicho metal. De todas maneras, debe suponerse que el resultado hubiera sido contribuir sólo en pequeña escala a la formación del mineral de hierro.

Para fijar la edad de estos criaderos, debe tenerse en cuenta, en primer lugar, que se han constituido a expensas de los materiales silurianos, y por consiguiente su formación tiene que ser posterior a la consolidación de las capas de aquella época, y que por otra parte, por estar cubiertos en algunas extensiones por las masas arenosas del diluvial, es evidente que su formación precedió al depósito de éstas. Los eminentes geólogos españoles D. Casiano de Prado, D. Daniel de Cortázar y D. Pedro Palacios, han estudiado esta formación (en la provincia de Segovia los dos primeros y en la de Guadalajara el Sr. Palacios), y coinciden en atribuirla al diluvial, si bien el Sr. Prado hace la salvedad de que es posible que fuese algo más antigua. Con la misma salvedad referimos nosotros al período diluvial la brecha que constituye los criaderos que acaban de describirse.

2
e
h
c
d
c
ju

A
g
te
tu
e
te
ri
rr
la
ci

fe
bc
se
ác
dc
fe
ex
re
m
hu
ci

ÍNDICE

DE LAS

MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

	<u>Páginas</u>
PRÓLOGO.....	IX
Condiciones geológicas de los yacimientos catalanes de bauxita, por Primitivo Hernández Sampelayo.....	1
I.—Geología.....	3
Eoceno	4
Triásico	15
Cuaternario.....	20
II.—Corte geológico de la zona bauxitífera desde Igualada a Mediona.....	21
III.—Minerales.....	26
Clase y estudio micrográfico.....	26
Análisis micrográfico.....	31
Resumen para el estudio micrográfico.....	43
IV.—Historia.....	45
V.—Descripción de los criaderos.....	47
Afloramientos de la Sierra de la Costa	47
Afloramientos en el triásico.....	57
VI.—Orogenia.....	67
VII.—Criaderos extranjeros.	70
Criaderos franceses	70
Criaderos norteamericanos.....	82
Criaderos de Arkansas.....	90
Criaderos austriacos y alemanes.....	96
Bauxitas italianas	98
VIII.—Laterización	102
Génesis de las lateritas	107
Cambios secundarios.....	110
IX.—Formación.....	113
Criaderos franceses.....	113
Criaderos americanos.....	116
Criaderos catalanes	121

	<u>Páginas</u>
X.—Aplicaciones.....	127
Rendimientos, producción y consumo.....	134
XI.—Datos industriales	136
Bibliografía.....	141
Discurso preliminar a una versión española de la obra de Eduardo Suess «La Faz de la Tierra», por Pedro de Novo y Chicarro	149
«Das Antlitz der Erde».....	151
La obra de Suess y los estudios geológicos en España ..	154
Las teorías de Suess	161
La traducción española.....	166
Resúmenes.....	169
Introducción	169
El Diluvio.....	174
Regiones alteradas.....	176
Dislocaciones.....	179
Volcanes.....	182
Diversos movimientos de la corteza terrestre.....	185
El país fronterero de los Alpes.....	188
Las líneas directrices de los Alpes.....	191
El descenso del Adriático.....	194
El Mediterráneo.....	200
La gran meseta desértica.....	210
Los restos del Continente Índico.....	214
Las cordilleras asiáticas.....	219
Relación entre las cordilleras de Asia y de Europa.	223
América del Sur.....	229
Las Antillas.....	234
América del Norte.....	237
Los continentes.....	242
Sobre los terremotos ocurridos en las provincias de Alicante y Murcia en 1919, por Vicente Kindelan y José de Gorostizaga.....	247
Escala de intensidades.....	256
Nuevos antecedentes acerca de la prolongación oriental de la cuenca de Bélmez, por Antonio Carbonell y Trillo Figueroa.....	279
Distribución de las formaciones geológicas.....	281
Las manchas carboníferas derivadas de la de Bélmez hacia la falla del Guadalquivir.....	292
Apuntes sobre la estratigrafía de la mancha del Guadalbarbo.....	295
Génesis probable de la cuenca	305
Consideraciones tectónicas.....	305

	<u>Páginas</u>
Nota sobre la terminación oriental de la cuenca de Bélmez.....	307
El terreno carbonífero de Tamajón, Retiendas y Valdesotos en la provincia de Guadalajara, por Leandro Pérez-Cossio.....	311
Historia.....	315
Siluriano.....	320
Cretáceo.....	328
División del cretáceo.....	330
Espesor del terreno supracretáceo.....	336
Epoca cuaternaria	337
Carbonífero.....	344
Mancha de Tamajón.....	346
Mancha de Retiendas.....	349
Mancha de Valdesotos.....	352
Otros puntos en que se indica el carbonífero cerca de Tamajón.....	361
Interpretación de los sondeos.....	363
Fósiles del carbonífero.....	365
Consecuencias geológicas.....	369
Comparaciones con otras cuencas del Centro de España.....	371
Caracteres industriales de estos yacimientos	372
Investigaciones que pueden aconsejarse	373
Algunas consideraciones industriales.....	376
Indicios de continuación de la cuenca.....	379
Conclusiones.....	381
Zona oriental de Málaga: Notas sobre su estratigrafía y descripción de algunos yacimientos metalíferos, por Alfonso de Alvarado.....	385
Itinerarios a través de Sierra Tejea.....	393
I.—Recorrido de Torre del Mar al Pico de Las Maromas por Canillas de Aceituno.....	393
II.—Recorrido desde Sedella al pueblo de Cómpe-ta y ascensión a la cumbre del Cerro Lucero.	399
III.—Recorrido de los alrededores de Alcaucín hasta los Llanos de Zafarraya.....	402
Yacimientos de minerales de manganeso en Sierra de Marchamonas.....	404
Zona de Nerja.—Minerales de hierro.....	408
Notas sobre la zona NE. de Nerja y sus yacimientos de cinc y plomo.....	413
Labores de investigación en la zona metalífera del Barranco de Cazadores	418

	<u>Páginas</u>
Apuntes para el estudio de las rocas de ornamentación de la Serranía de Ronda , por Enrique Rubio	423
Nota geológica resumen de la Serranía desde el punto de vista de la industria de rocas de ornamentación ...	426
Ensayos.....	433
Serpentinas.....	436
Dolomia cristalina.....	438
Mármol negro triásico.....	444
Caliza con alveolinas del eoceno.....	445
Mármol de almendrilla	446
Biscornil plioceno.....	447
Yacimientos de hierro del partido de Riaza, en la provincia de Segovia , por J. Miláns del Bosch	449
Reseña geológica.....	451
Los criaderos de hierro.....	455
Génesis y edad de los yacimientos.....	462

LÁMINAS

INTERCALADAS EN ESTE TOMO

	<u>Páginas</u>
Zona de las Bauxitas Catalanas.....	143
Mapa geológico de la prolongación oriental de la cuenca carbonífera de Bélmez.....	309
El Terreno Carbonífero de la provincia de Guadalajara.....	383
Sondeos ejecutados en el término municipal de Retiendas.....	383
Mapa minero del término de Nerja.....	419
Dos láminas con seis muestras de rocas de ornamentación de la Serranía de Ronda.....	449
Plano de los criaderos de hierro y concesiones mineras del partido de Riaza.....	463
