

NECROLOGÍA

EXCMO. SR. D. DANIEL DE CORTÁZAR Y DE LA RUBIA.

Fallecido el día 13 de febrero del corriente año el Excelentísimo Sr. D. Daniel de Cortázar, el Director del Instituto Geológico y Minero, D. Luis de la Peña, me honra con el encargo de redactar su Necrología, sin poder yo ostentar otros méritos, para aceptar tan difícil cometido, que el respeto que por su valer y por sus años me inspiró siempre tan preclaro Ingeniero, y nuestra buena amistad, no interrumpida un solo día durante cuarenta y cinco años.

Todo cuanto de interesante pudiera yo decir referente a los méritos que en vida dieron tanto relieve a la personalidad del Sr. Cortázar, está de manifiesto en sus notables obras, y fué expuesto por el Director del Instituto Geológico y Minero de España, D. Luis de la Peña, en la Sesión Necrológica que en honor de aquel sabio Geólogo se celebró en el Salón de Actos de la Escuela de Minas, y apareció en la prensa diaria y profesional, a raíz de su muerte.

Por eso, en esta Necrología he de limitarme a exponer algunas de las principales características de aquellos trabajos del Sr. Cortázar que me son más conocidos, en los que han quedado para siempre pruebas inequívocas de su talento y cultura excepcional no superada, quizás, por otros ilustres Ingenieros de Minas.

Ingresó en el Cuerpo el 19 de julio de 1865; prestó servi-

cios en las minas de Almadén, y posteriormente en los distritos mineros de Teruel, Palencia, Jaén y Madrid hasta el 9 de diciembre de 1870, en que fué designado para formar parte de la Comisión de Ingenieros que, bajo la dirección del señor Fernández de Castro, había de publicar el Mapa Geológico de España, siendo en ella uno de sus más valiosos elementos y de los que más se destacaron en la ejecución de aquella magna empresa.

Fuó Presidente del Consejo de Minería en 3 de mayo de 1907, simultaneando este cargo con el de Director de la «Comisión» durante año y medio, prestando en ambos excelentes servicios.

Nació el Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar y de la Rubia en Madrid el día 2 de abril de 1844; por tanto, al morir iba a cumplir ochenta y tres años, que en su casi totalidad estuvieron dedicados al estudio y al trabajo.

Fuó jubilado forzosamente el 14 de mayo de 1909. Desde entonces se dedicó por completo a los trabajos y estudios relacionados con las dos Academias a que pertenecía, la Española y la de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en las que hizo gala de su erudición y amor al trabajo, pues tomó parte en su labor con gran asiduidad, hasta pocos días antes de su muerte.

La relación de sus obras más conocidas, que se inserta a continuación, pone de manifiesto cuán intenso fué su trabajo en la Comisión del Mapa Geológico de España, pues sus estudios de conjunto comprenden varias provincias de España, y otros locales, aparte de las variadas monografías que con la Geología o la Paleontología se relacionan y que tienen también verdadera importancia.

Sus «Memorias» son minuciosas y detalladas, no sólo en lo que a la descripción de los caracteres petrográficos, paleontológicos y estratigráficos se refiere, que es el objeto primor-

dial de las mismas, sino que las descripciones físicas, agrológicas, mineras, etc., que las acompañan, en nada desmerecen de aquéllas, cuando lo estima necesario, y eso sólo puede hacerse, tan repetidamente, cuando se tiene un completo dominio de las ciencias naturales en sus diversos aspectos.

Por ello, sus escritos se destacan de tantos otros, porque los temas de que tratan están desarrollados con igual brillantez, sin que pueda traslucirse cuál es la especialidad del autor. Emplea en todo momento el léxico correcto y preciso que en él era habitual; luce siempre su estilo elegante al salir del árido campo de las descripciones geológicas provinciales o locales, para ocuparse de los complicados problemas de tectónica o de los relativos a la geología endógena. Todo lo cual, unido a otros méritos excepcionales, hizo que desde muy joven, su personalidad adquiriera gran relieve en los Centros literarios y en aquellos donde se cultivan el estudio de las ciencias físicas y naturales.

Al repasar la colección de las publicaciones de la Comisión, durante el tiempo en que fué Director el Sr. Cortázar, se nota, y no deja de sorprender, que casi toda la labor de su época está dirigida al estudio de la hidrología del suelo español, llevándose en cambio con cierta lentitud los trabajos de rectificación del primitivo «Bosquejo» y los preparatorios del Mapa tectónico en escala de 1 : 100.000.

Hombre de su tiempo, comprendiendo que los trabajos de los Ingenieros a sus órdenes debían tener, además del interés científico propio del Centro en que se hallaban, un fin práctico de utilidad para el país, pues ése fué uno de los fines para que fué creada la «Comisión del Mapa», gestionó la publicación del Real decreto de 15 de julio de 1905, por el cual se le ordenaba a aquel Centro que procediese a determinar, después de los estudios necesarios, los puntos de las cuencas hidrologías de nuestro país en que fuera más probable la exis-

tencia de corrientes subterráneas importantes, que pudieran alumbrarse por medio de sondeos, pozos y galerías.

Consecuencia de ello fueron los informes que aparecen en el tomo XXVIII del BOLETÍN, año 1906, bajo el título «Estudios hidrológicos.—Cuenca del Tajo.—Provincia de Madrid», que siempre se han de tener a la vista cuando se trate del alumbramiento de aguas subterráneas en esa región, pues van avalorados por firmas tan prestigiosas como son las de los señores Mallada, Adán de Yarza, Sánchez Lozano, Rubio (César), Bentabol y otros.

Se ha podido creer que los trabajos publicados del señor Cortázar en la Comisión del Mapa son de índole puramente científica, sin que de ellos se deduzcan aplicaciones prácticas. Nada más lejos de la realidad, pues basta hojearlos y se verá que en cada provincia se ocupa de la utilidad que del estudio geológico se puede obtener, bien sea para fines mineros, agrícolas, forestales, etc.

Su modo de pensar sobre ese punto concreto está claramente expresado en la *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*, año 1875.

Dice así el Sr. Cortázar:

«Demás estarían en una nación tan falta de recursos como España, y en una provincia tan atrasada como la de Cuenca, los estudios geológicos, si éstos sólo se hubieran de limitar a describir, a grandes rasgos, la constitución geológica del suelo, representando sus terrenos con generalidad, sin descender a detalles de aplicación y dando por único resultado positivo el poder *manchar* un mapa de la provincia de diversos colores...

»Por el contrario, si en una comarca cualquiera se hace estudios geológico-industriales, es decir, si se trata de investigar la relación de las condiciones y la composición del suelo y del subsuelo con la riqueza mineral o con las mejoras que

puedan introducirse en el cultivo agrícola y forestal, los resultados han de ser de suma importancia y transcendencia. En efecto: si inmensa es la utilidad que al minero reportaría un estudio exacto y minucioso de las clases, circunstancias de yacimientos, importancia y utilidad de los criaderos minerales de una provincia, no es menor la que obtendría el Arquitecto, el Ingeniero de Caminos, el alfarero, el industrial en general, si pudiera saber con toda seguridad, merced a los estudios geológicos, dónde pueden encontrarse buenas piedras de construcción y ornamentación, materiales de aprovechamiento para firmes de caminos, cales grasas, cales hidráulicas, caolines para porcelanas, arcillas de distintas clases para fabricación de loza, objetos de alfarería o de tejar; dónde existen manantiales o masas de cloruro sódico, dónde se hallan sales de magnesia o de potasa, dónde, finalmente, se encuentran aguas minerales o potables, etc., etc.

Fiel a su criterio, en una provincia como la de Cuenca, en que la industria y el movimiento minero son escasos, la mira del geólogo, dice, debe dirigirse a obtener resultados de aplicación para la agricultura y la selvicultura, en cuyas industrias se invierten todos los brazos del país.

La «Descripción agrológica» de esa provincia ocupa 106 páginas, es esencialmente agrícola y forestal, y está dedicada a los labradores.

No tengo competencia para juzgar esta parte de su trabajo, pero sí cabe afirmar que habrá sido consultada con utilidad por cuantos se hayan interesado por la agrológica de esa provincia, pues se trata de un estudio de vulgarización que comienza dando ideas generales sobre lo que es la vegetación, causas extrañas e inherentes al suelo que influyen en la vida de los vegetales, modos de cambiar las propiedades de los terrenos agrícolas por medio de preparación mecánica, abonos minerales, zonas regables, industriales, etc., etc.

Describe la marcha progresiva de la alteración y descomposición de las rocas de la provincia, desde las devonianas hasta las miocenas, incluyendo las eruptivas, para explicar el origen de la tierra vegetal y llegar a la clasificación de los terrenos agrícolas; establece 15 clases, a cuyas reseñas acompaña la descripción petrográfica y varios análisis químicos de muestras tomadas en distintos parajes.

El «Catálogo metódico» de las especies vegetales espontáneas dominantes en la provincia de Cuenca, es digno de figurar en la más brillante obra de Botánica, pues comprende 338 familias, y a cada planta acompaña su nombre científico, el nombre vulgar, localidad y formación geológica.

Se ocupa después de las principales especies vegetales del cultivo agrario, del cultivo hortense y de las principales plantas arbóreas de la provincia, para llegar a deducir y aconsejar cuáles son las mejoras que debieran introducirse en el cultivo, medios para repoblar los montes, ventajas que se conseguirían, etc.

Queremos llamar la atención hacia esa Memoria de la provincia de Cuenca por ser opinión general que es de las más completas que se han publicado y en la que demuestra más su erudición, pues las tres partes de que consta están desarrolladas con igual brillantez.

No hay que olvidar que fué escrita entre los años 1871 y 1874, en plena guerra civil, cuando los que somos hoy viejos apenas si acabábamos de nacer, y como dato curioso he de consignar que Cortázar dice en su prólogo que todos los estudios que hizo, tanto en el terreno como en el gabinete, «son de su exclusiva propiedad y a expensas de nuestro peculio». Los tiempos, las aspiraciones y las necesidades de los Geólogos actuales han cambiado mucho.

Si al hacer el estudio geológico de una comarca veía el Sr. Cortázar que los criaderos de sustancias minerales tenían

importancia y que pudieran explotarse en aquella época o en otra más o menos lejana, a su descripción y reseña concentraba el interés industrial de la obra.

Tal ocurre con el «Bosquejo físico, geológico y minero de la provincia de Teruel», que puede servir de modelo entre las de su género.

Convencido de la utilidad que podrían proporcionar en porvenir más o menos lejano los yacimientos de lignito, fija en ellos con extremo cuidado su atención.

Hace primero una reseña general del sistema cretáceo, para después detallar minuciosamente en los «Datos locales» el tramo inferior, que llama «urgo-aptense», y el superior, o «cenomanense», en los que aparecen las capas ligníferas.

Las va describiendo a medida que hace la reseña geológica; da cuenta de gran parte de lo que sobre esa provincia dijeron los Sres. Verneuil y Coquand, ilustres Geólogos que estudiaron con atención, dice el Sr. Cortázar, aunque no por completo, el suelo de la provincia, aceptando y dando como bueno mucho de lo que dichos señores dijeron, rectificándolos otras veces y aportando nuevos datos, observaciones y hechos, de tal modo, que lo que sobre geología general trata, unido con lo que dice al detallar las cuencas de Utrillas, de Gargallo, de Val de Ariño y la parte superior del Valle de Guadalupe en las inmediaciones de Aliaga, se debe estimar como un estudio completo geológico-minero.

Llama también este señor la atención hacia los criaderos de hierro, principalmente las grandes masas que yacen entre rocas silurianas, como son las de Ojos Negros, que hoy explota en grande escala la Compañía Minera de Sierra Menera; los triásicos de Almohaja, y otros yacimientos de origen filoniano, como los de Bronchales, con la historia de muchos de ellos que fueron beneficiados en tiempos de los romanos.

Se ocupa asimismo de los azufres miocenos de Libros y de

su beneficio en los hornos llamados «calcarones», y cita mucho de lo que sobre ellos dijeron los Sres. Maestre y Braun, principalmente este último, cuyos trabajos, que el Sr. Cortázar califica de minuciosos y correctos, le sirvieron de guía, incluyendo la hipótesis referente a la formación del mineral, y lo que dice acerca de la edad geológica de las rocas, consideradas por el Sr. Braun como pliocenas, mientras que el señor Cortázar las estima pliocenas por haber encontrado en las calizas *Planorbis*, *Levigatus*, *Desh*, *Paludinas* y otros fósiles de agua dulce.

Los minerales de plomo más o menos argentíferos, que son, frecuentes y que aparecen en filones superficiales entre rocas silurianas a pequeña distancia de asomos hipogénicos, aunque algunos se hayan reconocido en el liásico, en el cretáceo también son reseñados.

Las menas de cinc, con su método de beneficio; las de manganeso, diversas sustancias salinas, etc., hallan lugar en la obra del Sr. Cortázar, de la que forma parte una relación de 32 escritos de diversos autores españoles y extranjeros, firmas muy acreditadas en su mayoría, que tratan de la geología e industria minera de la provincia de Teruel.

Algo análogo ocurre, aunque no con el desarrollo que en las obras citadas, en los estudios que hizo de las provincias de Valencia, Valladolid, Segovia, Orense, Toledo Almería y otras.

Se ha dicho por algunos que han tenido que consultar los libros del Sr. Cortázar, que en ellos hay lagunas y que adolecen de errores. El hecho es cierto: pero ¿qué trabajo geológico de conjunto, aun entre acreditados Geólogos, no los tiene? Las deficiencias que a sus estudios puedan achacarse son de índole análoga a las que tienen las calificadas como obras maestras, donde tan a menudo hay que dar opinión sobre oscuros y complicados problemas y puede pasar algo inadvertido, que otros más afortunados, con más tiempo y medios, pueden descubrir.

Y si siempre esas faltas u omisiones tienen disculpa, mucho más han de tenerlas al tratarse del «Bosquejo del Mapa Geológico de España» y de sus explicaciones, que todos sabemos fueron la labor de un reducido número de insignes Ingenieros amantes de la Geología, que con su trabajo dieron gloria a su Patria y provecho a la ciencia e industria españolas; estudio que fué hecho en un reducido número de años, con muy escaso personal, apenas remunerado y con consignaciones mezquinas para sufragar los gastos materiales, de por sí importantísimos, que requieren los trabajos de campo.

Si notable y fecunda fué la labor del Sr. Cortázar en el cumplimiento de sus deberes oficiales, también empleó gran parte del tiempo que aquéllos le dejaron libre encerrado en su magnífica biblioteca, a la que prestó gran cariño y atención hasta los últimos días de su vida.

Por ello, de su saber y vasta cultura tuvo ocasiones de hacer gala en los puestos que ocupó y en las numerosas Comisiones de que formó parte, produciendo notables informes o discursos en la Real Academia Española y en la de Ciencias, que lucían de modo admirable, pues era un lector extraordinario.

Al tratar de recordar lo más saliente de la obra científica del Sr. Cortázar, no se puede por menos de citar el «Discurso leído ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales» en su recepción pública el día 1 de junio de 1884, en el que trató de ciertos resultados de los estudios más modernos referentes al estado de lo interior de nuestro planeta, los cuales pueden ayudar a deducir, dice, que la vida de la tierra no sólo se manifiesta sobre ella, a sus expensas, y en los parásitos que la pueblan, sino en su interior, en su esencia y en los jugos, que, por decirlo así, la nutren y alimentan; estudios que además sirven para comprender las circunstancias de la embriogénesis del globo que habitamos y de su desarrollo bio-

lógico, es decir, las manifestaciones de la materia y de la fuerza en lo interno del mundo.

Con ese discurso fué el primero que en España fijó públicamente el concepto que, merced a los trabajos de Rossi y de otros sabios italianos, se tenía del Volcanismo terrestre y de la Meteorología endógena, nueva ciencia que por aquellos días se iniciaba, y que dando de lado la teoría de Laplace y las que de ella se derivan, establece que «los fenómenos de la endodinámica terrestre son debidos a fuerzas que actúan constantemente con mayor o menor intensidad, y que no se acaban nunca, sino que se desgastan y se reproducen, ocasionando efectos variados en el espacio y en el tiempo, según las causas que concurren a engendrarlas, entre las que muy particularmente debe señalarse la circulación subterránea del agua, por medio de la que pueden tener explicación los más grandiosos fenómenos que ocurren en lo interno del globo, donde el agua que penetra por los estratos terrestres, experimenta y produce reacciones multiplicadas que pueden afirmarse cuando vuelve a la superficie en forma de manantiales variadísimos en temperaturas, nivel, mineralización, constancia, etc., que justifican la actividad química de lo interior de nuestro planeta en relación con la circulación del agua».

Teoría que hizo suya la Comisión de Ingenieros de Minas que visitó las regiones de Andalucía devastadas por los terremotos ocurridos en el año 1885, en los que «todo induce sospechar—decía—que son verdaderos temporales subterráneos que, como los atmosféricos, estallan y se modifican por muchas condiciones».

Teoría que ampliamente discutida y respetada, abrió puertas a otras que aparecieron en el transcurso del tiempo hasta llegar a la nueva ciencia «la Isostasia», o sea la ley de equilibrio de los bloques de la corteza terrestre, a la que a una espesor de 120 kilómetros, dividida en dos zonas

igual espesor aproximadamente: «la exterior, o de fractura, en que la materia por su fragilidad ofrece teatro adecuado para la manifestación de los fenómenos geológicos, y, por tanto, de la actividad sísmica y volcánica, y la profunda, o zona plástica, en que la materia cede sin ruptura a las fuerzas que actúan sobre ella y transmite a la zona exterior las fluctuaciones de la compensación isostática».

Para llegar a tan importantes resultados, la Geología, a pesar de su admirable y fecunda labor, dice Inglada en *La corteza terrestre*, no se ha bastado a sí propia y ha recurrido a dos ciencias más jóvenes, la Gravimetría y la Sismología, que con sus observaciones y cálculos de precisión le han permitido llegar a esta concepción y fijar los límites de las dos zonas de la corteza terrestre.

Pero a la Isostasia seguirán otras nuevas investigaciones, mientras el mundo exista y progrese, pues hay que repetir con el Sr. Cortázar: «porque el carácter esencial de la verdadera ciencia reside en que sus adelantos o descubrimientos crecen o se acumulan indefinidamente».

Antes hemos dicho que D. Daniel de Cortázar y de la Rubia fué Presidente del Consejo de Minería. De su época de Presidente es el «Código Minero», en cuya confección y redacción tomó parte muy principal, por ser trabajo muy adecuado a sus gustos y aficiones. Presentado como proyecto de ley en el Senado, se reprodujo durante varias legislaturas sin lograrse que fuera aprobado. En él se modificaban muchos de los actuales fundamentos y modos de adquirir y conservar la propiedad minera, pues entre otras cosas se exigía la existencia de mineral descubierto, la obligación de trabajar las minas, se evitaba el acaparamiento de grandes extensiones de terreno para concesiones mineras y al mismo tiempo se suprimían las de pequeña extensión que hacen difícil, si no imposible, el laboreo ordenado y aprovechamiento de un yacimiento mineral.

Con lo escrito quedan bosquejadas algunas de las características principales de la vida del Sr. Cortázar desde el punto de vista de Ingeniero de Minas, Geólogo, casi exclusivamente.

No son muchos, desgraciadamente, los Ingenieros de Minas que puedan presentar el «haber» de amistad y de compañerismo que presenta el Sr. Cortázar. Por el contrario, sí pudo presentar un bien nutrido «debe» de ingratitudes.

Tampoco pudo quejarse de los honores que recibió en vida, pues fué Senador del Reino, elegido en varias elecciones sucesivas por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la que era individuo de número, así como de la Real Academia Española; Consejero de Instrucción Pública, Caballero Gran Cruz de Isabel la Católica y de Alfonso XII, Comendador de la de Carlos III, Cruz de 3.^a clase del Mérito Militar, Comendador del Cristo de Portugal, Caballero de la Legión de Honor, etc.

Era correspondiente de la «Geological Society of London», miembro de honor de muchas Sociedades científicas y literarias, entre ellas las Sociedades geológicas de Francia, Bélgica e Italia, de la Paleontológica de Suiza, de la de Historia Natural de Chile, de la de Artes de Coimbra, de la Academia de Ciencias de Barcelona, etc., etc.

Para terminar una necrología del Sr. Cortázar, persona que dedicó por entero su vida a la ciencia en muy variadas de sus ramas; que fué licenciado en Derecho, Matemático, Geólogo, Botánico, Académico, creo que nada agradaría más al finado que copiar lo que él escribió tomado de un poeta contemporáneo suyo, al celebrar las conquistas diarias del saber:

¡Gloria a la Ciencia, a sus trabajos gloria!
 Vedla cómo camina
 santificando el libro de la Historia
 tras su ideal, eterna peregrina.
 ¡Tántalo sin delito
 que se abrasa en la sed de lo infinito!

Con ocasión del fallecimiento del Sr. Cortázar, la Escuela de Ingenieros de Minas, atenta siempre a recoger la aspiración del sentimiento colectivo, organizó una solemne sesión necrológica, que tuvo lugar el 18 de marzo de 1927.

Presidió el acto y pronunció, al comenzar el mismo, sentidas frases otro ilustre Ingeniero de Minas, hoy también fallecido, que consagró noblemente su vida al trabajo y al estudio, que en aquella fecha era Director de la Escuela, D. Eduardo Gullón, cuya memoria merecerá siempre grandes respetos.

Después, el Sr. D. Luis de la Peña, Director del Instituto Geológico y Minero de España, hizo un estudio de la personalidad del Sr. Cortázar, pronunciando las siguientes palabras:

«Señoras y señores:

»Han escuchado ustedes las elocuentes palabras del ilustre Director de la Escuela de Minas, Sr. Gullón, al cual se debe la iniciativa de este solemne acto en que los Ingenieros de Minas, con el concurso de las Academias de Ciencias y de la Lengua Española, ensalzan hoy la memoria del ilustre Ingeniero D. Daniel de Cortázar. No sólo corresponde al Sr. Gullón la iniciativa de este acto, sino que también le pertenece la posibilidad de celebrarlo, porque entre las reformas que durante su dirección ha introducido en la Escuela de Minas figura la construcción de este salón que, destinado especialmente a conferencias didácticas, ha permitido también la realización de actos de representación cultural tan elevada como el que en estos momentos se verifica.

»El Sr. Cortázar, como Ingeniero de Minas, empleó la mayor parte de su actividad oficial en la Comisión del Mapa Geológico, del cual fué eminente Director, y en la que sirvió cerca de cuarenta años. Por ser yo en la actualidad, inmerecidamente, Director del Instituto Geológico y Minero, continuador de aquella Comisión, me ha designado el Sr. Gullón para

que lleve la honrosa representación de los Ingenieros de Minas en este acto, única razón para dirigiros la palabra.

»Pero el Sr. Cortázar fué también durante largos años Académico, y por eso las Academias de Ciencias y de la Lengua han querido enaltecer su memoria, contribuyendo a este acto, enviando dignísimos representantes para que, en su nombre, hagan presente la participación de tan ilustre Ingeniero en los trabajos de ambas Corporaciones. Tienen importancia especial las personalidades eminentes que tan alta representación ostentan, confiada a los Sres. Novo y Colson y al Conde de Gimeno, que, en su nombre, han de dirigiros la palabra.

»Hubiera yo querido tener las condiciones que me faltan, para ensalzar la memoria del ilustre Ingeniero al cual este acto viene dedicado, pero me satisface el hecho de que los ilustres representantes citados de las Academias sean personas que reúnen todas las condiciones que yo no poseo y salvarán las deficiencias de la parte a mí encomendada, pues tanto el señor Novo y Colson, cultísimo historiador, reputadísimo marino, a quien se debe la primera obra de Oceanografía en español, y enlazado por vínculos familiares con los Ingenieros de Minas, puesto que su hijo es dignísimo compañero mío en el Instituto, como el Sr. Conde de Gimeno, mi entrañable amigo, cuyo talento universal es de todos bien conocido y revelado en todas sus múltiples actuaciones, tanto en la política como en el arte, como en su profesión, cumplirán de manera brillantísima el honroso cometido que tenemos todos en esta sesión.

»A mí me corresponde darles en nombre de los Ingenieros de Minas, y especialmente en nombre del Instituto, las gracias por su concurso para honrar a tan eminente Geólogo como fué el Sr. Cortázar y rogarles transmitan a las Academias cuya representación ostentan tan brillantemente, este mismo agradecimiento.

* * *

»El Sr. Cortázar nació el año 1844, y como acaba de morir, alcanzó cerca de ochenta y tres años de vida, vida activísima dedicada casi por completo a la Ciencia, de la que son pruebas sus múltiples trabajos y sus escritos, que contienen más de dos mil páginas de literatura profundamente especializada. Después de una preparación para las Escuelas de Montes y Minas, que expresaba su afición a las Ciencias Naturales, Botánica y Mineralogía, que son la base de estas dos profesiones, optó por la carrera de Minas, que hizo brillantemente, siendo pensionado en su tercer año, para terminar, con el mejor juicio de sus profesores, a los veintiún años de edad. Destinado a provincias, sirvió en distintos distritos y ocupó las plazas de Subdirector de las explotaciones oficiales de Almadén y Linares, conociendo en los cinco años de estos servicios, la técnica administrativa de la profesión y distinguiéndose en todas partes por su buen juicio y estricto cumplimiento del deber; de tal manera, que cuando en 1870 se fundó la Comisión del Mapa Geológico, el Sr. Fernández de Castro, a quien se encargó de su constitución, le consideró como uno de los Ingenieros mejor preparados para este género de trabajos, eligiéndole para formar parte de esta Comisión, donde sirvió consecutivamente treinta y ocho años, llegando a su Dirección y no abandonándola más que por las necesidades del servicio oficial, después de ser nombrado Presidente del Consejo de Minería y comprobar, en el corto tiempo que tuvo ambas Jefaturas, la imposibilidad de atender debidamente a los dos organismos.

»En 1909 fué jubilado y dejó de prestar sus servicios en el Cuerpo de Minas, dedicando toda su actividad a las Academias, en las cuales había entrado, respectivamente, en los años 1887 y 1898, permaneciendo, por tanto, cuarenta años en la de Ciencias y cerca de treinta en la de la Lengua.

* * *

El personal del Instituto encargado de este servicio por el Director del Centro, llevará un registro y una estadística de entradas y salidas de ejemplares, en relación con el cumplimiento de estos fines.

Art. 47. El Instituto utilizará, de acuerdo con el Director de la Escuela de Minas, los laboratorios instalados en ésta.

CAPÍTULO VIII

De los estudios e investigaciones por métodos geofísicos.

Art. 48. El Instituto establecerá un servicio especial de investigaciones por métodos geofísicos.

Art. 49. La Dirección del Instituto, oyendo a la Sección encargada de estos estudios, determinará y fijará los lugares que considere más adecuados para la aplicación de los citados métodos, con el objeto de intentar la solución de problemas de carácter geológico y tectónico, o bien el descubrimiento de sustancias contenidas en el subsuelo, cuya aplicación pueda ser útil en la relación con el desenvolvimiento de la riqueza nacional. El Ministro de Fomento fijará las fechas y orden de prelación de las investigaciones.

Art. 50. Estos trabajos podrán realizarse directamente por el personal del Instituto en casos justificados, o por contratos entre la administración y entidades especializadas en la materia, según acuerdo de la Superioridad, previa propuesta de la Dirección del Instituto y bajo la vigilancia del personal del mismo.

Art. 51. El Director del Instituto propondrá, y el Ministro de Fomento resolverá, una gratificación especial al personal encargado de este servicio, en concepto de dirección técnica de los trabajos ejecutados.

CAPÍTULO IX

De los proyectos de transportes en relación con la Minería.

Art. 52. La Dirección del Instituto formulará, de acuerdo con los Jefes de los distritos mineros, y elevará al Ministro de Fomento, a los efectos oportunos, la relación general de los ferrocarriles cuya construcción se considere más interesante para el desarrollo de la minería y los medios más convenientes de enlace de los yacimientos de minerales o de combustibles de todas clases con las redes generales de los ferrocarriles construídos y con las líneas que se proyecte construir en lo sucesivo.

CAPÍTULO X

De los servicios regionales.

Art. 53. Los servicios regionales del Instituto tendrán por principal objeto el estudio detallado del suelo y del subsuelo.

A este efecto, el personal del Instituto se agrupará en siete divisiones, que tendrán a su cargo todos los estudios referentes a cada una de las siete regiones siguientes:

1.^a Noroeste. — Comprenderá las provincias de Coruña Lugo, Orense, Pontevedra, Oviedo, León, Palencia y Zamora.

2.^a Norte. — Santander, Vizcaya, Guipúzcoa, Alava, Navarra, Burgos, Logroño y Soria.

3.^a Nordeste. — Huesca, Zaragoza, Barcelona, Lérida, Tarragona, Gerona y Baleares.

4.^a Centro. — Madrid, Avila, Segovia, Valladolid y Guadalajara.

5.^a Oeste. — Salamanca, Cáceres, Badajoz, Toledo, Ciudad Real y Jaén.

6.^a Este. — Teruel, Castellón, Valencia, Alicante, Cuenca, Albacete y Murcia.

7.^a Sur. — Almería, Granada, Córdoba, Sevilla, Málaga, Cádiz, Huelva y Canarias.

Art. 54. Para llevar a cabo los estudios, en las distintas regiones, la Dirección del Instituto designará el personal que ha de quedar afecto a cada una de ellas y distribuirá los Ingenieros Vocales y auxiliares y el personal subalterno, en la forma que considere más adecuada.

Art. 55. Cada división estará dirigida por un Ingeniero Vocal del Instituto, especializado en el conocimiento geológico y minero de la misma, el cual será responsable de la ejecución y marcha de los trabajos que se realicen.

Se designará entre el personal perteneciente al Instituto un Subjefe y un Secretario por cada región, encargados de auxiliar al Jefe en sus estudios.

El Subjefe sustituirá al Jefe en caso necesario, y el Secretario se encargará de la recopilación central de todos los trabajos que se lleven a cabo.

Art. 56. A propuesta de la Dirección del Instituto podrá utilizarse la colaboración de los Ingenieros que presten sus servicios en los distritos mineros, de acuerdo con los Jefes de los mismos y previa la autorización de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento.

Art. 57. En los citados estudios y trabajos podrán también colaborar con carácter temporal y a propuesta de la Dirección del Instituto, otros elementos dependientes de la Administración o ajenos a ella, Ingenieros de las distintas especialidades, Doctores en Ciencias, Cate-

dráticos y cuantas personas hayan demostrado conocimiento en las materias que constituyen los fines del Instituto. Cuando se trate de funcionarios, se recabará del Centro de que dependan la autorización necesaria para la utilización de sus servicios y, en todos los casos, la del Ministerio de Fomento.

Art. 58. El personal afecto a cada una de las regiones tendrá a su cargo la formación del Mapa geológico minero de la misma, los estudios de criaderos contenidos en ella, los de las cuencas de combustibles, los estudios de hidrología subterránea, la catalogación de rocas aplicables a la construcción, el estudio de las minas y canteras en explotación, la recogida de ejemplares que sirvan para la formación de colecciones del Instituto o para las destinadas a otros Centros, y cuantos trabajos y estudios ordene la Superioridad.

Art. 59. El personal del Instituto o el de los distritos mineros afectos a los servicios de las regiones, percibirá en los trabajos de campo las dietas y gastos que señalen las disposiciones vigentes.

Cuando se trate de las hojas del Mapa geológico, el personal del Instituto que haya tenido a su cargo este trabajo percibirá, en concepto de dirección, una gratificación especial, cuya cuantía y distribución se fijará por el Ministro de Fomento a propuesta de la Dirección del Instituto.

Art. 60. Los Ingenieros, y cuantos intervengan en los estudios geológicos necesarios para la formación del Mapa, percibirán las dietas y gastos reglamentarios en los trabajos de campo que les sean encomendados.

El Ministro de Fomento, a propuesta de la Dirección del Instituto, les señalará además una gratificación especial en los casos que considere conveniente, fijándose la cuantía de las gratificaciones con arreglo a la intensidad y eficacia de la labor realizada.

Art. 61. La Dirección del Instituto organizará la recopilación, por los servicios centrales, de todos los datos recogidos y aportados por las Divisiones regionales y por los servicios especiales, a los fines de la publicación del Mapa geológico y los demás encomendados al Instituto.

CAPÍTULO XI

De los servicios especiales.

Art. 62. Podrá el Instituto Geológico, y el personal del mismo, llevar a cabo servicios especiales de acuerdo y por cuenta del Estado, Diputaciones, Municipios y entidades oficiales y particulares, previa autorización del Ministro de Fomento, de las relaciones que mensualmente presente la Dirección del Instituto, en las que conste el lugar, objeto y personas interesadas. Estos servicios especiales podrán consistir en la redacción de informes, peritajes, proyectos, resolución

de consultas o realización de trabajos de carácter geológico o minero a requerimiento y previa la aceptación, por los interesados, del presupuesto de gastos y de la remuneración que el Instituto formule para la ejecución de aquéllos, la cual no será inferior al 15 por 100 de dicho presupuesto.

Art. 63. Se considerarán también como servicios especiales el estudio de la geología de las Colonias y Protectorado de Marruecos, que se realizará de acuerdo con la Dirección General que tiene a su cargo los asuntos relacionados con aquellas regiones en la Presidencia del Consejo de Ministros.

Art. 64. Se considerarán también como servicios especiales la redacción de proyectos de sondeos o de trabajos de investigación de aguas subterráneas o de criaderos minerales que se ejecuten por cuenta del Estado, o subvencionados por el mismo o por entidades particulares, cuya dirección se encomiende al Instituto. El Director del mismo designará al Ingeniero que haya de encargarse de tales trabajos.

Art. 65. De los ingresos totales que el Instituto perciba por estos conceptos se destinarán: un 15 por 100 para atender a sus gastos generales, a adquisición de material y mejora de sus servicios, cuando se trate de estudios o proyectos, y un 7 por 100 cuando se trate de labores, obras o sondeos por administración o por contrata.

De estas sumas, la Dirección del Instituto, previo acuerdo del Patronato, podrá conceder una remuneración especial a los Ingenieros autores de los estudios o proyectos y a los que se encarguen de la dirección de las obras.

CAPÍTULO XII

De los servicios internacionales.

Art. 66. El Instituto intensificará los estudios de carácter internacional que se relacionen con los fines del mismo, procurando intervenir y tomar parte en los Congresos y reuniones que se celebren en el extranjero.

Art. 67. El Director del Instituto designará el personal del mismo que haya de tomar a su cargo la labor encomendada a España en el Congreso Internacional de Geología, celebrado el año último, en relación con las publicaciones del mismo y la celebración del próximo Congreso, en tanto que nuestro país tenga que realizar alguna misión en este sentido.

Art. 68. Se creará, igualmente, en el Instituto Geológico y Minero, la oficina permanente que haya de relacionarse con los Comités nacionales de Sondeos de los distintos países.

Art. 69. También se creará, en el Instituto Geológico y Minero,

la Oficina Central Internacional que organice y dé unidad de acción a los trabajos de investigación geofísica que en cada país se lleven a cabo.

Art. 70. En el Instituto Geológico y Minero radicarán las Comisiones internacionales que se formen para el estudio geológico de las zonas fronterizas, así como para la confección de Mapas geológicos internacionales.

Art. 71. El Instituto estudiará la organización de los servicios extranjeros análogos a los que le están encomendados, y la de los Museos y colecciones más conocidos e importantes.

Art. 72. En relación con el fomento de nuestro comercio exterior de primeras materias procedentes del subsuelo y de productos elaborados obtenidos de la transformación de las menas, el Instituto formulará los proyectos y propuestas que considere adecuados a la defensa de la minería nacional y de los intereses que representa.

CAPÍTULO XIII

Servicios varios del Instituto.

Art. 73. El Instituto seguirá con interés los trabajos y estudios de costas y oceanográficos que realice la Dirección de Pesca, y de acuerdo con ella, podrá recoger los datos que la misma le facilite referentes principalmente a la constitución de los fondos marinos.

Art. 74. De acuerdo con la Dirección de Obras Públicas, el Instituto realizará los trabajos que le sean encomendados referentes a las condiciones geológicas de los terrenos para la construcción de obras públicas.

El Director del Instituto designará los Ingenieros que hayan de colaborar en estos servicios.

Art. 75. El Director del Instituto, de acuerdo con la Dirección General de Agricultura, nombrará el personal afecto al Instituto que ha de colaborar en la confección del Mapa agronómico.

Art. 76. Se encargará igualmente el Instituto Geológico y Minero de España de cuantos trabajos les fueron encomendados por disposiciones anteriores, a la Comisión del Mapa Geológico y al Instituto Geológico.

Art. 77. Los Centros oficiales, los explotadores de minas, canteras y manantiales de aguas mineromedicinales, deberán facilitar al personal del Instituto cuantos datos y noticias recabe éste de los mismos en funciones del servicio, para el mejor cumplimiento de su misión.

Art. 78. Se oirá al Instituto en los expedientes administrativos que se tramiten relativos a concesiones, captaciones, defensa y explotación de aguas mineromedicinales de origen subterráneo y fijación de zonas de protección de las mismas.

CAPÍTULO XIV

Del personal del Instituto.

Art. 79. El Ministro de Fomento nombrará libremente al Director del Instituto Geológico y Minero, debiendo recaer el nombramiento en un Ingeniero del Cuerpo Nacional de Minas que tenga, por lo menos, categoría de Jefe del mismo.

Art. 80. El Ministro de Fomento nombrará un Subdirector entre los Ingenieros Vocales pertenecientes al Instituto Geológico y Minero.

Este Subdirector sustituirá al Director en su ausencia o por delegación del mismo.

Art. 81. Los Ingenieros que actualmente prestan sus servicios en el Instituto Geológico, los Ingenieros agregados y el personal subalterno del mismo, compondrán, sin alteración alguna, el personal del nuevo Instituto Geológico y Minero en sus servicios centrales. Los Ingenieros agregados se denominarán, en lo sucesivo, Ingenieros auxiliares del Instituto Geológico y Minero.

Art. 82. Los Ingenieros auxiliares que, a satisfacción de la Dirección, lleven prestando sus servicios en el Instituto más de seis años, quedarán afectos al mismo, a medida que vayan ingresando en el servicio del Estado.

El Director del Instituto reclamará los servicios de estos Ingenieros, desde la fecha de su ingreso en el Cuerpo, quedando afectos al Instituto hasta su ingreso como Ingenieros Vocales.

Art. 83. Las vacantes que ocurran en lo sucesivo y las nuevas plazas que se creen, de Ingenieros Vocales, se proveerán por concurso de méritos, a propuesta, en terna alfabética, del Director del Instituto. Los nombramientos se harán por el Ministro de Fomento.

Art. 84. Estas vacantes o nuevas plazas, se cubrirán en dos turnos: El primer turno corresponderá al concurso libre entre los Ingenieros del Cuerpo de Minas.

El segundo turno corresponderá, en primer término, a los Ingenieros Vocales que, habiendo dejado de formar parte del Instituto, a petición propia, soliciten el reingreso, y, en segundo término, a los actuales Ingenieros agregados.

Art. 85. Será condición preferente para el ingreso en el Instituto la de haber formado parte del personal de las Divisiones regionales, acomodando la preferencia al mayor plazo de duración de estos servicios, a la importancia de los trabajos realizados y a los méritos que, en el desempeño de los mismos, hubieran contraído.

Art. 86. A propuesta del Director del Instituto Geológico y Minero, podrán designarse, por el Ministro de Fomento, y con carácter temporal, los Ingenieros auxiliares que se consideren necesarios para cooperar en los trabajos del Centro.

Los Ingenieros auxiliares procederán de la Escuela de Minas de Madrid y su edad no podrá exceder de treinta años, debiendo haber demostrado afición y aptitud en los estudios de que se ocupa el Instituto.

Art. 87. Quedan afectos al Instituto Geológico y Minero los profesores de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas que estén encargados de las Cátedras de Geología, Paleontología, Mineralogía, Química analítica y Topografía, y el Director del Laboratorio de la Escuela.

Art. 88. Los Auxiliares facultativos se nombrarán por la Sección de Minas e Industrias Metalúrgicas del Ministerio de Fomento, a propuesta del Director del Instituto.

Art. 89. Los Capataces facultativos de Minas, cuando sean necesarios, actuarán como meros auxiliares temporeros de los Ingenieros del Instituto Geológico y Minero en los trabajos de excavación, perforación y otros propiamente mineros o hidrológicos que puedan ocurrir.

Habrán de ser personas prácticas y conocedoras del terreno donde habrán de operar. Estos Capataces se nombrarán, en cada caso, por la Dirección del Instituto, no disfrutarán de remuneración fija y percibirán la remuneración que se les señale por la clase de funciones que desempeñen, durante el tiempo que presten sus servicios.

Art. 90. El Director del Instituto podrá nombrar, con cargo a los gastos de confección de hojas del Mapa geológico y minero, los Delinchantes que considere indispensables para la ejecución del referido trabajo.

Madrid, 1 de abril de 1927. — Aprobado por S. M., *Rafael Benjamín y Barón*.

»Me propongo dar a conocer de un modo muy breve sus trabajos durante el tiempo que estuvo en la Comisión del Mapa Geológico, donde se formó como Ingeniero y como hombre, siendo allí donde ganó por su propio esfuerzo y en consecuencia de su trabajo los puestos de Académico de la de Ciencias y de la Lengua.

»Los primeros años que trabajó en la Comisión del Mapa Geológico los dedicó a hacer interesantes estudios en la parte Norte de la provincia de Almería, recopilando especialmente los datos de la Memoria sobre la provincia de Cuenca, publicada en 1875, y que constituyó uno de los trabajos más acabados del Sr. Cortázar, modelo de redacción y de orden. Dadas las aficiones a la Botánica, que constituían uno de los méritos grandes del Sr. Cortázar, no es extraño que en esta Memoria se dedicaran las dos terceras partes a estudios forestales y agrícolas, relacionando la Geología con el cultivo en forma tal, que se describen hasta quince clases de terrenos de los que estudiaba el origen para deducir su formación, y como consecuencia de sus componentes, la mejor aplicación a determinados cultivos. Llegó a estudiar las plantas de la provincia con tal cuidado, que pudo hacer un catálogo, en el cual figuraron 330 familias, cada una con sus nombres y apellidos vulgares y latinos, cuyo trabajo constituye por sí solo un mérito extraordinario, pues señalaba, no sólo la calidad, sino la formación geológica donde encontró cada una de ellas.

* * *

»Simultaneó después los trabajos de formación del bosquejo geológico de España con estudios especiales de otras provincias, entre las cuales figuran completas las de Valencia, Valladolid y Segovia, Memorias en las cuales trató, con igual extensión que en la de Cuenca, las cuestiones de Agricultura e Hidrología. Más tarde publicó su célebre Memoria sobre la

provincia de Teruel, en la cual ya toma importancia extraordinaria la parte geológica, dando extraordinario realce a los estudios geológico-mineros, de valor inmenso desde el punto de vista industrial, pues que por primera vez se describen las grandes cuencas de lignitos de la provincia, entre las que merece especial atención la de Utrillas, reseñando con todo detalle el terreno cretáceo en cuyo tramo inferior, que llama *cenomanense*, se encuentran estas capas de lignitos que constituyen las cuencas, después reconocidas por multitud de Geólogos, de Utrillas, Gargallo, Valdearriño, etc. Estudia y define los grandes criaderos de hierro de Ojos Negros, del siluriano, que han servido de base para el establecimiento reciente de la siderurgia en el Mediterráneo, y otros que fueron beneficiados desde los romanos, y por último, los depósitos miocenos de azufre de Libros, describiendo sus métodos de beneficio.

»En todas estas Memorias resplandece un orden y un método extraordinarios, a la par que una conciencia técnica de primer orden para tratar todos los asuntos, resultando amenísima su lectura al mismo tiempo que da las bases para el conocimiento de las riquezas naturales de las provincias descritas.

* * *

»El Geólogo es un Ingeniero de Minas que estudia la corteza de la tierra, para lo cual necesita recorrer en todos sentidos su superficie, darse cuenta de su forma y tomar sobre el terreno los datos que le permitan conocer especialmente su edad relativa, para lo cual no tiene más remedio que efectuar estudios de gabinete, en los cuales tiene que examinar detalladamente los esquemas que saca, las piedras que recoge, y especialmente los fósiles que caracterizan mejor que nada los distintos terrenos donde existen. Con tal objeto, el Geólogo necesita hacer estudios profundos de Mineralogía, de Paleon-

tología, de Química y de Botánica, es decir, ha de adquirir conocimientos extensos en todas las Ciencias Naturales. El Sr. Cortázar, que, como he dicho, tenía una conciencia técnica extraordinariamente escrupulosa, tuvo necesidad de hacer estudios completos en las Ciencias Naturales, que llegó a dominar, y cuyo dominio fué la causa de que entrara por derecho propio en la Academia de Ciencias y ocupara constantemente puesto preeminente en su Sección de Ciencias Naturales, que presidía a su muerte.

»Pero también es preciso reconocer que el cuidado que dedicó a sus publicaciones fué, no sólo de fondo, sino de forma, y del mismo modo que los historiadores de la Humanidad son los escritores que quizá se cuidan más de la forma, y por eso constituyen la base de la Academia de la Lengua, aquellos historiadores de la vida de la tierra, que, como el Sr. Cortázar, la exponen con la misma escrupulosidad, resuelven los mismos problemas de léxica y se hacen acreedores a figurar por la misma razón al lado de los historiadores de la Humanidad. Tal es la razón de que el Sr. Cortázar entrara en la Academia de la Lengua.

No es de mi incumbencia estudiar al Sr. Cortázar dentro de estas Academias; sólo he querido hacer constar que llegó a ellas por razón de su trabajo como Ingeniero de Minas especializado en sus aplicaciones geológicas y en consecuencia de un trabajo escrupuloso en el cumplimiento de su deber, que se tradujo en la forma pura de sus descripciones y en la exactitud de sus afirmaciones, en la multitud de trabajos que publicó entre los cuales, aun cuando los principales son los que anteriormente he señalado, es preciso mencionar sus numerosas conferencias, discursos y Memorias, sintiendo no disponer de tiempo suficiente para decir algo de cada uno de sus trabajos.

»Modelo de estudios técnicos especiales es el que hizo como motivo de su nombramiento de Académico de Ciencias de l

teorías de Rossi sobre constitución de la corteza terrestre, que explica y describe con la maestría de su estilo en el discurso de entrada, y puede leerse hoy mismo con gusto.

»Modelo de estudio crítico es su Memoria sobre la Exposición de Filadelfia de 1876, en que fué Jurado y donde se ocupó de su organización, poniendo de relieve sus defectos; modelo de trabajo minero fué su Memoria sobre el «Alumbrado de las excavaciones subterráneas», que se tradujo al alemán; modelo de exposición, su discurso necrológico sobre el Sr. Fernández de Castro, y modelo de conferencia técnica la que leyó en el Ateneo sobre «Evolución natural».

* * *

»Nombrado en 1907 Presidente del Consejo de Minería, su actividad le llevó a estudiar un nuevo Código Minero, que como Senador defendió en el Senado, en el cual se establecían nuevos principios que hoy mismo defienden muchos Ingenieros, pidiendo más restricción en las concesiones mineras, exigiendo la existencia probable del mineral que se trata de explotar, a juicio técnico. No tuvo, sin embargo, el éxito que deseaba, y aun cuando el Código no pasó de proyecto, sus discursos y trabajos quedan como ejemplo de los que tales ideas sustentan.

* * *

»Para terminar, me voy a ocupar del carácter del Sr. Cortázar en su vida privada, también como consecuencia de su profesión. Espíritu crítico por excelencia, estudiaba los hombres y su producción, gustando de decirles sinceramente el resultado, con lo que, si bien tuvo grandes amigos, se creó multitud de enemigos, ya que las verdades no son siempre agradables ni se aprecian en general con la justicia necesaria.

»Sus íntimos, a quienes hizo Académicos de Ciencias para

bien del país y más estrecha relación con él, fueron los señores Sánchez Lozano y Orueta, ya desaparecidos por nuestra desgracia, y entre los que viven, mantenía estrecha amistad con los Sres. Madariaga, Azpeitia y Hausser, así como con su compañero el Sr. Novo. Su mayor amistad particular la tenía también con mi querido compañero el Sr. Kindelán, al que deja de testamentario y a quien debo la mayoría de estos datos.

* * *

»Su ideal era el estudio y la ciencia, buscando constantemente en ella explicación verdadera de los hechos, ávido siempre de esta verdad que a medida que transcurrían los años encontraba más difícil de alcanzar, a pesar de ser más grande el número de conocimientos y mayor el contenido científico de su gran biblioteca, asemejándose a un verdadero Tántalo técnico, cuya sed científica nunca pudo apagarse a pesar de su incesante estudio.»

Terminado el discurso del Sr. Peña, el Sr. Novo y Colson, ilustre Académico de la Española, analizó, en interesantísimas notas, la personalidad de su compañero Sr. Cortázar y su portentosa e incesante labor en aquella Corporación desde que ingresó en ella, ocupando la vacante de Cánovas del Castillo, hasta su fallecimiento, y por último, el Sr. Conde de Gimeno, en representación de la Academia de Ciencias, pronunció un brillante y bellissimo discurso, para recordar las ideas de Cortázar sobre las matemáticas, las que consideraba como una necesidad del espíritu, elogiando en párrafos elocuentes los estudios geológicos, elevando un canto a esta ciencia, que el auditorio oyó con gran interés.

Hemos creído que debemos reseñar este acto para señalar y evidenciar más el respeto y la admiración de los Ingenieros de Minas hacia el ilustre maestro que tantos años dirigió la Comisión del Mapa Geológico de España.

EXPOSICIÓN

SEÑOR: Por Real decreto de 28 de junio de 1910 se creó el actual Instituto Geológico de España, reorganizando los servicios que sucesivamente habían sido encomendados a la Comisión del Mapa geológico, creada en 1873 con tan especial objeto, la cual realizó una labor científica de positivo mérito.

Como consecuencia de esta reorganización, se han podido ejecutar por el Instituto trabajos de tanta importancia nacional como el estudio de las zonas potásicas, petrolíferas, fosfáticas y de yacimientos de combustibles de nuestro subsuelo, que han de suministrar primeras materias indispensables para la economía nacional, realizar multitud de alumbramientos de agua de utilidad manifiesta, cooperar en la labor civilizadora de nuestro Protectorado de Marruecos, reconociendo su suelo y subsuelo, y llevar a cabo numerosos estudios geológicos y mineros de grandísimo interés mundial, que el reciente Congreso Geológico Internacional de Madrid ha puesto de relieve, rindiendo justo homenaje a la seria labor del Instituto en este ramo de la cultura humana.

Es indudable que los esfuerzos realizados por su personal han sido notorios; pero los trabajos de urgencia que constantemente se le han encomendado han desviado su actividad de los fines fundamentales para que el Instituto fué creado, no pudiéndose terminar la rectificación y corrección del Mapa geológico, el estudio general de nuestra hidrología patria como fundamento de los alumbramientos locales y el conocimiento de nuestros criaderos y cuencas mineras y de toda clase de combustibles cuya utilización es esencial para el desenvolvimiento de nuestra economía.

Para poder realizar estos trabajos; para ejecutar los que además tiene encargado; para atender a los que se le vayan encomendando, y para seguir el movimiento internacional de los estudios de su competencia, aplicando los procedimientos modernos, entre los cuales merecen atención preferente los métodos geofísicos, cuya utilidad se inicia en reconocimientos y estudios geológicos y mineros, se precisa dar a este Centro una nueva organización que le permita realizar este amplio programa en un tiempo razonable, evitando los retrasos que la anterior organización ha determinado en la labor del Instituto, y más especial-

mente en su fundamental misión de publicar el Mapa geológico de España, que se inició en 1873, bajo la modesta forma de un bosquejo geológico en escala de 1 a 400.000 y que se logró ultimar en 1879, al cabo de diez y seis años de impropio trabajo, realizado en su mayor parte por un grupo de Ingenieros de Minas eminentísimos, cuya fama ha traspasado las fronteras, entre los cuales son de citar los nombres de Fernández de Castro, Mallada, Gonzalo Tarín, Vidal, Cortázar y otros no menos ilustres Geólogos españoles.

En las ediciones de este bosquejo publicadas más tarde se han ido teniendo en cuenta los interesantes estudios geológicos realizados posteriormente; pero no ha sido posible todavía ordenar en debida forma los múltiples datos que existen en el archivo del Instituto, recogidos solamente en parte en sus publicaciones, y que son consecuencia de los estudios realizados por sus Ingenieros, para preparar la de un verdadero Mapa geológico análogo al que poseen todas las naciones adelantadas, en el cual se especifiquen claramente los tramos geológicos, los accidentes tectónicos, los criaderos de minerales, la hidrología subterránea y cuantos datos se relacionen con la formación del suelo y del subsuelo nacional.

Con la actual organización del Instituto, la publicación de un Mapa geológico en estas condiciones, llevada a cabo sin abandonar sus demás interesantes cometidos, exigiría un tiempo superior a la vida de una generación. Para conseguir publicarlo rápidamente, al objeto de tener disponible este instrumento de trabajo que pueda ser utilizado por nuestra industria minera, por los servicios de Obras públicas, por los agricultores y por cuantos se dediquen a estudios de carácter científico, es preciso modificar la organización del Instituto en tal forma que con su actual personal especializado, utilizado como elemento director de los trabajos, y con el concurso de otros Ingenieros de Minas y de cuantos elementos puedan colaborar en tal útil empresa, se pueda publicar en un plazo que no exceda de diez o doce años el Mapa geológico de España, a cuyo efecto el Ministro que suscribe cree conveniente la distribución, en varias divisiones, del personal del Instituto para la ejecución de sus trabajos de campo, teniendo a su cargo cada una de ellas el estudio de una región de nuestro territorio, cooperando al mismo muy especialmente los Ingenieros de los distintos Centros existentes en cada una de estas regiones, bajo la dirección de los Vocales del Instituto, para obtener simultáneamente un elevado rendimiento de trabajo y una máxima economía, logrando al mismo tiempo la formación de personal especializado en los estudios del subsuelo.

Por último, para poner más en armonía el título de este Centro con la misión técnico-industrial geológica y minera que se viene encomendando al Instituto, parece lógico que en lo sucesivo se titule Instituto Geológico y Minero de España.

Fundado en las anteriores consideraciones, el Ministro que suscri

be tiene el honor de proponer a la aprobación de V. M. el siguiente proyecto de Decreto.

Madrid, 7 de enero de 1927. — Señor: A L. R. P. de V. M., *Rafael Benjumea y Burín*.

REAL DECRETO

De acuerdo con Mi Consejo de Ministros, a propuesta del de Fomento,

Vengo en decretar lo siguiente:

Artículo 1.º El Instituto Geológico de España, establecido por Real decreto de 28 de junio de 1910, se denominará en lo sucesivo Instituto Geológico y Minero de España, y tomará por misión principal la continuación de los estudios del suelo y del subsuelo que sean necesarios para el conocimiento de la Geología y de la Minería del país, con el fin de rectificar y corregir el Mapa geológico de España y de establecer el de sus Colonias y Protectorado de Marruecos.

Comprenderán estos estudios, no solamente el examen detallado de nuestra geología tectónica y estratigráfica con un carácter puramente científico, sino que se orientarán los trabajos hacia el más racional aprovechamiento del subsuelo, desde el punto de vista minero, examinando las posibilidades de descubrimiento y explotación de criaderos de minerales, de cuencas de toda clase de combustibles, de aguas subterráneas y de cuantas materias y productos contenidos en el subsuelo puedan ser objeto de una utilización industrial.

Art. 2.º Para cumplir estos fines, el Instituto Geológico y Minero dispondrá, de una parte, del personal que actualmente presta sus servicios en el mismo, y de otra, de los Ingenieros de Minas afectos a los Distritos mineros que se considere conveniente utilizar, tomando a su cargo su dirección técnica y la responsabilidad de los trabajos realizados.

Estos se divulgarán en las actuales publicaciones del Instituto o en otras nuevas que su Dirección considere conveniente editar para que su labor sea de una utilidad general.

Art. 3.º Los servicios del Instituto Geológico podrán tener carácter nacional e internacional, clasificándose los primeros en generales y especiales.

Se entenderán por servicios generales los que el Instituto realice por cuenta del Estado con los medios económicos que figuran en los presupuestos generales del Ministerio de Fomento, y por servicios especiales los encomendados al Instituto por otros Departamentos ministeriales, Diputaciones, Ayuntamientos o entidades de carácter particular, que se realicen con recursos de las mismas.

Art. 4.º Los servicios generales podrán ser centrales o regionales, según que se ejecuten en el domicilio del Instituto o fuera del mismo.

Art. 5.º Los servicios centrales comprenderán:

- a) Dirección del Instituto.
- b) Secretaría.
- c) Publicaciones técnicas y de vulgarización.
- d) Laboratorios.
- e) Formación de colecciones.
- f) Estudios e investigaciones geofísicas.
- g) Estudios de las necesidades de la minería en orden al establecimiento de transportes.

Art. 6.º Corresponde al Director del Instituto la Jefatura interior de todos los servicios, ordenar y disponer el trabajo de su personal y ostentar en las relaciones del Instituto con otros Centros o entidades la representación del mismo.

Igualmente dirigirá y ordenará los estudios y trabajos del personal afecto a los Distritos mineros que se adscriban al Instituto y de todos los elementos de carácter científico cuyo concurso sea conveniente utilizar.

El Director del Instituto dará cuenta anualmente al Ministro de Fomento de la labor realizada por este Centro en una Memoria que abarcará el examen de todos los trabajos realizados con los diversos fines del Instituto.

Art. 7.º La Secretaría del Instituto tendrá a su cargo las relaciones del Instituto con la Administración central, con otras entidades de carácter científico o cultural nacionales y extranjeras, la contabilidad de todos los servicios, la ordenación y cuidado de la Biblioteca del Instituto, la administración de sus publicaciones, los trabajos estadísticos de la labor realizada y la Jefatura del personal en relación con el cumplimiento de estos fines.

Art. 8.º El Instituto continuará publicando anualmente sus Boletines y Memorias, las hojas del Mapa cuya corrección vaya completando, la explicación de las mismas y cuantos libros y folletos sea posible para llevar al general conocimiento su labor y para cumplimiento de sus fines de divulgación de sus trabajos.

Art. 9.º Se completará en el plazo más breve posible la instalación de los laboratorios necesarios para el análisis químico de rocas y minerales, preparaciones al microscopio, fotografía, preparaciones de fósiles y cuantos conduzcan a la determinación de los ejemplares que sean objeto de estudio del Instituto.

Art. 10. Se formará en el Instituto una colección general de minerales, rocas y fósiles de España, y diversas colecciones especiales, tanto por la procedencia de ejemplares que las constituyan como desde el punto de vista de la diversa aplicación de sus elementos con destino a la agricultura, a la construcción, a la metalurgia, etc. Se

formarán además colecciones que sirvan de base a otros Centros de enseñanza, tanto de carácter elemental como superior. Estas colecciones serán facilitadas gratuitamente por el Instituto a las entidades y Centros de cultura que lo soliciten.

Art. 11. Se creará en el Instituto una Sección de trabajos de geofísica, con sus correspondientes laboratorios y aparatos, la cual fijará los lugares más adecuados de aplicación de estos procedimientos, mediante trabajos que podrán ejecutarse por administración o por contrata con entidades especializadas en estos estudios.

Art. 12. El Instituto formulará y elevará al Ministro de Fomento, a los efectos procedentes, la relación general de ferrocarriles de más interesante aplicación a la Minería, y el de medios más convenientes de enlace de los yacimientos de minerales y de combustibles de todo género con las redes generales de ferrocarriles construídas y con las líneas que en lo sucesivo se proyecten construir.

Art. 13. Los servicios regionales del Instituto tendrán por principal objeto el estudio y aprovechamiento del subsuelo. Se dispondrá por la Dirección del Instituto la forma de llevar a cabo estos estudios y la recopilación central de todos los trabajos ejecutados.

Art. 14. A estos fines se distribuirá el personal que actualmente forma la plantilla del Instituto y los Ingenieros agregados a la misma en varias Divisiones regionales, bajo la dirección de un jefe especializado en el conocimiento de la región, y quedarán afectos a las citadas Divisiones todos aquellos elementos técnicos que a propuesta de la Dirección del Instituto autorice la Administración a utilizar para que los auxilien en sus trabajos.

Art. 15. El personal afecto a cada una de estas Divisiones tomará a su cargo la formación del Mapa geológico minero de la misma, los estudios de criaderos contenidos en ella, los de las cuencas de combustibles, la dirección técnica de los sondeos que se realicen por cuenta del Estado, los estudios de hidrología subterránea, la geología agronómica de la región, la catalogación de rocas aplicables a la construcción, el estudio de las minas en explotación enclavadas en ella y la recogida de ejemplares de todas clases que sirvan de base para la formación de las colecciones del Instituto y en las destinadas a otros Centros y cuantos estudios y trabajos ordene la Superioridad.

Art. 16. El personal afecto al servicio de Divisiones regionales percibirá, aparte de las dietas y gastos de locomoción que se establecen en la Instrucción general de indemnizaciones del personal del Cuerpo de Minas, una remuneración especial por trabajo ejecutado y publicado en relación con la importancia del mismo, cuya cuantía y distribución se establecerá en el Reglamento para la aplicación del presente Real decreto.

Art. 17. La Dirección del Instituto dispondrá y organizará la recopilación central de los datos aportados por las Divisiones regionales y servicios especiales, a los fines de la publicación del Mapa geológico,

de los estudios de aprovechamiento de combustibles, de la fijación de lugares más adecuados para el establecimiento de sondeos, de la formación del Mapa geológico agronómico de España y del establecimiento en planos y proyectos de líneas de transporte de especial interés para el desarrollo de la Minería.

Art. 18. Queda autorizado el Instituto Geológico y el personal del mismo para llevar a cabo servicios especiales por cuenta del Estado, Diputaciones, Municipios y entidades oficiales o particulares. Consistirán los servicios especiales en la redacción de informes, resolución de consultas o realización de trabajos de carácter geológico o minero, a requerimiento de los interesados y previa la aceptación por los mismos del presupuesto de gastos y remuneración que el Instituto formule para la ejecución de aquéllos. Se fijará en el reglamento la participación del Instituto en los ingresos obtenidos por estos conceptos.

Art. 19. Se considerarán como servicios especiales los estudios del suelo y subsuelo de las Colonias y Protectorado de Marruecos, y se efectuarán de acuerdo con la Dirección General que tiene a su cargo los asuntos relacionados con aquellas regiones en la Presidencia del Consejo de Ministros.

Art. 20. El Instituto intensificará los estudios de carácter internacional que se relacionen con los fines del mismo.

Procurará intervenir y tomar parte en los Congresos y reuniones de carácter geológico o minero que se celebren en lo sucesivo; integrar con su personal las Comisiones internacionales que puedan constituirse con análogos fines; realizar trabajos de Geología y Minería comparados con los de otros países; estudiar la organización de los Museos y colecciones del extranjero; emitir dictámenes y formular proyectos en relación con el fomento de nuestro comercio exterior de primeras materias procedentes del subsuelo y de productos elaborados obtenidos de la transformación de las mismas, velando por la constante defensa de los intereses de nuestra Minería en tan interesante aspecto de su prosperidad y desenvolvimiento.

Art. 21. Quedará igualmente encargado el Instituto Geológico y Minero de España de cuantos trabajos fueron encomendados por disposiciones anteriores a la Comisión del Mapa geológico y al Instituto Geológico.

Art. 22. Los Centros oficiales, los explotadores de minas, canteras, manantiales de aguas mineromedicinales, etc., quedan obligados a facilitar al personal del Instituto cuantos datos y noticias recaben de los mismos en funciones del servicio para el mejor cumplimiento de su misión.

Art. 23. El Instituto será oído en los expedientes administrativos que se tramiten sobre concesiones, captaciones, defensa y explotación de manantiales de aguas mineromedicinales, de origen subterráneo, y sobre fijación de zonas de protección de los mismos.

Art. 24. El Instituto tendrá a su cargo la dirección técnica de los trabajos de investigación que puedan emprenderse en las zonas reservadas al Estado.

Art. 25. El personal del Instituto seguirá siendo el que actualmente presta sus servicios en el mismo. Se nombrarán por concurso de méritos los Ingenieros que hayan de ocupar las vacantes que ocurran en lo sucesivo, siendo condición preferente la de haber prestado servicios en las Divisiones regionales en la medida y condiciones que establezca el reglamento.

Art. 26. La Dirección del Instituto formulará en el plazo de sesenta días una propuesta de reglamento para la aplicación del presente Real decreto, en que se establezca detalladamente la organización de todos los servicios encomendados al Instituto.

ARTÍCULO TRANSITORIO

Queda autorizado el Ministro de Fomento, en tanto que se ordene, con carácter definitivo, las dotaciones consignadas en el presupuesto para los servicios reorganizados del Instituto, para distribuirlos en la forma que considere más oportuna, solicitando las transferencias que sean necesarias de los créditos que figuran en el capítulo y conceptos correspondientes.

Dado en Palacio a siete de enero de mil novecientos veintisiete. — ALFONSO. — El Ministro de Fomento, *Rafael Benjumeda y Burín*.

REAL DECRETO
APROBANDO EL REGLAMENTO
DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

REAL DECRETO

A propuesta del Ministro de Fomento,
Vengo en decretar lo siguiente:

Artículo 1.º Se aprueba el siguiente reglamento del Instituto Geológico y Minero de España, cuyos servicios fueron reorganizados por el Real decreto de 7 de enero del corriente año.

Art. 2.º Las dudas que puedan presentarse en orden a la interpretación del expresado reglamento, serán resueltas por el Ministerio de Fomento, quedando derogadas cuantas disposiciones se opongan a lo que en él se preceptúa.

Dado en Palacio a primero de abril de mil novecientos veintisiete.
ALFONSO. — El Ministro de Fomento, *Rafael Benjumea y Burín*.



REGLAMENTO del Instituto Geológico y Minero de España

CAPÍTULO PRIMERO

De los fines del Instituto

Artículo 1.º El Instituto Geológico y Minero de España, reorganizado por Real decreto de 7 de enero último, tendrá por objetivos principales:

- 1.º La rectificación y corrección del Mapa geológico de España.
- 2.º La formación del mapa de las Colonias y Protectorado de Marruecos y su publicación en el plazo más breve posible.
- 3.º La determinación de las reservas minerales que contiene el subsuelo nacional.
- 4.º El estudio de los yacimientos de toda clase, el de su utilización y, en los de combustible, el del aprovechamiento de los subproductos que puedan obtenerse por su destilación o gasificación.
- 5.º El estudio de la hidrología subterránea.
- 6.º La catalogación, de acuerdo con la Sección de Minas y a base de los datos suministrados por los distritos mineros, de cuantas materias contenidas en el subsuelo puedan ser objeto de aprovechamiento o transformación en beneficio del desarrollo de la industria nacional.
- 7.º La publicación de sus trabajos para la divulgación y general conocimiento de estos estudios.
- 8.º La formación de colecciones de minerales, rocas y fósiles con destino a sus Museos y a Centros de enseñanza oficiales o particulares.
- 9.º La determinación de los lugares adecuados para la investigación por medio de labores mineras, sondeos o por procedimientos geofísicos, de posibles yacimientos desconocidos actualmente, la de la prolongación de criaderos minerales y de las cuencas de combustibles actualmente conocidos, tomando a su cargo la dirección técnica de de estos trabajos. Para la mejor realización de los citados fines, los servicios del Instituto se clasificarán en centrales y regionales.

CAPÍTULO II

De los servicios centrales

Art. 2.º Los servicios centrales comprenderán:

- a) Dirección del Instituto.
- b) Secretaría.
- c) Publicaciones técnicas y de vulgarización.
- d) Laboratorios.
- e) Formación de colecciones.
- f) Estudios de investigaciones geofísicas.
- g) Estudio de las necesidades de la minería en orden al establecimiento de los transportes.

CAPÍTULO III

Consejo de Patronato

Art. 3.º El Instituto Geológico y Minero tendrá personalidad jurídica suficiente para administrar, adquirir y poseer bienes que reciba por donaciones, subvenciones y demás ingresos que obtenga y no figuren en los Presupuestos generales del Estado.

Art. 4.º Se crea un Consejo de Patronato del Instituto Geológico y Minero de España, que lo formarán el Jefe de la Sección de Minas e Industrias Metalúrgicas del Ministerio de Fomento, el Presidente del Consejo de Minería, el Director de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, el Director del Instituto Geológico y Minero de España y un Ingeniero de la Asociación de Ingenieros de Minas de España.

El Consejo de Patronato intervendrá en la adquisición de bienes y aplicación de fondos propios que posea el Instituto.

El Ministro de Fomento podrá oír este Consejo en cuantos asuntos se refieran a la organización o reformas de los servicios encomendados al Instituto y en otros casos en que lo considere oportuno.

El Consejo se reunirá por orden del Ministro de Fomento, o a instancia del Director del Instituto, y presidirá sus sesiones el Jefe de la Sección de Minas.

CAPÍTULO IV

De la Dirección del Instituto

Art. 5.º El Director del Instituto Geológico y Minero de España ostentará la representación del mismo en todos los actos oficiales y en

las reuniones de carácter científico, tanto nacionales como internacionales, a que el Instituto concurra.

En casos especiales podrá delegar esta representación en el Vocal o Vocales del Instituto que designe para tal objeto.

Art. 6.º La Dirección del Instituto mantendrá constante relación con la Sección de Minas del Ministerio de Fomento, con el Consejo de Minería, con la Escuela Especial de Ingenieros del Cuerpo, con los Jefes de los Distritos Mineros y con cuantos Centros u organismos oficiales, por razón de su cometido, faciliten el mejor cumplimiento de sus fines, solicitando de estos Centros los datos o antecedentes que necesite.

Toda diferencia entre la Dirección del Instituto y la de los otros Centros enumerados será resuelta por el Ministro de Fomento.

Art. 7.º Establecerá igualmente comunicación con Centros extranjeros, especialmente de las Repúblicas hispanoamericanas, que dediquen sus actividades a los estudios de carácter geológico o minero.

Art. 8.º Corresponde al Director del Instituto la Jefatura interior de todos los servicios de este Centro y la ordenación de los trabajos del personal, con arreglo a los planes que anualmente se establezcan.

Art. 9.º Igualmente ordenará y dirigirá los trabajos que con destino al Instituto realicen los Ingenieros afectos a los Distritos mineros, de acuerdo con los Jefes de los mismos, y el de los elementos ajenos al Cuerpo de Minas cuya colaboración se obtenga.

Art. 10. El Director del Instituto acordará las publicaciones que deben editarse; encomendará su redacción al personal que estime conveniente, y en la forma y medida más adecuadas, en relación con los trabajos realizados.

Art. 11. Igualmente acordará, con la Secretaría, la distribución de los recursos que figuren en los Presupuestos generales del Estado, y, de acuerdo con el Patronato, la de los demás que se obtenga por donaciones, servicios especiales o cualquier otra procedencia.

Estos últimos se destinarán a la mejora constante de sus instalaciones, Museos, laboratorios e instrumentos de trabajo, y a la creación de premios y subvenciones que puedan servir de estímulo a los que realicen trabajos que, a juicio de la Dirección del Instituto y del Patronato, merezcan una recompensa especial.

Art. 12. El Director dará cuenta anualmente al Ministro de Fomento de la labor realizada por el Instituto en una Memoria que comprenderá las materias siguientes:

- a) Examen de los servicios generales y trabajos realizados por el Instituto.
- b) Servicios especiales encomendados al mismo.
- c) Publicaciones editadas en relación con el Mapa geológico, con los estudios de criaderos, con los de hidrología subterránea y con estudios de vulgarización.

- d) Servicios técnicos prestados a otras entidades de carácter oficial.
- e) Colecciones formadas y donadas a Centros de enseñanza.
- f) Distribución de los fondos del Instituto y contabilidad de los diversos servicios.

g) Relaciones mantenidas con los Centros extranjeros.

Art. 13. En casos de ausencia o de enfermedad del Director del Instituto, le sustituirá el Subdirector o el Ingeniero más antiguo.

CAPÍTULO V

De la Secretaría.

Art. 14. La Secretaría del Instituto tendrá a su cargo las relaciones del mismo con los organismos dependientes de la Administración Central, cuyas funciones estén relacionadas con la industria minera.

Art. 15. Cuidará también de las relaciones del Instituto con las entidades nacionales de carácter oficial o particular que tengan fines culturales análogos a los que le están encomendados, y con las extranjeras de índole semejante.

Art. 16. De todos estos servicios de relaciones llevará los correspondientes archivos.

Recibirá la correspondencia y documentación oficial del Instituto, dará cuenta de ella al Director, y por orden de éste entregará cada asunto al Jefe de la Sección correspondiente.

Art. 17. La Secretaría llevará un libro de entrada y otro de salida, en los que se sentarán diariamente los documentos tramitados, y los libros necesarios para que conste el historial de todos los expedientes en que intervenga el Instituto.

Art. 18. La Secretaría llevará la contabilidad del Instituto y establecerá cuentas separadas para cada servicio, tanto centrales como regionales.

La forma y número de libros necesarios se establecerá por el Director, de acuerdo con el Secretario.

Art. 19. El Secretario del Instituto será el Jefe de la contabilidad, pero al frente de este servicio estará un Ingeniero del Instituto, que tendrá a sus órdenes al Pagador, al Habilitado del Centro y a un Contador.

Art. 20. El Secretario será también el Jefe de la Biblioteca del Instituto, de la que se encargará especialmente el Ingeniero que la Dirección designe, y tendrá a sus órdenes un funcionario del Cuerpo de Archiveros y personal necesario para la catalogación y servicio de los volúmenes que la forman.

Llevará un registro de entradas y salidas y folletos, y mensualmente establecerá una relación de los volúmenes que ingresen por compra, donaciones o cambios.

Art. 21. El Ingeniero encargado de la Biblioteca recibirá las peticiones de obras que formule el personal del Instituto y propondrá periódicamente al Director la adquisición de aquellas que se considere interesante poseer.

Art. 22. Para el servicio de la Biblioteca se establecerán normas y reglas que aseguren su mejor utilización, tanto por el personal del Instituto como por el público en general.

Art. 23. El Secretario del Instituto, con el personal encargado de la Biblioteca, cuidará del servicio de la cartografía, llevando al día el catálogo de cuantos ejemplares contiene la Biblioteca del Instituto, y se ocupará también de proporcionar al mismo por petición oficial a los Centros que las editen o por compra, previa autorización del Director, de cuanto se publique de interés para el Centro.

Art. 24. La Secretaría administrará las publicaciones del Instituto y establecerá el servicio de cambio de las mismas con otros Centros nacionales y extranjeros, y cuidará de su mayor difusión.

Art. 25. La Secretaría tendrá a su cargo la estadística de la labor realizada por el Instituto en cada uno de los servicios que le están encomendados.

Art. 26. El Secretario será el Jefe de todo el personal subalterno del Instituto, y ordenará y cuidará del trabajo del mismo, de acuerdo con las necesidades de los diferentes servicios.

Art. 27. El Secretario tendrá a su cargo el cuidado y conservación del edificio y del mobiliario perteneciente al Instituto.

Art. 28. El Secretario del Instituto, por su mayor trabajo y responsabilidad en el cargo, recibirá, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 1.º del reglamento de Dietas, indemnizaciones y gratificaciones, fecha 18 de junio de 1924, la gratificación especial que se figurará en los Presupuestos generales del Estado. Entretanto, el Ministro de Fomento, a propuesta del Director del Instituto, acordará la gratificación que estime justa, con cargo a las consignaciones correspondientes del Presupuesto.

CAPÍTULO VI

De las publicaciones.

Art. 29. El Instituto continuará publicando el BOLETÍN del mismo, en el que se recogerán trabajos originales de verdadero interés científico mediante la selección de materias y temas.

Art. 30. Se harán ediciones especiales de cada uno de los trabajos contenidos en el BOLETÍN, con el objeto de facilitar su conocimiento y difusión.

Art. 31. Se continuará también la publicación de las Memorias del Instituto en la forma que se editan actualmente. En esta serie de publicaciones se comprenderá los estudios o monografías terminadas

de criaderos minerales, cuencas de combustibles, hidrológicas, y cuanto considere la Dirección del Instituto que debe ser objeto de una publicación especial.

Art. 32. El Instituto publicará el Mapa geológico de España, rectificando debidamente las ediciones existentes y emprendiendo la publicación del mismo en escala 1 : 50.000, en hojas que comprendan la clasificación geológica de los terrenos, los criaderos minerales, la hidrología y cuantos datos tengan interés para el conocimiento del suelo y del subsuelo.

Acompañará a las hojas una Memoria explicativa de su contenido, en la que se expongan todos los conceptos enumerados anteriormente. En casos especiales podrán hacerse tiradas complementarias de una misma hoja para facilitar la comprensión de su contenido.

Art. 33. Podrá editar el Instituto revistas, compendios, epítomes, folletos y mapas y en general cuanto convenga al conocimiento y divulgación de su labor, preparando estudios que comprendan, de manera elemental, los datos y noticias más característicos de la geología y minería nacionales.

Art. 34. Cuando la Dirección del Instituto lo considere conveniente podrá insertarse en sus publicaciones estudios y trabajos originales de personas o entidades que no formen parte del mismo y editar obras especiales en análogas condiciones. En ambos casos, el Director del Instituto podrá proponer al Ministro de Fomento la remuneración que haya de concederse a los autores de estos trabajos, la cual no excederá del 20 por 100 del coste material de edición de las mismas publicaciones.

Art. 35. El Instituto podrá establecer la venta y suscripción de sus publicaciones, a fin de que los recursos que así se obtengan contribuyan a sufragar los gastos de edición, si bien debiendo 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.

Art. 36. El Director del Instituto designará el personal del mismo que haya de ocuparse especialmente del servicio de publicaciones.

CAPÍTULO VII

De los Laboratorios

Art. 37. Se completará y perfeccionará en el plazo más breve posible la instalación y funcionamiento de los laboratorios de Paleontología, Petrografía, Mineralogía, Mineralografía, Química, Física, Geofísica y Radioactividad, con las condiciones necesarias para auxiliar los estudios e investigaciones del personal del Instituto.

Art. 38. El laboratorio de Paleontología tendrá por objeto la preparación, examen, reproducción y representación fotográfica de los fósiles que para su determinación y clasificación necesiten del auxilio de instrumentos y aparatos especiales.

Art. 39. Los laboratorios de Petrografía, Mineralografía y Mineralogía se utilizarán en forma adecuada para el estudio, determinación y representación de minerales y rocas, bien directamente o bien mediante preparaciones que puedan examinarse al microscopio.

Art. 40. Los laboratorios de Química y Radioactividad tendrán por objeto el realizar los análisis de minerales y rocas, especialmente los magmáticos de éstas y los cualitativos y cuantitativos que en circunstancias particulares ofrezcan interés especial, así como la determinación de las sustancias químicas y la radioactividad de ciertas aguas minerales, como dato complementario de determinados estudios.

Art. 41. El Instituto instalará un laboratorio de Geofísica, como elemento auxiliar indispensable para los estudios en esta Sección de sus trabajos.

Art. 42. Independientemente de los laboratorios científicos se instalará en el Instituto un laboratorio de carácter industrial, destinado a determinar y dictaminar acerca de la naturaleza de las rocas y materiales empleados en la construcción o en la industria y de las condiciones de su aplicación desde el punto de vista minerogeológico.

Art. 43. La Dirección del Instituto designará el personal que haya de ocuparse de cada uno de estos laboratorios.

Art. 44. El Instituto Geológico ordenará y clasificará los ejemplares de minerales, rocas y fósiles que posee actualmente y los que recoja en lo sucesivo, en una colección general que se instalará en forma que pueda el público estudiar fácilmente. A este fin, los salones en que estén depositadas las colecciones del Instituto se abrirán todos los días laborables, por lo menos durante tres horas, para que cuantas personas lo deseen puedan examinarlos gratuitamente.

Art. 45. El Instituto formará y expondrá también al público colecciones especiales de ejemplares interesantes, tanto desde el punto de vista de su procedencia como en relación con sus aplicaciones a la industria en general o a determinadas y especiales utilidades que puedan beneficiar a la economía del país.

Art. 46. Quedará igualmente obligado el Instituto a formar colecciones con destino a los Centros de enseñanza, sin gasto alguno para los mismos, siendo necesario para obtenerlas el que se solicite del Ministerio de Fomento y se acuerde por el mismo su concesión.

Estas colecciones serán de minerales, rocas, fósiles, o de un conjunto de unos y otros, con arreglo a las materias que se enseñen en el Centro a que se destinan, y tendrán mayor o menor importancia, en cuanto al número y calidad de los ejemplares, según que el Centro que haya solicitado su concesión se dedique a la enseñanza elemental, media o superior y especializada.

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

A ESCALA 1:50.000

MEMORIA

CORRESPONDIENTE A LA

HOJA DE CANTILLANA

POR

JUAN GAVALA

Ingeniero, Vocal del Instituto Geológico
y Minero de España.

II/2-2-

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

PRÓLOGO

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA



TOMO XLIX

TOMO IX
TERCERA SERIE
(1927)

MADRID
GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.
CALLE DEL BARQUILLO, 8
1927

PRÓLOGO

Como consecuencia del Real decreto de reorganización del Instituto Geológico, de 7 de marzo de 1927, y de la ampliación de sus atribuciones en consonancia con el nombre que hoy ostenta de Instituto Geológico y Minero de España, la Dirección de este Centro hubo de proponer a la superioridad el plan de trabajo que había de servir de norma a su futura actuación, y tuvo presente, en primer término, la necesidad de formar un nuevo mapa geológico del territorio nacional a escala conveniente para representar con exactitud, no sólo la estratigrafía y la composición petrológica de las capas superficiales, sino también la estructura de la corteza, en la profundidad que interesa a los fines de la minería.

Adoptada para dicho mapa la escala de 1 : 50.000, entre otras razones por ser la que el Instituto Geográfico y Estadístico usa en la publicación de las hojas topográficas, base excelente para situar los datos geológicos, la Dirección, deseosa de conocer con exactitud la importancia de la labor que habrá de desarrollar el Instituto Geológico y Minero al realizar este intento, y apreciar las dificultades de todo género que podrán entorpecer el cumplimiento del programa trazado, dispuso que una brigada, compuesta de dos Ingenieros de cada una de las siete secciones en que se ha agrupado el personal para el estudio de las regiones españolas, hiciera el levantamiento geoló-

El Instituto Geológico y Minero 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.

PERSONAL DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

<i>Director</i>	Excmo. Sr. D. Luis de la Peña.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Vicente Kindelán.
—	Sr. D. Alfonso Fernández y M. Valdés.
—	Sr. D. Manuel Sancho Gala.
—	Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
—	Sr. D. Agustín Marín.
—	Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero.
—	Sr. D. Alfonso del Valle.
<i>Vocal secretario</i> ...	Sr. D. Guillermo O'Shea.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
—	Sr. D. José de Gorostizaga.
—	Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
—	Sr. D. Juan Gavala.
—	Excmo. Sr. D. Pedro Novo y Chicarro.
—	Sr. D. Alfonso de Alvarado.
—	Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.
—	Sr. D. Joaquín Mendizábal.

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

<i>Director del Laboratorio</i>	Sr. D. Enrique Hauser.
<i>Profesor de Geología</i>	Sr. D. Pablo Fábrega.
— <i>Paleontología</i>	Sr. D. Luis Jordana.
— <i>Mineralogía</i>	Sr. D. Enrique de Pineda.
— <i>Química analítica</i> .	Sr. D. Manuel Abbad.
— <i>Topografía</i>	Sr. D. Miguel Langreo.

gico del área que abarca una de las hojas del Instituto Geográfico, y para que el trabajo representase en lo posible el esfuerzo máximo necesario a la publicación de cada hoja, se combinó una con trozos contiguos de cuatro diferentes, procurando que en la superficie así delimitada existiese variedad de terrenos, tanto de los hipogénicos como de los sedimentarios, alguno de éstos de clasificación no precisada hasta ahora, y una cuenca minera de verdadero interés industrial.

La hoja así compuesta se dividió en diez cuadrículas de la mitad de su altura, y numeradas del 1 al 10, a partir de la superior de la izquierda, se distribuyeron para el trabajo de campo entre las siete secciones del personal, de modo que correspondieron: las 1 y 2, a la sección del Noreste; las 3, 4 y 5, a las secciones del Noroeste y de Levante; las 6 y 7, a la sección del Oeste; la 8, a la del Centro, y las 9 y 10, a la del Sur.

Por la sección Noreste hicieron el levantamiento geológico los Sres. Marín y Larragán; por la del Noroeste, Ruiz Falcó y Sampelayo; por la de Levante, Dupuy de Lôme y Novo; por la del Oeste, Fernández y Alvarado; por la del Centro, Kindelán y Fernández Yruegas; por la del Norte, Valle y Cincúnegui, y por la del Sur, Gavala y Rubio. A la sección del Sur se encomendó, además, el estudio de la cuenca del Viar y el de la de Villanueva, en la parte que correspondía a las cuadrículas 2, 3, 4, 5 y 8.

El trabajo de campo duró por término medio veinte días, y una vez terminado, a mediados de febrero, cada sección entregó una nota detallada con el resultado de sus investigaciones y los ejemplares de rocas y fósiles recogidos, a la sección del Sur, encargada por la Dirección de la labor de recopilación.

El estudio micrográfico de las rocas hipogénicas lo hicieron los Sres. Marín y Rubio; la clasificación de los fósiles estuvo a cargo de los Sres. Sampelayo, Ruiz Falcó y Gavala.

La Dirección encomendó, además, al Ingeniero que la sus-

cribe, la redacción de la Memoria explicativa de la hoja, en la que se desarrollan y coordinan los datos que recogieron los Ingenieros ya mencionados.

La hoja en cuestión, a pesar de que no corresponde a ninguna de las que componen la cuadrícula del Instituto Geográfico, ni, por tanto, a la del nuevo mapa geológico, se publica, así como la Memoria explicativa de la misma, como muestra de la labor que, mejorada en lo sucesivo, se propone llevar a la práctica el Instituto Geológico y Minero, al formar el nuevo mapa en escala 1 : 50.000, y abriga la esperanza de que cuantas personas se interesan por el progreso de la ciencia geológica en nuestro país, verán con simpatía el comienzo de esta abrumadora y penosa tarea y pondrán cuanto esté de su parte para que avance sin interrupción hasta su feliz término.

Las Memorias estarán en cada caso en relación con la importancia geológica y minera de las zonas que comprendan las hojas.

PRÓLOGO

Fué laudable y constante costumbre en la antigua Comisión del Mapa, y después en el Instituto Geológico de España, la de honrar la memoria de muchos ilustres Ingenieros que pertenecieron a aquellas instituciones con motivo de su fallecimiento, dedicando en preferente lugar de sus publicaciones sentidas necrologías a los que consagraron sus vidas a la ciencia, haciendo resaltar en ellas sus merecimientos y resumiendo sus obras fundamentales.

No desea el nuevo Director del Instituto Geológico y Minero de España modificar esta norma de conducta, que considera obra de justicia, altamente honrosa también para los que nos proponemos seguirla, que no podemos tener aspiración más elevada que la de sentir intensamente el deseo de imitar las virtudes de los varones ilustres que colocaron tan alto el prestigio de aquellos Centros, en cuya labor tomaron parte tan activa y fecunda.

Lamentamos hoy el fallecimiento del ilustre Ingeniero de Minas D. Daniel de Cortázar, que aunque pudo, en su cultivado espíritu, destacar con intenso relieve su personalidad en muy distintos ramos del saber, alcanzando los más altos prestigios, fué ante todo geólogo, y como tal, nos legó una copiosa labor recogida en nuestras publicaciones, en las que puede apreciarse lo meritisimo de su obra.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MEMORIA
CORRESPONDIENTE A LA
HOJA DE CANTILLANA

Reseña geográfica, geológica y minera

I

Situación. — La comarca de Cantillana, que abarca la hoja 963, está enclavada en la provincia de Sevilla, a orillas del Guadalquivir, y comprendida entre los 37° 35' y 37° 45' de latitud y los 1° 58' y 2° 18' de longitud Oeste del meridiano de Madrid. Mide 29.400 metros de longitud, según el paralelo, y 18.500, según el meridiano, con 543,9 kilómetros de extensión superficial.

Vías de comunicación.— Cercana al borde meridional de la hoja pasa la línea férrea de Madrid a Sevilla. Al Sur de Tocina empalma con ella el ferrocarril de Mérida, que remonta el valle del río Huelva y cruza la parte montañosa de la región de Cantillana en dirección de Sur a Norte.

La carretera de Santiponce a Lora del Río, que sigue la margen derecha del Guadalquivir, facilita el acceso desde

Cortázar, como Casiano de Prado, Fernández de Castro, Vidal, Mallada, Adaro, Sánchez Lozano y tantos otros hombres eminentes, contribuyó eficazmente a la difusión de la ciencia y dejó flotando en el ambiente de trabajo de esta casa, como sus ilustres compañeros, un alto ejemplo que modestamente aspiramos a seguir.

La necrología que el Instituto dedica a tan esclarecido maestro, encabeza el presente tomo.

Este volumen es el primero del BOLETÍN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA que se publica después de los Reales decretos de 7 de enero y de 1 de abril del año actual, que reorganizaron sus funciones y establecieron la reglamentación a la cual han de sujetarse en lo sucesivo sus trabajos. Siendo transcendental la reforma hemos creído conveniente publicar íntegramente estas dos disposiciones oficiales, y se insertan a continuación de la necrología.

Consecuencia esencial y culminante de las disposiciones oficiales anteriormente citadas es el proyecto de publicar una nueva edición del Mapa Geológico de España, cuidadosamente corregida, que si no tenga carácter de definitiva, lo que es imposible en trabajos de esta índole, represente un gran avance técnico en relación con los anteriores, ya que ha de reflejar un estudio detenido y exacto, en cuanto quepa, del suelo y del subsuelo nacionales, con expresión detallada de su constitución geológica y de cuantos hechos sirvan para exponer y dar cuenta de la naturaleza de nuestro país.

Es indudable que para la formación de un buen Mapa Geológico es preciso disponer de un Mapa Topográfico exacto y detallado, y es también lógico utilizar los elementos de que la Administración dispone, para que la labor encomendada a diversos Centros oficiales tenga cierto carácter de unidad que consienta la mejor utilización de los servicios de cada uno de ellos.

Esta consideración ha determinado en el ánimo del Director del Instituto la decisión de que el nuevo Mapa Geológico de España se publique en escala de 1 a 50.000, tomando como base los notables trabajos topográficos del Instituto Geográfico y Catastral, y siguiendo, en cuanto a su división en hojas, el mismo criterio que aquel Centro y la misma numeración, de modo que se correspondan exactamente el Mapa Geográfico y el Geológico de nuestro país.

A cuantos tengan noción de esta clase de trabajos, se les alcanzará fácilmente la magnitud de la empresa científica que el personal del Instituto se propone emprender, pues no sólo se pretende fijar la extensión y los contornos detallados de cada formación geológica, la hidrología y los criaderos minerales de toda clase que existan en nuestro suelo, sino que no se ha de desdeñar tampoco el examen de cuantos yacimientos de diversas sustancias puedan ser objeto de una utilización de carácter industrial.

Pero no considera la Dirección suficiente que esta interesantísima labor quede encerrada en las estrechas márgenes de una especulación de carácter puramente científico, sino que desea vivamente que pueda ser utilizada por cuantos se interesan por la explotación de nuestro subsuelo, importantísima fuente de riqueza nacional que es preciso fomentar para que contribuya, cada día más intensamente, al desenvolvimiento normal y creciente de nuestra economía.

Para cumplir estos propósitos, el Instituto no publicará las hojas de su Mapa Geológico como documentos mudos, a veces indescifrables para aquellos que no tengan una preparación técnica adecuada, sino que se acompañará a los mismos una Memoria explicativa y descriptiva de la zona que cada hoja comprenda, detallando los fenómenos que han podido dar origen a su constitución geológica, describiendo los terrenos y tramos que la misma encierre, dando a conocer los criaderos

Sevilla a las poblaciones situadas al pie de la sierra, y de esa vía principal arrancan las secundarias de Alcalá del Río a Burguillos y Castilblanco, la de Villanueva de las Minas a Constantina, la de Cantillana a El Pedroso, que se internan en la zona montañosa, y que, a su vez, enlazan varios caminos vecinales que la iniciativa particular construyó, más tarde abiertos al servicio público. Tal ocurre con el camino de las Jarillas, que une a Castilblanco con El Pedroso por el valle del Viar; el de la Dehesa Boyal, en Alcolea del Río, y el de Rilla, en término de Villanueva.

Orografía. — La región de Cantillana, que comprende la hoja número 963, radica en el borde meridional de la meseta ibérica, y una pequeña parte en las vegas del Guadalquivir.

Dos grandes afluentes de este río, el Viar y el Huezna, han zanjado profundamente el terreno de la Meseta, y por la relativa proximidad de los valles, la divisoria tiene aspecto de cordillera; pero esa modificación circunstancial del relieve no es bastante a borrar el de penillanura que ostenta toda la región montañosa que se extiende al Norte del Guadalquivir.

A cinco kilómetros del río, el terreno de la Meseta se alza a 300 ó 400 metros sobre el mar, y gana después paulatinamente cotas de 500 a 600 metros, altitudes que aparecen poco más allá del límite septentrional de la hoja de Cantillana, y que predominan, como es sabido, en las llanuras de la Mancha y de Castilla la Nueva, es decir, en el interior de la Mole central ibérica. Así, cuando desde el valle del Guadalquivir se contempla a distancia la Meseta, no se acierta a descubrir un montículo, un pico agreste, o, por el contrario, la quebrada de un valle que interrumpa la monotonía y la continuidad del relieve que se proyecta en el horizonte: el borde de la Meseta aparece entonces como un acantilado que se eleva brusca-mente sobre la vega, por efecto de la uniforme pendiente de las laderas que descienden hasta el llano y del contraste



1. El Arroyo Parroso al atravesar una faja de pizarras silurianas.



2. Paisaje granítico de la mancha hipogénica de las Arenillas.



minerales contenidos en ella, estudiando la hidrología de la región y examinando, en una palabra, cuanto pueda ayudar al esclarecimiento de tantos problemas como el suelo y el subsuelo presentan, misión esencial de los estudios de carácter geológico, cuya difusión y conocimiento puede beneficiar intensamente a la industria española y al público en general, sin lo cual el Instituto no cumpliría sus fines.

Pero antes de acometer esta trascendental labor que el Director del Instituto considera que ha de ser fecunda en enseñanzas, ha creído prudente realizar un ensayo en condiciones exactamente iguales a las que la realidad impone, y como tal se publica como primer trabajo técnico de los contenidos en el presente tomo del BOLETÍN, el titulado «Mapa Geológico de España a escala 1 : 50.000. Memoria correspondiente a la hoja de Cantillana», que ha sido redactada por D. Juan Gavala, Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, cuya competencia y alta cultura científica han sido reconocidas y demostradas en tantas ocasiones, ya que viene colaborando asiduamente desde hace bastantes años en las publicaciones del Instituto.

Hemos de hacer notar que la hoja de Cantillana no corresponde exactamente a ninguna de las hojas publicadas por el Instituto Geográfico. Comprende zonas contenidas en hojas distintas, y la Memoria correspondiente a la misma se publica como muestra y ejemplo de las que en lo sucesivo constituirán las explicaciones razonadas de cada una de las hojas.

No cree necesario la Dirección del Instituto hacer el elogio de este trabajo. Su sola lectura permite fácilmente apreciar el celo y la inteligencia con que el Sr. Gavala y el personal del Instituto al que fué encomendado este estudio han cumplido su delicada y difícil misión.

La Memoria correspondiente a la hoja de Cantillana permite formar exacto juicio acerca del trabajo que el Instituto se

propone realizar y de la forma de presentación y difusión del mismo.

«Contribución al estudio de la Geología y de la Tectónica Andaluza» se titula una interesante Memoria que se inserta en el BOLETÍN a continuación de la anterior, y de la cual es autor el distinguido Ingeniero de Minas D. Antonio Carbonell y T.-Figuroa.

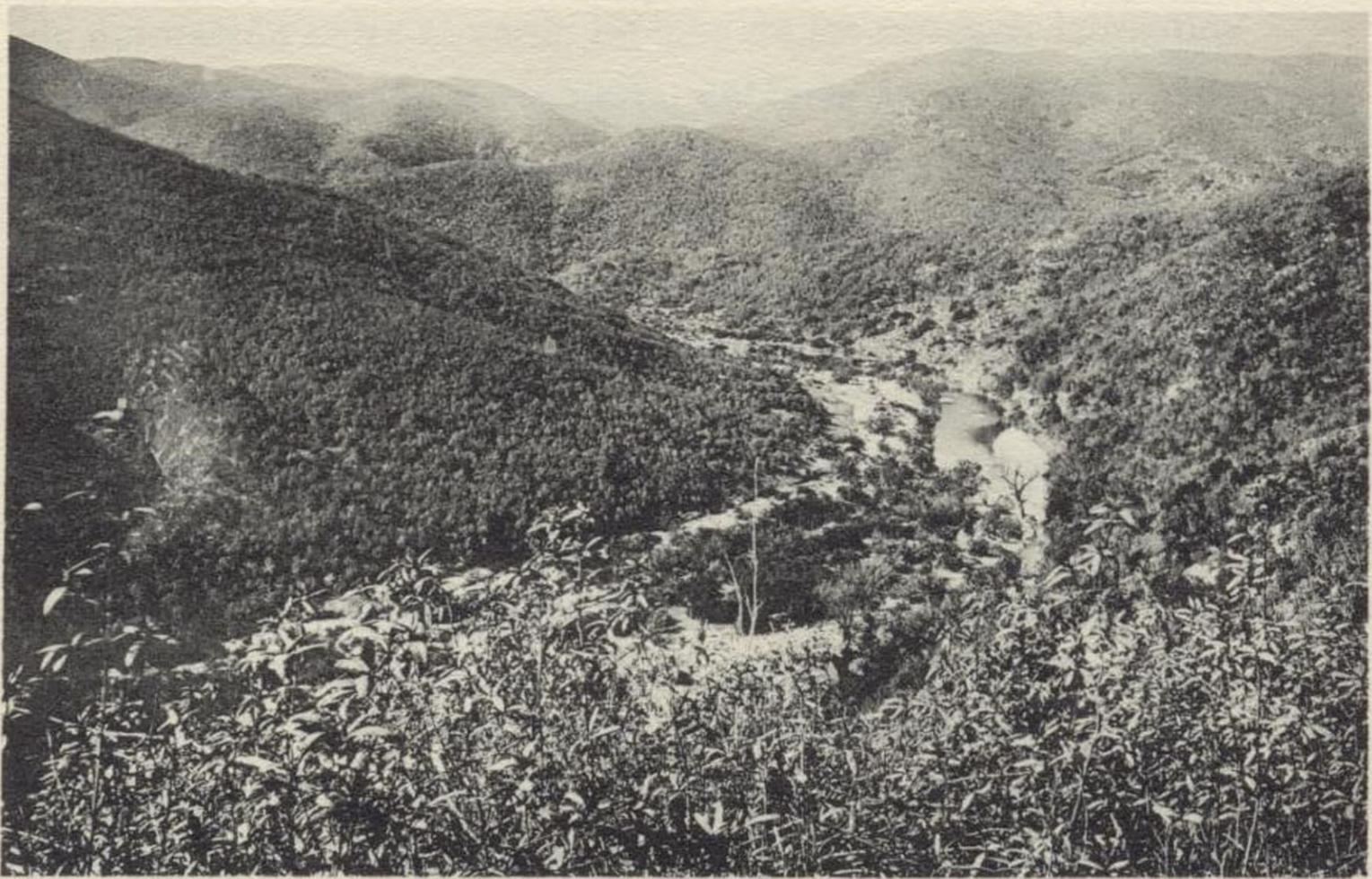
El Sr. Carbonell no es Ingeniero Vocal del Instituto Geológico, pero colabora frecuentemente en nuestras publicaciones, y su personalidad se destaca cada vez con mayor relieve, por su constante labor y por sus interesantes estudios. El que aparece en el presente número del BOLETÍN representa un profundo conocimiento de la región a que se refiere.

Don Juan Gavala es autor también de otro interesante documento geológico titulado «Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos», que se inserta en el presente BOLETÍN a continuación de la Memoria suscrita por el señor Carbonell.

Dada la competencia del autor, especializado además en los estudios acerca de la región andaluza, se comprende el verdadero interés que encierra este trabajo, fruto de un meditado y concienzudo examen de la geología de la comarca.

Don Enrique Rubio, distinguido Ingeniero, Vocal del Instituto, que colaboró y auxilió eficazmente al malogrado maestro D. Domingo de Orueta en sus estudios geológicos y petrográficos de la Serranía de Ronda, ha logrado confirmar la existencia de una zona diamantífera en Carratraca (Málaga), y da cuenta de sus investigaciones y descubrimientos de verdadero interés mineralógico en una Memoria titulada «La zona diamantífera de Carratraca», que también se inserta en el presente tomo del BOLETÍN.

Por último, y en lo que se refiere a estudios relativos a nuestra Península, los Sres. Kindelán, Alvarado y Larragán,



1. El Arroyo Parroso al atravesar una faja de pizarras silurianas.



2. Paisaje granítico de la mancha hipogénica de las Arenillas.



de coloración entre el verde intenso de los terrenos labrantíos y el oscuro y azulado de la sierra, cubierta de monte alto y de maleza, a pesar de que, como las curvas de nivel ponen de manifiesto, en ningún punto corresponde el borde del antiguo macizo a rápidas escarpas o a laderas de pendientes excesivas. Y sobre la línea que limita el acantilado, la vista adivina la dilatada comarca de achatados relieves que se extiende kilómetros y kilómetros hacia el interior de España.

La mayoría de las rocas que forman el subsuelo de la región montañosa de Cantillana son impermeables; las corrientes superficiales, de régimen torrencial todas ellas, desarrollan activa labor de denudación que la dureza de las rocas antiguas contrarresta en parte, impidiendo con ello que la red hidrográfica se profundice y retrasando el que los afluentes principales capten los arroyos y regajos más distantes de la red. Como consecuencia de este retraso, aun relativamente cerca de las vaguadas principales, los cauces de los afluentes corren con pendientes muy rápidas hacia sus desagües, y las divisorias secundarias se elevan en forma de estrechas lomas que culminan en romas aristas horizontales. Del aspecto topográfico resultante da idea la fotografía de la figura 1, tomada en el valle del Arroyo Parrroso, en paraje donde atraviesa una formación pizarreña, y bien se advierte en ella la horizontalidad de los relieves que dominan el valle y cuyas partes más elevadas corresponden al nivel medio de la penillanura de la Meseta.

Otro aspecto típico de la topografía de la comarca lo ofrece la figura 2, que representa la faja granítica de las Arenillas.

Las aguas superficiales trabajan allí de distinto modo: la roca es mucho más deleznable, y los arroyos, aunque próximos por la relativa impermeabilidad de grandes masas de roca kaolinizada, presentan pendientes suaves y circunscriben multitud de colinas de perfil cónico. Todo ello indica el estable-

cimiento de una red hidrográfica mucho más avanzada en su trabajo de denudación.

Además de la zona granítica y de la zona pizarreña, cuyos relieves característicos quedan anotados, merecen citarse, por su aspecto topográfico especial, otras zonas de la comarca montañosa de Cantillana: la altiplanicie diorítica de Castilblanco, las cumbres calizas de Sierra Traviesa y las lomas margosas del valle del Viar; mas para evitar repeticiones, aplazamos el ocuparnos de este punto hasta que tratemos de la constitución geológica de cada una de ellas.

Entre las estribaciones del áspero terreno de la Meseta y las vegas del Guadalquivir, se interpone una faja de colinas de escasa altitud, de naturaleza arcillosa y de perfiles muy atenuados, que por gradaciones insensibles descienden hasta el nivel del río. Las plantaciones de olivos y los cultivos de cereales que con tanta lozanía se desarrollan en la potente capa de tierra vegetal que la meteorización de las arcillas produce y aumenta incesantemente, cubren, a modo de gigantesca alfombra de verdura, las raíces de las arruinadas sierras hercinianas del Macizo central, y delatan la existencia en esos parajes de las formaciones terciarias que dieron origen a la campiña bética y de las cuales se conservan en la margen derecha del Guadalquivir algunos jirones, defendidos por contrafuertes de la Meseta, que avanzan hasta el cauce del río y a modo de espigones oponen un dique a la labor destructora de la corriente.

Hidrografía.—La red hidrográfica principal de la comarca de Cantillana constitúyenla el Guadalquivir y sus dos grandes afluentes: el Viar y el Huezna. El primero, con sus enormes crecidas de la época diluvial, excavó el amplio valle que desde los alcores de Mairena y de Carmona se extiende hasta el pie de la Meseta central, y lo rellenó más tarde con sus acarreo hasta el actual nivel de la vega. Todavía, en los retornos mo-

mentáneos a su régimen antiguo, en las avenidas de los inviernos lluviosos, cuando la irregular distribución de las lluvias torrenciales que de tiempo en tiempo descargan en Andalucía hace que se superpongan las crecidas de varios de sus afluentes, las aguas del Guadalquivir rebasan las márgenes del cauce de estiaje, inundan el llano, y depositan sobre los antiguos aluviones de la vega capas de limos fertilizantes que aumentan la riqueza proverbial de sus campos y van constituyendo una nueva serie de terrenos de aluvión, de naturaleza arcillosa y bien distinta, por tanto, de los depósitos pedregosos de la época diluvial.

El Guadalquivir, a su paso por Cantillana, arrastra crecidas superiores a 6.000 metros cúbicos por segundo; en verano, en cambio, su caudal desciende hasta ocho o diez metros, y gracias a las aportaciones del Genil, que recoge las aguas de Sierra Nevada y de varias sierras calizas de la Cordillera Penibética, no llega a interrumpirse su corriente. Estas irregularidades de régimen desaparecerán, o al menos se atenuarán en gran medida y en plazo no lejano, cuando se terminen los embalses que actualmente se construyen y se proyectan en los principales afluentes del gran río.

El Viar, cuya cuenca mide más de 2.000 kilómetros cuadrados, experimenta crecidas que pasan de los 1.000 metros cúbicos, y el Huezna, con cuenca de 800 kilómetros, alcanza caudales de hasta 400 metros cúbicos por segundo. La corriente del Viar se corta en verano si las lluvias escasean en la primavera; en cambio, el Huezna corre todo el año, porque lo alimentan varias fuentes que brotan en macizos de caliza de la cabecera de la cuenca.

Afluentes directos del Guadalquivir son también en la zona que describimos los arroyos de Trujillo, de Siete Arroyos y el Galapagar, que con el Parroso, afluente del Huezna cerca ya de su desembocadura en el Guadalquivir, completan

LUIS DE LA PEÑA

han redactado una «Nota acerca de los hundimientos ocurridos en La Frontera (Cuenca)», en marzo de 1927.

Producidos los curiosos fenómenos a que el citado trabajo se refiere, en los comienzos del año actual, fueron comisionados los autores de este trabajo para realizar un estudio geológico de las causas de aquéllos, y su informe está contenido en la Memoria a que hacemos referencia. En ella se hace un detenido y justo examen de la cuestión.

Consecuente el Instituto con su criterio de dedicar una atención preferente al reconocimiento y examen de la Geología de Marruecos, aparecen en este tomo dos notables estudios, uno titulado «Notas acerca de la importancia minera de la Zona de Protectorado español en Marruecos», del cual es autor D. Agustín Marín, y otro redactado por D. Alfonso del Valle de Lersundi y titulado «Zona oriental. Nota acerca de la formación geológica de la región de Cabo de Agua».

Ambos trabajos contribuyen muy eficazmente al conocimiento del subsuelo del Norte de África, por lo que el Instituto considera muy conveniente su divulgación.

La Dirección del Instituto ha procurado reunir en el presente volumen una colección de estudios de índole diversa, que por su variedad e interés considera que pueden prestarle una verdadera utilidad.

LUIS DE LA PEÑA



EXCMO. SR. D. DANIEL CORTAZAR

FOTO. BIEDMA.
Fototipia Hausen y Menet
Madrid.



EXCMO. SR. D. DANIEL CORTAZAR

FOTO. BIEDMA.

Fototipla Hauser y Menet
Madrid.

la red hidrográfica de primer orden de la comarca de Cantillana.

El Siete Arroyos corre sobre la elevada meseta de Castilblanco, que separa las aguas del río Gala y del Viar, y por una serie de rápidos y cascadas se despeña hasta la vega, donde desemboca frente al pueblo de Villaverde.

El Parroso y el Trujillo corren a uno y otro lado de la Sierra Traviesa, divisoria entre el Viar y el Huezna; el primero lleva agua todo el año, y en invierno su caudal no baja de 200 a 300 litros; el segundo se seca en el estío y aun durante el invierno es poco caudaloso.

El Galapagar corre a Levante del Huezna; atraviesa la gran mancha pizarrosa del extremo oriental de la hoja y su cauce se halla mucho más cercano a la pendiente de equilibrio que el de los anteriores.

Aguas subterráneas.—La impermeabilidad de los terrenos de la Meseta impide la formación de grandes mantos o niveles acuíferos en la parte montañosa de la comarca que estudiamos. Las alturas de calizas cambrianas originan algunos manantiales permanentes, pero su reducida extensión no permite la acumulación de grandes cantidades de agua en el subsuelo ni, por tanto, el sostenimiento de fuentes caudalosas.

En el valle del Viar las capas de areniscas y conglomerados del terreno permiano facilitan la infiltración a profundidad de las aguas pluviales, y en los trabajos de reconocimiento de los registros de carbón allí demarcados ha habido que luchar con grandes caudales de agua, principalmente desde los 50 a los 150 metros de profundidad. Además, bancos de conglomerados y areniscas de esa formación pasan frecuentemente bajo los acarreo del Viar, y las aguas del río, que mantienen saturados los aluviones, alimentan a la vez los niveles acuíferos de dicho terreno.

En la zona de colinas de la campiña, las aguas llovedizas

se infiltran en mayor o menor cantidad según la proporción de arena que contienen las arcillas miocenas. Hacia la parte de Villanueva predominan los materiales arenosos, y como consecuencia se forman a ciertas profundidades potentes niveles acuíferos que han dificultado seriamente la profundización de los pozos, en las minas de la Reunión. Toda el agua que se acumula en las explotaciones, en cantidad que pasa de 12.000 metros cúbicos por día, puede decirse que procede de los niveles permeables del Mioceno, pues las areniscas y pudingas carboníferas afloran en superficie reducida y además no son excesivamente permeables.

Los aluviones antiguos del Guadalquivir, con sus potentes mantos de gravas más o menos consolidadas, ofrecen también horizontes acuíferos de bastante importancia. Así, las poblaciones y las fincas situadas en el llano de la vega cuentan con agua abundante para sus necesidades y a profundidad relativamente corta; en cambio, los caseríos de la sierra, principalmente los enclavados en las fajas pizarreas y en las grandes masas hipogénicas, apenas cuentan con la indispensable, que, generalmente, se busca con mejor o peor fortuna en los puntos donde las rocas están muy descompuestas: las aguas que se infiltran en estas zonas alteradas se acumulan sobre la roca sana, por lo que al llegar a ella terminan de profundizar sus pozos los habitantes del país.

Climatología. Meteorología.—El clima en la comarca de Cantillana es mucho más benigno en la Meseta que en la llanura del Guadalquivir. Las máximas de temperatura, tan exageradas en verano, que elevan la media anual de Sevilla a 17°,9, rara vez se sienten sobre el borde de la Meseta, y en Cazalla de la Sierra, pueblo situado al Norte de la hoja de Cantillana, pero no muy distante, la media registrada el año 1923 no pasó de 12°,5. Verdad es que en la reducción de la media influyen en gran medida las temperaturas de invierno,

mucho más bajas en la sierra que en el valle, donde los habitantes no recuerdan ninguna nevada desde el año 1885, en tanto que las alturas de la Meseta que pasan de la cota 400 se cubren de nieve, aunque pasajera, todos los inviernos.

Las temperaturas máximas del estío se registran en el valle del Guadalquivir cuando se establecen sobre el golfo de Cádiz y las costas occidentales de Marruecos los mínimos barométricos que provocan el régimen de vientos de Levante en el estrecho de Gibraltar y regiones limítrofes; y cuando este viento sopla con violencia entre Tarifa y Cádiz, en el valle del Guadalquivir, a partir del paralelo de Lebrija, reinan calmas asfixiantes, durante las cuales la radiación del suelo eleva la temperatura de las capas inferiores del aire hasta 56 grados centígrados.

El régimen de lluvias en la comarca de Cantillana es muy semejante al de la costa atlántica de Cádiz y Huelva. La altura de agua que cae en Sevilla es por término medio de 560 milímetros al año, y con pocas variaciones esa misma cifra representa la altura pluviométrica en todo el borde de la Meseta, que no opone a las corrientes de aire húmedo obstáculos que, al obligarlas a elevarse, condensan el vapor de agua que arrastran. Los vientos de lluvia en todo el valle del Guadalquivir son los que soplan del tercer cuadrante, cálidos y húmedos a la vez, por el gran recorrido sobre el Atlántico, y como el valle está orientado precisamente de Suroeste a Noreste, donde mayores precipitaciones producen es al llegar a las sierras de la Penibética, que lo limitan por el Este, y allí se registran efectivamente alturas de lluvia de cerca de dos metros, y en algunos puntos singulares el pluviómetro recoge más de tres metros algunos años.

La lluvia anual cae repartida entre sesenta o setenta días de los meses de octubre a mayo. Desde junio hasta fines de septiembre puede decirse que no cae una gota de agua en

esta región de Andalucía, y por esto en el verano los campos ofrecen un aspecto desolador. Cuando terminan las faenas de recolección y el ganado recorre los rastrojos para aprovechar el grano que los segadores dejaron tras de sí, el país queda desierto; pero afortunadamente este estado de cosas tiende a cambiar de modo radical con la implantación del regadío en gran parte de las vegas, y dentro de algunos años más de 50.000 hectáreas de terrenos que actualmente nada producen en el verano aumentarán con las cosechas de un cultivo intensivo la riqueza incalculable de esta privilegiada región de España.

II.

Desde el punto de vista geológico, hay que considerar tres zonas en la comarca de Cantillana, que abarca la hoja del mapa que describimos: la de la Meseta, en cuya formación sólo toman parte terrenos hipogénicos y sedimentarios antiguos; la de colinas o campiña, a que da origen la faja miocena, y la de las vegas o cuaternaria.

A. — MESETA

El antiguo macizo herciniano de la Meseta central de España, en el que aparecen representados varios pisos del arcaico, todos los terrenos primarios y rocas hipogénicas de los más diversos tipos, ofrece composición muy variada en la comarca de Cantillana: grandes masas de granitos y de dioritas, horizontes pizarrosos y calizos del Cambriano, en gran parte metamórficos, cuarcitas y pizarras del Siluriano inferior y medio; la formación hullera estefaniense, y el terreno permiano, cuya existencia en España se ha considerado como una de las cuestiones más discutibles de la geología nacional, con-

tribuyen a formar los relieves de la parte de la Meseta a que nos venimos refiriendo, y cada uno de ellos imprime al país un carácter topográfico especial dentro de la monótona morfología que acciones denudadoras de orígenes diversos, actuando durante periodos geológicos de enorme duración, imprimieron a las primitivas montañas hercinianas.

Rocas hipogénicas. — Las rocas que forman las grandes masas hipogénicas que se dibujan en el mapa pertenecen principalmente a dos grandes grupos o series: la granítica y la diorítica. De cada serie se encuentran diversas variedades, y además rocas que establecen tránsitos de unos tipos a otros; pero las que predominan son, como queda dicho, los granitos y las dioritas.

Las rocas de la primera serie son más antiguas que las de la segunda, y sus afloramientos se alinean más o menos exactamente de Noroeste a Sureste.

Granitos. — Constituye el granito, dentro de los límites de la hoja, tres masas principales, que describiremos sucesivamente. La *primera* se halla situada en la parte Noreste de la hoja, en contacto por ese rumbo con el estratocristalino y por el Suroeste, con el cambriano. Esta masa hipogénica se presenta en forma de faja alargada de Noroeste a Sureste, con anchura media de dos kilómetros y 11 de longitud; penetra por el extremo Norte de la hoja hacia El Pedroso, y termina en la casa de Mulba, en la margen derecha del río Huezna.

El granito de esta faja es de grano grueso y a veces gneísico. En las proximidades del paraje denominado El Blanquillo, en el cerro marcado con la cota 191 en el mapa, afloran masas de granito rosáceo, muy feldespático, con vetas o fajas de granito gneísico muy cargado de mica.

En Ventas Quemadas, en las márgenes del arroyo Parroso y en la Cañada de la Mujer, el granito es de color rojo, compacto y bien conservado.

Cristales de feldespato orthosa de color rojo fuerte, mica biotita y abundantes cristales de cuarzo de color grisáceo forman esos granitos rojos. Analizándolos con el microscopio se ve que predominan entre los feldespatos el orthosa y sólo aparecen pequeñas cantidades de plagioclasas, generalmente oligoclasa, que se distingue por las abundantes maclas polisintéticas. Los cristales de orthosa muestran la macla típica de Carlsbad y están cargados de materia ferruginosa, que imprime a la roca el tono rojo. Estas impregnaciones ferruginosas se acentúan en la periferia de los cristales y en su contacto con los de cuarzo que rellenan los intersticios.

La mica biotita de los granitos rojos está muy descompuesta y es muy dicroica.

Aunque en mucha menor proporción que los minerales anteriores, y más bien como producto de epigénesis, tanto de los feldespatos como de la biotita, se encuentran en las rocas que describimos pajuelas de muscovita, que se destacan en el campo del microscopio con sus vivos colores de polarización.

El cuarzo no ofrece más particularidad que las abundantes inclusiones líquidas que contiene.

En las agujas de salida de la estación de Arenillas, enclavada en el borde occidental de esta masa granítica, asoma también el granito rosa, aunque bastante descompuesto y con escasa cantidad de mica. La roca se muestra bien al descubierto en la trinchera que existe en la estación misma, donde se aprecia un dique porfídico que atraviesa el asomo.

La fotografía número 2 representa un paisaje de la faja granítica que acabamos de describir, y por lo suave del relieve se comprende que la roca se halla en general muy descompuesta, aunque aparece bien conservada en los parajes enumerados más atrás.

No se han observado signos de metamorfismo en las rocas de los terrenos estratocristalino y cambriano que circundan

esta masa granítica, lo que hace suponer que la fecha de su aparición en las capas altas de la corteza se remonta a los más antiguos periodos geológicos.

La *segunda* masa granítica, situada en los límites de la hoja, se encuentra en su extremo Noroeste, y puede considerarse dividida en dos zonas por una gran faja intrusiva de rocas dioríticas. La que se halla más al Sur, en la margen derecha del río Viar, está, por su borde Este, en contacto con los terrenos permianos que rellenan la hondonada de ese valle, y por los demás rumbos la rodean rocas dioríticas. La que se encuentra más al Norte no llega al borde de la cuenca permiana, del que la separa una faja de dioritas, y por el Sur linda con terrenos cambrianos.

Tanto en la zona Norte como en la zona Sur de esa segunda masa granítica, aparecen íntimamente unidas las rocas típicas de la primera serie con las de la serie diorítica, especialmente en la vertiente derecha del Viar y en los lugares donde este río corta la masa hipogénica, hasta el punto de que en el espacio de algunos metros asoman manchas de granito y de diorita entremezcladas y sin que su presentación obedezca a ley alguna. Es decir, que tan pronto se advierten filones de granito en la diorita como intrusiones de diorita en el granito.

El granito que podríamos llamar normal de esta mancha es del tipo que aparece entre los kilómetros 12 y 13 de la carretera de las Jarillas y cerca de la desembocadura del arroyo de los Provinciales, en el río Viar; muy compacto, de color rosáceo, aspecto granudo y textura holocristalina de elementos grandes. Contiene feldespatos orthosa y oligoclasa, mica biotita y mica verdosa, y cuarzo abundante; visto al microscopio se advierte además la existencia en su masa de caolín y productos ferruginosos procedentes, respectivamente, de la descomposición del feldespato y de las micas.

Exteriormente ofrece el mismo aspecto que el granito de Mulba y de las Arenillas, pero la coloración es más clara.

La *tercera* masa granítica se extiende al Norte de Burguillos y es de composición análoga a la segunda.

Dioritas. — Las rocas de la segunda serie antes citada, o sean las dioritas y las diabasas, con innumerables tránsitos de unas a otras, ocupan extensión considerable en la parte occidental de la hoja de Cantillana.

Comienzan los afloramientos de esas rocas a orillas del río Viar, a cinco kilómetros al Norte del puente de la carretera de Lora del Río, y se dividen, a partir de ese punto, en dos grandes masas que envuelven las fajas de terreno cambriano de Castilblanco y Villaverde. La rama Norte se extiende por los parajes denominados El Porquerón, La Milanera, El Cerrajón y El Pino, con anchura de dos kilómetros y longitud de unos 15. Sigue la dirección media de Sureste a Noroeste. La otra rama se dirige sensiblemente de Este a Oeste, por los altos del Cerrón, hacia Castilblanco de los Arroyos, en donde sale de los límites de la hoja después de un recorrido de 13 kilómetros.

Además de esas dos masas principales, aparecen otros afloramientos más pequeños de dioritas, tales como los enclavados en el granito al Norte de Burguillos; el del arroyo Galapagar, al Norte de Villanueva del Río, y el del extremo Noroeste de la hoja, a Levante del río Huezna.

Las rocas de esta serie que se encuentran en la comarca de Cantillana pueden clasificarse en tres grupos. En el primero, las *diabasas propiamente dichas*, de estructura microcristalina, acaso las más abundantes; en el segundo, las rocas en que el anfíbol sustituye en parte al piroxeno y constituyen el término de *transición entre las diabasas y las dioritas*; en el tercero, las que no contienen piroxeno, sino únicamente anfíbol, y son las *dioritas propiamente dichas*.

En la faja hipogénica que se extiende entre el Viar y Castilblanco, las diabasas son compactas y cristalinas; su textura varía de la afanítica a la francamente cristalina, y se componen de faldespato y piroxeno como elementos principales. Este último se halla a veces transformado en clorita, y a veces en uralita. Se encuentran también en esa faja diabasas de aspecto porfiroide de color verde oscuro, con grandes cristales de feldespato plagioclasa y de piroxeno, repartidos en una masa microcristalina de las mismas sustancias, y con gran cantidad de clorita, además, resultante de la epigénesis del piroxeno.

Abundan en la faja hipogénica que va del Viar a Castilblanco las rocas que no cabe clasificar ni como dioritas ni como diabasas, porque tan pronto predomina en su masa el anfíbol como el piroxeno, y siempre contienen estos dos elementos. Este es el tipo intermedio diorítico diabásico. Rocas de este grupo se encuentran en la margen derecha del Viar, frente a la casa del Rinconado.

Por último, en otros parajes, el de Cuchareros, entre ellos, hay verdaderas dioritas de estructura cristalina y color verde oscuro, que examinadas al microscopio revelan la existencia en su masa de cristales muy puros de feldespato labrador, alargados y entrelazados, de modo que dan a la roca la típica textura ofítica, y un anfíbol verdoso, dicroico, con cruceros bien marcados, y cuyos caracteres ópticos corresponden a la hornablenda. Contienen también estas rocas pequeñas partículas de magnetita.

Los tipos descritos son los que principalmente se encuentran en las grandes masas de rocas sin cuarzo que asoman en el perímetro de la hoja que estudiamos, sin que sea posible fijar los límites de las manchas que corresponden a cada uno, porque en cualquier área, por reducida que sea, se pueden recoger muestras de todas las variedades citadas.

Rocas intrusivas.—Dentro de la superficie que ocupan las



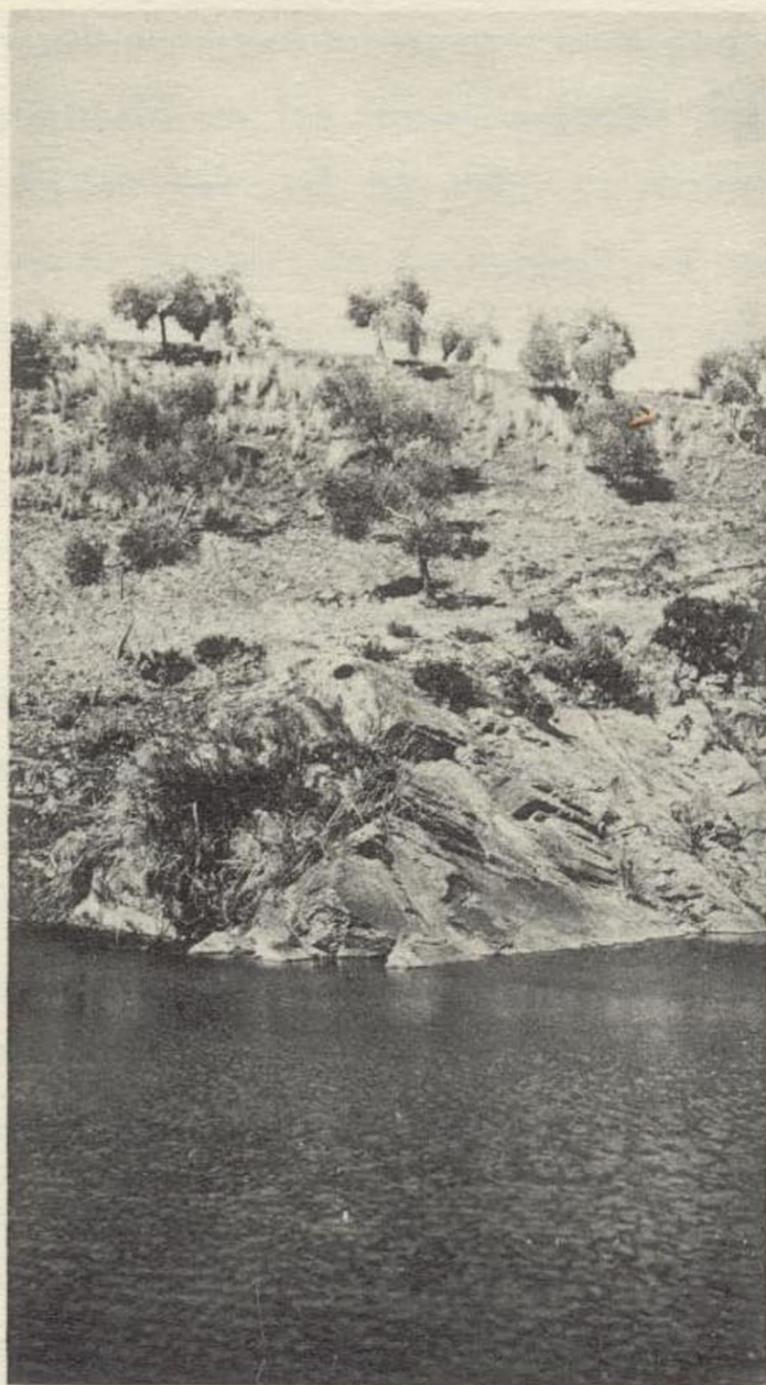
3. Canchal diorítico del asomo de Rilla. En el fondo la penillanura de la Meseta.



4. Cuarcitas cambrianas en la margen derecha del Galapagar, aguas arriba de la carretera de Lora. En la parte alta del corte, arenas miocenas.



3. Canchal diorítico del asomo de Rilla. En el fondo la penillanura de la Meseta.



4. Cuarcitas cambrianas en la margen derecha del Galapagar, aguas arriba de la carretera de Lora. En la parte alta del corte, arenas miocenas.



grandes masas de rocas hipogénicas descritas aparecen diques, vetas o filones de rocas eruptivas de tipo porfídico que, por lo general, atraviesan las fajas hipogénicas y forman con la dirección de sus ejes un ángulo de 35 grados.

Esas rocas eruptivas suelen alterar las rocas en que arman sus diques o filones y las convierten en tipos de difícil clasificación; unas veces producen infiltración de sílice en las rocas de la caja; otras ocasionan el fenómeno contrario, y cuando se trata de una masa granítica, tan pronto se observa el granito convertido en pórfido cuarcífero en las proximidades de la roca intrusiva, como desprovisto del cuarzo y convertido en sienita.

De esas rocas intrusivas pueden citarse, aparte de los pórfidos graníticos ordinarios y frecuentes, una variedad epidotífera que se ha encontrado en las inmediaciones del vértice Cebrón y que arma en las diabasas. Su color es rosáceo, pero a medida que aumenta la proporción de epidoto va pasando a verdoso, al mismo tiempo que su textura se hace más y más afanítica.

Interestratificada en las capas inferiores del terreno permiano, existe una roca de aspecto de basalto y textura porfídica que, fuera de los límites de la hoja, en la vertiente derecha del Viar, a orillas de los barrancos que cortan la formación permiana, es relativamente abundante. Sus capas miden, generalmente, tres o cuatro metros de espesor, aun cuando en el paraje denominado el Membrillo pasa de 15, y suelen estar cubiertas por un conglomerado de menudos elementos, formado a expensas de la misma roca. Encima yacen los conglomerados y las areniscas típicas del Permiano.

Examinada al microscopio dicha roca, en la que a simple vista se aprecian muchas vacuolas rellenas de una sustancia verdosa, ha resultado ser un pórfido sienítico con sodalita y meroxeno, y la sustancia que rellena las vacuolas, yeso teñido por materias cloríticas.

Terreno arcaico.—Lindando con la mancha hipogénica de las Arenillas por su borde Norte, se dibuja en el mapa una fajita de terrenos arcaicos en la que hemos encontrado las siguientes rocas, propias del cortejo granítico: aplitas, pegmatitas, granulitas, filones de cuarzo, etc., que forman en su conjunto a modo de una envolvente del macizo granítico. Esta disposición se encuentra principalmente en las aplitas, que tienden a yacimientos estratificados con verdaderos tránsitos a gneis granitoide. Los diques de pegmatitas, aunque de menor extensión, se acumulan en fajas casi paralelas a las aplitas, y entre ambas rocas ocupan casi toda la superficie de la mancha arcaica. Las granulitas y los filones de cuarzo, de pequeña potencia, cortan tanto al granito como a las rocas anteriores.

Es muy frecuente que los feldespatos estén caolinizados, y por ello muchos asomos se desmenuzan y dividen en arcillas y arenas.

Sistema cambriano.—En la constitución de las cordilleras hercinianas de la Península, que niveladas por continuada labor de denudación durante periodos geológicos enteros, aparecen ahora a nuestros ojos con aspecto de penillanura, debieron tomar parte grandes espesores de rocas cambrianas. Aun hoy día, cuando apenas se conservan las raíces de las primitivas plegaduras, empotradas entre los macizos de rocas hipogénicas que hemos descrito en las páginas anteriores, ofrecen vasto campo de estudio al geólogo en la comarca de Cantillana las potentes hiladas de pizarras, cuarcitas y calizas que agrupadas en fajas que se alinean en la dirección típica de los pliegues hercinianos, esto es, de Noroeste a Sureste, imprimen al país rasgos topográficos que se derivan de su naturaleza que con materiales tan diversos se formaron en época lejana, al actuar por primera vez sobre las capas paleozoicas las fuerzas orogénicas.

Si se echa una ojeada al mapa, en particular a su mitad

oriental, salta a la vista la distribución de los diversos terrenos de la Meseta en fajas que se dirigen de Noroeste a Sureste, dirección que concuerda con la de los estratos y con las de las principales líneas directrices de la tectónica de la comarca.

La superficie que se dibuja en el mapa con color castaño oscuro corresponde al terreno cambriano, aun cuando gran parte de las capas, sobre todo los haces de pizarras arcillosas, presentan tan marcadas señales de metamorfismo, que hemos creído procedente dibujar con un signo especial las zonas donde eso ocurre, porque en realidad las rocas cambian considerablemente de composición y de textura, y, por consiguiente, de aspecto externo, al enriquecerse en elementos cristalinos, al aumentar su pizarrosidad y al rizarse en pequeñas acanaladuras por efecto de las fortísimas presiones que han debido soportar.

En las zonas donde menos se acentúa el metamorfismo se distinguen tres niveles u horizontes, a cada uno de los cuales caracteriza un tipo de roca distinto, y a nuestro juicio deben incluirse los tres en el Cambriano. Tales son: el horizonte de calizas marmóreas de la Sierra Traviesa, el de pizarras silíceas de color vinoso y gris oscuro o castaño del arroyo Tamujoso, y la potente serie de cuarcitas de color gris azulado, que en capas de poco espesor, 50 a 60 centímetros generalmente, afloran a lo largo de la garganta del Huezna, aguas arriba del puente del ferrocarril de Mérida. Sobre estas cuarcitas se desarrollan otras en bancos mucho más potentes y con coloración más clara, que parecen pertenecer ya a la base del Ordoviciense.

Limitándonos por el momento a las rocas cambrianas, y dentro de éstas a los haces de capas menos metamorfizadas, diremos que en la Sierra Traviesa, las calizas, marmóreas a veces, de tonos claros y con bonitas vetas rosadas, describen

un sinclinal en la parte alta del monte que ha resistido a los agentes meteóricos y ha protegido, a su vez, a las capas de pizarras metamórficas, cuajadas de cristales de diferentes silicatos, que forman el núcleo de esta línea de alturas, ligada íntimamente, como se ve, a la existencia de las calizas cambrianas.

La faja cambriana de Sierra Traviesa queda interrumpida bruscamente al Sur, junto al caserío de Fuenteluenga, a causa tal vez de una antigua falla que dejó sentir más tarde sus efectos en las capas permianas e interrumpió igualmente la continuidad de esta formación, y en las lomas alargadas que constituyen la prolongación de la Sierra Traviesa, aunque con cotas mucho menores, las cuarcitas y pizarras que afloran pertenecen a horizontes más altos del Paleozoico.

Capas de pizarras y cuarcitas cambrianas se presentan a un kilómetro al Noreste de la corrida de Sierra Traviesa, en la faja que linda con el macizo granítico de las Arenillas y que se prolonga hacia el Sur en dirección a Villanueva de las Minas. Las capas que forman esta faja cambriana ofrecen cortes muy interesantes en las inmediaciones de la mancha carbonífera de la Reunión, pues tanto el arroyo Tamujoso como la Ribera de Huezna han abierto estrechos desfiladeros en el seno de las pizarras y de las cuarcitas, y en las escarpas de las orillas, demasiado pendientes para sostener los derrubios que caen de la parte alta, quedan al descubierto los estratos, y aun en los fondos de los cauces, que las grandes avenidas mantienen limpios de acarreo y materiales sueltos, se pueden seguir con la vista las distintas hiladas de rocas y apreciar hasta en los menores detalles las inflexiones, las variaciones de buzamiento y las soluciones de continuidad que ofrecen algunos haces de capas al cruzar de una margen a otra y que hacen sospechar que la Ribera de Huezna ha profundizado su lecho en esa parte siguiendo una antigua línea de fractura, a lo largo de la cual

encontraron las aguas más facilidad para avanzar en su labor de erosión.

La línea de contacto de las pizarras con las cuarcitas cruza la garganta del Huezna un poco aguas arriba de su confluencia con el arroyo Tamujoso, y las capas de estas últimas rocas se inclinan, por lo general, de 40 a 50 grados al Suroeste, con buzamiento contrario al que ofrecen en su contacto con las pizarras.

El haz de capas pizarreñas, en las que ya se dijo que predominaba el color morado rojizo típico de las heces de vino, se muestran al descubierto en el arroyo Tamujoso, por debajo de las pudingas de la formación carbonífera, y las mismas capas, aunque de colores más oscuros, pardo rojizos y grisáceos, destacan entre las arenas de la formación miocena en el cerro llamado del Mirador o del Bienteveo, a Poniente de Villanueva de las Minas.

Como el mapa pone de manifiesto, la faja de Cambriano que acabamos de describir termina por el Noreste en la masa granítica de Mulba, salvo en las proximidades de Villanueva, donde se enlaza con una mancha de la misma edad y mucho más extensa, que por el Norte y hacia Levante llega hasta los límites de la hoja y continúa aún mucho más por esos rumbos.

En general, la mayor parte de las rocas de esa gran mancha corresponden al tipo pizarreño metamórfico, como lo indica el signo geológico que hemos empleado para representarlas, pero también pueden reconocerse en ella las rocas típicas de los horizontes no metamórficos ya mencionados, como vamos a ver seguidamente.

El tramo más fácilmente reconocible es el de las cuarcitas, pero su íntima relación con el de las pizarras hace punto menos que imposible un deslinde perfecto entre unas y otras rocas, y por ello hemos renunciado a figurar en el plano la línea de separación, tanto más, cuanto que la mayor parte de

los horizontes pizarrosos están en gran parte metamorfizados y sólo han quedado algunos haces de capas con su apariencia y textura normal.

La carretera de Villanueva a Constantina, a partir del kilómetro 19,500, donde termina la formación miocena, cruza hasta el arroyo Galapagar las capas cambrianas que establecen la unión entre la mancha del Tamujoso y la del ángulo Noreste de la hoja, y en varios desmontes y en las cunetas del camino se observan afloramientos de pizarras verdosas micáceas con grandes manchas negruzcas. Por efecto de inflexiones locales, las capas se dirigen allí al Norte 70° Este, con buzamiento hacia el cuarto cuadrante. En una lomita situada al Norte de la carretera, hacia el kilómetro 19,300, asoman bancos de cuarcita de uno a dos metros de espesor y que en conjunto no miden más de 50 de potencia. La roca es blanquecina y está cuajada de filoncillos de cuarzo lechoso con crestas de hierro oligisto.

Junto al poste del kilómetro 19, en un desmonte, afloran pizarrones verdosos y parduzcos con intercalaciones de areniscas deleznales de grano bastante grueso y cuyos bancos buzán 45 grados al Noroeste.

Al bajar por la carretera al arroyo Galapagar, yendo desde Villanueva, se distinguen bien, en las trincheras, las capas del Paleozoico. A unos 300 metros antes del puente se encuentran, interestratificadas en las pizarras, calizas negras compactas cristalinas de grano muy fino. El aspecto de la formación es el típico del Cambriano de la comarca, y como tal se debe clasificar a pesar de la carencia de fósiles. Al otro lado del Galapagar cesan los bancos calizos, y las pizarras, cada vez más satinadas y micáceas, comienzan a cargarse de cristales de silicatos de metamorfismo. Al mismo tiempo su pizarrosidad aumenta y los estratos se rizan en pequeñísimos pliegues de dos a cuatro centímetros de radio; en tal forma, que cuando



5. Pizarras cambrianas metamórficas. Dehesa de Alcolea.



6. Calizas cambrianas. Risco de la Mujer, a orillas del Galapagar.





5. Pizarras cambrianas metamórficas. Dehesa de Alcolea.



6. Calizas cambrianas. Risco de la Mujer, a orillas del Galapagar.



esas pizarras se deshojan en láminas delgadas, tienen el aspecto de las chapas acanaladas que se fabrican para cubiertas. La figura 5 representa el techo de uno de esos bancos de pizarras acanaladas, que, a pesar de su exposición a la intemperie, desde época seguramente lejana, deja observar bastante bien el fenómeno de metamorfismo dinámico a que nos referimos.

La fotografía está tomada al Norte de la casa de la dehesa boyal de Alcolea, en término de Villanueva del Río, donde las capas en cuestión buzcan fuertemente al Suroeste y por debajo de otras francamente cambrianas que forman la base del cerro del Jaralejo, a Poniente de la casa de la dehesa.

La línea de contacto entre las pizarras típicas del Cambriano y las metamórficas, se dirige desde el Jaralejo al collado que separa la Mesa de las Viñas de las alturas que se encuentran más al Norte, y toda la zona que queda a la derecha puede considerarse metamórfica, y así lo comprueban recorridos hechos entre la casa de la Jabata y la mencionada Mesa de las Viñas, pues tanto al bajar el arroyo Galapagar como al subir después las ásperas laderas que dan acceso a la Mesa, se encuentran las pizarras paleozoicas muy rizadas y con abundantes cristales de silicato de metamorfismo. Por el contrario, cuando se baja desde la Mesa de las Viñas a la Ribera de Huezna se encuentran pizarras negras tabulares con otras pardas arcillosas en bancos más potentes, que en conjunto se dirigen de Noroeste a Sureste y buzcan 30 grados al Suroeste.

En las lomas que prolongan el alto de la Mesa de las Viñas en dirección al Norte y sirven de divisoria entre la Ribera de Huezna y el arroyo Galapagar, aparecen bastante mezclados los horizontes normales y metamórficos del Cambriano, lo que se explica por las repetidas intercalaciones que allí se observan entre las pizarras, de bancos de cuarcita, menos expuestos a los fenómenos de metamorfismo, o por lo menos no tan fáciles como las primeras a sufrir cambios de composición y de

textura que varíen radicalmente su aspecto; así es que, aun cuando todo el conjunto de rocas cambrianas haya estado expuesto a la acción de idénticos agentes, las cuarcitas han podido conservar su aspecto propio, en tanto que las pizarras se transformaron en rocas bien distintas de las originarias. La carretera particular de la finca de Rilla, cuando pasa de la Mesa de las Viñas cruza pizarras muy metamórficas y silicificadas, y a poco se encuentra un gran espesor de cuarcitas blanquecinas y amarillentas de color gris azulado en la fractura fresca, con intercalaciones de pizarras micáceas muy metamorizadas. Estas cuarcitas, como las de las orillas del Huezna, cerca de Villanueva, están estratificadas en lechos de escaso espesor y tienen tendencia a romperse en trozos de formas prismáticas que, al regarse por el suelo, lo hacen tan áspero y pedregoso, que apenas puede arraigar en las áreas de estos afloramientos más vegetales que esas palmeras enanas tan abundantes en Andalucía y que en el país se conocen con el nombre de *palmas* o *palmitos* (*Chamaerops humilis*). El contraste es fuerte con el resto de la sierra, cubierta de frondoso monte bajo, y a trechos de poblados encinares.

Cuando, al seguir la misma carretera, se llega al límite de los términos de Villanueva y Constantina, cesan las cuarcitas y se penetra en una zona de pizarras arcillosas. Los primeros bancos se hallan casi verticales; pero poco después se encuentran otros que buzán casi 45 grados al Este y que se dirigen aproximadamente de Norte a Sur.

A lo largo de la suave ladera por donde el camino baja al arroyo de Rilla se cortan bancos de pizarrones con delgados lechos de cayuela, y antes de llegar al vado del arroyo algunas pizarras micáceas. Las capas en todo ese recorrido tienen buzamiento poco pronunciado, aun cuando conservan la inclinación al Este y la dirección Norte-Sur; pero a un kilómetro al Norte del arroyo, las capas cambian de buzamiento y forman,

con las de la ladera opuesta, un amplio sinclinal que afecta, no sólo a las pizarras, sino también a las cuarcitas infrayacentes, pues estas rocas asoman poco antes de llegar a la casa de Rilla, concordando su buzamiento y dirección con el de las pizarras.

En la vertiente occidental de la Mesa de la Regajera o de la Jabata asoman las mismas cuarcitas cambrianas que se encuentran en la carretera de Rilla. Los afloramientos ocupan una faja de terreno que escasamente mide un kilómetro de anchura, y al Norte se encuentran pizarras muy micíferas, idénticas también a las del sinclinal de Rilla, a cuya prolongación meridional corresponden. El eje de este plegamiento se ha dibujado en el mapa.

Además de las cuarcitas y de las pizarras que con signos más o menos marcados de metamorfismo integran la formación cambriana que ocupa el ángulo Noreste de la hoja de Cantillana, existe en varios puntos un horizonte de calizas cuya relación con los niveles descritos no es bien manifiesta en ninguno de los afloramientos, pues unas veces parecen buzár por debajo de las pizarras y de las cuarcitas; otras, por el contrario, parece que se les sobreponen, pero sin que ninguno de los contactos esté lo suficientemente claro para poder descifrar esta cuestión, que sólo permitirá resolver el estudio de otras zonas limítrofes, donde las masas de caliza tengan mayor desarrollo y donde sus bancos tengan la regularidad que aquí les falta, y que es la causa principal de que su situación en la serie estratigráfica no resulte bien definida.

Uno de los parajes en que se presentan esas calizas que en el país llaman piedra jabaluna, es en las cercanías del caserío de Rilla, por donde cruza un potente cordón. La roca es de color gris con vetas blancas y sobresale del terreno en forma de masas redondeadas. Algunos bancos son pardos, con manchas ferruginosas, y otros se han convertido en hematites por

metasomatosis; también se ven sobre las rocas algunas costras de hierro oligisto.

Las mismas calizas forman el Risco de la Mujer, a orillas del Galapagar, con tajos muy pintorescos de 50 metros de altura sobre el arroyo.

Las de la casa de Rilla están en contacto con cuarcitas amarillentas en el camino que conduce a Constantina, y vuelven a aparecer medio kilómetro más al Norte, aunque con dirección normal al primer afloramiento, con sus bancos casi paralelos a la dirección del camino, es decir, Norte-Sur. Más tarde recorran su rumbo primitivo y de nuevo afloran en su contacto las cuarcitas blanquecinas y a continuación unas pizarras con aspecto margoso. A partir de este punto, y hasta llegar al límite de la hoja, se cruza una faja como de tres kilómetros de anchura de terrenos cubiertos de tierras laborables, en donde no se ven afloramientos de ninguna roca, pero en cambio son muchos los pedazos sueltos que cubren la superficie de los campos, y entre ellos los hay de calizas margosas negras, de areniscas amarillentas con manchas ferruginosas, de cuarcitas grises, de margas arcillosas amarillas y de margas grises compactas. La formación a que corresponden esas muestras de rocas es al parecer azoica, y aun cuando por sus relaciones con los terrenos inmediatos la referimos al Cambriano, da la impresión de ser mucho más moderna. La clasificación de esta serie de capas tampoco es posible por los estudios hechos en los límites de la hoja de Cantillana, y habrá que aplazarla hasta encontrar la misma formación con su desarrollo normal en alguna zona inmediata, con fósiles típicos o en relación indubitable con otros terrenos de edad bien conocida.

Si difícil resulta el estudio del terreno cambriano en la mitad oriental de la hoja, donde al menos se ofrecen a la vista cortes naturales interesantes de los diversos haces de capas que, según acabamos de exponer, lo integran, en la zona de

Burguillos y Castilblanco las dificultades se multiplican por lo exiguo de los macizos de rocas sedimentarias, la falta de afloramientos bien manifiestos y la influencia que en ellos han ejercido las enormes masas hipogénicas que los envuelven y los diques de rocas intrusivas que interrumpen la continuidad de esos últimos restos de las formaciones paleozoicas.

Como se ve en el mapa hemos agrupado los estratos que afloran entre las masas hipogénicas de Castilblanco y Burguillos en dos niveles u horizontes que corresponden al de pizarras y cuarcitas cambrianas normales y al de pizarras metamórficas de la región oriental. En las fajas de que ahora tratamos, como rocas francamente cambrianas, consideramos las pizarras arcillosas pardas o azuladas, estas últimas lustrosas y brillantes, con algunas intercalaciones de pizarras talcosas y delgadas capas de cuarcitas; en el grupo de las metamórficas incluimos las pizarras que contienen silicatos de metamorfismo, de cuyos cristales están muy cargadas algunas capas. Estas se presentan en la faja más cercana al macizo granítico.

Sistema siluriano. — La extremada escasez de fósiles en los terrenos antiguos que hemos estudiado en la comarca de Cantillana dificulta extraordinariamente la determinación de la edad de los diferentes grupos de capas, y es, por tanto, punto menos que imposible trazar los límites de dos períodos geológicos con precisión, sobre todo cuando al cambio de edad no corresponde un cambio bien marcado de la *facies* de la sedimentación. Esto ocurre con el Cambriano y el Siluriano de las fajas del Parroso, Villanueva y Galapagar, pues parte de las cuarcitas tabulares que hemos considerado cambrianas, sobre todo los niveles más altos, podrían corresponder ya al Siluriano inferior; pero no contando con datos paleontológicos que permitan fundamentar una opinión decisiva, y por no establecer divisiones en series de capas que presentan bastante homogeneidad desde el punto de vista de su com-

posición y de su *facies*, hemos preferido considerarlas cambrianas.

Pero hay en la prolongación meridional de la línea de alturas de Sierra Traviesa un haz de capas de cuarcitas muy potentes de aspecto francamente ordoviciense, que sin duda alguna debe excluirse del terreno cambriano. Forman estas cuarcitas los cerros de los Alacranes y de la Encarnación, que separa el arroyo Parroso, y produce entre ambos, al cortar en ángulo recto los bancos de la cuarcita, un abrupto y profundo desfiladero. Contienen estas capas bastantes algas o tigilites planos y perforantes, y también se ha podido recoger una cruciana bastante plana, del tipo de la *C. Montpelliensis*, Rou, o de la *C. Schulzi*, Samp.

Al Noreste de estas alturas, en una gran quebrada del terreno por donde corren varios arroyos (Alamillos, Barranco de la Mujer, etc.), afloran pizarras muy carbonosas, que cruzan en algún punto diques eruptivos y que atribuimos al Siluriano medio, aun cuando no nos ha sido posible encontrar fósiles característicos.

Movimientos hercinianos. — Los terrenos sedimentarios que se han descrito en las páginas que anteceden, forman con las grandes masas hipogénicas de granitos y dioritas los elementos constitutivos de la mole de la Meseta. Plegados conjuntamente en una serie de sinclinales y anticlinales que se orientan de Noreste a Sureste, que en los cortes geológicos números I a IV se han representado con la mayor exactitud que permite la observación de las capas en los afloramientos, forman, por así decirlo, el armazón del viejo macizo herciniano en la parte a que este estudio se contrae. Los terrenos que con posterioridad se sedimentaron sobre el mismo apenas han modificado su configuración, pues más que las capas post-hercinianas al cubrir tal o cual superficie del antiguo macizo y contribuir con sus rocas a la formación de nuevos relieves

topográficos, influyó en esa configuración el hundimiento de las áreas en que dichas capas se albergaron.

Así, la Hoya de Villanueva, a orillas del Huezna, y el amplio valle del Viar se destacan en la topografía general de la Meseta más que por las formaciones carbonífera y permiana que respectivamente ocupan esas zonas de depresión y por el aspecto que las rocas de uno y otro terreno comunican a la comarca, por la existencia de las depresiones mismas, fenómenos tectónicos inherentes sólo al Macizo herciniano, y que datan, según todas las apariencias, de la época remota de su primer plegamiento.

Conviene, pues, al llegar a este punto, trazar una línea divisoria bien marcada entre los terrenos ya descritos y los que vamos a describir ahora; los primeros constituyen el edificio ya ruinoso de la meseta; los segundos son sólo terrenos de recubrimiento, sin más importancia para la tectónica del país que la que cabe asignar a la formación miocena, que también rellenó las quebradas de la Meseta inmediatas al valle del Guadalquivir, y cubrió, y cubre aún en gran parte, tanto la formación carbonífera de Villanueva como la permiana del valle del Viar.

Sistema carbonífero. — De las diversas opiniones acerca de la edad geológica de la cuenca carbonífera de Villanueva, la más generalizada, la que se refleja en la descripción que de la misma hace el eminente Mallada en el tomo tercero de su obra *Explicación del Mapa geológico de España*, es la de que coexisten allí las formaciones westfaliense y estefaniense. En la lista de fósiles que cita:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| * <i>Calamites Suckowi.</i> | <i>Neuropteris Scheuchzeri.</i> |
| * > <i>Cistii.</i> | * <i>Pecopteris leptorachis.</i> |
| <i>Neuropteris cordata.</i> | > <i>Meriani.</i> |
| * > <i>heterophylla.</i> | > <i>arborescens.</i> |

<i>Pecopteris hemiteloides.</i>	* <i>Sigilaria Brardii.</i>
<i>Alethopteris lonchiticha.</i>	» <i>orbicularis.</i>
» <i>aquilina.</i>	» <i>elongata.</i>
* <i>Sphenophyllum saxifrage-</i>	» <i>mammilaris.</i>
<i>folium.</i>	<i>Cordaites</i> (ligeras impresio-
* <i>Sigilaria Cortei.</i>	nes).
* » <i>Davreuxi.</i>	

recogidos en las pizarras arcillo-carbonosas inmediatas al carbón, y de los cuales los marcados con asterisco los clasificó Mr. Saporta, hay unos que corresponden al final del Hullero medio y otros al comienzo del superior. Esta mezcla de floras fósiles en capas cuyo espesor total no pasa de 20 metros y que yacen en mutua concordancia, así como con el resto de los depósitos hulleros, brechas de la base y pudingas del techo, no puede interpretarse en la cuenca de Villanueva como signo de la coexistencia de dos períodos del carbonífero que en la Europa occidental diferencian, más que los caracteres de la flora, su distinta relación estratigráfica con los terrenos más antiguos, toda vez que entre el depósito del Westfaliense y el del Estefaniense ocurrió el levantamiento orogénico herciniano.

A nuestro juicio, basta la *discordancia absoluta* de estratificación entre las capas carboníferas de la cuenca de Villanueva y las cambrianas infrayacentes para clasificar aquéllas de estefanienses sin necesidad de recurrir a estudios paleontológicos; mas si por añadidura se comprueba que algunos estratos contienen vegetales tan característicos del Hullero superior, como *Pecopteris arborescens* y *Sigilaria Brardii*, no cabe ya suponer que una parte de la formación corresponde al Hullero medio; a lo sumo, se tratará de una cuenca estefaniense en la que han perdurado algunas especies westfalienses, como es frecuente en otras cuencas carboníferas posthercinianas de Europa.

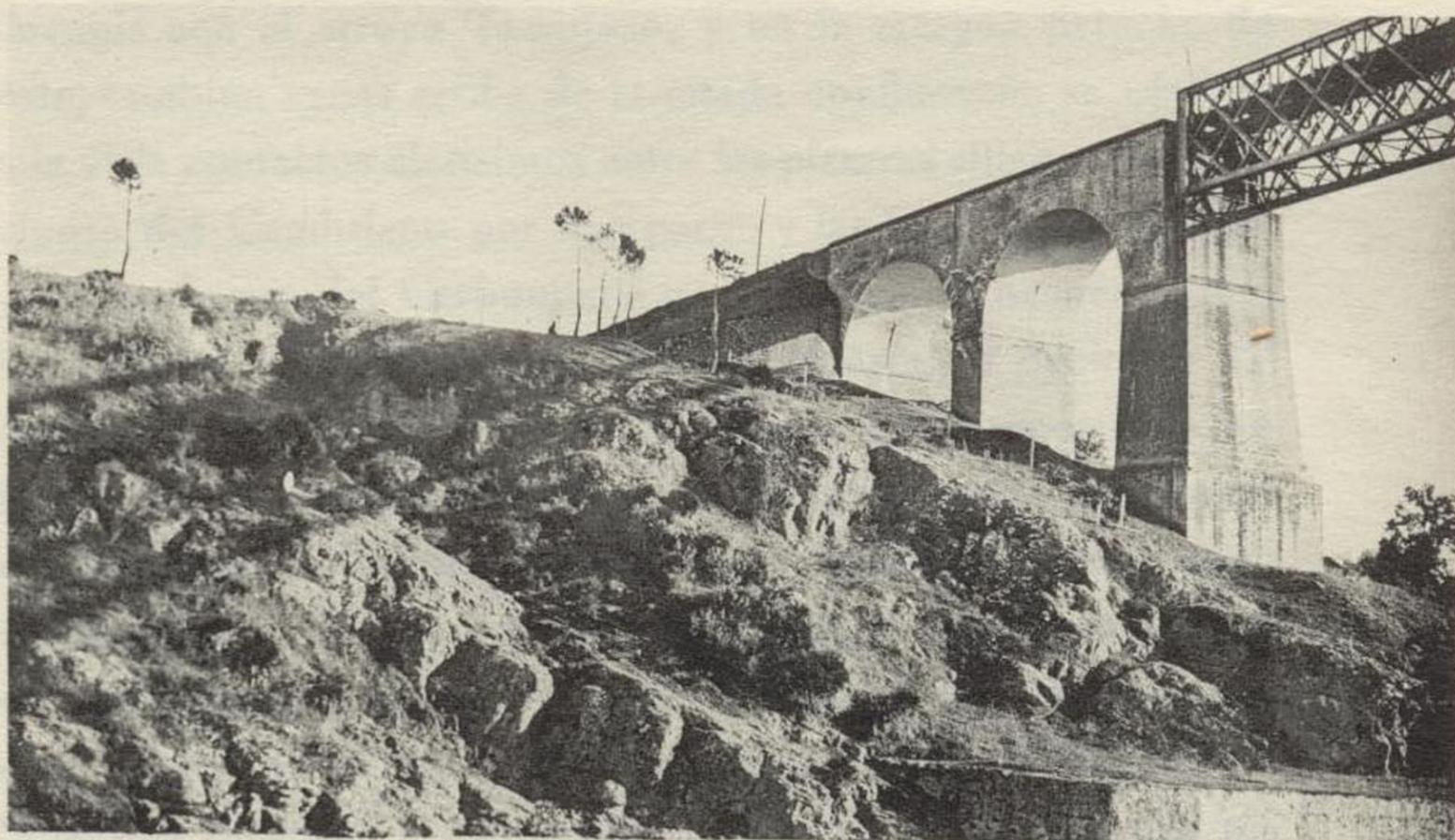


7. Villanueva de las Minas. Brechas de la base del Estefaniense



8. Arroyo Tamujoso. Pudingas del Estefaniense de Villanueva, sobre pizarras cambrianas.





7. Villanueva de las Minas. Brechas de la base del Estefaniense.



8. Arroyo Tamujoso. Pudingas del Estefaniense de Villanueva, sobre pizarras cambrianas.



En la margen izquierda del Huezna, aguas arriba de su confluencia con el arroyo Tamujoso, y en la margen derecha de éste, también aguas arriba de la citada confluencia, se ofrecen a la vista contactos clarísimos entre las pizarras silíceas de color vinoso del Cambriano por una parte, y las brechas de la base y las pudingas del Carbonífero por otra. En el primer punto, las brechas buzán 20 grados al Sur-Suroeste, es decir, en dirección aproximada a la corriente del río, como muestra la fotografía de la figura 7, tomada un poco aguas arriba del puente del ferrocarril de Mérida, que cruza el Huezna justamente en su confluencia con el arroyo Tamujoso. Las pizarras cambrianas en que descansan esos bancos de brechas, y que se hallan al descubierto en el fondo del cauce, se dirigen de Noroeste a Sureste y buzán 80 grados hacia el Noreste, de manera que sus planos de estratificación forman un ángulo de 90 grados con los de las brechas, y marcan entre las dos series de estratos la máxima discordancia posible. Fenómeno análogo se observa en la margen derecha del Tamujoso, donde las pudingas carboníferas, con ligero buzamiento al Suroeste, se apoyan en pizarras cambrianas casi verticales. Este segundo contacto se aprecia en la figura 8.

En la orilla del Huezna es patente, no sólo la discordancia ya indicada entre las pizarras cambrianas y las brechas estefanienses, sino además que los primeros bancos de estas brechas contienen grandes trozos de pizarras, angulosos y con aristas vivas, empastados por otros más menudos y un cemento silíceo blanquecino como corresponde a rocas que se formaron a raíz de un gran movimiento orogénico, que levantó hasta la vertical las capas cambrianas y las expuso a la acción denudadora de fuertes corrientes fluviales.

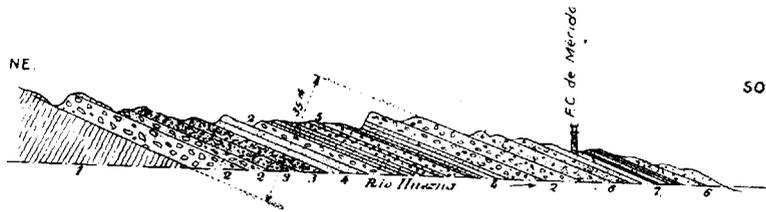
En la estación de Villanueva de las Minas (borde oriental de la mancha hullera) y en las casas próximas al pozo de San Fernando (borde occidental), es también manifiesta la marca-

dísima discordancia existente entre las pudingas carboníferas y las pizarras cambrianas infrayacentes.

Estratigrafía. — Los sedimentos estefanienses de Villanueva se pueden agrupar en tres series bien definidas: las brechas de la base, las pizarras y samitas del horizonte productivo, y las pudingas del techo. Sus respectivos espesores y composición son los siguientes:

1.º **Brechas de la base.** — Las capas que afloran en la margen derecha del Huezna, las más inferiores de la mancha carbonífera, se componen de esta sucesión de rocas:

a) Brechas con elementos de 0,10 a 0,20 metros, muy angulosos, que proceden exclusivamente de las pizarras cambrianas de color vinoso.



Base del terreno hullero de Villanueva, como aparece en la margen izquierda del Huezna.

1. Pizarras rómbicas de color vinoso. — 2. Brechas con elementos de 0,10 a 0,20 metros de las pizarras anteriores. — 3. Conglomerados muy compactos, casi marmóreos. — 4. Areniscas pizarreñas negras con restos fósiles. — 5. Las mismas, con cantos rodados de pizarras. — 6. Pudingas amarillentas. — 7. Capas de hulla entre areniscas negras pizarrosas.

b) Conglomerados de grandes elementos de igual procedencia, de textura marmórea.

c) Areniscas pizarreñas de color negruzco.

d) Areniscas del nivel anterior con cantos rodados de pizarras cambrianas.

e) Pudingas de color amarillento ferruginoso.

Estos diversos niveles, excepto el último, alternan repetidas veces, como se indica en el adjunto corte que detalla los bancos de la fotografía 7, y entre todos suman 35 metros de espesor.

2.º **Grupo de las capas de hulla.** — En las pudingas del nivel e, que miden unos 12 metros de espesor, descansa una serie de pizarras y areniscas de grano fino en cuyo seno arman las capas de combustible, y cuya potencia, muy variable de unos puntos a otros de la cuenca, puede estimarse en 16 metros. En total, este grupo de estratos mide de 28 a 30 metros.

3.º **Pudingas del techo.** — Sobre el grupo segundo se desarrollan potentes bancos de pudingas cuyo espesor va en aumento a medida que se avanza hacia el Sur, pues rellenan todo el espacio libre entre la parte superior del segundo grupo y la base de la formación miocena.

La serie segunda u horizonte productivo contiene tres capas de combustible; la inferior no es constante y falta en el fondo de la cuenca. Es la que en la localidad llaman «El cajón», cuyo espesor varía de 0,80 a 1 metro y es de carbón bastante limpio. La intermedia, denominada «Capa principal», por ser la más regular de todas, es mucho más potente, pues su espesor varía de dos a seis y más metros. En el tercio superior de esta capa se intercala siempre una veta de arenisca de ocho a diez centímetros, que en la localidad llaman *recincho* y constituye el carácter distintivo por excelencia de esta capa, que además tiene un falso techo de pizarra, a veces muy estrecho, pero constante.

La capa superior, cuyo espesor varía de 1,80 a 2 metros y disminuye a medida que se avanza con las explotaciones hacia el Sur, consta de dos vetas de carbón separadas por una laja de arenisca blanca de grano fino.

Cada capa de carbón descansa sobre un banco de arenisca, que le sirve de muro, y la separación entre unas y otras oscila de 1 a 12 metros.

En el extremo Norte de la cuenca se explotó hasta los 70 metros de profundidad una capa inferior a las descritas que se denominaba «El Banquillo». Su espesor variaba de 1 a 1,50

metros y alguna vez llegó hasta 3 metros, pero en pocos puntos resultó aprovechable por los seis o siete lechos que se le interponían de arcilla, o de arenisca fina muy dura manchada de pirita de hierro.

Tectónica.— Las capas estefanienses de la mancha de Villanueva describen un sinclinal o fondo de barco de los más típicos que ofrece la Naturaleza, cuyo eje buza 11 grados hacia el Sur y se dobla en planta para formar un ángulo muy abierto (165 grados) que tiene su vértice en el codo que describe el Huezna frente al pozo número 5 de las Minas de la Reunión, punto que en la localidad se conoce por «El codillo». Desde ese punto hacia el Norte la dirección del eje del plegamiento es de Norte 10° Oeste, y del codillo hacia el Sur es de Norte 25° Oeste. (Véase la lámina I).

En las láminas II, III y IV se dibuja un corte longitudinal y otros transversales de la cuenca, que nos ha facilitado amablemente nuestro compañero D. Juan Gómez Torga, Ingeniero Director de las Minas de la Reunión. Los designados C-D, E-F e I-K, que cruzan los depósitos carboníferos por zonas ya explotadas o bien reconocidas, muestran que la rama occidental del pliegue tiene mucha más pendiente que la oriental.

Los estratos de esta cuenca presentan gran regularidad, y hasta ahora sólo se ha registrado una falla importante que afecta a la rama Oeste del sinclinal y cuya traza coincide con la del cauce del Huezna aguas abajo del codillo. Por su modo de presentarse parece que esta falla se debe al desigual empuje que soportaron durante la formación del sinclinal las zonas situadas al Norte y al Sur de la misma, lo que ocasionó el desgarramiento de los estratos carboníferos según una línea de máxima pendiente; una vez establecida esta solución de continuidad, el haz de capas de la zona Norte continuó su giro, sirviéndole de charnela el eje del pliegue, hasta quedar con mayor inclinación que el haz de la zona situada al Sur de la rotura.

Esta falla origina un salto importante en las curvas del nivel de un mismo estrato, que al Sur de la fractura se hallan desplazadas hacia Poniente; mas como el movimiento ha sido de giro alrededor del eje del sinclinal, ese salto va disminuyendo con la profundidad hasta borrarse en el fondo de la cuenca.

Como se acaba de decir, el Huezna, aguas abajo del codillo, se ajusta a la traza de esa falla, lo que nada tendría de extraño si las pudingas carboníferas aflorasen en la superficie en los bordes de la fractura o al menos en el más levantado, pues de ser así sus bancos habrían opuesto un dique a la corriente del río, obligándole a variar su curso; pero las pudingas yacen allí bajo el Mioceno, que es el terreno donde el Huezna ha excavado el cauce, de manera que si la desviación del codillo tiene relación con la citada línea de fractura, habrá que suponer que en la época del levantamiento del Mioceno se produjo en las capas de este terreno alguna rotura sobre la falla, que aprovechó más tarde el río para excavar su valle. Sin afirmar que tal sea la causa del fenómeno de que tratamos, hemos de consignar que las roturas de capas miocenas dispuestas en mesas, o sea en series horizontales, a lo largo de líneas que se proyectan sobre antiguas fallas del *substratum*, son frecuentes, y el pintoresco desfiladero o cañón del Guadalevín, que despierta la curiosidad de los visitantes de Ronda y que tan digno de admiración es por su magnitud, debe su origen a la grieta abierta en los conglomerados miocenos sobre una falla que antes del depósito de este terreno había roto la continuidad de las capas jurásicas e iniciado la formación del valle superior del río Guadalete. Sus bordes, al repercutir en la comarca los últimos movimientos alpinos, se desoldaron nuevamente y ocasionaron el resquebrajamiento de las capas que se habían sedimentado encima.

Extensión de la mancha.— El carbonífero de Villanueva

del Río aflora en extensión muy reducida y sólo en el extremo Norte del sinclinal descrito. A unos 700 metros aguas abajo de la confluencia del Tamujoso y el Huezna, las pudingas carboníferas se ocultan bajo las capas del Mioceno sin que vuelva a observarse ningún otro asomo del Hullero en dirección al Guadalquivir. Y no debe extrañar esta falta de afloramientos si se tiene en cuenta que las capas más altas de la formación hullera, las pudingas, son rocas poco o nada consistentes que debieron experimentar fuerte denudación antes del depósito del Mioceno, y quedar arrasadas después en toda la línea costera del mar de esta época, como lo indican los bancos de guijos cuarzosos que se formaron entre las arenas del Tortonense en las proximidades de Villanueva y que proceden, a no dudar, de elementos desagregados de las pudingas carboníferas.

Mucho se ha discutido acerca de la mayor o menor extensión de estos depósitos hulleros por debajo de los terrenos modernos que los cubren, problema de grandísimo interés científico e industrial, cuya resolución aclararía, además del porvenir bien limitado hoy de la cuenca de Villanueva, cuestión tan importante y debatida como la situación de la falla del Guadalquivir o borde abrupto de la Meseta central más allá del cual los terrenos antiguos descienden a profundidades inaccesibles a nuestros métodos de reconocimiento.

Algún escritor ha llegado a suponer que la cuenca del Viar, juntamente con la de Villanueva, representaban ensenadas o golfos de una gran formación hullera que debía extenderse ampliamente por la cuenca del Guadalquivir, oculta por el Mioceno y los terrenos cuaternarios de su vega, y el insigne geólogo D. Lucas Mallada cita en apoyo de esta hipótesis los sondeos que en 1841 y 1842 practicó el coronel Elorza, uno en la margen izquierda del Huezna, cerca de su desembocadura en el Guadalquivir; otro en la orilla derecha del Viar

frente a Cantillana, y un tercero una legua más al Norte en el valle de este mismo río.

El de la margen izquierda del Huezna cortó las capas siguientes:

	Metros
1. — Caliza basta miocena alternante con arena...	18,72
2. — Arcilla margosa gris.....	10,50
3. — Arcilla oscura carbonífera.....	11,77
4. — Arenisca basta.....	5,29
5. — Pizarras arcillosas con carbón.....	13,35
6. — Arenisca basta.....	15,74
7. — Arcilla pizarrosa bituminosa.....	1,07
8. — Arenisca basta.....	8,03
9. — Arcilla pizarreña bituminosa.....	1,07
10. — Carbón.....	0,35
11. — Arcilla pizarreña bituminosa.....	4,39
12. — Carbón	1,70
13. — Arenisca basta.	10,86
14. — Carbón.....	1,32
15. — Areniscas y pizarras.....	0,60
16. — Arcillas pizarreñas bituminosas.....	1,88
TOTAL.....	120,80

El segundo y el tercero cortaron repetidas alternancias de arcillas y conglomerados rojizos sin llegar a capa de carbón a las profundidades de 153,80 y 73,54 metros a que, respectivamente, se abandonaron.

Ninguna observación formularemos de momento al resultado de estos dos últimos sondeos, pues nuevamente habremos de referirnos a ellos al tratar del terreno permiano del valle del Viar, que fué el que se atravesó en ambos; mas por lo que respecta al primero, al practicado, según la referencia de Mallada, en la margen izquierda del Huezna, cerca de su confluencia con el Guadalquivir, debe haber error de situación, y se-

guramente se trata de alguna investigación hecha en el borde occidental del sinclinal de Villanueva, a la izquierda del Huezna, porque el espesor de 29,22 metros que se asigna al Mioceno en el corte del sondeo, unido a no haber atravesado la sonda terrenos de aluvión, son indicios ciertos de que no se trabajó cerca de la desembocadura del Huezna, donde se habría encontrado ante todo un potente manto de acarreo y un espesor de Mioceno mucho mayor que la profundidad total del taladro hecho.

Datos mucho más precisos hemos podido reunir recientemente acerca de los trabajos de investigación que diferentes entidades y en diversas épocas han llevado a cabo con objeto de delimitar el terreno carbonífero de Villanueva en la parte de cuenca que ocultan los terrenos modernos al Norte y probablemente al Sur del Guadalquivir, consignados en estudios de M. Thierry, Ingeniero que dirigió durante muchos años las minas de la Reunión, y que puso a nuestra disposición don Hilario Camino, quien conserva los informes originales.

En el mapa geológico de Cantillana hemos señalado todos esos sondeos, distinguiéndolos con un número o con una letra, y a continuación hacemos una ligera reseña de los terrenos que cada uno atravesó, e interpretamos sus resultados en armonía con lo que enseñan los últimos estudios de la comarca.

Los sondeos designados con los números 1, 2, 3 y 4 los hizo la Compañía minera de Ríotinto a fines del pasado siglo, y como por aquella época no se conocía aún la forma del sinclinal de Villanueva y se creía que la parte que afloraba de la cuenca era el comienzo de una ensenada que había de ensancharse ampliamente más al Sur, se estimó que los emplazamientos de los sondeos 1, 2 y 3 podrían corresponder a los bordes u orillas de la ensenada, y el 4 al centro o eje de la misma.

El sondeo número 1, situado a 338 metros al Este de la es-

tación de Villanueva y Alcolea, encontró debajo del Diluvial 157 metros de Mioceno, 40 metros de bancos hulleros de la parte alta de la formación y después pizarras negruzcas pertenecientes probablemente al Siluriano medio de la faja del Parrero en Fuentelugenga.

El número 2, cerca de Villanueva del Río, después de un espesor análogo de Mioceno (154,26 metros), cortó nueve metros de brechas de la basa del Hullero y a continuación el Cambriano.

El número 3, junto a Tocina, al Este del pueblo, encontró 213,89 metros de Mioceno, y después el terreno permiano del Valle del Viar hasta los 431 metros, profundidad a la cual se suspendieron los trabajos por insuficiencia de la sonda.

En cuanto al número 4, colocado sobre el supuesto eje del sinclinal hullero, en la margen izquierda del Guadalquivir, atravesó 183 metros de Mioceno, reducido espesor de pizarras negras, probablemente silurianas, y la sonda penetró a continuación en diabasa dura y compacta, en la que se perforó 10 metros antes de abandonar el trabajo.

Una ojeada al mapa, en el que se han marcado con líneas de trazos las curvas de nivel de una de las capas inferiores del Carbonífero de Villanueva con la precisión que los trabajos hechos en las minas nos permiten figurarlas, muestra cuán distinta es la forma de esta cuenca de la que se suponía cuando se hicieron los sondeos de Ríotinto, y preciso es reconocer que por tratarse de sedimentos depositados en un valle o depresión herciniana de dirección bien definida, no era muy lógico esperar que las capas de hulla se extendieran ilimitadamente a derecha e izquierda sobre las divisorias del valle primitivo. Así ocurre, en efecto, y los únicos estratos carboníferos que parecen haber rebasado los límites estrechos de ese valle son las pudingas del techo, y de ellas las capas más altas, es decir, las que se depositaron cuando ya se había rellenado

el fondo de la depresión, y se apoyaron en parte sobre el terreno antiguo de las laderas. Bancos de pudinga de la parte alta del Estefaniense, casi horizontales, descansan sobre pizarras cambrianas muy plegadas en la falda oriental del cerro del Mirador, en Villanueva, y capas análogas podrían ser las que cortó el sondeo número 1 de Ríotinto entre el Mioceno y el Siluriano, pero nada tendría de extraño que hubiese habido error de apreciación en el examen de las muestras o testigos del sondeo y que se creyese hulleras capas de conglomerados cuarzosos del Mioceno que, como ya se indicó más atrás, se formaron en el mar de esta época a expensas de las pudingas carboníferas.

El dato más interesante de cuantos suministran los sondeos de Ríotinto es, a nuestro juicio, el hallazgo de las brechas de la basa del hullero en el sondeo número 2, porque precisa la situación del borde oriental de la cuenca de Villanueva, en su prolongación hacia el Sur. Antes de conocerse la verdadera forma de la cuenca, pudo considerarse ese hallazgo como un hecho aislado sin importancia, pero ahora tiene mucho valor porque concuerda con los resultados de las explotaciones y constituye un jalón de partida para futuros reconocimientos.

Los sondeos designados con letras de la *A* a la *H* los hizo la Sociedad Hullera Sevillana en el año 1901.

El *A* y el *B* encontraron el Cambriano debajo del Mioceno y señalan, por tanto, un límite al borde occidental de la cuenca: si ésta se prolonga realmente en dirección Sur hacia el valle del Guadalquivir ha de pasar, por tanto, entre el sondeo 2 de Ríotinto y los *A* y *B* de la Hullera Sevillana.

Con el sondeo *C*, así como con el *S*, que practicó más tarde en la concesión «Andaluzas» una casa bilbaína, se trató de averiguar si existía otro sinclinal hullero análogo al de Villanueva y a Poniente de él, en el valle que limitan el cerro de

la Encarnación y el del Mirador, relleno como aquél con sedimentos miocenos. Los resultados fueron negativos: el *C* encontró pronto las pizarras antiguas, y el *S* un terreno que Thierry llama de «tobas y cineritas», que no nos es posible identificar.

El sondeo *D* corresponde al número 4 de Ríotinto, que la Sociedad Hullera Sevillana profundizó 13 metros más sin lograr pasar de la roca diabásica.

El sondeo *E* encontró el Cambriano a los 131 metros de profundidad. El *F* a una profundidad análoga también cortó pizarras antiguas, y el *G*, el Permiano del valle del Viar bajo 251 metros de terrenos cuaternarios y miocenos. Este sondeo fué el más profundo de todos: llegó a 924 metros sin salir de las capas permianas.

El *H*, por último, encontró pizarras antiguas debajo del Mioceno.

Como resumen de todas esas labores de investigación puede decirse que salvo el sondeo número 2, de Ríotinto, y los *A* y *B*, de Hullera Sevillana, los demás estaban condenados al fracaso, pues se encontraban cuando menos a un kilómetro al Oeste de la faja hullera. Interesante resulta leer la explicación de esos fracasos en los escritos de M. Thierry, en los que insistentemente se llama *Culm* al Cambriano y al Siluriano de los alrededores de Villanueva, y *Millstone great* al Estefaniense. Entendía su autor que si los terrenos antiguos que se ocultan bajo el Mioceno desde el cerro de la Encarnación hasta el arroyo Galapagar correspondían realmente al *Culm*, había más probabilidades en encontrar entre sus plegaduras retazos de depósitos hulleros, que si esos mismos terrenos eran de una época anterior, y con esa idea preconcebida llegó a clasificar de *Culm*, no sólo las pizarras carbonosas del arroyo Parroso (Siluriano medio), sino también las cuarcitas del cerro de la Encarnación (Siluriano inferior) y las pizarras y las cuarcitas del Tamujoso y del Huezna (Cambriano); cambio inútil, pues,

en realidad, la edad de los terrenos que forman el álveo de la cuenca ninguna relación guardan desde el punto de vista estratigráfico con el Estefaniense de la Reunión, y capas de esta edad, que se depositaron después de los plegamientos hercínianos, lo mismo pueden encontrarse sobre el Culm que sobre el Cambriano o sobre el granito.

Hoy el problema de la prolongación de la cuenca de Villanueva queda limitado a averiguar si en la dirección del sinclinal hullero las capas de este terreno continúan hacia el Sureste o no, y, en caso afirmativo, en qué condiciones de profundidad, regularidad, etc. Por las labores mineras de la Reunión puede estimarse reconocida la cuenca en un par de kilómetros, pero como esa distancia es aún exigua tratándose de formaciones de esta índole, no es aventurado suponer que las capas de hulla continúen por debajo del Mioceno en la llanura diluvial de la vega, al menos hasta el borde de la falla del Guadalquivir, que hay motivos fundados para sospechar que se halla bastante al Sur del actual cauce del río.

Las exploraciones que se hicieran en lo sucesivo para buscar la prolongación de las capas de hulla de Villanueva habrán de obedecer, para que sean de verdadera utilidad, a un plan bien estudiado y metódico que permita a sus directores formar juicio exacto de la estructura del subsuelo, y más que sondeos de gran profundidad sería conveniente ejecutar una serie de taladros que pusieran de manifiesto la clase de terreno que en cada punto se encuentra debajo del Mioceno, y sólo cuando se tenga la seguridad de que la faja hullera se prolonga por debajo de la vega del Guadalquivir y se conozcan sus límites, deben hacerse sondeos profundos encaminados a estudiar la composición del Hullero.

Ir de momento a la busca, no de la cuenca, sino del carbón, sin preocuparse de los terrenos que la sonda vaya encontrando, sería expuesto a un fracaso, aun en el supuesto de que

se atravesara el horizonte productivo, pues sabido es que las capas que se explotan en Villanueva no se extienden de un extremo a otro de la cuenca con espesor uniforme. La depresión hercíniana en que se depositó el terreno de la Reunión tiene en su fondo irregularidades o resaltos que influyeron en la sedimentación de los aluviones carboníferos, y de trecho en trecho y a lo largo del eje de la cuenca, las capas describen pequeñas ondulaciones para ceñirse a los salientes del *substratum*; en las proximidades de esos pliegues, normales al eje del sinclinal, las capas de combustible se adelgazan hasta desaparecer casi enteramente. Los mineros de Villanueva llaman fallas a esas esterilizaciones, y entre cada dos consecutivas queda comprendida una zona rica del yacimiento que denominan *lentejón*. Hasta ahora van reconocidos tres de estos lentejones, y de ellos dos están totalmente explotados.

Como más al Sur se han de presentar seguramente más esterilizaciones de esta índole, sería imprudente considerar negativo el resultado de un sondeo que cortase las pudingas y las brechas de la base y no cortase carbón.

En la lámina I se dibuja la forma de los lentejones que se explotan en las minas de la Reunión y la de los espacios estériles intermedios.

Datos mineros e industriales. — El combustible que se explota en la cuenca de Villanueva es una hulla semigrasa, del tipo de los carbones de fragua, con la composición media siguiente:

Carbono fijo.....	69 %
Materias volátiles.....	26 »
Cenizas.....	5 »
Potencia calorífica.....	7.700 calorías.

Produce cok hinchado, de excelente aspecto.

El carbón en el yacimiento dista mucho de ser compacto,

y la estructura de las capas, aunque variable, es constante en cada una. El contacto de éstas con el techo y el muro se establece por delgados lechos de pizarras carbonosas muy deleznales que los mineros llaman división, y en la masa del carbón se intercalan vetas de pizarra y arenisca, cuyos espesores varían desde algunos milímetros hasta 50 centímetros, que se conocen en la localidad con el nombre de «recinchos».

En la parte explotada y reconocida, la formación es muy regular, y aunque aparecen algunas zonas estériles, se conservan siempre las huellas de las capas entre respaldos bien definidos. A veces se estrecha una sola capa y continúa la otra con su potencia normal.

La vertiente oriental de la cuenca ha sido y es la más regular y productiva; en la occidental se halla el accidente más importante conocido hasta hoy: una falla que produjo un salto de 30 metros en las capas. Al otro lado de la fractura se han vuelto a encontrar éstas, pero con espesores muy reducidos, que no han permitido continuar su explotación en la parte hasta ahora reconocida. Este accidente, del cual ya dimos anteriormente algunas referencias, se conoce con el nombre de «falla del chaparral».

La Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y a Alicante, que explota las minas de la Reunión, tiene en servicio cinco pozos: uno para la extracción y cuatro para los servicios auxiliares de ventilación, desagüe, etc.

En el pozo número 5 están concentrados la extracción y el desagüe principal. Este pozo, de 310 metros de profundidad, tiene su boca en terreno mioceno y alcanza la parte superior del Carbonífero a los 66 metros. Se halla emplazado junto a la línea férrea de Sevilla a Mérida, en una zona estéril o de estrechamiento de las capas. Tiene cinco metros de diámetro útil.

Las capas de hulla se explotan en estas minas por el mé-

todo de hundimientos, generalmente sin retirar madera y rara vez con pilares de relleno en los tajos. Para el arranque, los macizos comprendidos entre cada dos pisos, que distan, según la vertical, 40 metros, se dividen en tramos de 400 metros; se traza un plano inclinado en el centro, siguiendo la línea de máxima pendiente de la capa, y desde él se abren galerías de dirección a uno y otro lado cada 20 ó 25 metros, hasta llegar al límite del campo de explotación. Desde allí se comienza con los tajos de arranque entre cada dos galerías, llevando más adelantados los superiores, y se continúa la explotación hasta llegar al plano inclinado, cuyos pilares son los últimos que se arrancan.

El arrastre del carbón hasta el plano inclinado se hace por la galería de dirección inferior a cada tajo, y en los planos, con carros transbordadores si la pendiente es grande, o con cables sin fin si el buzamiento de la capa es inferior a 15 grados.

En los sitios donde no se puede instalar un plano con carro transbordador o un cable sin fin, un plano inclinado automotor ordinario transporta al nivel inferior de arrastre los carbones de las explotaciones que sirve, y en los sitios donde se explotan varias capas a la vez, el transporte se establece por una galería general trazada en la capa que más ventajas ofrece para el caso, y se comunica con las de dirección de las otras por traviesas a nivel.

El agua que se reúne en las galerías y pozos de la Reunión penetra en las labores por grietas naturales de los tramos carboníferos. En la región Sur de la mina, la más alejada del río Huezna, adonde seguramente no llegan filtraciones procedentes de éste, los trabajos de avance encuentran grietas en la roca por las que afluyen caudales de agua que, aunque decrecen algo con el tiempo, no desaparecen, a menos que se corten en otros niveles de la mina, y esto demuestra que no se trata de bolsadas de agua aisladas, que acabarían por vaciarse

tarde o temprano, sino de una red de conductos acuíferos muy extensa, que se alimenta con regularidad.

A medida que los trabajos de la mina han avanzado en dirección Sur y se ha entrado más y más por debajo de las capas miocenas que cubren el Carbonífero, ha ido creciendo el caudal de agua, y los aumentos repentinos de éste son también más frecuentes. Aproximadamente puede calcularse que las tres cuartas partes del caudal que hoy se extrae, y que, como ya dijimos en páginas anteriores, pasa de 12.000 metros cúbicos por día, proviene de la región Sur de las explotaciones.

En la región Norte penetran algunas aguas procedentes de filtraciones del Huezna, pero de escasa importancia, y si en alguna ocasión se han producido grietas en el álveo del río, se las ha cegado inmediatamente y se ha cortado la entrada del agua.

Como dato de interés ha de señalarse — dice el Sr. Gómez Torga en una descripción de estas minas inserta en el tomo de la Estadística Minera correspondiente al año 1908, de la cual entresacamos estas notas — que las aguas de la Reunión son saladas y su composición química analoga a la del mar. Por distar las minas del Océano 83 kilómetros — añade el Sr. Gómez Torga —, «no es creíble que la capa de infiltración comunique con el mar por algún punto, y parece más probable que siendo muy grande la extensión del manto subterráneo, tengan sus aguas contacto con bancos de sal de las formaciones triásica o miocena». Punto es éste sobre el cual no nos atrevemos por el momento a emitir opinión.

Desprendimientos de grisú son frecuentes en Villanueva, y ello obliga a emplear alumbrado de seguridad y a sostener una ventilación muy vigilada.

Puede calcularse que de la cuenca hullera de la Reunión se han extraído hasta la fecha 12.000.000 de toneladas de

hulla. La explotación anual es ahora, por término medio, de 200.000 toneladas. Se fabrican unas 80.000 de briquetas. Todo este carbón lo consume la Compañía de M. Z. A.

La fosa del Viar.— El amplio valle del Viar es sin duda la fosa de hundimiento más importante, mejor delimitada y más típicamente herciniana de cuantas el geólogo descubre en el borde meridional de la Meseta ibérica. Con anchura media de cinco kilómetros se extiende la faja hundida en más de 30; el desnivel entre los bordes de la fosa y los estratos más altos del terreno que cubren su fondo se acerca a 200 metros, y ofrece, además, la particularidad de que la falla que la limita por el Noreste es enteramente rectilínea y puede seguirse paso a paso en toda su longitud. El borde occidental no es tan patente; aun cuando salta a la vista el desnivel considerable que separa al valle de la meseta por ese rumbo, y el descenso de una a otro es bastante brusco, tapan la fractura correspondiente los terrenos sedimentarios que se depositaron en la hondonada en época geológica remota, cuyas capas desbordaron los límites primitivos de su fondo y cubrieron parte de las ásperas laderas de acceso a sus orillas.

La falla del lado oriental está clarísima, porque se reprodujo en los tiempos terciarios, se acentuó a lo largo de ella el hundimiento del valle, los depósitos que tapizaban su fondo se rompieron en el plano de la fractura, y los bancos, en las proximidades del borde hundido, se nos muestran levantados hasta la vertical y volcados en ciertos sitios. Si por aquella época quedaron algunos restos de las capas de relleno, aunque adheridas a la escarpada vertiente de la fosa, desgarradas y arrancadas de sus asientos, la denudación las barrió, y la falla se destaca ahora de manera indubitable por el brusco cambio de la pendiente del terreno, por la diferente e inconfundible constitución geológica de sus dos orillas, y hasta se adivina a distancia, cuando el observador se acerca a ella viniendo desde

el centro del valle, porque los bancos de conglomerados y areniscas que va pisando, horizontales o casi horizontales, se ponen verticales de repente a 100 ó 150 metros de la línea de fractura.

El río Viar, que cuando se acerca a esta fosa tectónica es ya bastante caudaloso, porque ha reunido las aguas de una cuenca de 1.500 kilómetros cuadrados, no penetra en la zona hundida por su extremo superior o Noroeste, sino por el costado Noreste, y una vez dentro describe una línea sinuosa, acercándose cada vez más a la vertiente opuesta, y termina por ceñirse a su pie cuando llega al extremo Norte de la hoja de Cantillana. Quien desconozca el país y eche una ojeada a la fosa del Viar desde una de las alturas que de cerca la dominan, no sospechará seguramente que el río viene de la zona montañosa que por el Norte parece cerrar por entero la depresión, y que buena parte de ésta, todo el extremo Noroeste, sirve de vaguada a un modesto arroyuelo, seco la mayor parte del año. Pero una vez más se comprueba, al contemplar esta anomalía, que la estructura que ostenta la corteza terrestre como consecuencia de los fenómenos geológicos del pasado, influyen en su actual relieve de manera más enérgica y decisiva que las débiles fuerzas meteóricas cuya labor se limita a desgastar poco a poco los continentes, acumulando sus energías en las áreas de menor resistencia. Compárese, en efecto, el angosto valle, sucesión de abruptos desfiladeros, por donde circula el Viar antes de desembocar en la fosa de Cantillana, con esta amplísima depresión que el río no excavó y que le sirve de cauce porque la encontró ya formada en su camino, y su relación nos dará la medida de lo que representan los relieves tectónicos al lado de los que engendran las corrientes superficiales con su labor de denudación.

La topografía del valle del Viar, del cual la parte comprendida entre Cantillana y la carretera de Las Jarillas corresponde

a la hoja que describimos, es consecuencia, principalmente, por lo que acabamos de exponer, del hundimiento de las formaciones antiguas de la Meseta a lo largo de una faja de cinco kilómetros de anchura y 30 de longitud entre dos fallas paralelas, pero las directrices del relieve en el fondo de la depresión las marcan los estratos casi horizontales del terreno que la rellenó en parte poco después de haberse producido.

Sistema permiano. — La fosa del Viar, sincrónica tal vez de la de Villanueva de las Minas y paralela a ella, oculta su fondo bajo considerable espesor de depósitos de composición muy variada, que en el mapa geológico general de España, en escala de 1 : 400.000, se dibujan con el color del Triás, edad que les fué asignada, según Mallada, de acuerdo con los estudios publicados por el Ingeniero francés M. Lan, que recorrió el país hace bastantes años.

Este Ingeniero distinguió la existencia en el Viar de dos niveles geológicos, uno de los cuales atribuyó al carbonífero y otro al triás, y tal vez porque la mayor parte de la cuenca está cubierta por los depósitos que calificó de triásicos, conglomerados y areniscas rojas, no se señaló en el mapa la situación de la mancha atribuida al hullero. En todo caso, D. Lucas Mallada, en su *Explicación del Mapa geológico de España*, al mismo tiempo que aclara estos extremos, rectifica la clasificación anterior y asigna a los depósitos en cuestión edad carbonífera. Diversos estudios posteriores atribuyeron alternativamente estos depósitos al Carbonífero y al Triás, y aun cuando ninguna investigación detenida y metódica se había llevado a cabo y esas determinaciones se mencionaban como de pasada y sin tratar seriamente de fundamentales, dan a entender que los geólogos que recorrían la cuenca y estudiaban sus estratos apreciaban tan pronto caracteres que los asemejaban al Triás como puntos de contacto con ciertas formaciones carboníferas. Y a quien conozca la comarca no debe extrañar esta dis-

paridad de opiniones, que se basan en apreciaciones de conjunto, y en la facies, porque si no se desciende a analizar ciertos detalles, según la parte de la cuenca que se recorre, el ánimo se inclina a adoptar de preferencia una u otra clasificación.

En las zonas más accesibles del valle, ya sea la cercana a Cantillana o la que atraviesa la carretera de Las Jarillas, predominan conglomerados rojizos con capas intercaladas de arcillas y areniscas, unas veces pardoverdosas, otras de color rojo morado, que imprimen al conjunto de la formación aspecto bastante parecido al del Trías inferior, tan extendido en las zonas periféricas de la Meseta central. Pero la semejanza de estos dos terrenos, el del Viar y el tramo de los conglomerados y la arenisca roja triásica, no es ni con mucho completa. En el piso inferior del Trías los conglomerados son silíceos; los consolida un cemento rojizo, que es el que da color a la masa rocosa, y ésta tiene caracteres tan constantes, por muy distantes que se encuentren los yacimientos, que costaría trabajo al petrógrafo más experto diferenciar una muestra de conglomerado rojo triásico, arrancada, por ejemplo, en el puerto de Velate, en Navarra, de ejemplares de la misma roca procedentes de Reinoso, de la provincia de Barcelona o de la parte Sur de la meseta central. Y es que ocurre con esta roca lo que con otras muchas de la serie sedimentaria: las cuarcitas silurianas, la caliza carbonífera, las margas abigarradas del Keuper, las arcillas del Flysch numulítico y ciertos tipos de la molasa miocena, que ostentan caracteres tan similares, cualquiera que sea su yacimiento, que parece que se formaron con elementos procedentes de un solo origen y al amparo de idénticas condiciones de medio ambiente.

En los conglomerados del Viar, por el contrario, la coloración rojiza es las más de las veces sólo superficial, y se debe a la costra oxidada de los cantos de diorita o de diabasa que

contiene; su cemento es gris, abundan en su masa elementos más o menos angulosos de rocas relativamente blandas, el tamaño de los guijos cambia aun en los mismos bancos de un punto a otro, el espesor de las hiladas varía también por la interposición de lentejones más o menos gruesos de arcillas parduzcas o rojizas, y la roca, en resumen, reúne un conjunto de caracteres que hacen de ella un tipo de *conglomerado local*, a cada uno de cuyos elementos se le podría asignar su procedencia, y no lejana, sin temor a equivocarse.

Algunas de las capas arcillosas que se intercalan entre los conglomerados contienen profusión de vegetales fósiles de los géneros *Pecopteris*, *Asterophyllites* y *Annularia*, y en los conglomerados mismos, sobre todo en los de elementos no muy voluminosos, abundan extraordinariamente gruesos troncos silicificados de especies indeterminables, porque en el proceso de la fosilización ha desaparecido la corteza y sólo se ha conservado la fibra de la madera.

Por todas estas circunstancias que concurren en los conglomerados, areniscas y arcillas, con tinte más o menos rojizo, que cubre grandes superficies en el valle del Viar, a primera vista, y sin detenido examen, dan cierta impresión de analogía con las del tramo inferior del Trias; pero una vez que se analizan las rocas minuciosamente y se estudia, aunque sólo sea en sus líneas generales, la flora fósil que encierran, se adquiere la convicción de que corresponden a un horizonte geológico más antiguo.

Si después de examinar detenidamente esas zonas del Viar, donde tanto desarrollo adquieren los conglomerados de grandes elementos, se continúa el estudio por la vertiente derecha del río, aguas arriba del puente de la Jarilla, nos encontramos ante una serie de estratos tan distinta de la anterior que parece corresponder a otro sistema geológico, y tentados estaríamos de asignarle edad inferior, a lo que autoriza su posición estra-

tigráfica con relación a la serie ya descrita, si no descubriéramos luego a un nivel más bajo aún, nuevas capas de conglomerados, areniscas y arcillas de tinte general rojizo, análogos a los de la serie alta y con fósiles similares.

Es verdaderamente curioso el aspecto del tramo intermedio de la formación del Viar, y si se presentara aisladamente, con independencia de los tramos rojos superior e inferior, nadie dudaría, ante el conjunto de sus caracteres, en clasificarlo de Carbonífero, y más concretamente de Estefaniense. Tiene poco espesor este tramo: 30 a 35 metros; y consta casi exclusivamente de areniscas feldespáticas de color gris amarillento muy pálido y de conglomerados silíceos o pudingas de elementos menudos.

Las areniscas tienen la particularidad de dividirse en lajas, y éstas, a su vez, en trozos de forma de rombos, debido a la coexistencia de tres cruceros relacionados, al parecer, con un proceso de rápida desecación de la roca. El Ingeniero de Minas D. Bernardo Tenorio, que estudió hace años la cuenca, dió a estas areniscas el nombre de *rómbicas*, y se ha extendido tanto su empleo entre las personas que posteriormente han realizado estudios o trabajos en el Viar, y es, además, tan gráfico, que proponemos que se conserve dicho nombre para designar el tramo medio de la cuenca.

Este tramo de la arenisca rómbica contiene, interestratificadas en dos o tres horizontes, capas de pizarras muy silíceas, de color gris claro, a las que acompañan otras de pizarras carbonosas y delgados lechos de carbón que no tienen gran regularidad, sino más bien forma de lentejones, pero su composición y estructura es interesantísima y da derecho a pensar que se han formado *in situ* con los restos de una exuberante vegetación, de la que se conservan fosilizados innumerables troncos de 30 a 40 centímetros de diámetro arraigados en el muro de la capa, en posición normal a los lechos de estrati-

ficación y perfectamente cilíndricos, como corresponde a ejemplares que por conservar la posición vertical durante la fosilización, no han sufrido compresión lateral alguna que pudiera deformarles. Algunas de estas *capas de cepas* muestran un tronco fosilizado cada 80 ó 90 centímetros, lo que indica que los árboles de esas antiguas selvas crecían a la distancia usual en nuestros actuales bosques de coníferas.

Por el diámetro de los árboles, al nivel del suelo, ha de suponerse que pertenecían a especies de largos fustes, pero nunca se encuentran sobre las capas de cepas restos de los troncos correspondientes, y parece como si una vez tronchados los árboles al ras de la tierra y regados los troncos y el ramaje por el suelo, la materia leñosa se hubiera carbonizado y dado origen a los lechos de pizarras carbonosas que acompañan siempre a las capas de cepas, en tanto que los pedazos de troncos que quedaron fijos por su raíz al terreno, y enterrados en la sustancia arcillosilíceas de la roca que ahora los envuelve, conservaron su forma en el proceso de la fosilización.

Varias son las capas de esa índole, todas de composición y estructura análoga, que se intercalan en el tramo de la arenisca rómbica, y en algunas se han hecho reconocimientos mineros con la esperanza de que a cierta distancia de los afloramientos se ensancharan las vetas de carbón. Ninguno de estos trabajos ha tenido éxito favorable, y, además, parece que las capas carbonosas no se prolongan mucho en el sentido de la corrida ni en el del buzamiento, pues en algunos pozos se ha atravesado todo el tramo rómbico sin encontrar las capas que afloraban relativamente cerca.

Debajo de la arenisca rómbica o de las pudingas de menudos elementos que a veces las sustituyen, yacen, en la vertiente derecha del Viar, capas de arcillas y areniscas rojas y conglomerados rojizos y verdosos, y aunque este conjunto de capas es bastante semejante al del tramo superior, tiene con él una

diferencia esencial, y es la de que alternan con las capas sedimentarias otras de pórfidos estratificados muy regularmente y concordantes con los conglomerados o areniscas entre los cuales afloran. Estas rocas intrusivas aparecen también alguna vez en el tramo de la arenisca rómbica; pero donde las coladas son más extensas y más potentes es en el tramo inferior. Las capas de pórfidos tienen ordinariamente de dos a cinco metros de espesor, y encima de la roca eruptiva descansan bancos de conglomerados de elementos menudos y muy redondeados, procedentes todos de la masa eruptiva, que, en consecuencia, ha de suponerse que estuvo expuesta a las influencias meteóricas antes de depositarse los conglomerados rojos de gruesos elementos que le siguen en orden ascendente. Las erupciones debieron ser varias durante el periodo de sedimentación de los tramos inferior y medio, pues sólo así se explica la concordancia perfecta entre la roca hipogénica y las sedimentarias y, sobre todo, la formación de rocas detríticas con elementos de la hipogénica: y nada se opone al supuesto de que las coladas de pórfidos se extendieran por el fondo del lago donde la sedimentación se efectuaba; antes por el contrario, así parece indicarlo la estructura escoriforme que caracteriza a la parte alta de los bancos eruptivos plagados de vacuolas.

Estos pórfidos, de composición poco frecuente, como se indicó al hacer el resumen de las rocas eruptivas que habíamos encontrado en la comarca de Cantillana, contienen sodalita y meróxeno.

Las tres series de estratos que hemos descrito: la de conglomerados, areniscas y arcillas de tintes rojizos de la parte alta; la de la arenisca rómbica, y la de conglomerados inferiores, también rojizos y con intrusiones de pórfidos, integran la masa de estratos que tapiza el fondo de la fosa del Viar y cuya clasificación no se ha concretado hasta ahora y ha sugerido tantas incertidumbres a los geólogos que han visitado la

comarca. Pero esas tres series o tramos no se extienden con regularidad de un extremo a otro de la fosa. Los dos inferiores parecen limitados a la mitad septentrional del valle, aunque bien pudiera ocurrir que el tramo que falta en realidad desde la carretera de Las Jarillas hasta Cantillana sea el de la arenisca rómbica, es decir, el de enmedio, en cuyo caso quedarían en contacto inmediato los tramos inferior y superior, que por sus caracteres litológicos similares no hay modo de distinguirlos fácilmente.

Con esta última hipótesis concuerdan dos datos que suministra la observación: uno, la existencia de brechas de elementos voluminosos en el borde oeste de la cuenca, a cuatro kilómetros de Cantillana, cuyos bancos descansan sobre pizarras cambrianas y pertenecen, indudablemente, a la base de la formación del Viar; otro, la gran potencia del tramo rojo en toda esa parte, que puede decirse que excede el de los tres reunidos en la zona septentrional de la fosa, y no parece probable que tal espesor de capas pertenezca a solo el tramo superior.

Lo indudable es que el tramo de la arenisca rómbica, con los caracteres distintivos que le han valido este nombre y con sus típicas *capas de cepas*, está localizado en la vertiente derecha del valle, al Norte de la carretera de Las Jarillas y en relación marcadísima con la gran masa granítica de Almadén de la Plata. En efecto, si se dibujan los límites de la mancha de arenisca rómbica, se ve que sus capas se extienden al pie de los montes de granito del Berrocal, que son, además, las únicas rocas de las proximidades que pudieron proporcionar el cuarzo y el feldespato en la proporción que lo contienen las areniscas en cuestión.

La formación del Viar está casi horizontal en la mayor parte del valle; en la vertiente derecha, las capas buzan de 8 a 10 grados hacia el eje de la cuenca, y en el borde opuesto se levantan bruscamente con pendientes de 70 a 80 grados.

A veces en este borde están verticales y aun volcadas, pero la dislocación es puramente marginal, toda vez que a los 100 ó 150 metros de la orilla de la cuenca las capas recobran la posición horizontal.

El sinclinal que describe la formación tiene su eje, según esto, muy cerca del borde occidental de la cuenca; la rama Oeste tiene pendiente muy suave, como se ha dicho, y la opuesta es casi vertical. Los movimientos orogénicos que plegaron las capas en esta forma fueron anteriores al depósito del Mioceno (que yace horizontal encima de los estratos levantados del Viar en la mesa del Alcornocalejo, al Noreste de Cantillana) y corresponden a la época del levantamiento pirenaico. El proceso de formación de ese sinclinal tan disimétrico se explica satisfactoriamente admitiendo que los estratos bascularon ligeramente hacia Noreste por haberse renovado la falla que limita la cuenca por ese rumbo a consecuencia del movimiento orogénico y acentuándose al mismo tiempo el hundimiento de los terrenos antiguos a lo largo de dicha línea. En este supuesto, los estratos que rellenaban la parte profunda de la fosa hubieron de seguir ese movimiento de descenso, inclinándose hacia el borde que se hundió más, sin sufrir apenas dislocaciones, pero los extremos de las capas que descansaban en la ladera abrupta de la meseta, no pudiendo descender con igual regularidad por efecto del rozamiento, se rompieron sobre el plano de la falla, y al encajarse en el nuevo álveo se doblaron hacia arriba, como ocurriría a unas hojas de papel que guardásemos en una caja algo estrecha.

Aun cuando los movimientos orogénicos que ocasionaron el levantamiento de la cordillera pirenaica no influyeron de manera notable en la estructura tectónica de la Meseta, es indudable que los pliegues hercinianos sufrieron fuerte compresión, manifiesta principalmente en el estrechamiento de los inclinados y de las grandes depresiones, y efectos de esta in-

dole se notan tanto en la fosa del Viar como en la de Villanueva por el plegamiento, más acentuado en la segunda que en la primera, de las capas de relleno, y es curioso observar que mientras en el Viar la rama más pendiente del pliegue es la oriental, en Villanueva ocurre lo contrario.

Refiriéndonos de nuevo al borde oriental de la cuenca del Viar, es interesante hacer constar que las capas del relleno desde el extremo Norte de la fosa hasta la Sierra Traviesa no pasan de la falla, pues, como ya se dijo, los restos que quedaron adheridos a las laderas, en posición bien inestable por cierto, no resistieron largo tiempo a la erosión. Pero entre Sierra Traviesa y la mesa del Alcornocalejo la falla pasa a mayor distancia del borde de la cuenca, la vertiente de la fosa primitiva tiene pendiente mucho menor, y al producirse la rotura de los estratos a lo largo de aquella fractura antigua, quedó una parte de éstos albergada en un ensanchamiento que tiene la fosa al Sur de Fuenteluenga, y allí se han conservado hasta nuestros días. En consecuencia, desde la Sierra Traviesa hasta la meseta del Alcornocalejo la falla en cuestión no separa la formación del Viar de los terrenos antiguos, pero no por eso deja de manifestarse en la superficie; antes por el contrario, es más patente aún, debido a la circunstancia de que el haz de estratos que por efecto de la dislocación aflora con pendiente de 60 a 65 grados, ocupa mucho más espacio en proyección horizontal. Las capas que quedan a la espalda de la falla tienen pendientes mucho menores: 15 a 20 grados, y aun menos.

En el mapa hemos dibujado la falla allí donde no coincide con el borde de la cuenca del Viar. Los crestones de conglomerados, areniscas y arcillas rojas y lechos muy delgados de caliza negra de textura arriñonada, que ofrece la particularidad de aparecer blanca en las superficies meteorizadas, forman en el terreno barreras naturales y originan agudos perfiles que

a lo lejos semejan murallas en ruinas. El paraje donde esos crestones se destacan se llama «Las Infantas», y sin duda por ello el Sr. Tenorio designó con este nombre a la falla que pasa por allí para distinguirla de la del borde oriental de la formación que denominó «falla principal»; pero en realidad es la misma y la única que afecta a la cuenca, porque lo que limita la formación del Viar más a Levante, al pie del cerro de los Alacranes y de la Encarnación, no es falla propiamente dicha.

Edad de la formación del Viar.—Hecha esta ligera reseña de los estratos que integran el relleno de la fosa del Viar, de su composición, sus caracteres exteriores y su tectónica, vamos a analizar los elementos de que disponemos para fijar la edad de tan interesante formación. A este efecto merece la pena insistir en que si las capas del Viar, especialmente algunos grupos o haces, tienen por su coloración rojiza aspecto triásico, ofrecen, cuando se las estudia con detenimiento, caracteres que en manera alguna convienen a depósitos de esa edad, entre otros, la composición de los bancos de conglomerados, la existencia de pórfidos interestratificados, las *capas de cepas* de la arenisca rómbica, la abundancia de troncos silicificados en algunos bancos detríticos, y precisamente los más altos, y, sobre todo, el carácter de la flora fósil, rica en géneros y especies que se extinguieron antes de la época triásica.

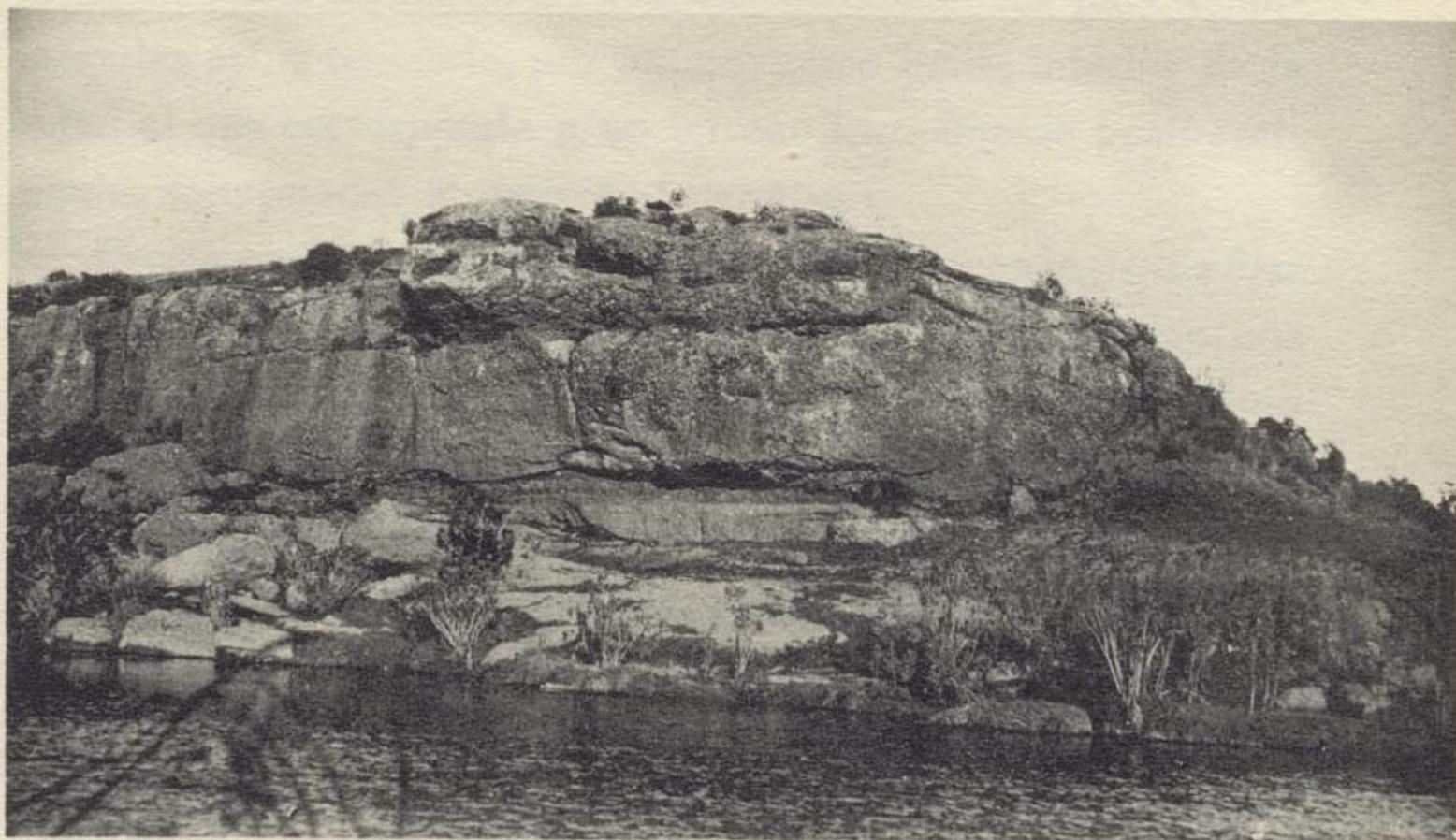
Mas si se excluye la formación del Viar de la época triásica para pasarla a la estefaniense, también podrían oponerse objeciones de gran fuerza, porque el Estefaniense, bastante desarrollado en España, y bien reconocido y estudiado en Villanueva, a seis kilómetros del valle del Viar, jamás ofrece los caracteres del terreno de que tratamos. Tramos rojos como los del Viar, tan potentes y tan constantes, no se han encontrado en ninguna cuenca estefaniense de España, ni se han descrito, que sepamos, en ninguna europea. En resumen, las capas del Viar, demasiado antiguas para poderlas llamar triásicas, dema-



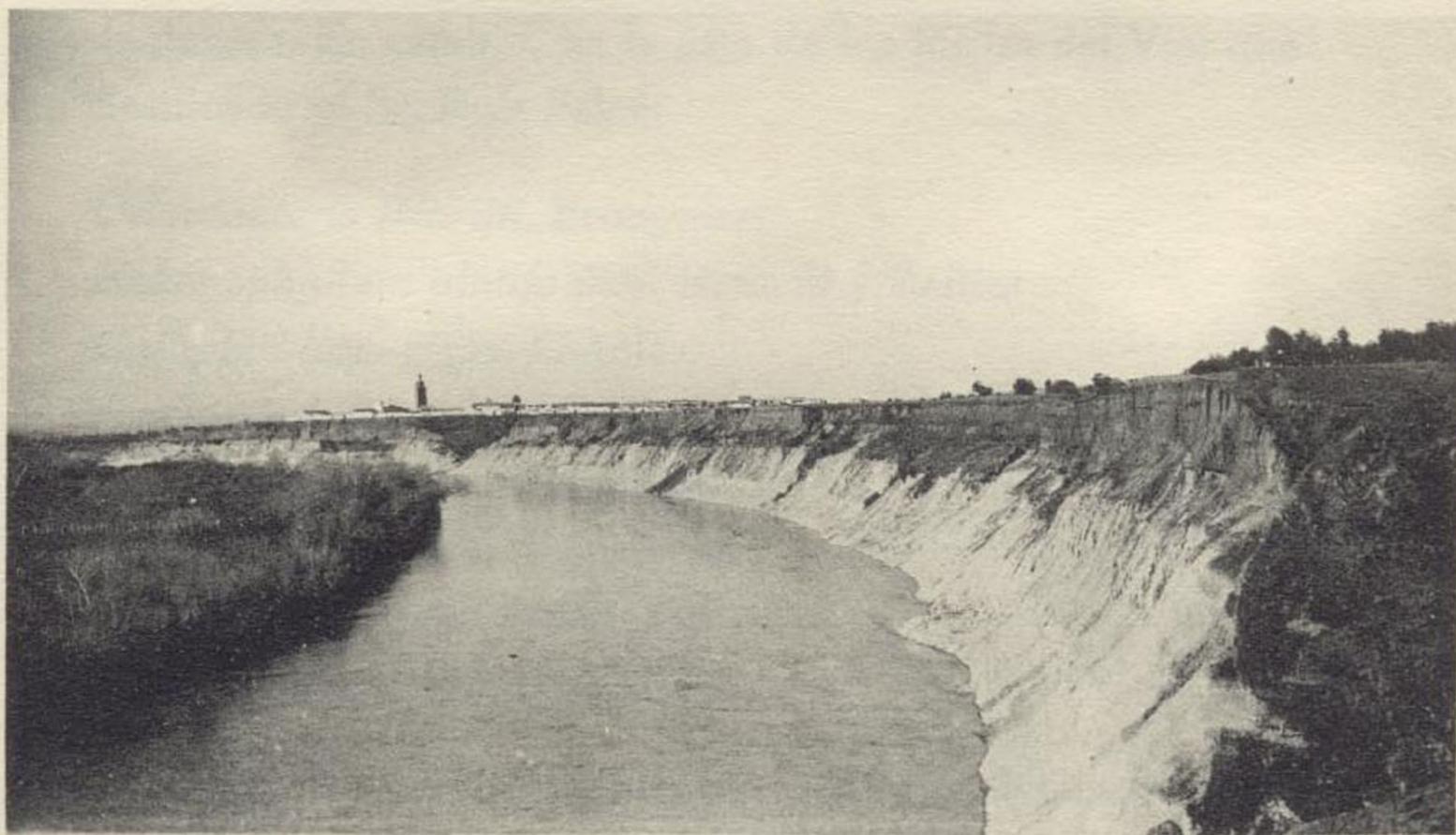
9. Conglomerado permiano del valle del Viar.



10. Arcillas tortonienses cubiertas por el Diluvium en la margen derecha del Guadalquivir.



9. Conglomerado permiano del valle del Viar.



10. Arcillas tortonienses cubiertas por el Diluvium en la margen derecha del Guadalquivir.

siado distintas de las de las cuencas estefanienses para denominarlas así, y teniendo, por último, como límite inferior de la edad el que corresponde a un terreno francamente posthercyniano, sólo pueden atribuirse al Permiano.

Pero a pesar de que llegamos por deducciones lógicas a fijar límites tan cercanos de la edad de las capas del Viar, no nos atreveríamos a clasificarlas concretamente de permianas, como lo hacemos, si esas deducciones no estuvieran apoyadas, además, en un dato paleontológico que consideramos de interés primordial y hasta cierto punto decisivo, cual es el hallazgo, por nuestro compañero Sr. Ruiz Falcó, de *tres especies distintas de Walchia* entre los fósiles vegetales recogidos en la cuenca.

El género *Walchia* aparece en el Estefaniense, pero no alcanza su desarrollo álgido hasta la época permiana, y en España, desde luego, son contados los ejemplares de esa clase de coníferas que se han encontrado en las cuencas carboníferas estefanienses. En cambio, en la lista de los fósiles del Viar que ha clasificado el Sr. Ruiz Falcó:

Odontopteris Brardii, Brongniart.

Sphenophyllum alatifolium, Renault y Zeiller.

Callipteridium gigas, Gutbier.

Asterophyllites equisetiformis.

Annularia stellata, Brongniart.

Walchia piniformis, Schlotheim.

Walchia imbricata, Schimper.

Walchia hypnoides, Brongniart,

figuran tres especies de *Walchia*, que reproducimos en la lámina VII, a pesar de que hasta ahora son pocos los fósiles recogidos en la cuenca para su estudio, por lo que es más significativa aún esa abundancia de *Walchia*.

Los ejemplares figurados proceden de la parte de la cuenca próxima a Cantillana, que es la que el Sr. Ruiz Falcó reco-

rió con más detenimiento, pero seguramente se encontrarán en el extremo opuesto, porque las mismas capas afloran en puntos muy distantes.

La *facies* de los sedimentos no son ciertamente caracteres decisivos para determinar la edad de una formación; pero no puede negarse que cuando además de coincidir la *facies*, apoyan la semejanza de dos depósitos documentos paleontológicos, aun cuando no sean concluyentes, hay que conceder la importancia que realmente tienen a los caracteres litológicos, y en apoyo de la clasificación adoptada para las capas del Viar debemos consignar que los únicos depósitos europeos donde abundan las *Walchia* y tienen a la vez *facies* muy semejante, por no decir idéntica, a los de la cuenca que estudiamos, son los del Permiano inferior y medio o pisos autuniense y sajoniense de Sajonia, de la cuenca del Sarre y de los Vosgos. En todos estos distritos permianos predominan los conglomerados poligénicos de color rojo, las areniscas faldespáticas y las intercalaciones de pórfidos y melafiros.

Como se indicó en páginas anteriores, se encuentran en el Permiano del Viar, principalmente en el tramo de la arenisca rómbica y en la base del tramo rojo superior, capas de pizarras carbonosas con vetas de carbón. Varios trabajos, algunos de verdadera importancia, se han hecho para reconocer esas capas y ver si realmente tenían interés industrial, sin que los resultados hayan correspondido a las esperanzas. En la lámina VI damos el corte de un pozo, hecho por los Sres. Camino Hermanos, de Sevilla, en la margen izquierda del Viar, frente a la desembocadura del arroyo Garganta Fría, cinco kilómetros al Norte del límite de la hoja de Cantillana. Está emboquillado en los conglomerados de la base del tramo superior: a los 75 metros bajo el nivel del río cortó el tramo de la arenisca rómbica, y a los 146, bajo el mismo nivel, se paró la profundización por dificultades de desagüe después de haber

cortado parte de los conglomerados rojos del tramo inferior. La inclinación de los estratos es pequeña, y el espesor de terreno cortado se aproxima mucho a la profundidad del pozo, 152,50 metros.

Por lo que muestran los afloramientos de Garganta Fría, quedaron por atravesar los bancos con intercalaciones de pórfidos de la base del tramo inferior, unos 30 metros, y como sobre los estratos donde se emboquilló el pozo quedan unos 70 metros del tramo superior rojo, puede calcularse que el Permiano en esta parte de la cuenca tiene alrededor de 250 metros de potencia.

En la margen izquierda del Viar, a un kilómetro del cauce y a cinco kilómetros al Norte de Cantillana, se hizo otro pozo de reconocimiento, que tampoco cortó capas de combustible. Su profundidad es semejante a la del anterior, y a juzgar por la escombrera ha atravesado conglomerados rojos y de color gris, y pizarras oscuras en las que abundan los restos vegetales. De este pozo proceden los ejemplares de *Walchia* que hemos fotografiado en la lámina VI.

Además de estos dos trabajos, que podríamos llamar principales, hecho uno en la región Norte de la cuenca y otro en la región Sur, se han abierto algunas galerías y pocillos en los afloramientos de las capas de pizarras carbonosas, pero con ninguna de esas labores se han encontrado capas de combustible interesantes. Sin embargo, la cuenca del Viar tiene, a nuestro juicio, verdadero interés, no por las capas de carbón que pueda contener el terreno permiano, que ya se ha visto, con los múltiples reconocimientos hechos, que no se formalizan en ningún punto, sino ante la posibilidad de encontrar debajo del Permiano el Estefaniense de la Reunión, y acaso en condiciones mucho más favorables de regularidad y de desarrollo que en Villanueva.

Como el Permiano es el terreno que en la serie geológica

sigue al Estefaniense, si éste se depositó en la fosa del Viar, lo habrán protegido las capas permianas, y no hay que temer que gran parte de la mancha haya desaparecido por denudación, como en Villanueva. Además, en la depresión del Viar, las capas que se encuentran bajo el Permiano, concordantes con él, deben tener pendientes reducidas. Por todas estas circunstancias, sería interesantísimo conocer la composición del relleno de la fosa del Viar, que en el centro debe tener profundidad mucho mayor que el espesor que suman los tres tramos conocidos del Permiano, y ha de albergar, acaso, capas inferiores de este mismo terreno, desconocidas hasta ahora; acaso, como decimos antes, la formación hullera estefaniense.

Si esta posibilidad se convirtiera en realidad, no hay que ponderar la importancia que ello tendría para el desarrollo industrial de toda la comarca, y la riqueza incalculable que representaría una cuenca carbonífera de las dimensiones de la del Viar, a 50 kilómetros del puerto de Sevilla.

Las investigaciones deberían hacerse con tres o cuatro sondeos distribuidos a lo largo de la cuenca y situados más cerca del borde oriental que del opuesto, para tener seguridad de alcanzar la zona de mayores profundidades. Calculando por exceso el espesor del Permiano en 350 metros, bastarían sondeos de 500 metros para averiguar si, efectivamente, se depositó el terreno carbonífero en el valle del Viar.

La laguna estratigráfica de la edad secundaria. — Los depósitos estefanienses y permianos que, plegados en suaves sinclinales, rellenan, respectivamente, las fosas tectónicas de Villanueva y el Viar, nos permiten conocer los últimos episodios geológicos que se desarrollaron en la Meseta ibérica, al finalizar los tiempos primarios. La edad secundaria abre un largo paréntesis en la historia de la mole central herciniana: de su mitad meridional sólo sabemos que la cubrieron, en parte, las aguas de los lagos triásicos, donde se sedimentaron

capas de pudingas y areniscas rojas y margas abigarradas. Restos abundantes de estas formaciones se conservan en la Mancha y a lo largo del borde meridional de la Meseta, y su falta en la comarca de Cantillana hay que atribuirla más bien a su denudación que a emersión del terreno en aquella época.

De las formaciones jurásica y cretácea no se observa el menor vestigio en los límites de la hoja que describimos, como tampoco en zonas limitrofes de la Meseta, y otro tanto puede decirse de los terrenos numulítico y oligoceno. Pero no debemos suponer, por ello, que estos depósitos dejaran de formarse sobre la mitad meridional de la Meseta, y tales lagunas estratigráficas denotan, más bien, la falta de plegamientos durante tan dilatados períodos de tiempo, porque las capas que se conservan horizontales y exentas de metamorfismo dinámico, ceden más fácilmente al ataque de las fuerzas meteóricas, y tras una labor de denudación prolongada, desaparecen antes que los estratos plegados, que encauzan las corrientes de agua y localizan su labor destructora, y, en último término, quedan como testigos de lo que existió, los estratos encajados en los fondos sinclinales, los adheridos a los bordes de la falla y los que cobijan otros más antiguos, pues, por mucho que las corrientes superficiales profundicen con su labor de erosión, no llegan a salvar los desniveles que los plegamientos orogénicos establecen entre sedimentos pertenecientes a un mismo horizonte o nivel geológico.

Así vemos que se conservan restos de Neocomiense y de calizas numulíticas en los sinclinales jurásicos de la cordillera Penibética, a pesar de haber desaparecido un cubo enorme de la formación jurásica, y de análoga manera han perdurado los depósitos estefanienses de Villanueva y los permianos del Viar, alojados en depresiones de la meseta, muy por bajo del nivel de la base de los ríos.

Sistema Mioceno.— Cualquiera que haya sido el régimen de sedimentaciones y denudaciones en el extremo meridional de la Meseta ibérica durante la edad secundaria y el comienzo de la terciaria, podemos afirmar que, cuando las aguas del mar mioceno penetraron en la fosa penibética y establecieron comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo, el borde de la Mole central en la comarca de Cantillana mostraba al descubierto los viejos terrenos de su armazón primitiva, porque ahora que los depósitos miocenos empiezan a desaparecer a su vez y vuelven a ver la luz los terrenos que constituían el fondo del mar neogeno, sólo encontramos terrenos hipogénicos y primarios, como el mapa geológico pone de manifiesto.

La faja miocena que se dibuja en la hoja de Cantillana corresponde a una zona costera del mar de la época, que ganaba rápidamente en profundidad en dirección Sur, toda vez que el asiento de algunos bancos miocenos en término de Villanueva del Río se halla a la cota 200, en tanto que, sondeos hechos en el valle del Guadalquivir, entre Tocina y Alcolea, encontraron el fondo de la cuenca miocena a 200 metros bajo el nivel del mar. El espesor normal del Mioceno es, pues, en la comarca de Cantillana, de 400 metros, sin contar con las capas altas que hayan desaparecido por denudación, algunas de las cuales debieron penetrar hacia el interior de la Meseta bastante más allá de los límites actuales de las manchas que dibujamos, límites que no coinciden en ningún punto de los que hemos podido observar con la línea costera del mar mioceno. No nos referimos a la falta de conglomerados poligénicos en los bordes de esas manchas, que rara vez se encuentran en las orillas de ese mar, al menos en la región andaluza, y más concretamente en la Cordillera Penibética, sino a otros signos de más valor para la determinación de la zona costera, como son: ejemplares de *Ostrea*, adheridos a las rocas del fondo, y perforaciones de moluscos

litófagos (*Lithodomus*, *Gastrochaena*, *Petricola*, *Venerupis*, etcétera).

Los sedimentos miocenos de la zona que describimos, pueden agruparse en dos niveles distintos por su aspecto litológico. El inferior, de arcillas y arenas arcillosas más o menos cargadas de cal, el más extendido, predomina desde Burguillos hasta Villanueva de las Minas; el superior, de carácter más detrítico, consta de maciños y calizas toscas. Se halla siempre a cotas altas, y son frecuentes sus isleos entre el Cerro de la Encarnación, al Oeste de Villanueva, y la Mesa de las Viñas, y otras alturas próximas.

Las arcillas y las arenas arcillosas del tramo inferior son de color gris o amarillento, según la cantidad de arena que contienen: si las arcillas están exentas de arena, su impermeabilidad conserva las sales de hierro en estado ferroso, y los colores predominantes son el gris y el verde azulado; si se cargan de dicha sustancia, las penetra el agua y el aire, y las sales de hierro se sobreoxidán y la masa toma tinte amarillento. En el mapa hemos marcado con signos distintos estas dos modalidades de los depósitos miocenos.

Las calizas toscas, de tonos amarillos, se componen de restos de moluscos, equínidos y coralaris, envueltos en arena y consolidados por depósitos calcáreos de las aguas de infiltración. En este nivel de las calizas toscas abundan los bancos de ostras, de las que se encuentra profusión de ejemplares regados por las tierras de labor.

Los bancos de la caliza tosca miocena, horizontales o con buzamientos ligerísimos de 2 a 5 grados hacia el valle, originan esas lomas achatadas, casi planas, rodeadas de pequeñas escarpas a modo de escalera de acceso, y que reciben el nombre de «Mesas» (Mesa del Arcornocalejo, Mesa de las Viñas, etcétera).

En las proximidades de Villanueva, según se dijo en otra

ocasión, se manifiesta la influencia de las rocas de la orilla en la composición de los depósitos miocenos. Las pudingas carboníferas, atacadas por las corrientes o batidas por las olas, cedieron abundantes materiales a las capas en formación. Algunos bancos, compuestos casi exclusivamente de los guijos cuarzosos de las pudingas y de arena endurecida, se asemejan sobremanera a los estefanienses, y entre el Cerro de la Encarnación y el del Mirador, la superficie del suelo está cubierta de gravilla de cuarzo blanca que parece producto de destrucción de las pudingas de Villanueva, y proceden, sin embargo, del Mioceno infrayacente.

Las capas miocenas que describimos apenas se han movido de la posición en que se depositaron; con frecuencia ofrece el terreno cortes naturales que muestran el régimen de los estratos y sus contactos con las formaciones antiguas (figs. 10 y 11).

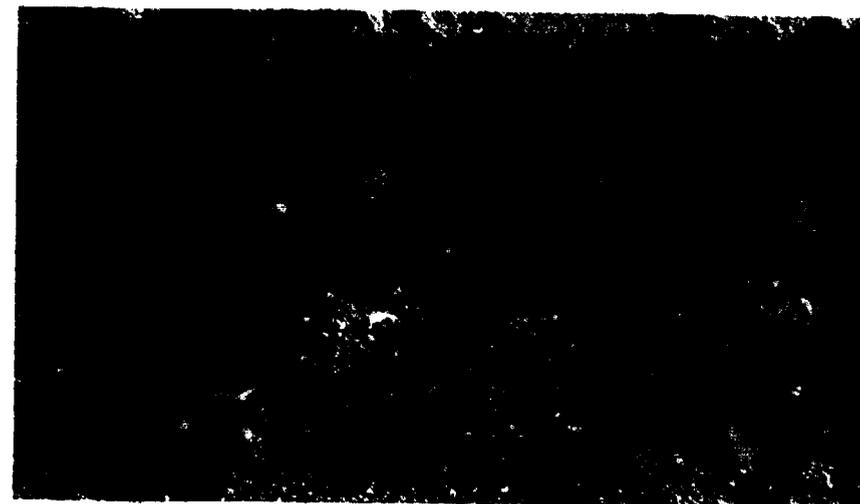
El nivel de las arcillas y arenas arcillosas, y lo mismo el de las calizas toscas, corresponden al piso tortoniense. No es posible establecer diferencias de edad entre uno y otro porque las faunas malacológicas de los dos son similares, y la del inferior es, como se verá por la lista de fósiles que luego daremos, típicamente tortoniense.

En el Arroyo Trujillo, a un kilómetro aguas arriba del puente sobre la carretera de Lora del Río a Santi-Ponce (km. 27), las arenas arcillosas amarillentas del tramo inferior ofrecen escarpas de 8 a 10 metros alternativamente en una y otra orilla, y en ellas descubrió nuestro compañero Sr. Fernández Iruegas un yacimiento de fósiles interesantísimo. Los ejemplares están, en general, bien conservados, y algunas conchas, entre ellas la *Natica millepunctata*, tienen aún vestigios de la coloración.

En el corto tiempo que nos fué posible dedicar a la recolección de fósiles de este yacimiento, de cuya riqueza extraordinaria da idea la figura 12, que reproduce un banco plagado de moluscos, obtuvimos las siguientes especies, además de algu-



11. Capas de arena y caliza tosca de Tortoniense sobre pizarras cambrianas.



12. Banco fosilífero del Tortoniense en el Arroyo de Trujillo.





11. Capas de arena y caliza tosca de Tortonense sobre pizarras cambrianas.



12. Banco fosilífero del Tortonense en el Arroyo de Trujillo.

nos ejemplares inclasificables de *Clypeaster* y varios corallarios que tenemos aún en estudio.

LAMELIBRANQUIOS

- 1.— *Ostrea digitalina*, Dubois.
- 2.— *Ostrea plicatula*, Gmelin.
- 3.— *Arca præcorbuloides*, nov. sp. *
- 4.— *Pectunculus gaditanus*, Gmelin.
- 5.— *Cardita Jouanetti*, Basterot. *
- 6.— *Cardita rudista*, Lamarck.
- 7.— *Cardita crassa*, Lamarck.
- 8.— *Cardium Hians*, Brocchi.
- 9.— *Cardium discrepans*, Basterot. *
- 10.— *Callista pedemontana*, Agassiz. *
- 11.— *Venus Brocchii*, Deshayes.
- 12.— *Venus plicata*, Gmelin. *
- 13.— *Venus Nux*, Gmelin. *

Las especies marcadas con asterisco las hemos reproducido en las láminas VII a IX. La especie que denominamos *Pectunculus gaditanus* es la designada generalmente por los autores con los nombres *P. violacescens*, Lamarck, y *P. insubricus*, Brocchi, y a la que hay que restituir el nombre que le dió Gmelin con anterioridad, refiriéndose a una figura y descripción de Bonnani que concuerdan exactamente con la concha que se encuentra en los mares de Cádiz. La *Venus Nux* es el nombre que corresponde por prioridad a la especie designada más tarde *V. multilamella*, y éste debe pasar a la sinonimia.

La especie que denominamos *Arca præcorbuloides* no tenemos noticia que se haya descrito hasta la fecha y la consideramos, por tanto, nueva. Tiene caracteres comunes con el *Arca corbuloides*, Monterosato, cuya forma ancestral es indu-

dablemente, pero ni la forma de la concha ni la relación entre el ancho de las costillas y los espacios intermedios es la misma que en el *Arca corbuloides*. A continuación la describimos.

Arca præcorbuloides, nov. sp. Lám. VII, figs. 1 a 5.

DIAGNOSIS. — Concha equivalva, inequilateral, sólida, gruesa, inflada, de forma *oval triangular*. Ganchos salientes, bastante encorvados y separados. Area cardinal ancha, en la que se distinguen las líneas de inserción del ligamento, angulares, que dibujan rombos cuando están unidas las dos valvas. Borde anterior redondeado; el ventral es convexo y *asciende rápidamente* hacia el posterior, truncado. Superficie de las valvas provista de 35 a 38 costillas, estrechas, planas, *más anchas que los espacios intermedios*. Líneas de crecimiento muy finas, concéntricas. Borde cardinal recto con una fila de pequeños dientes, normales al borde en el centro y algo mayores y divergentes en las extremidades. Vista la concha por el interior se advierten salientes dentiformes en los bordes anterior, ventral y posterior, que corresponden a las extremidades de las áreas intercostales. Impresión paleal sin seno, y las de los músculos abductores grandes y callosas. Diámetro antero-posterior, 65 milímetros; altura, 48.

Las diferencias principales con la especie de Monterosato radican en los caracteres subrayados en la diagnosis. El *Arca corbuloides* vive actualmente en el Mediterráneo y en el Golfo de Cádiz. Se la encuentra en fondos de arena fangosa entre 4 y 20 brazas de profundidad.

GASTRÓPODOS

1. — *Cassis lævigata*, DeFrance. *
2. — *Conus elatus*, Michelotti. *
3. — *Conus belus*, D'Orbygni.

4. — *Pleurotoma ramosa*, Basterot.
5. — *Mitra scrobiculata*, Brocchi.
6. — *Halia helicoides*, Brocchi.
7. — *Marginella Deshayesi*, Michelotti.
8. — *Natica millepunctata*, Lamarck.
9. — *Natica redempta*, Michelotti. *
10. — *Natica Josephinia*, Risso. *
11. — *Natica submamilla*, D'Orbygni.
12. — *Natica submamilaris*, D'Orbygni.
13. — *Ficula geometra*, Borson.
14. — *Turritella Windobonensis*, Partsch. *
15. — *Xenophora infundibulum*, Brocchi.
16. — *Buccinum Brugadinum*, Grateloup.
17. — *Nassa pupoides*, Bellardi.

Las especies marcadas con asterisco se reproducen en la lámina X.

En el horizonte de la caliza tosca predominan las ostreas, sobre todo la *O. crassissima*, y los moldes de lamelibranquios, en su mayor parte inclasificables. De las cercanías de Cantillana procede el ejemplar de *Lutraria* que hemos figurado en la lámina IX, y cuyo nombre específico no nos atrevemos a consignar, a pesar de que algunos autores la consideran como la *Lutraria Lutraria*, Linné; pero, a nuestro juicio, el ejemplar que representamos es de mayor tamaño y su forma no coincide tampoco exactamente con la de la especie descrita en el *Sistema Naturae*, edición X, página 670.

También abundan los *Clypeaster* en el nivel de la caliza tosca.

Terreno cuaternario. Sistemas diluvial y aluvial. — En el mapa, al Norte del Guadalquivir, en las proximidades de la carretera de Lora del Río, hemos dibujado varias manchitas diluviales, restos desgajados de otra mucho más extensa que

se formó cuando el río circulaba a nivel superior al actual, y en las cuales se encuentran acarreos de distintas procedencias: del Guadalquivir, unos; de sus afluentes, otros; pero cuya separación sería punto menos que imposible porque se entremezclaban en los períodos de grandes crecidas, y tan pronto los del río principal cubren los de los cursos secundarios como ocurre lo contrario.

Al Norte de Alcolea del Río, entre este pueblo y Villanueva, se individualiza, sin embargo, un depósito de tierras arcillosas con multitud de trozos angulosos de cuarzo lechoso, de 4, 5 y hasta 15 centímetros de arista, procedentes de filones que arman en las pizarras cambrianas metamórficas de la Dehesa Boyal y zona que se extiende desde allí hacia el Galapagar, fácil de distinguir de los aluviones antiguos del río, y que sin duda se ha formado con materiales que arrastraron de las vertientes de la meseta arroyos de gran pendiente y corto recorrido y acaso las aguas de escorrentía. Debido al conocido proceso de descalcificación, esas tierras tienen color rojo intenso y descansan sobre gravas consolidadas del Guadalquivir, como se pone de manifiesto en las trincheras del camino, entre los kilómetros 13 y 16, y muy principalmente en la escarpa que domina la orilla derecha del río entre Villanueva y Alcolea. La figura 10 muestra la superposición del *Diluvium* a las arcillas miocenas. El primero, por su color rojo, ha impresionado menos intensamente la placa y se distingue como faja oscura sobre la más luminosa del Tortoniense.

Las restantes manchas que figuran en el mapa al Norte del Guadalquivir, son de gravas más o menos consolidadas y materiales arenosos de época diluvial. Ocultas en parte por las tierras de labor, es fácil adivinarlas, porque cubren sus isleos multitud de cantos rodados que imprimen al terreno aspecto bien distinto al de la capa vegetal que se formó y se forma aún por descomposición de las arcillas miocenas.

Al Sur del Guadalquivir se extiende una amplia vega cuaternaria que en gran parte sirve de lecho de avenidas al citado río. Comienza en el cauce o lecho menor y se extiende al Sur del ferrocarril de Córdoba a Sevilla hasta los alcores de Carmona, que cierran el horizonte por el Suroeste y se destacan de la vega a partir de la cota 40.

La capa superior del terreno se compone en la vega de tierras arcillosas o sabulosas de color pardo, gris amarillento o rojo, que constituyen magníficos campos de labor, en los que se recorren grandes distancias sin encontrar una sola piedra. Los terrenos más arenosos se hallan en las proximidades del cauce menor, los de color rojo en los más alejados y los arcillosos predominan en el resto de la vega. En algunos lugares se intercalan en las tierras lechos de guijos menudos y aglomerados de cantos rodados de mayor tamaño, generalmente de cuarcitas.

La mayor parte de estos terrenos pertenecen al sistema aluvial o reciente, y sólo una mancha situada en el extremo Sur de la hoja debe incluirse en el diluvial, por su coloración roja, por su mayor altitud y por hallarse más consolidadas las capas de cantos rodados, que forman casi un conglomerado.

El insigne geólogo D. Lucas Mallada, fundándose en los resultados de los sondeos hechos en Villanueva y Tocina para descubrir capas de carbón, estima que los aluviones del Guadalquivir, antiguos y modernos, tienen en la vega espesores comprendidos entre 3 y 15 metros, y no fué menor la potencia de los que se cortaron junto a Sevilla al abrir la corta de Tablada, compuestos de capas alternantes de arenas y tierras arcillosabulosas.

El Guadalquivir ha terminado la profundización del valle en el seno de los acarreos que su corriente depositó en la época diluvial, y por haber alcanzado el perfil de equilibrio, es río divagante, que con frecuencia abandona un cauce para abrir

otro nuevo, dejando islas entre uno y otro, como ocurre al Sur de Alcolea, donde ha quedado separada de la margen derecha la vega circunscrita por un meandro del río al abrirse, en época muy reciente, el nuevo cauce llamado brazo Zairón.

De manera análoga, paralelamente al camino que conduce de Guadajoz a Tocina existe una depresión que, aunque poco perceptible en general, se acentúa en las proximidades del cortijo de D. Rosalino Liñán, donde ya se le conoce con el nombre de Cauce Viejo, y como coincide en esa parte con el límite del término municipal de Tocina, parece indicar que alguna vez pasó por él la corriente principal del Guadalquivir a la de su afluente el Corbones.

Período histórico.—Prueban también que la mayor parte de los depósitos de la vega son aluviones modernos los restos de alfarería romana que en algunos lugares se descubren y que señalan los emplazamientos de antiguos talleres que utilizaban para su industria como primera materia los limos de las riadas, al igual que ocurre en los talleres actuales.

En la escarpa que domina la orilla izquierda del río cerca de la estación de Guadajoz encontraron recientemente los ingenieros Sres. Del Valle y Cincúnegui restos de vasijas, uno de cuyos trozos conserva parte del sello del alfarero y acredita ser de época romana.

El distinguido arqueólogo D. Jorge Benzor—agregan los mencionados ingenieros al describir su hallazgo—, en un trabajo en que se ocupa de esta clase de restos de cerámica (1), dice refiriéndose a Guadajoz: «Estación del camino de hierro de Córdoba a Sevilla, punto de arranque del ramal de Carmona.—En la orilla izquierda del río se ven las ruinas del pueblecillo, que hará próximamente sesenta años que desapareció. Es muy probable que en Guadajoz estuviera el embarcadero

(1) *Los pueblos antiguos del Guadalquivir y las alfarerías romanas.*

de Carmona, el *Portus Carmonensis*, nombrado en una marca del monte Testáceo.

»Los vestigios romanos son allí muy abundantes y de gran importancia. Entre otras marcas halladas por mí está la de Medea, escrita en caracteres griegos.»

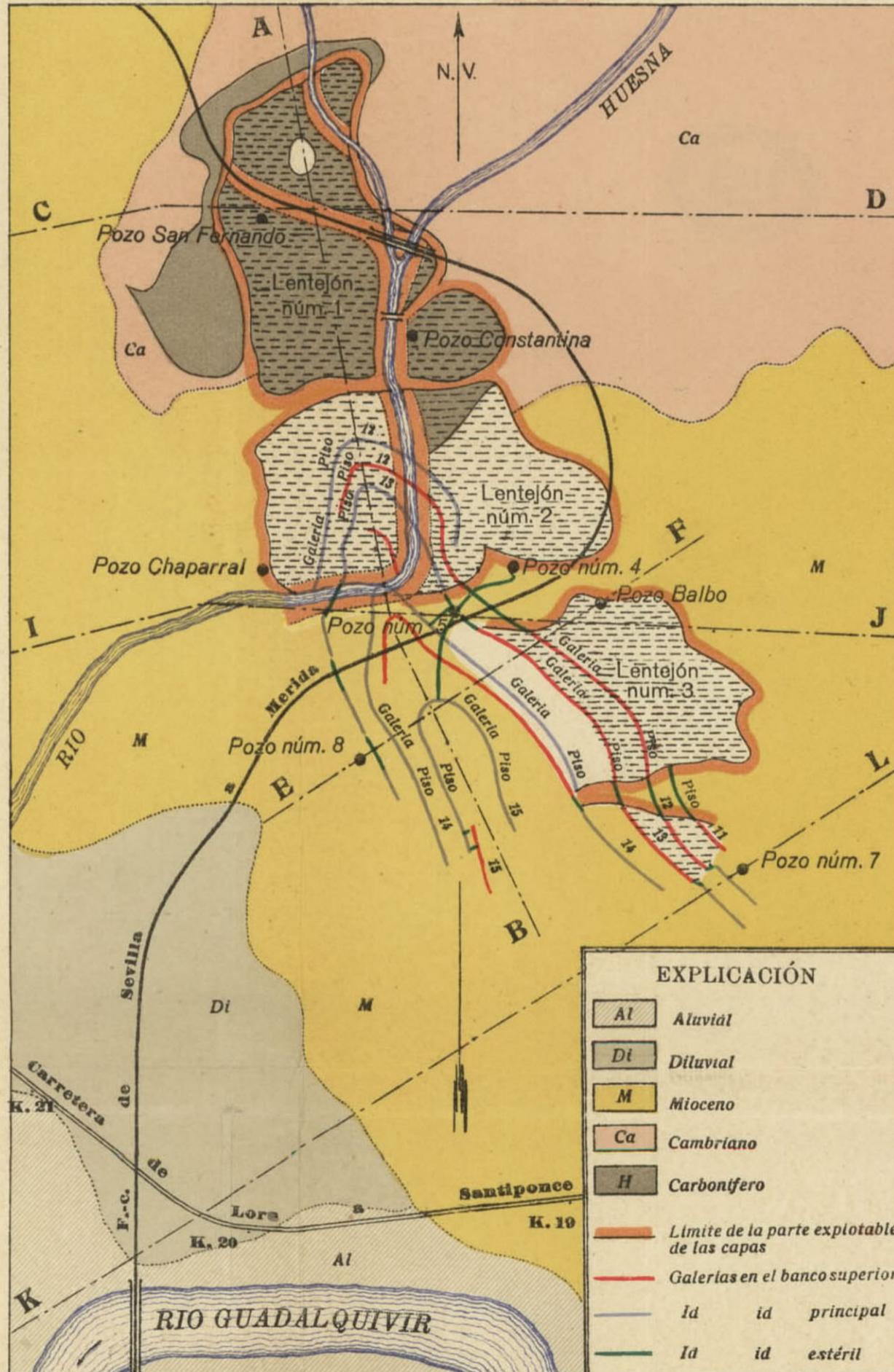
El monte Testáceo, a que se alude en esos párrafos—agregan los señores Del Valle y Cincúnegui—, era una colina de 45 metros de altura, próxima al Tíber, formada por la acumulación de restos de vasijas, procedentes en su mayor parte de la Bética, y en las que, al parecer, se enviaba a Roma aceite del que se producía en aquella región.

También a la derecha del camino que conduce de Guadajoz a Tocina, en lugar próximo al llamado Cauce Viejo, llama la atención a distancia un campo labrado, por los innumerables trozos angulosos de objetos de barro que allí se encuentran y que contrastan con los cantos rodados de los aluviones del río. Los restos de vasijas, y sobre todo de *tégulas* o tejas romanas, deben proceder de algún antiguo taller situado en las inmediaciones, aun cuando también podría haberles arrastrado hasta ese sitio desde el próximo lugar de Guadajoz alguna crecida del Guadalquivir.



PLANO DE LAS MINAS DE LA REUNIÓN

Escala de 1:25.000

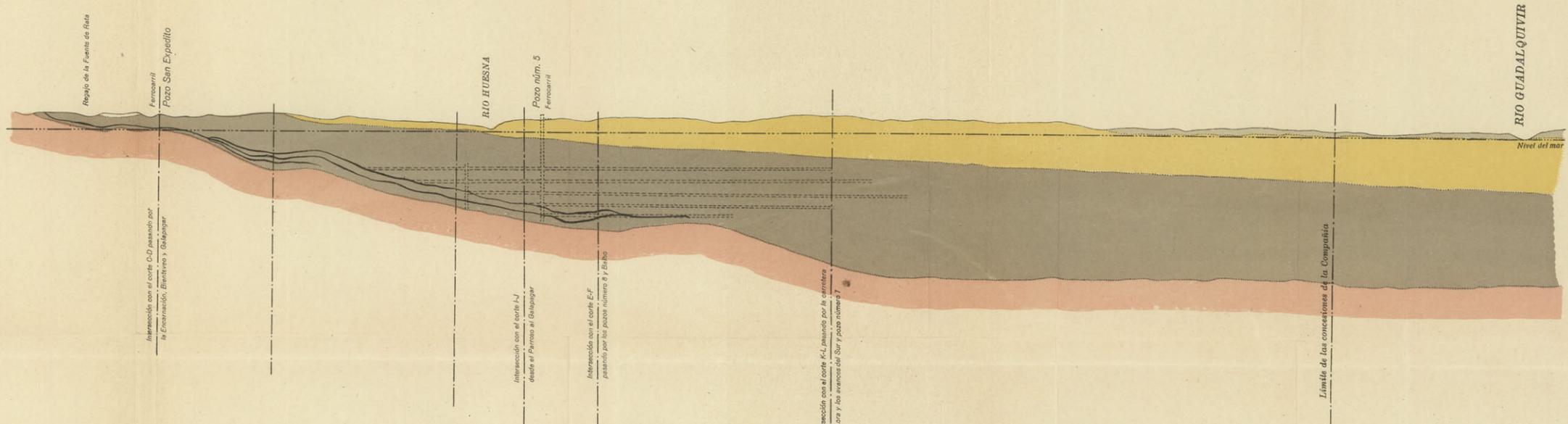


EXPLICACIÓN	
Al	Aluvial
Dt	Diluvial
M	Mioceno
Ca	Cambriano
H	Carbonífero
(Red line)	Límite de la parte explotable de las capas
(Red line)	Galerías en el banco superior
(Blue line)	Id id principal
(Green line)	Id id estéril



MINAS DE LA REUNIÓN
CORTE A-B POR EL EJE DEL SINCLINAL

Escala 1:12.500



Intersección con el corte C-D pasando por la Encarnación, Briteño y Galapagar

Intersección con el corte A-L desde el Pozo de Galapagar

Intersección con el corte E-F pasando por los pozos números 8 y 9

Intersección con el corte K-L pasando por la carretera de Lora y los avences del Sur y pozo número 7

Límite de las concesiones de la Compañía

Nivel del mar

EXPLICACIÓN

- Cuaternario
- Carbonífero
- Terciario
- Cambriano

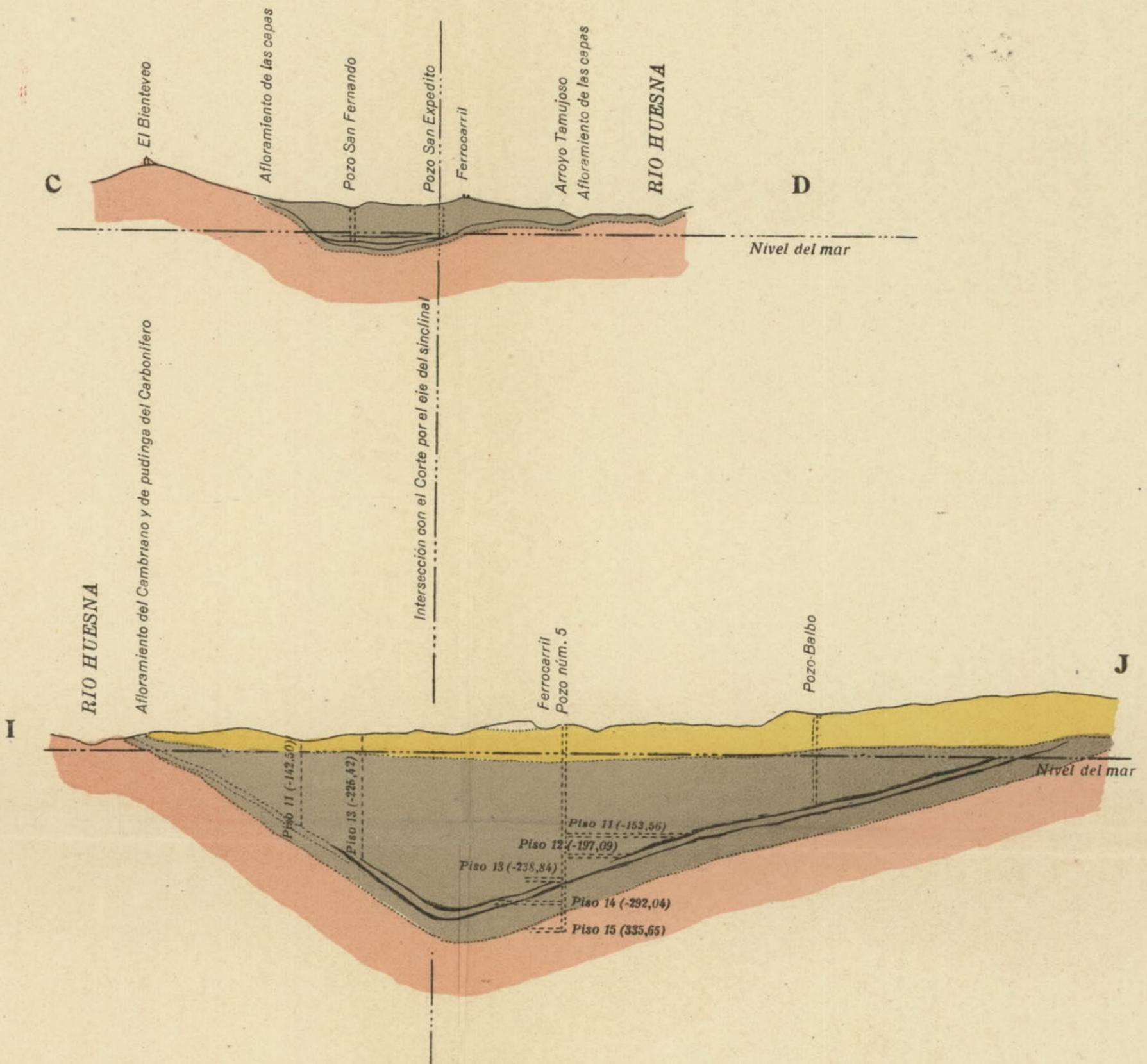
- Capas de carbón explotadas o en explotación
- Prolongación hipotética de las capas de carbón en terreno algo reconocido
- Id id id id id desconocido

Tip.-Lit.: Coullant.-Madrid

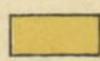
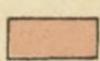
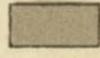
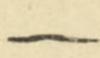
MINAS DE LA REUNIÓN

CORTES TRANSVERSALES DE LA CUENCA DE VILLANUEVA

Escala 1:12.500



EXPLICACIÓN

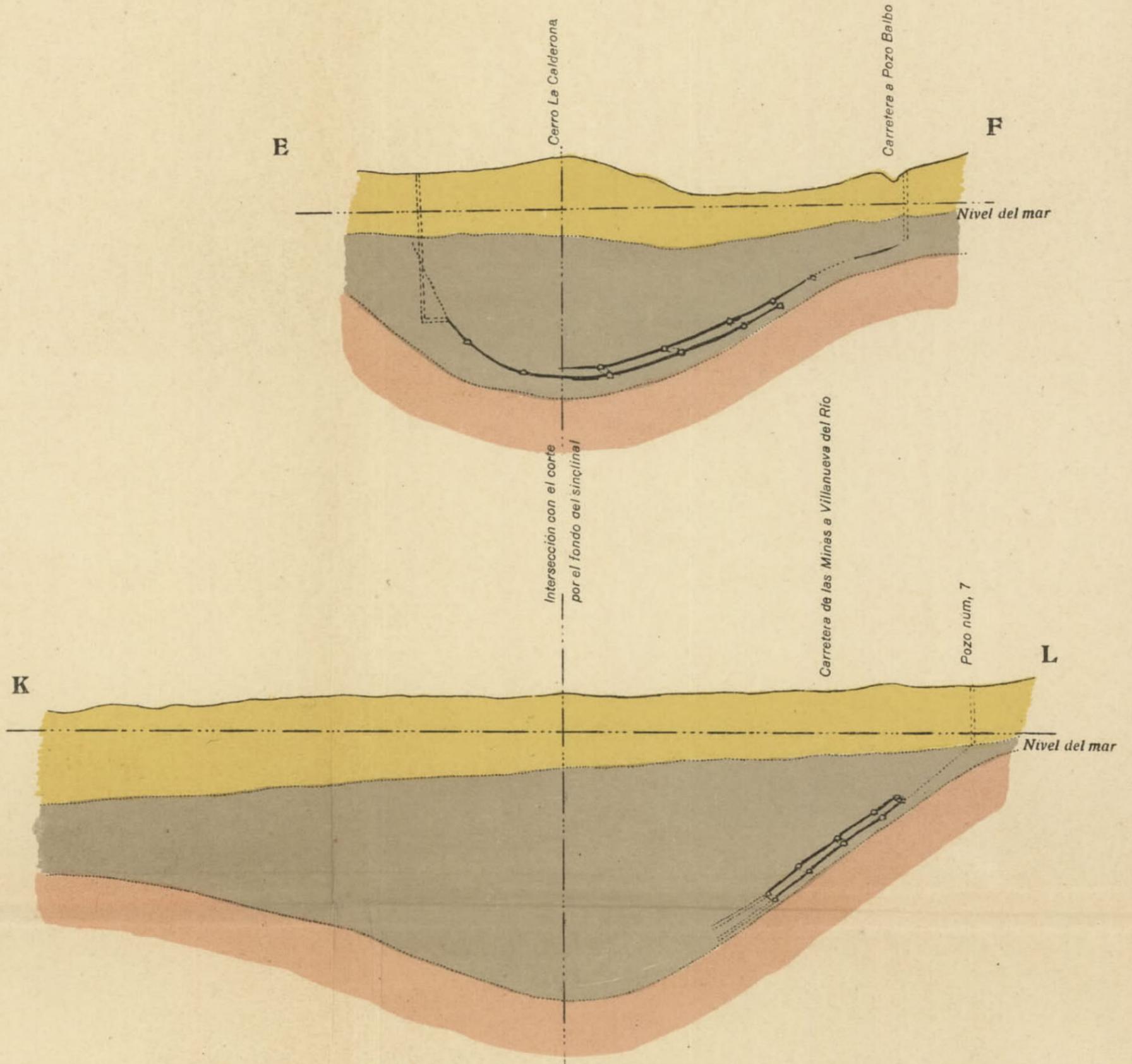
- | | | | |
|---|-------------|---|-----------------|
|  | Terciario |  | Cambriano |
|  | Carbonífero |  | Capas de carbón |



MINAS DE LA REUNIÓN

CORTES TRANSVERSALES DE LA CUENCA DE VILLANUEVA

Escala 1:12.500



EXPLICACIÓN

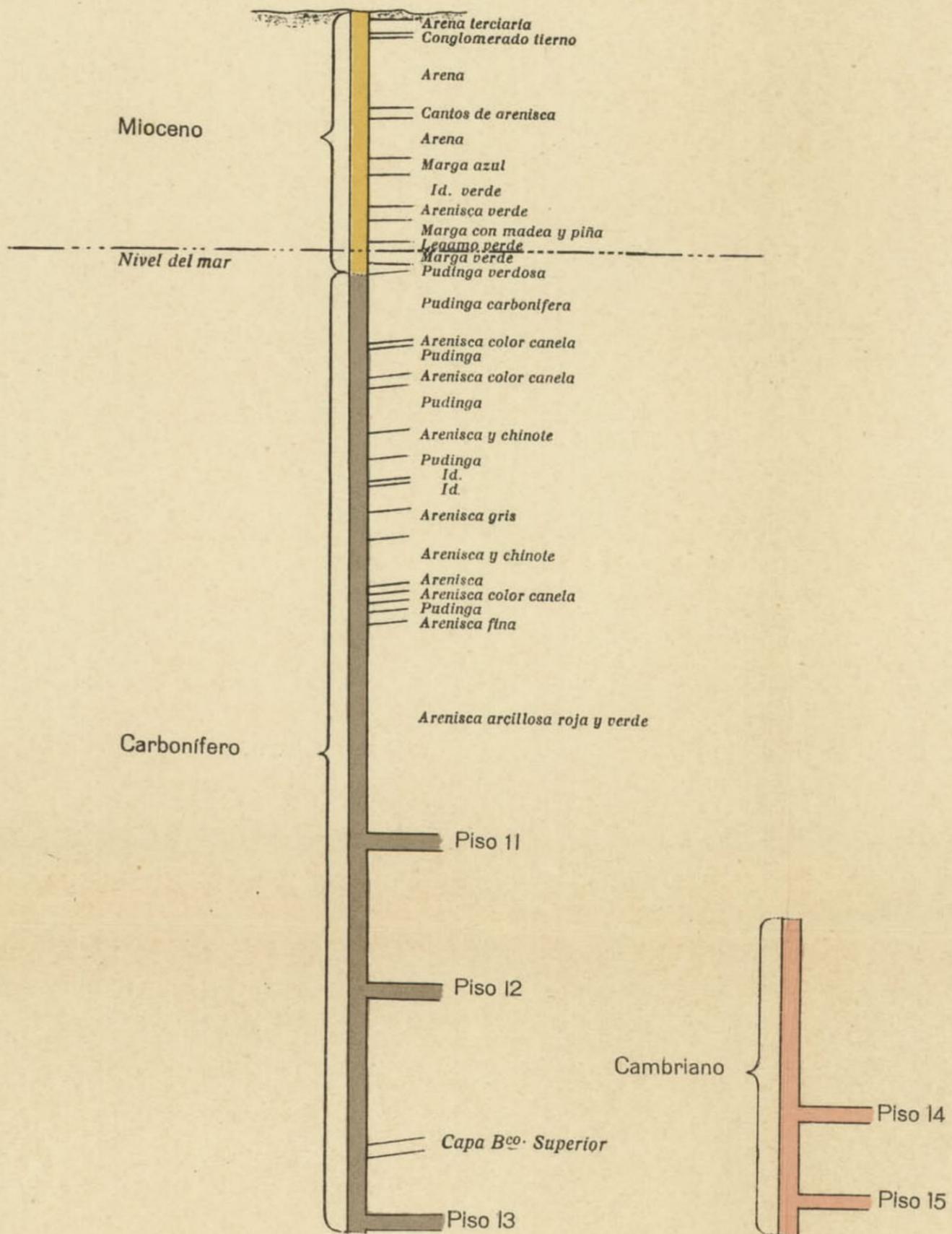
- | | | |
|---|---|--|
|  Terciario |  Cambriano |  Prolongación de las capas de carbón en terreno algo reconocido |
|  Carbonífero |  Capas de carbón |  Id id id id desconocido |



MINAS DE LA REUNIÓN

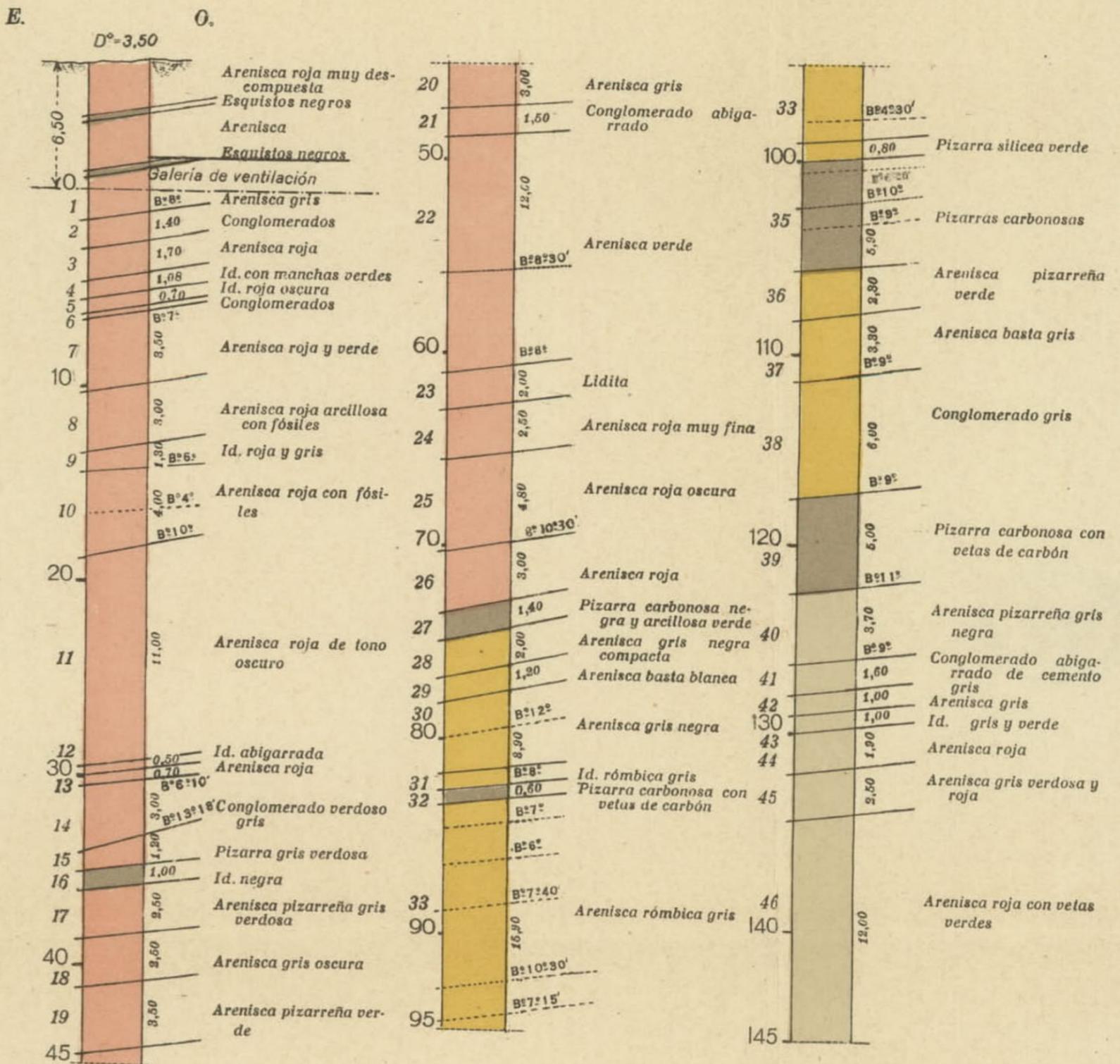
POZO NÚM. 5

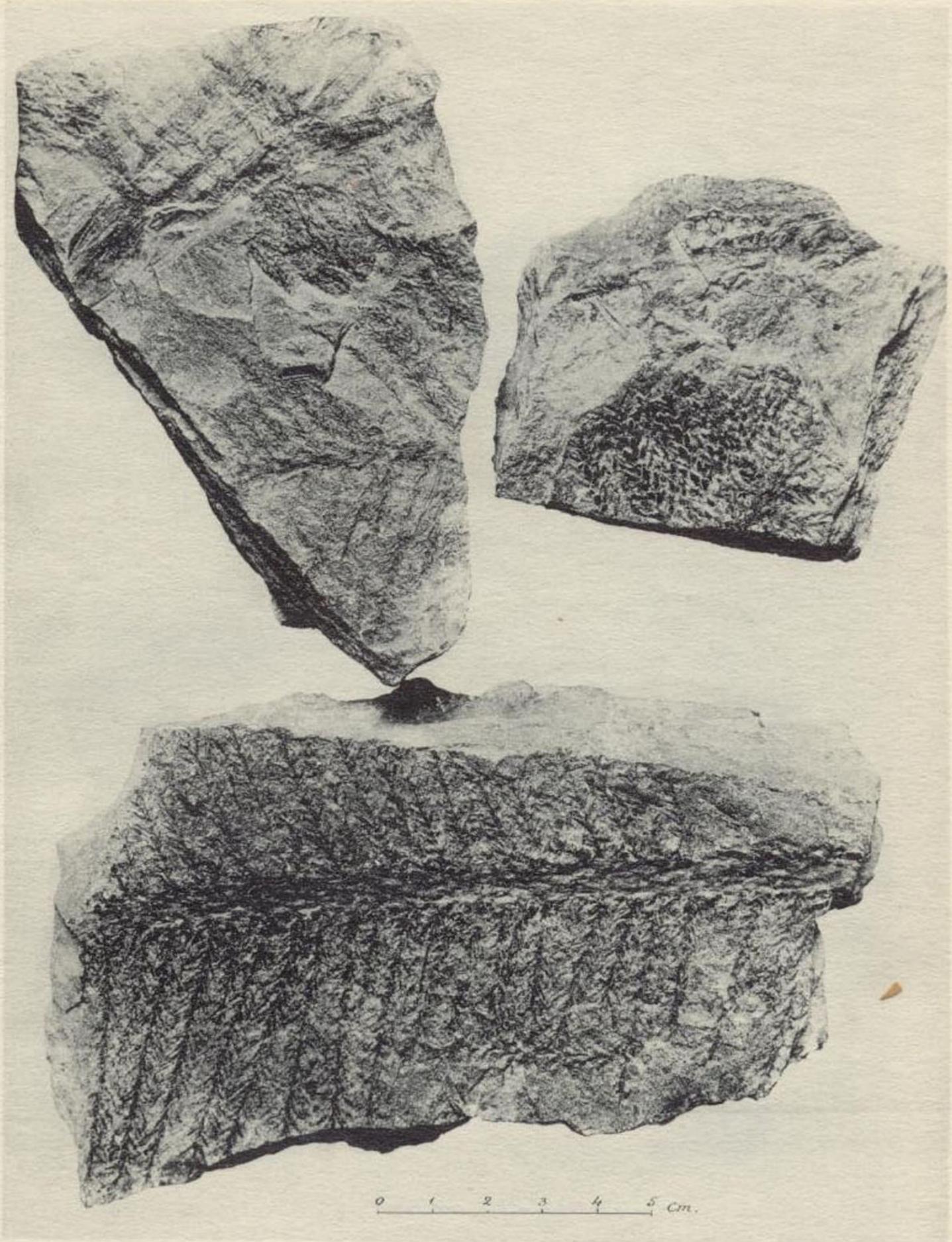
Escala 1:2.000





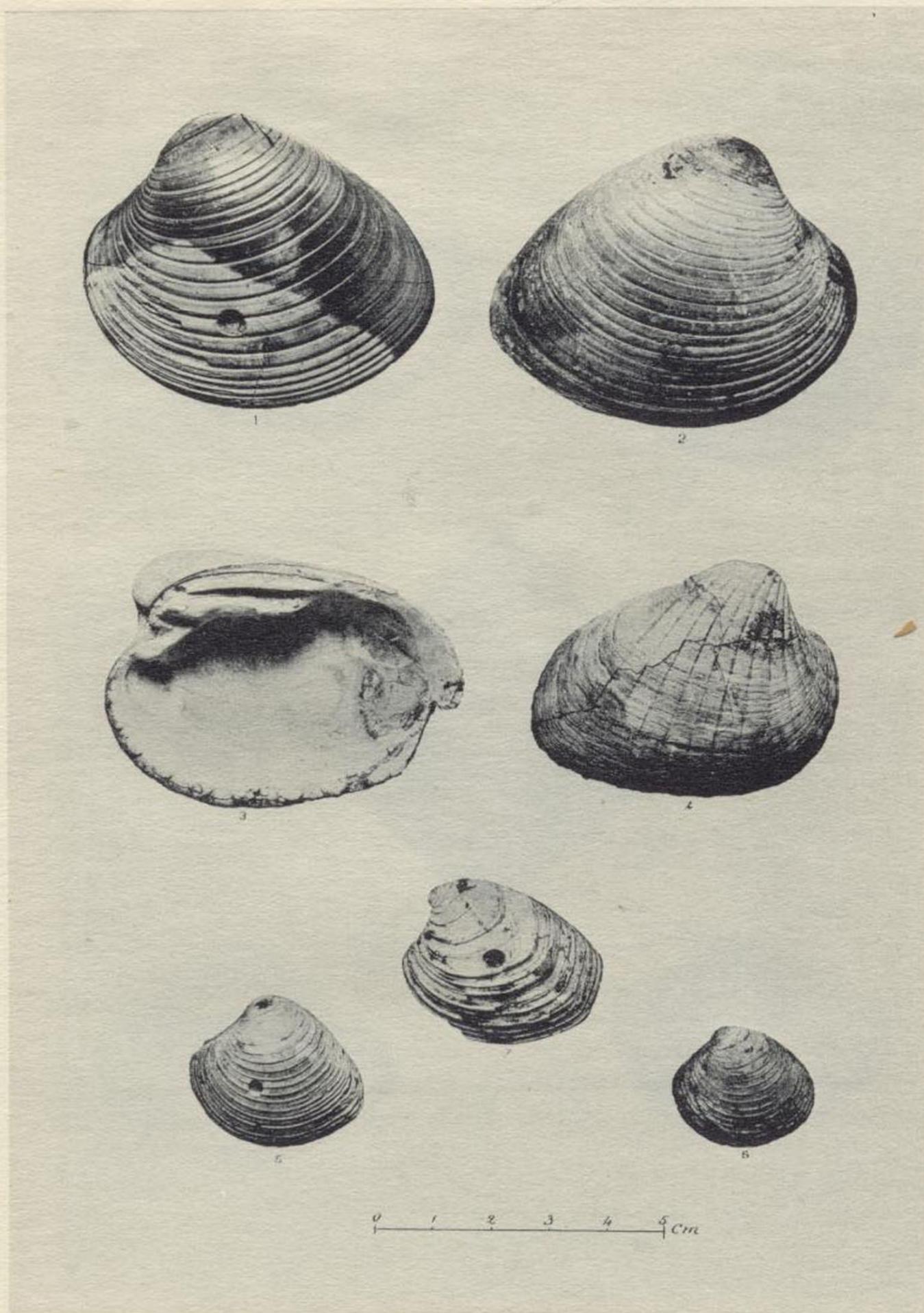
**CORTE VERTICAL
DE LA
CUENCA DEL VIAR
EN EL POZO NÚM. 4
Escala 1:400**





- 1, *Walchia piniformis*, *Schlotheim*.
- 2, *W. imbricata*, *Schimper*.
- 3, *W. hypnoides*, *Brongniart*.





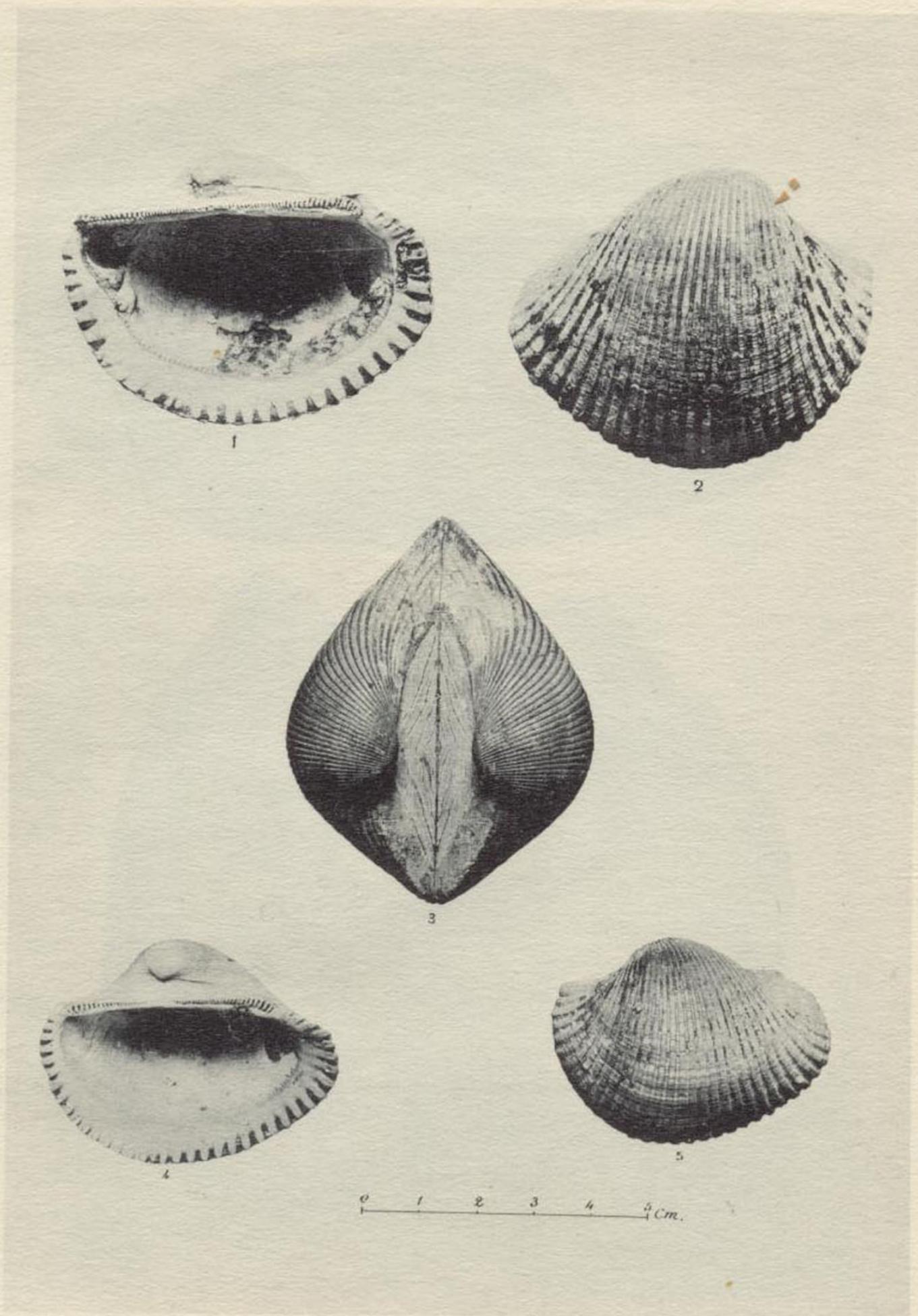
1, 2, *Callista pedemontana*, Agassiz.

3, 4, *Cardita Jouanetti*, Basterot.

5, 6, *Venus Nux*, Gmelin.

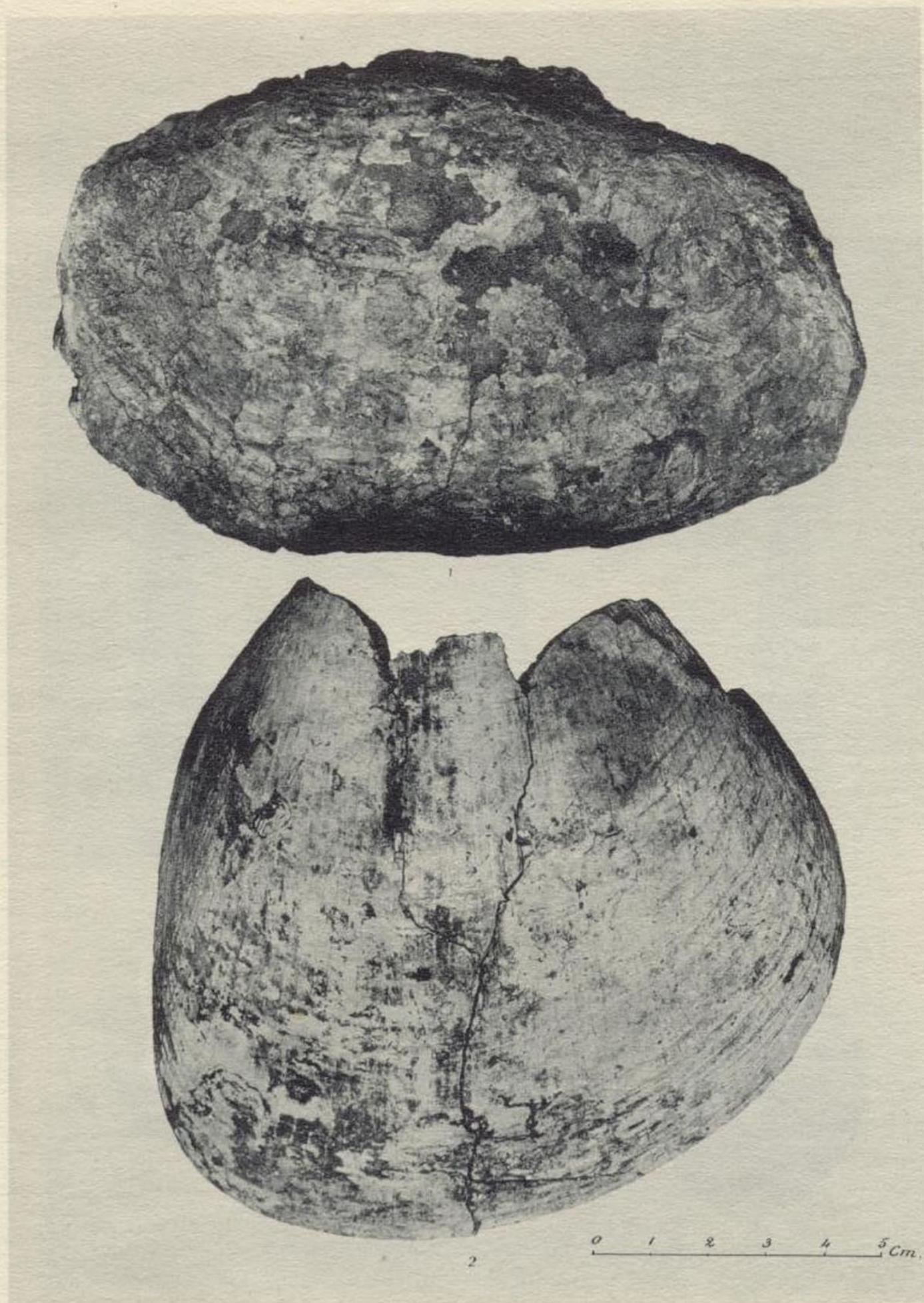
7, *V.—plicata*, Gmelin.





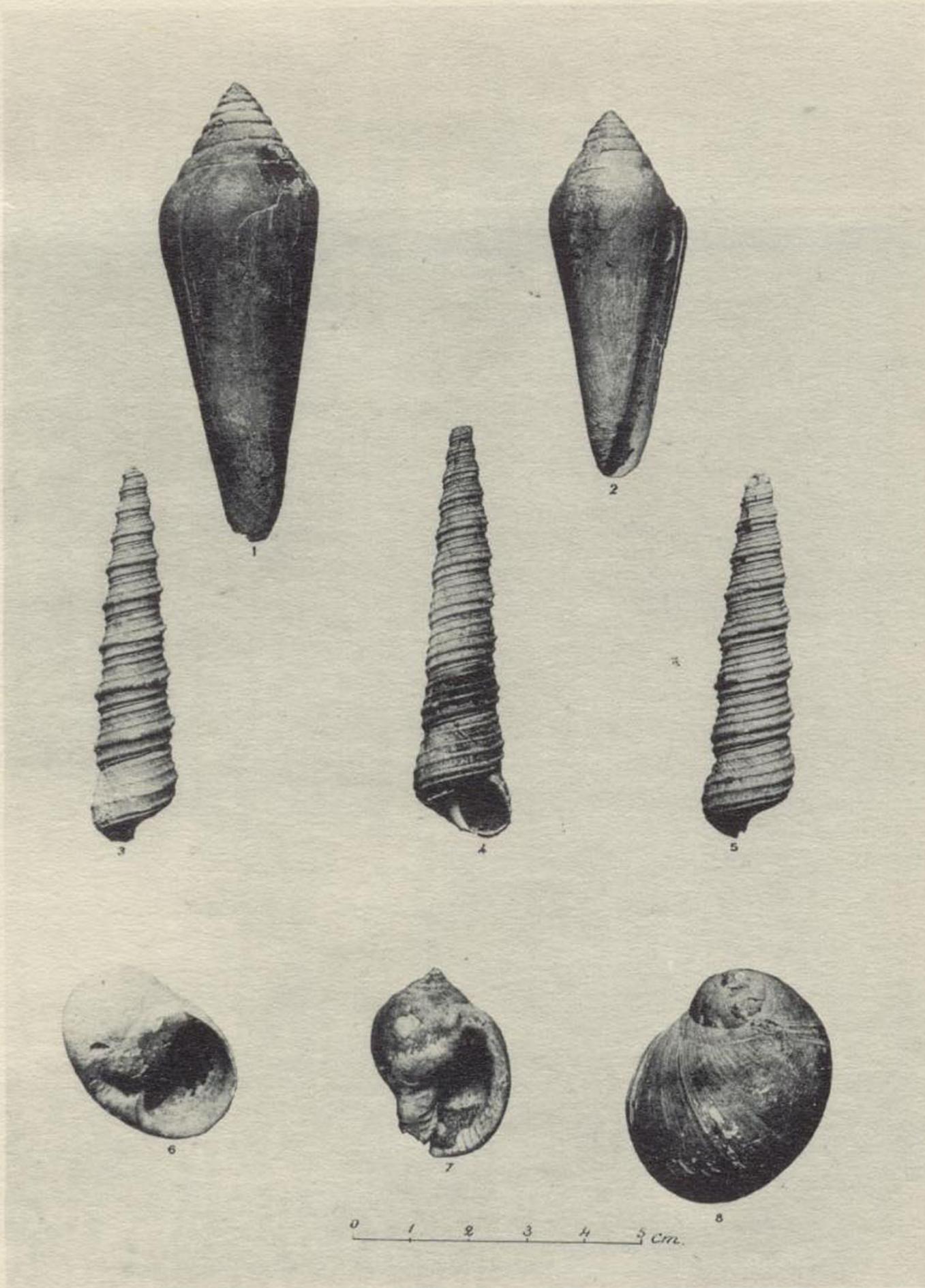
1. a 5. *Arca præcorbuloides* nov., sp.





1, *Lutraria Lutraria*, *Linneé?*

2, *Cardium discrepans*, *Basterot.*



1, 2, *Conus elatus*, Michelotti. 6, *Natica Josephinia*, Risso.
3, 4, 5, *Turritella Windobonensis*, Partsch. 8, *N.—redempta*, Michelotti,
7, *Cassis lævigata*, DeFrance.

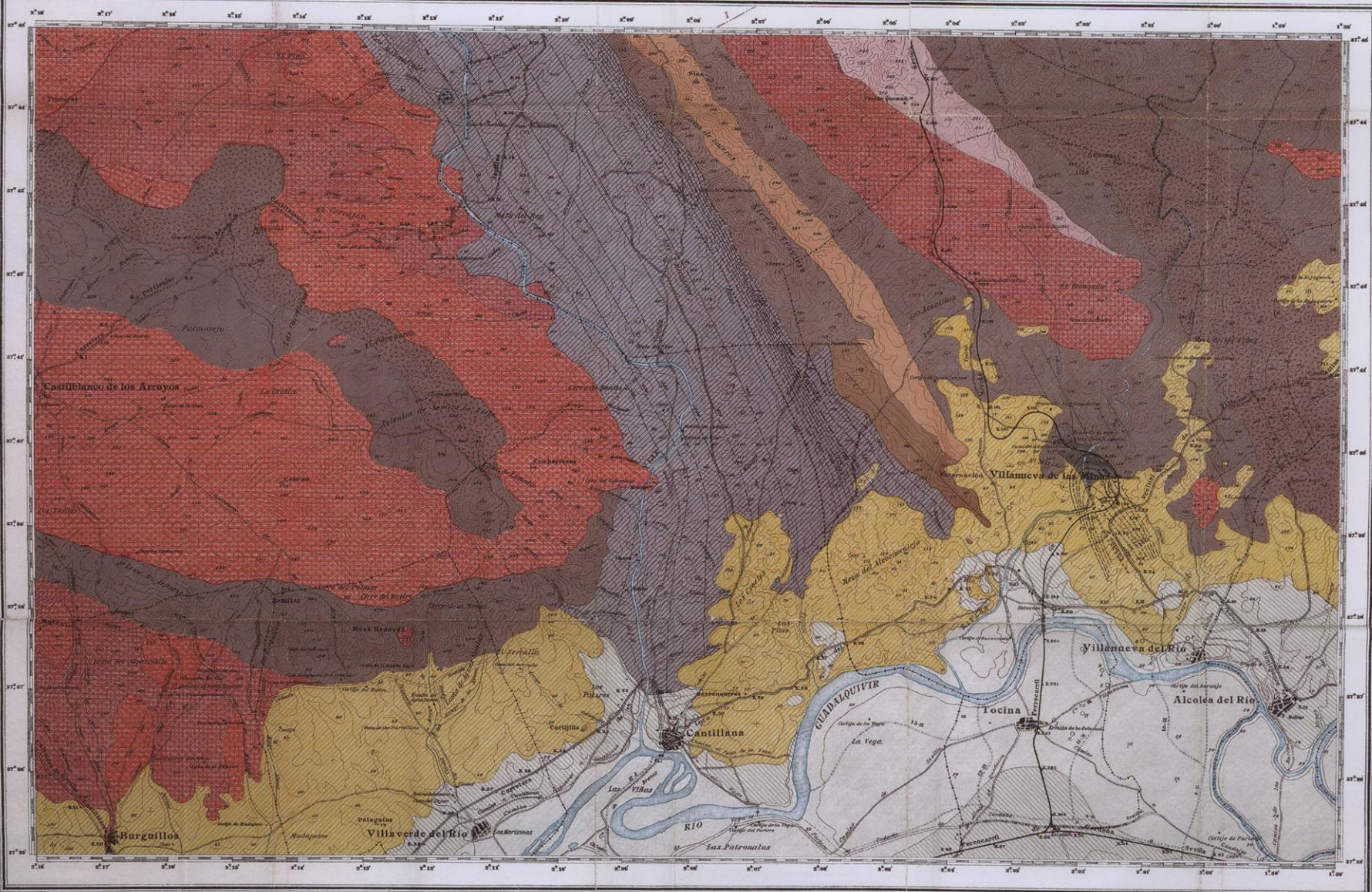


MODELO DE HOJA
que el
Instituto Geológico y Minero
propone para el nuevo
MAPA GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

528 741 742
947 944
964 963 966

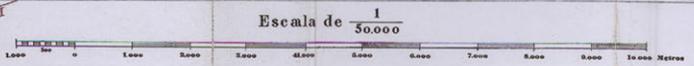
CANTILLANA

963



EXPLICACIÓN

Aluvial		Limas arcillosas, arenas y gravas
Diluvial		Conglomerados y arcillas rojas
Mioceno		Cuñas locales y sueltas
		Arenas arcillosas amarillentas
		Arcillas grises
Permiano		Conglomerados rojos, areniscos y pizarras
		Areniscas rúblicas
Carbonífero		Brechas, guijeros, pizarras y topos de hulla
		Estefanoses
Siluriano		Pizarras
		Cuarcitas
		Ordovicianas
Cambriano		Calizas, cuarcitas, pizarras
		Areniscas Permo-carboníferas
Arcaico		Pigmáticas, aptitas, gneis, etc.
		Pérfido específico con sodalita y mercurio
Hipopélico		Dioritas y diatemas
		Granitos



Las altitudes se refieren al nivel medio del Mediterráneo en Alicante

Fig. 12. Cantillana. Model.

MODELO DE HOJA
 que el
Instituto Geológico y Minero
 propone para el nuevo
MAPA GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA



CANTILLANA N.º 963.

CORTES GEOLÓGICOS

EXPLICACIÓN

Aluvial		Lineas arenosas, arenas y gravas	Siluriano		Pisarras
Diluvial		Conglomeradas y arenillas rojas			Quarzosas
Mioceno		Cuilas lizas y marítimas	Cambriano		Cuilas, cuarcitas y pisarras
		Arenas arenillas ovoidales			Pisarras metamórficas
Permiano		Conglomeradas rojas, arenizas y pisarras	Araico		Pegmatitas, apfita, gran, etc.
		Arenas rimbica			Porfido sintáctico con sodalita y marcasol
Carbonífero		Irónicas, pedregales, pisarras y capas de hulla	Hipogénico		Dioritas y diabasas
					Granitos



CONTRIBUCIÓN
AL
ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA
Y DE LA
TECTÓNICA ANDALUZA
POR
ANTONIO CARBONELL T.-FIGUEROA
Ingeniero de Minas.

CONTRIBUCIÓN
AL
ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA
Y DE LA TECTÓNICA ANDALUZA

En diferentes ocasiones nos hemos ocupado de la línea tectónica del Guadalquivir; principalmente con motivo del XIV Congreso Internacional Geológico hubimos de tratar extensamente acerca de este tema, sugestivo por demás entre aquellos numerosos y atrayentes del cuadro geológico hispano. Y, sin embargo, a medida que atisbamos la razón de ser del paisaje fundamental del contraste de los campos de Andalucía, la barrera de la agreste Sierra Morena, limitando al Norte la ondulante Campiña; cada vez que avanzamos un paso hacia el descifrado de ese enigma que los depósitos terciarios de la ribera del río Betis nos ocultan, más alicientes parece que se nos ofrecen bajo ese manto que guarda tras de sí el misterio.

Y es que si el acicate científico nos subyuga en este caso y nos atrae hacia el esclarecimiento de la verdad, razón fundamental de esta religión en que comulgan todos los que investigan en la historia de la Tierra, no es menor el interés que en el terreno económico sentimos como profesionales, al mirar el porvenir de nuestro país dentro del marco de los recursos naturales y de las disponibilidades de ese orden que pueden considerarse como viables.

En gran parte, nuestras reservas de combustibles, nuestros yacimientos de cien materias indispensables para la industria

presente y para aquella que, viviendo la evolución humana desde el pretérito, hemos de sospechar para el futuro, dependen de la manera cómo esa incógnita de la falla del Guadalquivir deje de serlo al quedar despejada.

Concordancia entre los conjuntos geográficos y las manchas geológicas en el Sur de España.

Observando el plano geológico de España aparecen claramente agrupados los terrenos del Paleozoico, del Mesozoico y del Cenozoico en la región meridional de la Península. Cada una de esas agrupaciones da origen a un conjunto geográfico bien diferenciado; y así se ve que hay correspondencia entre tales conjuntos y las zonas naturales determinadas por la Sierra Morena, la Cordillera Bética y la Campiña andaluza.

La Sierra Morena está constituida por los depósitos del Paleozoico; si algún retazo del secundario o del terciario se adentra desde la línea precisa que al Mediodía la delimita de la Campiña, al estudiar sobre el terreno el valor que en el orden tectónico pueda representar la intrusión en cuestión, se apercibe que aquél es tan reducido, que puede prescindirse de su consideración para un examen como el que nos ocupa.

La Cordillera Bética se define a expensas de los estratos secundarios. Sólo hacia la región central y en la porción meridional de la misma aparecen profusamente depósitos estratocristalinos. Estos pudieran representar series del Paleozoico intensamente metamorizadas en el geosinclinal mediterráneo, previamente a la emersión de los Prealpes Béticos y Subbéticos, y también el efecto de ese movimiento tectónico, donde se han indicado acciones de cobijadura discutibles que no son de este lugar.

He de hacer notar aquí la posibilidad de incluir en el culm ciertos depósitos pizarreños que he reconocido al Norte de la Tiñosa de Priego, lugar éste el más eminente de la tierra cordobesa, a 1.570 metros sobre el nivel del mar. Depósitos éstos, samíticos, de facies petrográfica tan afin con los de tal tipo hallados en numerosos lugares de la Sierra Morena, que si en ella se encontrasen, tal acepción que sospecho quedaría descontada.

Por último, la Campiña andaluza, la tierra verdaderamente rica y de cosechas seguras, abarca la porción de formaciones terciarias que aparecen dispuestas entre aquellos dos conjuntos precedentemente enumerados; materiales que determinan una cuña, cuya mayor extensión se define entre Huelva y las sierras gaditanas, viniendo a terminar su pico en la loma de Úbeda.

La geografía del país aparece, por tanto, una vez más y de manera en verdad llamativa, como una consecuencia lógica de la composición petrográfica, como una derivación de los factores geológicos y de los hechos tectónicos acaecidos en esa porción de la corteza terrestre.

Pero los fenómenos erosivos, actuantes en el momento, no sólo al ir dibujando el paisaje actual dejaron a la vista los estratos pétreos de distintas edades geológicas, sino que a la vez nos los ofrecen en forma que, al aparecer en ellos las huellas de los fenómenos tectónicos ocurridos en diferentes fechas, nos permiten reconstituir con grandes garantías la historia geológica del país.

La historia del río Guadalquivir.

Teniendo presente que en el valle del Guadalquivir se han hallado depósitos pliocenos de facies marina, en la región baja del río y en Jaén, y observando que las alternancias de las

margas grisazuladas con los limos anaranjados, en tránsitos a las llamadas arenas cuajadas en Bujalance, se nos ofrece en los altos de las colinas miocenas, sin manifestaciones erosivas, sobre margas azuladas del Mioceno superior y bajo los depósitos del Cuaternario antiguo, cual sucede en Villa del Río, entre otros numerosos lugares que podríamos citar; a la vista de las acepciones dadas a las terrazas aluviales, incluídas a veces en el Plioceno por los geólogos de la Comisión francesa para el estudio de los terremotos de Granada, acepción que nada la abona, no cabe dudar que el Guadalquivir, como río, aparece en los comienzos del Cuaternario. Es, pues, uno de los ríos más jóvenes de España.

Pero como la actuación erosiva de esa corriente se realiza desde el principio sobre una serie de formaciones blandas, determinadas por las citadas margas azuladas terciarias del Mioceno principalmente, el nivel de base de esa corriente desciende de una manera muy rápida durante la vida del río, y ello explica las altitudes de las terrazas más antiguas, definidas por los aluviones de esta corriente, que en la Cuesta del Espino, por ejemplo, al Sur de Córdoba, lugar de la separación de las carreteras a Sevilla y a Málaga, se hallan a 300 metros sobre el nivel del mar, y estando el cauce del río en la actualidad en su unión con el Guadajoz a menos de 100 metros, se encuentran tales terrazas a más de 200 metros sobre aquél.

Por el Sur de la corriente se determinan en la Campiña una serie de cerros, en general redondeados, consecuencia de las materias blandas integrantes de aquéllos, que allá, como siempre, por definir el armazón sobre el cual los agentes erosivos actúan implacables, según su naturaleza, dan lugar a unas u otras formas, a uno u otro tipo de paisaje.

Y en confirmación de ello, el Guadalquivir, al descender su lecho, actúa igualmente para los ríos campiñeses y para los serranos, y en tanto que éstos modulan hacia el Mediodía sua-

ves oteros y amplias vegas, aquéllos, en las inmediaciones del prehistórico río de Tartesos, determinan profundas cañadas y agrias laderas, que finalizan en los altos por redondeadas emi-nencias que nos hablan del paisaje precedente a la fecha en que ese Guadalquivir comenzó a ser río.

Al actuar la erosión en esa forma se ha rejuvenecido el paisaje en el frontal de la Sierra Morena, que, en vista de cuanto se va anotando, no puede dudarse que ofrece un paisaje cuaternario. Ciertamente que, al ser así, el paisaje al Norte se halla en su infancia, en tanto que al Sur, dada la blandura de la roca, avanza rápidamente a un estado de equilibrio.

El Guadalquivir aparece desde la provincia de Jaén discurrendo por las cercanías de la Sierra Morena, al pie de ella, hacia la que es impelido por los promontorios margosos, cada vez más potentes, a medida que hacia el Mediodía se adelanta desde el escarpe serrano al valle de la Campiña, en tanto que, al alcanzar las moles paleozoicas del Norte, éstas le ofrecen resistencias insuperables y ha de abrirse paso hacia el lugar en donde la composición petrográfica es más blanda, donde, por tanto, se modifica profundamente.

Desde que tiene lugar la emergencia de la Cordillera Bética se define un seno septentrional, como los depósitos alojados entre ella y la Sierra Morena lo confirman, y siendo más antigua la última, mostrándose como factor pasivo en el movimiento que diseñó el paisaje presente, si se tienen en cuenta las cotas de nivel de la Cordillera meridional, es indudable que las corrientes que por el seno intermedio se establecieron, precisamente por todas esas causas y por los fenómenos erosivos subsiguientes, debían amoldarse y ceñirse al frontal de la Sierra Morena, ya arcaico en aquellas fechas, según el testimonio geológico.

La diferencia de alturas observadas en las terrazas cuaternarias inmediatas al río Guadalquivir demuestran: 1.º La ero-

sión constante del río, debida a la falta de obstáculos en su cauce durante el período de su existencia. 2.º La profundización de ese cauce, que lleva consigo la erosión activa de las margenes, que tienden a definir vegas en las cercanías de aquél; y 3.º La disminución sucesiva en la cuantía de las aportaciones, consecuencia de los fenómenos generales geológicos de la Edad Cuaternaria y también del proceso de denudación de la cuenca del río bético y de la pasividad en esa fecha de los agentes de la geodinámica interna.

Lugares de observación puestos a la vista al discurrir el río Betis.

Al fluctuar la corriente del Guadalquivir al pie del escarpe de la Sierra Morena, se definen diferentes meandros; particularmente allá donde se ofrece una dificultad a su paso, aguas arriba del rápido que entonces se determina, o del lugar adonde se llegó al estado de equilibrio en el momento en que la referida fluctuación tuvo su origen.

Es frecuente que en muchos de esos meandros, particularmente en los definidos en la provincia de Córdoba, en las márgenes del Guadalquivir, no aparezcan las margas azuladas triásicas, lo que demuestra precisamente que allí o no llegaron los depósitos de tales materiales, tan ampliamente extendidos por la Campiña andaluza, o que hace mucho tiempo fueron arrasadas estas formaciones si se adentraron en una época en la masa paleozoica serrana.

Los meandros donde el Guadalquivir deja a la vista los estratos paleozoicos constituyentes de la Sierra Morena, son en la provincia de Córdoba los siguientes:

El meandro de la Aragonesa, en el mismo límite de las provincias de Jaén y Córdoba.

El meandro de las Vegas, entre Villa del Río y Montoro, y los que siguen hasta esta última población, y, aun más al Oeste, hasta la unión del Guadalquivir con el río Arenoso.

El meandro del Alcurrucén, en el que se halla la presa del Carpio, de la Compañía Mengemor.

El que se define al pie de la Central eléctrica de la citada Compañía Mengemor, donde aparecen los estratos del Carbonífero, fosilíferos, sin correspondencia meridional.

Los que se hallan en los Cansinos y en Ribera.

El meandro meridional a Alcolea.

El de Almodóvar del Río, definido al pie del vistoso Castillo que domina esa población.

Los menos acentuados que desde la desembocadura del Bembezar siguen hasta la salida del río de esta provincia por Peñaflor, lugar el último donde asoman las anfibolitas.

Lugares en los cuales aparecen las margas terciarias claramente a la vista, son los que se hallan entre Alcolea y Córdoba, particularmente los de Coronadillas y Lope García. Los que se encuentran en el Molino de Casillas. Las llamadas Torronteras de Rojas, en el término municipal de Córdoba; las del Ochavillo, en el de Posadas, y, finalmente, las Torronteras de los Ciegos, en el límite de las provincias de Córdoba y de Sevilla; lugares todos ellos donde la serie de las margas gris-azuladas, fosilíferas, terminan en una alternancia de las mismas con bancos limosos amarillentos, anaranjados a veces.

Pero entre unos y otros asomos, que al quedar a la vista son hitos preciosos para reconstituir la historia geológica andaluza, lo general es que los derrubios, los aportes del mismo río o las terrazas del Cuaternario dejen oculta la infraestructura del país; que, como decimos, gracias a aquellos elementos de juicio, y gracias también a los hechos que pueden observarse algo más alejados de las margenes del río principal de la Bética, es posible reconstituirla.

Otros depósitos cuaternarios que nos hablan de la historia geológica moderna de la región.

En la zona que examinamos se hallan otros aportes cuaternarios cuya interpretación es, en general, sumamente interesante. Prescindiendo de los depósitos de la cuenca del Genil, de los hallados en las márgenes del Guadajoz a distintas alturas, hechos secundarios o confirmatorios de los que se van exponiendo, que al fin la historia geológica de un río principal resume las de sus diferentes afluentes, merecen una atención especial el conjunto de los depósitos cuaternarios que se han observado en la Sierra Morena.

Tal sucede con los que se hallan en el Guadiato, en su cuenca alta, y con los inmediatos a los afluentes del Guadiana, el Zújar y el Guadalmez; siendo su análisis sumamente curioso, ya que éste nos lleva al estudio de un fenómeno erosivo que en el momento se halla al Norte del Guadalquivir en plena actividad.

Los aportes cuaternarios determinan una amplia faja que, con las soluciones de continuidad que la erosión perenne va definiendo, se extiende por los términos municipales de Montoro, Conquista, Torrecampo, El Guijo y Santa Eufemia, esto es, a lo largo de la cuenca del río Guadalmez. También se hallan depósitos análogos en la corriente del río Zújar o en los terrenos que quedan dentro de su cuenca. En cuanto a los que determinan la cuenca alta del río Guadiato, se hallan, para los efectos de nuestro análisis, de manera análoga a aquellos que determinan la divisoria del Guadalmez y del río de las Yeguas, en tanto que hacia la Angostura, forzado paso que salva esta corriente del Guadiato, al Sur de la línea férrea de Córdoba a Almorchón, en el límite del término de Villaviciosa, de bruscas y vivas líneas que nos hablan de su modernidad, dis-

minuyen tales aportaciones de cantos rodados, la que en petars se ve en el término de Bélmez y sus colindantes, que proceden de la descomposición *in situ* o en las proximidades de los conglomerados carboníferos de elementos silíceos, arriñonados, de tamaño sumamente variable.

Los mantos cuaternarios del Guadalmez muestran: 1.º Que en los términos de El Guijo, Santa Eufemia, Torrecampo y Conquista se hallan a un nivel inferior del marcado por la divisoria del Guadalquivir y del Guadiana; luego no habiendo movimientos generales o parciales en la región que puedan atribuirse a una fecha cuaternaria, estos aluviones se realizaron en ríos y con aportes que discurrían hacia el Guadiana. 2.º Que las divisorias del Guadalquivir y del Guadiana, del Guadiato y del Zújar, del Yeguas y del Bembezar se hallan hoy situadas en lugares donde abundan estas aportaciones de mantos de cascajo, lo que implica que al realizarse tales depósitos no era el presente el dispositivo de las divisorias; luego este estado actual obedece a hechos posteriores al depósito de esos mantos. 3.º En los tiempos cuaternarios, el Guadalquivir, como hemos manifestado, descendió constantemente su nivel de base, lo que implica automáticamente un avance hacia el Norte de los cauces de sus afluentes serranos, que tuvieron precisamente que captar cuencas parciales de las vaguadas de la otra depresión fundamental que se hallará a ese rumbo. 4.º En la depresión del Guadiana, en la provincia de Córdoba, dado el dique que ofrecen al Zújar y al Guadalmez las sierras cuarcíticas septentrionales al Valle de los Pedroches, necesariamente se han ahondado esos cauces afluentes con suma lentitud.

No hay, pues, lugar a duda en que la cuenca del Guadalquivir se va aumentando con nuevas cuencas que, por el Norte, captan sus afluentes a expensas de la cuenca del Guadiana, y que a través de milenarios siglos las actuales vaguadas que

aportan sus caudales al Zújar y al Guadalmez los enviaran al Guadalquivir.

En confirmación de cuanto vamos estudiando, en relación con la historia geológica en el Cuaternario del paisaje cordobés, vemos que en realidad los citados ríos Zújar y Guadalmez no tienen fuentes propiamente dichas, y si analizamos el caso, se ve que ello se debe a que al rebajarse el cauce del Guadiato por la fuente del Apio, en término de Fuente Ovejuna, se llevó este último río las aguas que eran del Zújar; y de análoga manera el río de las Yeguas captó las aportaciones que siguen discurriendo al pie de Fuencaliente y que en tiempos seguían hacia las Rañas de Gonquista, en vez de verter, como hoy lo hacen, hacia el Sur.

El paisaje presente en el Valle de los Pedroches.

Es sumamente instructiva la contemplación del paisaje que el valle granítico de los Pedroches nos muestra. Desde los lugares más eminentes que nos permiten dominar aquella penillanura caduca, donde en el momento trabajan afanosamente al Mediodía los agentes de la geodinámica externa, se observa la presencia de una cortina montañosa, que por el Norte se muestra como barrera de los suaves terrenos del valle. Por el Sur, de análoga manera, se nos ofrecen las eminencias que desde Obejo y desde la Venta del Puerto, en el término de Montoro, siguen a la Sierra de la Chimorra, a media distancia de Espiel a Alcaracejos, y que por Puerto Rubio y Sierra Cinta van a enlazarse con las Sierras de la Peraleda, ya en la provincia de Badajoz.

Lo más interesante que entonces se percibe es si seguimos un itinerario al Norte, esto es, hacia las Sierras que separan el Valle de los Pedroches del de la Alcudia. Particular-

mente a este fin hemos de anotar que la Sierra de Santa Eufemia nos ofrece un observatorio de espléndidas e instructivas vistas. Si desde allá por un momento prescindimos de las consideraciones y lastre geológicos que el estudio de nuestro país necesariamente nos obligó a llevar a nuestro haber espiritual, es indudable que a los ojos del profano que desde la Baja Andalucía siguiera este itinerario hacia el centro de la Meseta hispánica; es indudable, repetimos, que la Sierra de Alcudia, llamémosla así, la integrada por las Sierras de Fuencaliente, el Horcajo, San Benito, la misma de Santa Eufemia, la de Cabeza del Buey y Castuera, emerge ante el valle de suaves ondulaciones de los Pedroches de manera análoga, más que análoga, idéntica, a como la Sierra Morena en Córdoba se nos ofrece ante la Campiña andaluza.

Es una emergencia brusca y desconcertante, es un obstáculo que al observador ha de hablarle del valor petrográfico y geológico como materia prima de la topografía local y regional; en donde, como en el caso del Guadalquivir, hemos necesariamente de acudir a pensar en las grandes causas que van definiéndose en esos peldaños gigantescos que se nos ofrecen al adelantar desde las costas al centro de la Península; líneas fundamentales que han dibujado el paisaje ibérico, con las que se relacionan desde la razón de ser de nuestras estepas hasta los itinerarios que siguieron las generaciones sucesivas desde los tiempos prehistóricos hasta la fecha.

Las rocas del Cuaternario.

Erróneamente se ha supuesto que el Cuaternario andaluz se hallaba constituido exclusivamente por materiales sueltos y disgregados. Hemos de volver siempre la vista, para una buena orientación en las consultas, al tratar de catalogar o anali-

zar los materiales geológicos hispánicos, a la monumental *Explicación del Mapa Geológico de España*, de nuestro ilustre maestro Mallada.

En ella se dice y sobre el terreno podemos ver el yacimiento de rocas cuaternarias, ya el de las areniscas o arenas cuajadas de Bujalance, particularmente en los olivares que se hallan entre Villa del Río y Cañete de las Torres, donde he podido estudiar esta formación con particular detalle, que me hace sospechar si realmente tales depósitos pertenecen más bien al Plioceno que al Cuaternario.

Pero rocas indiscutiblemente del Cuaternario tenemos, entre otros lugares, en Posadas, donde la población se halla edificada sobre un potente banco de conglomerados de esa edad. Bancos de esa misma roca, pero de elementos más menudos y homogéneos, se hallan en las inmediaciones del río Genil, en Puente Genil. Otros de cemento ferruginoso se encuentran en la cuenca del Guadiana, al Sureste de la estación de Belalcázar, en el ferrocarril de Madrid a Mérida, cercanías del arroyo de los Melonares, y en otros parajes inmediatos. Rocas análogas aparecen en las cercanías de la estación de Pedro Abad y no lejos de la de Montoro, correspondiendo a una elevada terraza cuaternaria del Guadalquivir. Por último, son notables los conglomerados cuaternarios que se hallan al Sur y en la inmediación del kilómetro 1 de la carretera de Córdoba a Almorchón, así como los de elementos generalmente menudos y cemento calcáreo que se hallan en el subsuelo de Córdoba a profundidades de cinco y hasta de diez metros, en los que son frecuentes verdaderas concavidades que dan origen a bolsadas de agua aisladas de los mantos permeables definidos en ese horizonte diluvial en el suelo de la ciudad, por lo cual su consideración tiene un valor indudable para las aplicaciones en el lugar de referencia. Un ejemplo claro y que me es bien

conocido pude observarlo al practicar un pozo en la casa de la calle del Conde de Torres Cabrera, número 4.

Movimientos actuales del suelo en el Sur de España.

Elementos de juicio numerosos se hallan a nuestro alcance para formarnos una idea acerca de este extremo. Por una parte, los observatorios del país, singularmente el de La Cartuja granadina, van registrando cotidianamente el hecho de los desplazamientos de la corteza terrestre. Otras veces es el testimonio tradicional o el hecho vivido, como sucedió con los sismos del 25 de diciembre de 1884 que asolaron las tierras de la Cordillera Bética, particularmente las que se extienden por territorios de las provincias de Granada y de Málaga; a consecuencia de cuyas sacudidas quedaron ruinosas más de 10.000 viviendas, y fueron numerosas las desgracias personales. En Rute, en Iznajar, ya en la provincia de Córdoba, son numerosas las sacudidas, muchas de las cuales tuvieron lugar en los últimos años.

Examinando el suceso en conjunto de los desplazamientos del suelo en Andalucía, fácilmente se desprende que aquéllos adquieren verdadera importancia en la citada Cordillera Meridional, atenuándose extraordinariamente en la Campiña, siendo poco menos que desconocidos en la Sierra Morena. Es curioso también observar que de los sismos anotados hacia el Guadalquivir parece como si tuvieran efecto de una manera más perceptible en los lugares que se encuentran, precisamente, en la zona de tránsito de la Campiña a la Sierra Morena; tal es, por ejemplo, el resultado de las observaciones que se refieren a hechos de tal naturaleza en Córdoba, Linares, Andújar. Si bien es cierto que hacia el río principal andaluz afluyen

los poblados en sus márgenes, aumenta la densidad de población y es fácil que en otros sitios pudieran haber acaecido sucesos análogos, pero que no llegaron a percibirse porque no hubo quien les diera importancia o quien los sintiera.

Todo esto parece relacionarse con hipótesis y con hechos tectónicos, cuales son la supuesta segmentación en bloques del macizo ibérico, de que me he ocupado en diferentes ocasiones, y también con la existencia de la Falla del Guadalquivir. Mas de momento nos limitaremos a esquematizar estos sucesos, y de paso a señalar la posible causa de algunos de ellos.

También los movimientos del suelo a veces han quedado patentes en esta región por la traza que aquéllos imprimieron en la corteza terrestre y aun por la que persevera en el momento actual. Así, en la tierra cordobesa se hallan pequeñas fallas que en el día se han desplazado o se desplazan, originándose a sus expensas hundimientos locales, siendo la causa de las mismas las disoluciones sucesivas de la sal y de los yesos integrantes de los estratos del triásico. Tal sucede en la zona meridional de la campiña cordobesa, esto es, hacia la unión de esa región natural con la determinada por la Cordillera Bética, donde en las margas irisadas del Keuper he podido registrar los siguientes fenómenos de este orden. La zona de fractura que en el pueblo de Cabra ha sido origen de la demolición de diferentes edificios a expensas del Ayuntamiento, que, en parte, afecta al convento de religiosas allá establecido. La que en Monturque corta las llamadas Catacumbas, en la parte alta de la población y bajo el cementerio de la misma, donde el fenómeno puede percibirse claramente en los enlucidos de la escalera para descender al osario. Finalmente, a este hecho obedece el hundimiento que en ese término municipal de Monturque tuvo lugar en el paraje llamado Estacada de Amaro, donde una parcela de terreno, arrastrando

algunos copudos olivos, descendió unos diez metros de nivel y en masa, quedando el espacio que ocupaba invadido por las aguas. Ello permite afirmar, que a análogas razones se deben las lagunas que en esa formación del Keuper se hallan con relativa abundancia en los términos municipales de Lucena, Puente Genil y Aguilar, entre las cuales son las más notables las llamadas Amarga, Zoñar y del Rincón, y las que también pueden verse en la campiña de Baena, entre las que merece citarse la de la Quinta.

Si los fenómenos de disolución en grande pudieran tener lugar en la región de estudio y en toda aquella que más al Mediodía se extiende, donde aparecen los estratos yesíferos, salíferos, en todas las vaguadas importantes de la Cordillera Bética, en toda la parte septentrional de la misma, cual sucede con los cauces del río Genil, con el Guadalete, con el Guadalporcún, con el Guadalbullón y con los ríos de la Hoz, Anzur, Salado de Priego y cien más, podría llegarse a la conclusión de que a tal origen habría que atribuir descensos de la superficie del terreno, movimientos del mismo, cuando aquéllos quedaron localizados, y aun en el día, cuando los aparatos sismográficos de la zona no acusaron anomalías dignas de acotación.

Parece lógico señalar aquí a estos efectos el hecho del desplazamiento del puente de la carretera de Córdoba a Málaga, por Encinas Reales y Benamejí, sobre el río Genil; la llamada grieta de Benamejí, lugar situado en el pueblo hacia aquel río, que constantemente avanza destruyendo las edificaciones de éste, hasta el punto de que en el trascurso de un siglo son varias las casas que desaparecieron, cuyos vestigios se observan en el lodazal que se desliza al Sur hacia aquella corriente; y, finalmente, el hundimiento que frente a Cuevas Bajas tuvo efecto hace años en las márgenes de ese río Genil, que cegó el cauce de éste e interrumpió la corriente por dos

horas, debido igualmente a los corrimientos, corolario de las disoluciones de las margas salíferas, yesíferas, del Keuper.

Fluctuaciones del mar terciario en el actual valle del Guadalquivir.

Algunos antecedentes hemos aportado a este efecto en una nota presentada al pasado Congreso Internacional Geológico de Madrid (*Nota sobre los depósitos de foraminíferos terciarios de Córdoba*, C. I. G., tema 7.º—A. Carbonell T.-F.). Los lodos de globigerinas fósiles aparecen señalados en la provincia de Córdoba en dos lugares extremos, que nos permiten avanzar antecedentes acerca de la reconstitución de los sucesos acaecidos en esa fecha en el Estrecho Nordbético. Por una parte tenemos los hallazgos de Douvillé (Douvillé (Robert).—*Esquisse Géologique des Prealpes Subbétiques (Partie Centrale)*.—París, 1906), que encontró lodos de globigerinas en los alrededores de Jaén, al Norte del puente de los Baños de Jabalruz, hasta el Sur de la Peña de Jaén; y asimismo en el Cortijo de Once Ollas, al Sur del camino de Baena a Alben-dín, a unos tres kilómetros al Este de Baena; materiales estos últimos que concretan la correspondiente facies marina en el actual recinto de la provincia de Córdoba. Por otro lado, nuevas investigaciones realizadas en esta última, en la zona occidental, nos han permitido hallar más vestigios de lodos de globigerinas fósiles en el término municipal de Santaella, límite con el de Écija, de la colindante provincia de Sevilla, cercanías del Cortijo de Turullote. Según las indicaciones de Douvillé, estos depósitos de Baena deben considerarse como claramente colocados, dentro de la cronología geológica, en el Mioceno inferior o en la parte más alta del Oligoceno en todo caso; y no hay razón para modificar esta opinión en vista

del resultado de la investigación realizada por nosotros en Santaella.

Cabe, pues, suponer fundadamente que unos y otros depósitos son hitos de los que sin soluciones de continuidad se extendieron en su fecha por el actual lugar, por donde se extiende el valle o Campiña andaluza, llegando hasta algo más al Sur, ya que se encuentran plegados hacia el macizo de la Sierra Morena. Y teniendo en cuenta las investigaciones sobre este asunto, hay que creer que ese lugar yació, en el momento de formarse el depósito fosilífero actual, a profundidades que, dada la cantidad de caliza del mismo, hay que colocar de 1.000 a 2.000 metros. Tales yacimientos permiten, en su consecuencia, trazar un área de la fisiografía de la tierra andaluza en los tiempos precedentes al levantamiento de la Cordillera Bética.

El Eoceno andaluz es de facies francamente numulítica. Materiales del mismo con la plétora de su fauna foraminífera fósil se hallan en variados lugares de la porción meridional de la actual Campiña andaluza y entre las laberínticas serranías que en su conjunto define la Cordillera Bética. Debemos hacer notar la abundancia de la glauconita en los estratos del Eoceno, del Oligoceno y del Mioceno, particularmente en los que yacen en la zona central del Valle Bético, en demostración de una facies bien distinta de la francamente costera, que en el último de los sistemas citados está determinada en la orla de las calizas helvéticas que aparecen dispuestas al pie de la Sierra Morena.

Chaves y Pérez del Pulgar ha estudiado estos depósitos de glauconita, en los que dicho producto aparece a veces alojado en los pequeños caparachos de los numulitos y de otros foraminíferos, continuando sus investigaciones acerca del origen de esa interesante sustancia. La cual, por lo que se refiere al orden de las aplicaciones, dadas las rocas en que

yace, viene perennemente a enriquecer en potasa los suelos de la ubérrima Campiña andaluza en la región situada al Sur de las tierras negras; que por lo que hace a la provincia de Córdoba, se alinea desde Torre Paredones, entre Cañete de las Torres y Baena, a Espejo y Santaella, por donde sigue al Sur de la campiña ecijana, ya en la inmediata provincia de Sevilla, definiéndose a sus expensas las mejores tierras de labranza de esta zona del país.

Se sabe que el limo abisal de los 200 a los 1.000 metros de profundidad es azul, verde, coloreado por la glauconita. Ello nos da idea de los dispositivos en que yacieron estos estratos que hoy podemos examinar, y nos permite reconstituir las características del Estrecho Bético en los comienzos del terciario, para, en su consecuencia, poder avanzar elementos de juicio en el análisis de la fisiografía del actual valle andaluz en aquellas fechas. El carácter calcáreo de los caparachos y restos allí conservados, nos habla, a su vez, de depósitos que tuvieron su origen en mares cálidos, no apareciendo foraminíferos de concha francamente silícea en la provincia de Córdoba, hasta los que hemos observado en la parte superior de las terrazas terciarias que orlan el escarpe de la Sierra Morena hacia el valle del Guadalquivir, de conformidad con el enfriamiento general del Tortonense.

Claramente se ven aquí las diferenciaciones señaladas entre el Terciario inferior y el superior por lo que hace a esa fauna de los foraminíferos. La brusca desaparición o disminución de los numulitos y de las lepidocyclinas de Gümbel, que han sido reconocidas por Douvillé, hijo, en el Oligoceno del Cortijo de Once Ollas, ya citado, en el término municipal de Baena, y que hemos visto también en el kilómetro 30 de la carretera de Córdoba a Espejo; foraminíferos que son reemplazados, en su mayor parte, en el Terciario superior por el género *amphistegina*, cuyos individuos se encuentran con bastante

abundancia en las calizas del Helvético del pie de la Sierra de Córdoba, de las que particularmente señalaremos los ejemplares que hemos reconocido en el lugar llamado Carrera del Caballo, kilómetro 2-3 de la carretera de Córdoba a Almadén, e inmediaciones del arroyo de Pedroches.

Estos restos de foraminíferos y aquellos lodos de globigerinas, que en el día se hallan al pie de las enhiestas sierras de Luque y de Cabra, cuyas recias moles subsistieron adustas a la acción del tiempo, señalan, pues, una zona bathial, donde yacían hacia el Terciario medio los depósitos sucesivos de toda la serie geológica, desde el Triásico hasta el Oligoceno; porción del geosinclinal mediterráneo, donde fueron dejando su vestigio los restos de todas esas edades intermedias. Los materiales de las mismas, arcillas, margas y calizas, superpuestas y alternantes, aparecen principalmente diferenciados al pie de las anotadas sierras del Mediodía, donde, en su consecuencia, las investigaciones geológicas resultan con el mayor atractivo.

Esas sucesiones de elementos afines que se repiten, marcan un titular del fondo de la depresión definida desde los primeros tiempos del Secundario, que, por lo que a la Península se refiere, no acaban de integrarla, con su definitiva unión a la tierra o escudo ibérico, hasta las postrimerías del Terciario.

Los depósitos del Mioceno se extienden al Sureste de la línea del Guadalquivir con una anchura de unos 25 kilómetros. Esta alineación miocena aparece apenas dislocada; en cambio, las margas, areniscas, calizas del Terciario inferior, adyacentes a aquéllos, como se ve, entre otros lugares, en el cauce del río Guadajoz, en las inmediaciones del puente de la carretera de Córdoba a Espejo, están profundamente plegadas.

A los efectos de las localizaciones conviene aquí hacer notar la presencia de abundantes restos de diatomeas, que han sido estudiados, en parte, por el maestro Azpeitia (Azpeitia y

Moros, Florentino).—*La diatomología española en los comienzos del siglo XX.*—Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Zaragoza, 1911), que, aunque pertenecientes a la flora fósil, permiten pensar que llegaron a registrarse en el citado Estrecho Nordbético profundidades de unos 4.000 metros, a los que en el día se han reconocido los légameos de diatomeas.

Gracias, pues, a los depósitos de los foraminíferos terciarios en el valle del Guadalquivir podemos decir que en el seno marino que allí se encontraba en tales tiempos geológicos, desde el Eoceno se acentúa la profundidad de los depósitos que hoy yacen superpuestos en las lomas campiñesas y en las estribaciones de la Cordillera Bética, anotándose, de acuerdo con las teorías tectónicas generalmente aceptadas, una profundidad cada vez mayor en el seno marino meridional a la actual línea del Guadalquivir, que llega a alcanzar las profundidades máximas, de unos 4.000 metros, en los comienzos del Mioceno. El Mioceno medio y el superior, con sus estratos horizontales o suavemente combados, nos testimonian a su vez un período de calma y de emergencia, con profundidades cada vez menores en el vestigio del Estrecho Nordbético, que queda definitivamente cerrado. Iniciándose, gracias a la emersión continuada hasta el presente, o hasta el Cuaternario superior por lo menos, la labra del paisaje del valle andaluz, de que en el momento somos testigos.

Movimientos eustáticos postmiocenos.

A los elementos de juicio que nos facilita el estudio de las formaciones citadas, que yacen en el actual valle andaluz, hay que unir el dato de los dispositivos de los bancos pétreos en los llamados hasta aquí lagos miocenos de las Castillas, cuyo

homólogo representante lo tenemos en el macizo frontal de la región de nuestro análisis, en la Sierra Morena, ya en el límite de las provincias de Córdoba y de Badajoz.

Horizontales aparecen los depósitos calizos que forman la mancha miocena de la aldea de Cuenca, en el término municipal de Fuenteovejuna, límite Norte de la Sierra Morena, considerando que integran esta última la serie de las sierras que desde Adamuz y Montoro y desde el Alcurrucén siguen a Ovejo y a Peña Ladrones, a Valsequillo y a la Sierra Navarra; y desde Córdoba, por la Sierra de los Santos, van a Fuenteovejuna y siguen a la llanura de Azuaga, que sin solución de continuidad enlaza con la feraz campiña de la Tierra de Barros.

Esto explicaría también que una erosión pertinaz pudo barrer los vestigios de aquella fecha, hasta el punto de que hoy aparezcan separadas la serie de manchas miocenas que sobre el escudo ibérico se hallan situadas en la provincia de Badajoz, de las cuales son las más próximas a la cordobesa las de Berlanga y Bienvenida.

De emersión es el movimiento de esos depósitos miocenos; de emersión es, acabamos de verlo en lo precedente, el movimiento postmioceno experimentado por los depósitos que hoy definen el valle y la Cordillera Bética. Pero este movimiento no se realiza sin que la línea del Guadalquivir juegue un papel interesante; en demostración de ello tenemos, no ya sólo el suave y pertinaz buzamiento al Mediodía de las mesas miocenas que orlan el paleozoico en el escarpe de la Sierra Morena al valle del Guadalquivir, que en parte pudiera explicarlo la persistencia del seno definido al Mediodía, sino también el fuerte buzamiento de más de 45 grados que presentan las calizas miocenas en el hito del Castillo de la Albaida, en las inmediaciones de la carretera de Córdoba a Santa María de Trasierra, y también la presencia de un pecten, que guardo en mi

colección, aplastado y con efectos de frotamiento sobre una pilastra de las andesitas basálticas que sirven de asiento a Medina Azahara, las que en su consecuencia llegaron a definir un acantilado en el mar helvético.

Hay, pues, un movimiento general emersivo, acentuado desde los comienzos del Mioceno y perdurable hasta la fecha; pero dentro del mismo cabe precisar una discontinuidad en la actuación de los conjuntos que en la actualidad determinan la Sierra Morena y el Valle Bético o Campiña andaluza. En tanto que aquél sigue un movimiento francamente emersivo, en la Campiña hay hundimientos, o un retraso en la emersión, con relación al movimiento general que estimamos en la Península.

De ese movimiento general hemos puesto los ejemplos últimamente citados, y pudiéramos agregar el que nos ofrecen los fósiles de las margas azuladas que definen los lomeríos de la Campiña en cuestión. Durante la cimentación, realizada en el pasado año, de una turbina en la fábrica de electricidad de Casillas, entre Córdoba y el puente sobre el Guadalquivir, de la línea férrea de Córdoba a Málaga, he podido reconocer una serie de fósiles en las margas azuladas en tránsito del Mioceno al Plioceno. Son estos restos el vestigio de los reconocidos en las terrazas del Mioceno de la Sierra de Córdoba, pero donde claramente las condiciones de vida van siendo poco apropiadas para las especies y donde, en consecuencia, éstas aparecen raquílicas en comparación con aquéllas. Tal es el caso de las ostreas y pecten, que conservo, en relación con las que se hallan en la Arruzafa, en las Cuevas y en cien lugares más de la escarpa serrana.

Esto implica la rápida desaparición de la fauna marina en ese mar del Estrecho Nordbético, como si aquél fuera cada vez menos propicio a la vida, y la ausencia de vestigios de la misma o la rareza de los mismos en los estratos más elevados del

Plioceno, donde insensiblemente se pasa de un régimen marino a un régimen fluvial.

Sin perjuicio de insistir en otro lugar acerca de estos restos de la vida pretérita, que tanto interés nos ofrecen para ir desentrañando el misterio de la historia del país andaluz, quiero hacer constar la presencia de estos fósiles, y en tales margas, ya que es hora de deshacer el error, consecuencia de no haber reconocido el terreno quienes trataron a veces estas cuestiones de Geología, de la azoicidad de tales margas en la Campiña, en la región más inmediata al río Guadalquivir. He hallado excelentes ejemplares de tales fósiles en estas margas en lugares de los términos municipales de Córdoba, Fernán Núñez y Lucena; el número de tales yacimientos pasa de 50, y confieso que en el trabajo que realizo para la formación del Mapa geológico de la provincia de Córdoba, escala 1 : 50.000, aun no he recorrido, con el detalle que merece, precisamente la mayor parte de esa interesante formación de las margas terciarias.

Es también una confirmación del movimiento anotado del macizo de la Sierra Morena, la presencia de las terrazas sucesivas del Helvético, con tan excelentes fósiles como han quedado anotados en los trabajos de detalle sobre este particular. Tales terrazas nos permiten estimar, siendo su altitud actual de unos 200 metros sobre el nivel del mar, y siendo de unos 200 metros, a lo menos, la profundidad de su depósito, que la elevación total de la Sierra Morena y del escudo ibérico ha sido desde el Plioceno al día, al menos, de unos 400 metros.

Por otro lado, los depósitos mioceno-plioceno-cuaternalios se hallan en La Carlota a más de 200 metros sobre el nivel del mar, cifra en la que tenemos, a su vez, otro límite por defecto del movimiento emersivo de la Campiña andaluza, desde el Mioceno superior hasta nuestro tiempo, movimiento que, en vista de los hechos a que precedentemente hicimos alusión, en virtud de la alternancia en la zona superior de la formación

terciaria aludida de depósitos margosos con otros de finísimas arenas, nos demuestra que tal hecho tectónico se ha llevado a cabo después de una serie de titileos sucesivos, de los cuales, en la Sierra Morena, no tenemos ya sólo el vestigio, sino, además, la confirmación de sucesos distintos, pues los depósitos helvéticos se inician por bancos de conglomerados, indicadores de un escarpe sobre el que luego van descansando arenas y calizas que implican dispositivos cada vez más inferiores en los fondos y alejamientos mayores de los iniciales con relación a la orilla del mar de aquella fecha.

La comparación entre esos sucesos acaecidos en la Sierra Morena y en la Campiña Bética puede ser hecha con tanto más detalle cuanto el análisis de los depósitos terciarios que orlan la primera, gracias a la erosión presente y a la que ha perseverado desde la emersión de referencia, nos demuestra que quedan aislados sobre los estratos paleozoicos, con cuyo historial, a través de los tiempos geológicos pueden así ensalzarse fácilmente. Y a tal efecto, bueno es anotar aquí que los lugares sobre los cuales esos depósitos terciarios se disponen ya aparecen horizontales, es decir, corresponden a formas geográficas persistentes al estado de penillanuras, y otro tanto puede decirse respecto de aquellos depósitos interiores a la sierra, como el señalado en la aldea de Cuenca.

Movimientos que afectaron a las margas miocenas y pliocenas.

Los movimientos que afectan a las margas miocenas y pliocenas son simplemente los anotados. Ya aquellos de elevación en masa, ya los de depresión dentro del Valle Bético, en relación con los de emersión de la Sierra Morena que aparecen señalados en las calizas de las Cuevas, y más aún, como

hemos manifestado, en las que sirven de asiento al Castillo de la Albaida.

Las pequeñas fracturas vistas en algún lugar acaso se puedan relacionar con las que analizamos precedentemente, y señalamos que obedecían a las disoluciones de la sal y de los yesos en las margas del Keuper. En tal concepto se puede señalar la célebre falla de Carmona.

Las margas y limos alternantes con que hemos manifestado que finaliza el Terciario en el Valle Andalúz aparecen buzando suavemente hacia el Norte en las cercanías de Torres Cabrera. Este hecho ya fué observado por Mallada y parece confirmatorio del otro manifiesto en las calizas de la Albaida, esto es, de que la depresión actual del Guadalquivir ha actuado como un suave seno de hundimiento, aunque claro es que dentro del movimiento general de emergencia, eustático, peninsular.

Mas en la zona central que hemos dicho que cubren los estratos del Terciario superior, siempre los depósitos aparecen sensiblemente horizontales; en masa actuaron pasivamente ante los efectos de torsión o plegamiento. Si relacionamos este hecho con la combadura que aparece reflejada en los bordes de la gran mancha que se extiende paralelamente a la línea del Guadalquivir en el Valle Andalúz, se percibe que esos fenómenos de plegamientos en los bordes de la misma son una representación incipiente de estructuras monoclinales, de depresiones del conjunto entre bordes resistentes marginales.

La disposición horizontal de los depósitos del Terciario superior aparece patente en el macizo de la Sierra Morena, como ha quedado de manifiesto; y de análoga manera tal fué el hecho observado en el Mediodía, es decir, que horizontales aparecen los depósitos del Mioceno en Fuente Tojar y en Iznájar, en Lucena y en otros lugares. Depósitos que ya están constituídos por materiales de tipo arenoso calcáreo, en demostración de sedimentaciones detríticas, ya son de tipo mar-

goso, como aquellos donde se establecieron las canteras para la fabricación de las célebres tinajas de Lucena.

Límites de la Campiña Bética.

Para poder enjuiciar y concretar las observaciones en el orden geográfico es necesario delimitar la región natural conocida por Campiña Andaluza o Bética, la que por sinonimia hemos designado por Valle Andaluz, si bien hay diferencias entre una y otra designación.

La Campiña Andaluza o Bética se halla limitada por el escarpe de la Sierra Morena, por la línea del Guadalquivir, al Norte; al Sureste por las emergentes sierras que definen la Cordillera Bética en su conjunto, sierras que van a enlazar con el sistema de la Sierra Morena al Este de Despeñaperros, ahogando el Valle o Campiña Andaluza, en tanto que al Suroeste esa Campiña desaparece en una serie de tierras de marisma que recuerdan el viejo estuario del Guadalquivir.

Pero dentro de esa zona delimitada hay una porción de terrenos llanos que aparecen adosados al río Guadalquivir desde poco antes de llegar aquél a la población de Córdoba; tales son los que definen el Valle del Guadalquivir propiamente dicho, o Valle Andaluz, que ensanchando considerablemente hacia Sevilla, va allá a confundirse, en su sinonimia, con la Campiña Bética.

Desde Cabra a Córdoba se considera que es Campiña el conjunto de terrenos que se extienden en los 60 kilómetros que separan ambas poblaciones, a pesar de que por Nueva Carteya entra el espolón de la llamada Sierra de Montilla, que, de naturaleza menos áspera y altitudes reducidas con relación a la Cordillera Meridional, se incluye también generalmente en la denominación genérica de Campiña.

De esta forma, en la Campiña se considera situada a Montilla, que se halla al pie de las suaves lomas en que descuellos la eminencia del Monte Horquera, emergente sobre los llanos de Wanda, lugares ambos evocadores de la célebre batalla de Munda; cadena aquélla de cerros poco accidentados que se esfuma en los terrenos entrelanos al Norte y al Sur, los que, salvo aquel accidente, en general ofrecen una uniformidad geográfica chocante, a lo que contribuye su coloración y la semejanza de los cultivos.

Dentro de esos límites de la Campiña Bética, límites, como hemos visto, claros y precisos: dos barreras montañosas, de composición pétreas bien distintas a la de los materiales que a ella la integran, y por el tercer lado del triángulo el mar o la marisma, que al fin es el último vestigio de un mar pretérito; dentro de esa delimitación hay que hacer una diferenciación a la vez. La Campiña se halla compuesta de tres porciones claramente concretadas: la que pudiéramos llamar región del olivo, propiamente dicha, puesto que ella es la zona olivarera más importante del mundo; la zona cerealista, a cuyas expensas la Bética llegó a llamarse el Granero de Roma; finalmente, la de los pastizales y la marisma.

La primera, la zona del olivo, se adapta a la Sierra Bética, y con una anchura de unos 25 kilómetros al menos corre paralelamente a la escarpa de la misma, estando definida por formaciones del Terciario inferior y algunas secundarias. Llega al Guadalquivir a la altura de Villa del Río y Marmolejo, extendiéndose entonces por el Mioceno y el Cuaternario superior, en tanto que hacia Sevilla se retira del río principal al ensanchar la Campiña.

Al Norte de esa porción de terrenos se hallan las formaciones del Terciario inferior, de tipo francamente margoso glauconioso y las margosas del Terciario superior. En unas y otras se hallan las tierras calmas de la Campiña Andaluza, de

cosechas espléndidas. Pero no aparecen enlazadas sin soluciones de continuidad: en los lomeríos los depósitos del Cuaternario cubren a los del Terciario; las tierras son entonces pedregosas o permeables, al menos, gracias a la serie limosa en que finaliza el conjunto mioceno-plioceno, según ha quedado anteriormente dicho; y entonces, en esas zonas de naturaleza más silíceas se extienden nuevos plantíos de olivares espléndidos, donde los rendimientos de la sementera no serían tan lucrativos; tal es la razón de ser del olivar de Bujalance y del olivar de La Carlota; tal es, igualmente, la razón de la mancha olivarera de Ecija en Sevilla.

Esa segunda serie de tierras margosas llegan hasta el mismo cauce del río Guadalquivir, lo siguen hasta Palma del Río, desde donde van quedando retrasadas al Sur, en tanto que las márgenes de la corriente principal de Andalucía cada vez son más llanas; fórmanlas las aportaciones limosopedregosas del Cuaternario, donde el pastizal se desarrolla ferazmente, razón por la cual la ganadería aquí adquiere su principal desarrollo. Ya entonces se anotan en los predios, cuando se elevan sobre el nivel del río, la abundancia de los palmitares y en algún lugar, como en Palma del Río, se hallan curiosas formaciones que merecen un interés geológico, cual son las llamadas sartenejas.

Las llanuras de la Campiña.

Es, por tanto, erróneo hablar de llanuras campiñesas antes de penetrar en la provincia de Sevilla; las pequeñas extensiones de ese tipo quedan antes adosadas por completo a la corriente del Guadalquivir y siempre en escasos límites. En todo caso, siempre, al emplear tal designación, será necesario hacer las aclaraciones preinsertas. La característica geológica de la Campiña está definida por la serie de lomas margosas de

naturaleza blanda y de perfiles redondeados, base del paisaje campiñés y tipo geográfico que, por una integración extendida a las dimensiones geométricas, determina el conjunto de la Campiña Bética en cuestión.

Tanto más debe tenerse así en cuenta cuanto en realidad en las agrupaciones de esa Campiña, en que no aparece claramente definido el tipo señalado, se percibe que ello es debido a erosiones posteriores y a recubrimientos por depósitos, cual son los cuaternarios, que han llevado al paisaje a un estado de mayor uniformidad.

De esta forma, en una gran parte del curso del río Betis, en las provincias de Jaén y de Córdoba íntegramente, la llanura del Guadalquivir no es sinónima de la Campiña Bética; aquélla queda reducida a limitadas porciones de predios ribereños a la corriente principal, que para confirmar aún más, si cabe, su significación, ya aparecen dispuestas a la derecha, ya a la izquierda de aquella corriente, es decir, a veces adentrados en la mole de la Sierra Morena.

Las estratificaciones en la Campiña Bética.

Se ha dicho también que las estratificaciones del Terciario en el lugar de nuestro análisis son horizontales. Tal afirmación es por demás errónea, es una interpretación bien lejos de la realidad, que sólo puede ser emitida por quien sólo ha recorrido la zona campiñesa situada al pie del escarpe serrano de la Sierra Morena y ha generalizado los hechos allí observados en forma poco acorde con la realidad.

Las calizas sabulosas del Mioceno hemos manifestado que aparecen adosadas en una orla a la Sierra Morena, con suaves pendientes, en general al Sur. Sin embargo, en la Mesa de los Escalones, frente al kilómetro 9 de la carretera de Córdoba a

Almadén, anótanse en esas calizas, que por su simétrica disposición en bancos y por su dispositivo en terrazas dan nombre a aquel paraje, pequeñas combaduras con buzamiento septentrional, accidentes locales originados en el movimiento general de los bloques terrestres en la zona del escarpe del macizo paleozoico de la Sierra Morena hacia la depresión de la Campiña Andaluza. De acuerdo con la interpretación clásica de ese escarpe serrano desde el punto de vista tectónico y de conformidad con el dispositivo inverso manifiesto en el Castillo de la Albaida.

Al adentrarnos hacia la Campiña las rocas que primeramente nos ofrecen otro vestigio stratigráfico interesante son las areniscas del Triásico, que, como las calizas del Helvético orlan la Sierra Morena, aparecen dispuestas horizontalmente o con suaves pendientes meridionales en aquellas porciones en que descansan sobre el Paleozoico, en demostración del papel pasivo que han representado desde el momento de su depósito, por lo que se refiere a los fenómenos de plegadura de la región.

Los depósitos del Triásico, en la zona frontera del escarpe serrano, se hallan colocados sobre estratos paleozoicos que fueron arrasados, quedando las superficies sensiblemente horizontales, en confirmación de una erosión y de un estado de penillanura de la topografía paleozoica precedente al depósito Triásico.

Si se sigue la observación de esos estratos del Triásico a lo largo del escarpe serrano y en los lugares en que se sepultan sus vestigios bajo el depósito de las margas terciarias y de los mantos cuaternarios, más meridionales, se llega a conclusiones interesantes en el orden tectónico que pudieran resumirse en la siguiente forma:

1.º Los depósitos triásicos de los comienzos del Mesozoico demuestran que en aquella fecha una costa se extendía

al pie del actual escarpe serrano. La formación es análoga a todo lo largo del mismo.

2.º Los estratos triásicos que se depositaron sobre el macizo paleozoico, claramente definidos por haber quedado a la vista las series de esa edad infrayacente, parecen sensiblemente horizontales o con el suave buzamiento meridional que hace esperar su génesis.

3.º Los bancos de las areniscas y de los conglomerados triásicos adosados al macizo paleozoico de la Sierra Morena, cual sucede con los de Montoro y del río Retortillo, no se hallan plegados, demostración de su actuación pasiva en los hechos posteriores a ese depósito; y asimismo de la pasividad que ante los movimientos posttriásicos ofreció el macizo frontero de la Sierra Morena.

4.º Los depósitos triásicos, y en general los secundarios, a lo largo de la línea del Guadalquivir, cuando las observaciones se siguen hacia el Sur, fuera ya del macizo paleozoico, desaparecen bruscamente a dicho rumbo. Quedan tapados en absoluto por las series del Terciario y Cuaternario.

5.º Cuando en algún lugar se han podido observar estos depósitos hacia esa zona meridional, aparecen con un fuerte buzamiento meridional, en demostración de descensos bruscos en el macizo de la zona zaguera a la Sierra Morena inmediatamente después del depósito de tales bancos. Es decir, que hay movimientos posttriásicos de descenso en la Campiña, acaso distintos de los definidos en el Castillo de la Albaida y a los que antes aludimos, que tienen efecto después del Helvético. Confirma aquella hipótesis la ausencia de tales materiales, areniscas rojas, en las profundizaciones llevadas a cabo por diferentes causas en la zona Sur del río.

Así resulta que las areniscas del Triásico en la provincia de Córdoba, que quedan sensiblemente horizontales o con suave buzamiento al Sur en la zona adosada a la escarpa de la sierra

emergente, más al Sur, como se observa en el arroyo del Tamujar, al Norte de la estación de Alcolea, a veces buzan fuertemente al Mediodía, yacen en estratificación francamente discordante en ese lugar con las calizas horizontales del Helvético, indicio de los sucesivos movimientos que han persistido en la línea de fractura del Guadalquivir.

Otras veces, como sucede en el Balcón del Mundo, en la carretera de Córdoba a Santa María de Trassierra, los materiales del Triásico se hallan sumamente metamorfizados y se han desplazado con relación al lugar de su depósito en otros lugares, cual sucede con las brechas de ese tipo que sirven de asiento y base al puente de Alcolea.

Uniendo estos materiales de análisis a la observación de la falta de manchas triásicas a medida que nos adentramos en la Sierra Morena, teniendo en cuenta los restos que aun se hallan de conglomerados de esa fecha, inconfundibles por sus llamativos colores rojizos y por su dispositivo horizontal, cuyos vestigios más septentrionales en la Sierra de Córdoba son las pequeñas manchas de las Albarizas y de la Conejera, respectivamente, situadas en las carreteras de Córdoba a Almadén, en el kilómetro 9, y en la carretera de Córdoba a Villaviciosa, en el kilómetro 10, resulta que ese piso de facies costera nos permite rehacer en aquellas fechas la geografía del actual valle del Guadalquivir, observándose que el dispositivo de la escarpa de la Sierra Morena era análogo al presente.

Indicaremos, por último, que los pequeños saltos de las fallas de la arenisca roja del Triásico observados en Montoro, simplemente nos acusan la presencia de trastornos tectónicos más importantes en las inmediaciones, apareciendo, por tanto, en relación con la línea tectónica del Guadalquivir.

Para hallar depósitos de esa misma edad triásica en el Mediodía, en la Campiña, es necesario avanzar 25 kilómetros a ese rumbo sobre formaciones más recientes que rellenan el

Valle Bético. Entonces aparecen como la base de las formaciones de esa Campiña, y como *substratum* también de las elevadas sierras de la Cordillera Bética, las margas salífero-yesíferas irisadas del Keuper, que, aunque pertenecientes a un piso superior al de la arenisca roja de Montoro, arrojan nuevas luces acerca de la historia de los terrenos que definen esa Campiña Andaluza.

Aparecen los estratos del Keuper sumamente dislocados y revueltos, plegados, atravesados frecuentemente por apófisis ofíticos, los cuales se ofrecen como la razón de las modificaciones químicas, y, en parte, de las dislocaciones estratigráficas que aquéllos experimentaron. Generalmente están desprovistos de todo indicio de la vida pretérita; sin embargo, al pie de la Cordillera Meridional, en las inmediaciones de la carretera que desde el río de San Juan o Guadajoz, ya en los límites de las provincias de Córdoba y Jaén, arranca de la carretera de Baena a Alcaudete y sigue a Zamoranos y a Priego por las Angosturas, a menos de un kilómetro del puente citado, y al Este de esa vía, se halló una capa de lignito impuro, reconociéndose abundantes fósiles vegetales en el techo de la misma, que aparecía entre los estratos de las areniscas y de las margas abigarradas del Triásico, y comparables a éste son los hallazgos que nos suministran otros reconocimientos realizados en diferentes capas de esa misma sustancia y en esa misma formación, llevados a cabo ya en el Barranco de la Tía Leoncia, en el término de Priego, al Sureste del Cortijo de Caicena, ya en las cercanías de la carretera de Cuevas Bajas, a un kilómetro del río Genil, ya en otros lugares de las márgenes de éste.

Como se ha manifestado, no hay indicaciones de estas margas abigarradas en las inmediaciones de la línea del Guadalquivir; sin embargo, hemos de hacer notar la presencia de algunas vetas yesosas en las calizas paleozoicas del Cerro de Don Pedro, en las cercanías de la carretera de Córdoba a

Almadén y de la línea férrea de Córdoba a Almorchón, a unos cinco kilómetros de la primer ciudad. Hecho interesante por la posibilidad de relacionarlo con las otras manifestaciones campiñesas, ya que el lugar se encuentra en el borde de la sierra paleozoica.

El contraste de las areniscas rojas del Triásico, que, como manifestamos, yacen horizontales o buzantes al Sur, en la misma línea tectónica del Guadalquivir, y el de las margas irisadas del Keuper, es, pues, chocante, y préstase a consideraciones en el orden tectónico. Los asomos de estas últimas que aparecen más próximos a la población de Córdoba, son los que se hallan en los Cortijos de Montefrío y de Duernas, al Sur del río Guadajoz, en las inmediaciones de la carretera de Córdoba a Espejo. Existen allí unas salinas cuyos productos son muy apreciados desde tiempos antiguos, y en las cercanías de las mismas, en la carretera citada, entre las salinas y el Guadajoz, ya en el kilómetro 30 de aquélla, aparecen los lechos eoceno-oligocenos con abundantes numulitos y lepidocyclinas, bien diferenciados de los yesíferos anotados.

Entre esos lugares, Córdoba, camino viejo de Santo Domingo, paraje equivalente al de Montoro, por lo que hace a los depósitos de las areniscas rojas del Triásico, y Duernas y Montefrío, en la citada carretera de Córdoba a Espejo, en que asoman las margas yesífero-salíferas-abigarradas del Keuper, media una distancia de 25 kilómetros; tal es la anchura de una faja según la cual se extienden paralelamente al Guadalquivir las margas terciarias del Mioceno, coronadas por los estratos alternantes de margas y limos margosos anaranjados que contrastan con el color gris azulado de las primeras, y cuya clasificación geológica pertenece al tránsito del Mioceno al Plioceno, que hemos dicho que insensiblemente, a su vez, pasa al Cuaternario en el Valle o Campiña del Guadalquivir.

Esta serie de las margas aparece horizontal, con suaves

combaduras en los bordes, las cuales contrastan con las intensas dislocaciones del Triásico a que acabamos de aludir. Yacen en estratificación discordante con el Terciario inferior, que, representado por margas blanquecinas y por areniscas numulíticas, se extiende ampliamente entre el Guadajoz y Cabra.

En resumen, la Campiña Bética, considerando como tal, según hemos dicho, la tierra definida por suaves ondulaciones que se extiende entre las dos series de eminencias de la Sierra Morena y de la Cordillera Bética, ni tiene siempre horizontales sus estratos, ni éstos pertenecen exclusivamente al Mioceno y al Plioceno, sino a esa serie de estratos del Secundario y del Terciario que hemos considerado en lo que precede, y al Cuaternario superior.

Sobre la existencia del Burdigaliense en el Valle del Guadalquivir.

La gran transgresión marina de Terciario medio y superior tiene lugar en el Helvético, y siendo tal la sinonimia de la facies mediterránea, y perteneciendo a ésta las formaciones terciarias, dados los dispositivos geológicos en el Valle y en la Campiña del Guadalquivir, al Helvético, por tanto, deben corresponder los estratos que aparecen señalando esa invasión marina máxima. Tal es la opinión expuesta por el gran maestro de la geología española Mallada, en su *Explicación del Mapa Geológico de España* (tomo 6.º, pág. 265).

Como hemos indicado en lo que precede, las manifestaciones de la vida en aquellos mares miocenos nos ofrecen vestigios, en la zona alta de las calizas que orlan la Sierra de Córdoba, que nos indican un tránsito del Helvético al Tortoniense; manifestaciones de un enfriamiento general, de acuerdo también con la opinión, antes señalada y confirmatoria, de que

helvéticos son los depósitos de las calizas de piedra franca del Brillante, los Arcos y cien lugares más sitios en las inmediaciones de la ciudad de Córdoba.

Otra opinión acerca de la clasificación de las calizas costeras del Valle del Guadalquivir la expone atinadamente Adán de Yarza (Adán de Yarza (Ramón).— *Apuntes de Geología, explicados en la cátedra de la Escuela Especial de Minas de Madrid*. 1907), quien señala la presencia de la *Ostrea Crassisima*, Lam.; en toda esa faja costera. Para este autor todas las calizas a que nos referimos son helvéticas. Tal es igualmente la opinión de Calderón. Para Douvillé, en parte, la formación es aquitánica.

No hay, pues, razones fundamentadas para considerar como burdigaliense la serie de aquellas calizas.

La edad de las margas yesíferas de la Campiña.

Las margas yesíferas de la Campiña se hallan definidas por los hechos siguientes: Aparecen constantemente como la formación infrayacente del conjunto aquellas que integran los Prealpes Subbéticos y la Campiña Andaluza, salvo del manchón de la falda Norte de la Tiñosa de Priego de Córdoba, que indicamos que pudieran pertenecer al Carbonífero inferior. Lo que anotamos sólo en vista de la interrogación correspondiente a un aspecto de facies, y más aún cuando no tenemos elementos similares de juicio en la región; si bien el asomo en cuestión pudiera tener efecto por un ojal de esas margas triásicas, y, por consiguiente, es suceso que, subsistiendo, puede serlo a la vez que el razonamiento precedente.

Siendo infrayacentes las citadas margas yesífero-salíferas a los demás estratos del Secundario y del Terciario y no apareciendo conjuntos geológicos del Paleozoico a los cuales las

mismas pudieran referirse, por su naturaleza, por su dispositivo, por el lugar de yacimiento, parece plausible llevar ya estas series infrayacentes en la región meridional de la Península al Triásico. Claro es que sus características petrográficas, aunadas con este razonamiento, nos permiten cada vez más sostener aquel punto de vista y definitivamente a él nos aferramos por su misma azoicidad, y cuando aparecen algunos vestigios de vida, por el carácter de los restos vegetales observados.

La serie de asomos ofíticos que hemos reconocido en la provincia de Córdoba, de acuerdo con los hechos análogos examinados por distintos geólogos en esta zona de las Sierras Béticas, habiendo podido, por nuestra parte, ya anotar más de cien indicios y afloramientos nuevos de estas rocas hipogénicas y no estando aún terminado nuestro trabajo de campo, aparecen siempre en relación con las rocas del Triásico. Y ello parece confirmar en la idea de que el conjunto de tales manifestaciones sólo alcanza a las formaciones del Triásico en cuestión.

De ser así, hay que aceptar, observando el terreno, que en tales formaciones triásicas del Keuper, definidas por areniscas, margas y calizas alternantes sucesivamente con algunos bancos de sal y con abundantes bancos de yesos, claramente, por la descalcificación de las calizas inmediatas, se adivina un origen químico, debido a la acción sulfurosa que las ofitas llevaron consigo y a la transformación, en último término, de las calizas en yesos, de los carbonatos en sulfatos; lo que, como ha expuesto brillantemente Cortázar, ha sido causa de las inverosímiles dislocaciones del Triásico, a causa del inherente aumento de volumen que va unido a esa reacción química.

Las margas abigarradas, yesíferas, salíferas, de la Campiña y de la Sierra del Sur, son el terreno básico de la Campiña Andaluza, razón, en parte, de su riqueza, al mezclarse los materiales componentes de aquéllas con las margas y areniscas

glauconiosas y, por ende, potásicas, del Cretáceo y, sobre todo, del Terciario inferior; pero cuando las primeras llegan a dominar, entonces el suelo es de calidad inferior y aun francamente estéril, como se ve muy bien en la porción de terrenos que a veces determinan las márgenes del Genil entre Cuevas Bajas y Benamejí, o como se observa en las márgenes del río Salado de Priego, o en las cercanías de la Aldea de Zamoranos, ya hacia aquel río, ya hacia el San Juan.

El problema de las margas abigarradas yesíferas de la Campiña Bética es de la mayor importancia, ya que el de los materiales que sobre esa extensa y potente formación se hallan está supeditado a él, por lo que hace a la génesis, y más aún en la evolución tectónica de los últimos.

Es indudable que las manifestaciones endógenas, en esa parte del conjunto andaluz, sólo aparecen en relación inmediata con tales margas abigarradas, por lo que se refiere a los asomos ofíticos. Si algún dique hipogénico pudiera estimarse más moderno, como hemos supuesto con los que aparecen con los aparatos volcánicos en el límite de las provincias de Córdoba, Jaén y Granada (Carbonell T.-F. (A.). — *Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir*, C. I. G., Madrid, 1926), éstos aparecen definidos por materiales basálticos, y pudieran muy bien representar indicios aislados y de otro valor.

El hecho es que los asomos endógenos de Carcabuey, de Rute, de Priego, de Albendín, siempre se hallan en relación con las margas abigarradas que aparecen en las inmediaciones y algunas veces al pie de las grandes moles calizas que sobre ellas descansan; pero otras, como en el último caso citado, alejados de éstas.

Al seguir enjuiciando, parece deducirse de todo lo expuesto que las manifestaciones endógenas se hubieron de realizar sobre las margas abigarradas precedentemente al depósito liásico, y que el régimen de tileo en el suelo, que supone la al-

ternancia de margas, calizas y areniscas de esa formación del Keuper, fué apropiado para que al mismo tiempo tuvieran lugar esas manifestaciones de los agentes de la geodinámica interna, manifiestos por las ofitas.

Ello equivaldría a suponer que en el Sur de España la actividad endógena cesa definitivamente al final del Triásico; que tales manifestaciones endógenas que durante el mismo tienen lugar, vienen a ser la última manifestación general de la que se anota en la Sierra Morena al finalizar el Paleozoico y sobre la cual hemos de tratar después.

La edad de la Cordillera Bética.

Es preciso ver si tal modo de enjuiciar se adapta a los hechos observados al pie de la agreste Sierra del Sur, de la Campiña Bética; si los hechos que en las serranías de Priego y de Cabra quedaron patentes están acordes con los sucesos que se van relatando y deduciendo.

Para fijar la edad de la Cordillera Bética hemos de tener en cuenta que el Mioceno aparece con sus estratos horizontales en la zona Sur de la Campiña Andaluza o con suaves ondulaciones. Tal sucede y se observa en las manchas miocenas adentradas en los Prealpes Subbéticos, cual son las de Fuente Tojar e Iznájar, como ocurre con los que se encuentran al pie de aquellas abruptas serranías, con las de Lucena, Aguilar y Montilla, y como hemos manifestado que pasa con las que se anotan en las inmediaciones de la línea del Guadalquivir.

Por el contrario, los depósitos del Eoceno y del Oligoceno de Baena, de Torre Paredones, de Castro del Río y Espejo, de Priego y Carcabuey, de Almedinilla y Rute, se encuentran fuertemente levantados, lo que implica un plegamiento oligoceno-helvético en virtud de las consideraciones anotadas.

Parece, pues, como si a partir de esa fecha la zona meridional del Guadalquivir actuara casi exclusivamente en fluctuaciones positivas o negativas, pero en bloque. Los acontecimientos, pues, que han mediado desde el Triásico hasta el final del Oligoceno son los que conviene analizar a los efectos propuestos.

Los fenómenos parciales, que harían esperar el hecho de que los materiales yesíferos se hubieran constituido a expensas de las ofitas y con posterioridad a una plegadura de los estratos del secundario y del terciario, no aparecen; ésta es una razón confirmatoria de la edad supuesta de aquellas rocas hipogénicas. Sin embargo, debemos anotar que se hallan vetas de yeso dentro de los bancos calcáreo-areniscos de las series secundaria y terciaria, lo que obliga a estimar acaso una persistencia en los efectos de sulfatización, iniciados en fechas tan pretérita como la del final del Triásico antes señalada.

Los estratos todos del liásico al oligoceno han sido trastornados; sin embargo, su dispositivo es muy otro que aquel de los depósitos de las margas irisadas yesífero-salíferas del Triásico, como si éstas, después de los plegamientos debidos a la emisión ofítica, hubieran seguido los movimientos posteriores y generales de la región.

Las zonas de cobijadura en la Cordillera Bética.

Los sucesos que se van apuntando particularmente nos atraen para analizar a grandes rasgos, como venimos haciendo hasta aquí con las múltiples cuestiones que este estudio plantea, uno de los temas más sugestivos y más en discusión en la geología alpina, siendo un elemento de la plegadura alpina la Cordillera Bética a analizar en ella las cobijaduras.

Los análisis de los especialistas Brouwer y Staub, en una

rápida visita a la zona, les hacen ver la existencia de tres zonas de cobijadura entre Córdoba y Granada. Douvillé, con anterioridad, hace afirmaciones semejantes en su obra sobre los Prealpes Subbéticos. Conocido es el trabajo de Bertran y Killian acerca de la existencia de zonas de cobijadura en Cabra, al pie de la Cordillera Bética. Sin embargo, por las razones dichas, a causa de las manifestaciones pertinaces de las margas abigarradas del Triásico en la zona en cuestión, teniendo en cuenta la diferenciación de los depósitos secundarios y de los del Terciario inferior, la gran potencia de las masas calizas de aquéllos, la superposición de los niveles con belemnitos a los de los amonitidos en los Cerros de Palojo y en los Lanchares de la Sierra de Cabra; examinando que el Cretáceo queda orlando materialmente los cerros calizos del Jurásico e Infracretáceo y a sus pies el Eoceno y el Oligoceno; sin negar la existencia de fenómenos de cobijadura en determinados casos (menos de los supuestos), es posible, a nuestro juicio, explicar los hechos, al menos en nuestra zona cordobesa, sin recurrir exageradamente a ese concepto de la cobijadura.

En el caso supuesto de que sean triásicas la serie de esas margas yesíferosalíferas que aparecen definiendo el *substratum* de la Campiña y de la Cordillera Bética, no puede dudarse que todos los demás sistemas y formaciones aparecen dispuestos superiormente, y que gracias a la erosión debida a la actuación de las corrientes superficiales, pasa con relación a tales depósitos cosa análoga a la que hace posible el análisis de las calizas del Mioceno y el de las areniscas del Triásico en los manchones de esas rocas que descansan sobre el Paleozoico en la orla de la Sierra Morena.

Así, por ejemplo, tenemos que las Sierras de Cabra y de Zagrilla quedan en la siguiente forma: por el Sur los ríos Morisco y de Carcabuey corren en las margas del Triásico; al Oeste, en el arroyo Tijeras, en el Nacimiento y en el arroyo

de los Yesos, siguen asomando esas formaciones yesíferas, que al Norte, en Cabra, en el río de Marbella, en el San Juan, tienen representación definida. Representación que sin soluciones de continuidad nos muestra el río Salado de Priego hasta su unión con el Morisco.

Pues bien: en ese lugar tan apropiado para la observación, sobre las margas irisadas del Triásico se hallan los potentes bancos pétreos del Liásico, en la Fuente de los Frailes, de Cabra, más altos los del Titónico de los Lanchares, y más altos aún los de los amonites del Sur de los Cerros de Palajo. Las formaciones de los sistemas modernos con relación a aquéllos, son restos que la erosión dejó a la vista y que a modo de retazos aparecen adosados a los colosales escalones que los grandes bancos pétreos definen.

El tendido de los potentes bancos pétreos que integran a aquellas elevadas serranías aparece como buzante al Sur, es decir, como conservando la pendiente original hacia el geosinclinal mediterráneo, vivero de las cordilleras que hoy le rodean. Las fallas que se pudieran observar entre esta serie de bancos pétreos y los definidos por la Gallinera de Priego y por la Mole de la Tiñosa, corresponden a otros lugares, en los que de nuevo las margas irisadas del Triás quedan a la vista; donde ya pudieron ocurrir fallas secundarias que correspondan a los bloques que por ese lugar se agregaron al escudo ibérico o no.

Es interesante hacer notar que esos hechos sobresalientes del gran emergimiento de la Cordillera Bética no aparecen en relación con emisiones hipogénicas definidas, que siguieran las líneas de aquel fenómeno tectónico; las ofitas ya se ha indicado que se ofrecen en numerosos asomos entre las margas salinoyesíferas del Triás; si bien tales asomos aparecen orientados paralelamente a la línea del Guadalquivir, ello puede obedecer tan sólo a que siendo normal a la misma la dirección de los esfuerzos que a partir del Triásico tienen efecto sobre los

estratos de la actual Campiña y Sierra Bética, según ese rumbo se desarrollaron también los fenómenos de fractura y emisión.

La línea de fractura del Guadalquivir.

Como hemos repetido en distintas ocasiones, la Falla del Guadalquivir determina el accidente tectónico más interesante de la Geología hispánica. El monótono contraste de la Sierra y de la Campiña se sigue desde el Este de Despeñaperros hasta Niebla, ya en las cercanías del Océano. Los hechos que obligan a aceptar este dispositivo stratigráfico, la línea de fractura que hoy es causa de que aparezca la constante discordancia de los estratos paleozoicos bruscamente perdidos al Mediodía del escarpe de la Sierra al Valle, reemplazados al Sur por la serie de las margas del Terciario y el conjunto de los mantos cuaternarios, están bien acusados en la variación de los arribamientos que se pueden observar al Norte y al Sur de esa línea de fractura.

Al primer rumbo, los depósitos del Paleozoico se orientan al Oeste-Noroeste, al Noroeste o a un rumbo inmediato. Al Sur, los estratos y capas siguen una dirección normal. Ello permite afirmar que, desde el final del Paleozoico a nuestros días, se ha invertido por completo el conjunto de los esfuerzos actuantes en el espacio que en la actualidad ocupan la Campiña y la Cordillera Bética, con relación a los que determinaron la stratigrafía que en el momento puede observarse en la Sierra Morena.

Si al realizarse ese cambio manifiesto en los bancos pétreos que en el día pueden ser objeto de nuestras observaciones, tal hecho obedeció a otras causas que a la Falla del Guadalquivir, ninguna razón abona la línea continua según la cual los estra-

tos del Paleozoico vienen a desaparecer bruscamente en el escarpe de la Sierra Morena al Valle del Guadalquivir. La variedad de estos depósitos paleozoicos, la serie de dislocaciones y fenómenos que sobre ellos dejaron su huella, no justifica en modo alguno que todos ellos, bajo los efectos de la erosión u otros fenómenos similares, siguieran la misma suerte y que de esta forma finalizaran en el escalón según el cual emerge en la Campiña la Sierra Septentrional.

Todos estos hechos obligan por sí, al considerar la historia geológica de la región, a aceptar el hecho indubitable de la Falla del Guadalquivir como única hipótesis que permite compaginar los resultados de la observación que se nos ofrece clara, llamativamente.

Pero, además, hay que recordar cuanto ha sido expuesto en lo precedente: la diferente forma según la cual aparecen afectados por los movimientos postpaleozoicos los estratos del Secundario y del Terciario que llegaron a depositarse en la Sierra, de aquellos otros que quedaron depositados en la Campiña, aun cuando los lugares de los yacimientos sean muy inmediatos, cual sucede con los depósitos de las areniscas rojas de Montoro y del Arroyo del Tamujar, en Alcolea, y con los depósitos del Mioceno en la Huerta de los Arcos, por ejemplo, y en el Castillo de la Albaida, al pie de la Sierra.

Es indudable que tales hechos de la observación nos ponen de manifiesto que la manera como actuaron la Sierra y la Campiña es bien distinta; pero, además, que una de ellas se movió con velocidad diferente, por lo menos, que la otra porción del país. Es decir, son sucesos que demuestran de una manera evidente la existencia de la falla en cuestión.

Los trabajos de sondeo realizados en la porción meridional del Valle del Guadalquivir investigando petróleo, han puesto de manifiesto un espesor, para la serie de las margas irisadas del Triásico, de más de 1.000 metros; la naturaleza de este de-

pósito, el enorme relleno que supone, implica un gran seno al Sur de la línea de la escarpa de la Sierra Morena, que sin aceptar la falla en cuestión, es sumamente difícil explicar, en vista de la conservación de los depósitos del Carbonífero superior de Villanueva de las Minas y de los que aparecen sin soluciones de continuidad hasta el Triásico, en El Viar.

Dispositivo anormal del Cambriano y del Carbonífero al Norte de Córdoba.

Según hemos hecho anotar en los cortes geológicos que acompañan a la citada *Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir*, publicada con motivo del reciente Congreso Internacional Geológico de Madrid, al Norte de la población de Córdoba aparecen una serie de cerros bajos, coronados a veces por terrazas del Mioceno, que hemos clasificado de carboníferos en vista de la serie de hallazgos de fósiles que, ya en las calizas, ya en las pizarras con ellas alternantes, hemos hecho en el kilómetro 2 de la carretera de Córdoba a Almadén, inmediaciones del Puente del Arroyo de Pedroches, y de los también reconocidos por nosotros en las cercanías del Puente Mocho, en el camino de Villafranca y carretera de Alcolea al Pantano del Guadalmellato, en un potente banco de calizas que allá aparecen y en las pizarras con él concordantes.

Pero aun más altos que estos cerros carboníferos son los que sirven de asiento al Ermitorio de Nuestra Señora de Belén, célebres Ermitas de Córdoba, lugar de turismo excelente, ya que desde él se disfruta una amplia vista del conjunto del Valle y de la Campiña Bética, se apercibe la Sierra del Sur y el brusco escalón en que desciende la Sierra Morena a la depresión meridional. Lugar estas Ermitas en el que se encuentra uno de los yacimientos de *Archaeocyathidos* más notable del mundo.

Esas series de cerros, bien diferenciadas en el terreno, casi más aún por su topografía que por sus rocas, que tampoco ha lugar a confundirlas, se encuentran separadas por un potente dique de andesitas basálticas, a las que acompañan otras rocas hipogénicas, cuya edad sucesiva en la emisión es la de pórfidos rosados-andesitas basálticas-monzonitas, según en su lugar quedó convenientemente anotado en la expresada *Guía*.

Ello nos habla de una que pudiéramos llamar predisposición a la fractura en la actual línea del Guadalquivir, una nueva iniciación de la Falla en cuestión acaecida posteriormente al momento de la colada hipogénica definida por las andesitas basálticas de Medina Azahara y del Monasterio de los Jerónimos de Valparaíso, lugares típicos de la región donde aquellas rocas pueden ser observadas de una manera particular.

Nota sobre los yacimientos de «*Archaeocyathidos*» de la Sierra Morena y deducción para el análisis tectónico.

Como he indicado en este estudio, presentado en el reciente Congreso Geológico Internacional, los yacimientos de *Archaeocyathidos* citados hasta el momento en la Sierra Morena son: el de El Pedroso, en Campayar, donde sólo se ha hallado un ejemplar. (Macpherson (J.).—«Noticia sobre el *Archaeocyathus marianus*». *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.* T. IX, 1880. Actas, pág. 8.), (Roemer (F.).—*Archaeocyathus marianus*.—*Zeitsche, dents. geol. Ges.* XXX, 1878.—*Anales de la Sociedad Geológica Alemana*). Campayar, Rivera de Huezna, zona de El Pedroso, Cazalla de la Sierra y Guadalcanal.

El yacimiento más importante de estos curiosos fósiles es

el de la Sierra de Córdoba (Hernández Pacheco (Eduardo).—*La fauna primordial de la Sierra de Córdoba*. Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.—Congreso de Sevilla, 1917. Tomo II.—Conferencias de las Secciones, páginas 76-84). (Idem id.—*Les Archaeocyathidae de la Sierra de Córdoba (Espagne)*, *Comp. rend. Acad. des Scien.* T. 166, página 691. París, 1918). Se han señalado allá como lugares donde el hallazgo de este vestigio de la vida primera es relativamente fácil, el Rodadero de los Lobos y el Cerro de las Ermitas. Se han reconocido más restos de estos fósiles por Hernández Pacheco en la llamada Cuesta de la Traición, en otra cañada más oriental que la de las Ermitas, que rápidamente desciende como aquella hacia la llanura en que se asienta la población de Córdoba.

El yacimiento del Cerro de las Ermitas se prolonga al Noroeste, llegando hasta la casa de Lo Pardo y aun rebasándola, es decir, que en una extensión de más de dos kilómetros de anchura en este sentido no faltan los restos fósiles, bien conservados.

La serie de las calizas de los *Archaeocyathidos* de la Sierra de Córdoba queda cortada al Este en la Cañada de la Monja, y se prolonga al Oeste de las Ermitas, habiendo recogido ejemplares de aquellos fósiles en El Hornillo, carretera de Córdoba a Santa María de Trassierra, en la misma divisoria del Guadalquivir y del Guadiato. Al Norte de este último lugar, en el Caño Escarabita, lugar de ese nombre, a unos dos kilómetros del anterior, he encontrado otros ejemplares.

Se determina así en la Sierra de Córdoba una amplia zona cambriana fosilífera limitada al Norte por el conjunto estrato-cristalino, precámbrico e hipogénico de la Sierra de los Santos, y al Sur por las series del culm y dinantiense de los alrededores de Córdoba. Esa faja fosilífera en los lugares anotados queda limitada a Mediodía por el escarpe que el macizo supe-

rior y emergente de la Sierra Morena define hacia la Campiña cordobesa; en tanto que al Oeste-Noroeste se prolongan los estratos con los mismos caracteres litológicos a cortar el conjunto de angostos riachuelos que descienden al Guadalquivir.

Las rocas que definen de una manera más característica los yacimientos de *Archaeocyathidos*, son calizas azuladas, *jabalunas* del país, nombre derivado de *jaba*, haba, a que tienden las manchas debidas a los nódulos epatizados y a la sección de sus fósiles, ya crinoides en las carboníferas, políperos y otros en ellas y en las devonianas, ya *Archaeocyathidos* en las cámbricas; así como pizarras alternantes con pequeños bancos calcáreos, azulados, siendo los colores de aquéllas verdoso sucio, pálidos o morados, de tonalidad de heces de vino; alternancias demostrativas del titilar de un fondo en relación con el gran depósito de *Archaeocyathidos*.

Tal conjunto sigue desde los lugares indicados, casi paralelamente al Guadalquivir, a cortar el río Guadiato y el Guadiatillo por las Mesas; define crestas notables en el Guadalvacarejo, penetrando en la Aljabara del término de Hornachuelos, donde determinan los bancos potentes de calizas las agrestes crestas del Risquillo. Siguen pasado el río Nevado a las Mesas del Bembezar, también formadas a expensas de las calizas cámbricas, tajadas por el río Bembezar, y cuyas plegaduras pueden seguirse con detalle en la hoz que al cruzar esa faja defínese en las márgenes de aquella corriente.

Al Oeste del río Bembezar continúan los asomos calizos al Norte de la aldea de San Calixto, por los solitarios parajes que cruza el arroyo de Tres Mojones o de la Baja, penetrando en la provincia de Sevilla, siguiendo por San Nicolás del Puerto y Alanís a Guadalcanal.

Se prolonga, pues, esta faja de la serie cambriana en unos 100 kilómetros de longitud como mínimo, estando reconocidos los fósiles en sus zonas expresadas, habiéndose observado

igualmente algún indicio de *Archaeocyathidos* en las Mesas del Bembezar, hacia su centro, y esperando que el número de yacimientos que sobre la misma existen se vea en las nuevas exploraciones sucesivamente aumentado.

Es interesante consignar, por una parte, que el rumbo que estos depósitos pétreos determinan para el arrumbamiento de la faja indicada, resulta ser, teniendo en cuenta los hitos extremos, de 0,15° Norte, y la anchura de los mismos, de unos dos a tres kilómetros a lo más.

La mancha así definida, a veces aparece seccionada y rota por las corrientes superficiales, que, al denudar, dejaron algunos estratos al descubierto. Vese, pues, que en su alineación interfiere algo el rumbo Oeste 30° Norte de los sinclinales hercinianos, cortando, al efecto, los restos de las manchas carboníferas de Alanís y Guadalcanal, de Valdeinfiernos y de Hornachuelos en su arrumbamiento ideal.

Al Este queda inopinadamente cortada esa alineación por la línea tectónica del Guadalquivir. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que en los asomos paleozoicos de Cerdeña han sido descubiertos algunos de los *Archaeocyathidos* que conocemos, lo que puede ser el indicio de relaciones pretéritas entre aquellos depósitos y los de la Sierra Morena que nos hablen del dispositivo topográfico en las fechas del Paleozoico inferior y nos descubran horizontes insospechados en la geología del Mediterráneo. Bueno es recordar a este efecto que las manifestaciones de yacimientos metalíferos de cinc y plomo de esa isla y las de las sierras de Córdoba y de Hornachuelos, permiten acentuar la orientación de nuevos estudios en ese sentido que acotamos.

Al Oeste, la faja cámbrica de la Sierra Morena puede ser comparada con éxito respecto a los terrenos antiguos que los geólogos españoles y portugueses han estudiado en la porción Suroeste de la Península Ibérica. Debido a los asomos hipogé-

nicos de considerable extensión de Fregenal y Fuente de Cantos, así como al definido en Evora, es posible que allí su continuidad desapareciera por completo; sin embargo, los asomos calizos que he indicado al Sur de la Ribera del Múrtiga, en la Contienda de Moura, pudieran en el porvenir darnos algún indicio en relación con los que ahora nos interesan. A este efecto, conviene recordar la serie de asomos de yacimientos cupríferos señalados en este último lugar.

La Sierra Morena.

Es difícil para nuestro fin dar una delimitación acorde con la aceptación y extensión que en el país se le concede a la Sierra Morena. Para algunos, Sierra Morena es un conjunto geográfico, del que no son partes integrantes la Serranía de Aracena, por ejemplo, la Sierra de Córdoba; para otros, ambas están incluidas en aquella designación primera. Así sucede que, en Puertollano, la Sierra Morena empieza en las sierras sitas al Sur de aquella población, en tanto que en el Valle de los Pedroches la Sierra Morena comprende sólo las sierras meridionales a ese Valle, separadas por él precisamente del conjunto de eminencias a que últimamente aludimos, y que se encontraban, según decíamos, al Sur de Puertollano.

Para considerar el problema geológico, decimos que la línea del Guadalquivir separa la Sierra Morena de la Campiña Bética; pero en esa acepción general, en ese orden de ideas, la línea tectónica del Guadalquivir sigue paralela a la corriente del río hasta Alcolea del Río y Cantillana; más al Oeste se separa de la dirección definida en el momento por el curso del Betis; continuando, según el rumbo que aquél definió, hasta esos lugares últimamente citados, sigue por Guillena, Niebla y Moguer, como al Este-Noreste desde Linares va a Montizón.

En este caso, decimos, al suponer el frontal de la Falla del Guadalquivir, el borde del escudo ibérico, como macizo frontero del paisaje geológico, la Sierra Morena se extendería así desde Huelva a Córdoba y Linares, y hacia el Norte hasta un lugar que después será examinado.

En esa acepción pertenecerían a la Sierra Morena la comarca del Andévalo, de Huelva; la Serranía de Aracena, así como la Sierra de los Santos, la Sierra de Córdoba, incluso el Valle de los Pedroches y las Sierras de Despeñaperros y de la Alcudia.

Será necesario ahora, para fijar el lugar de observación, señalar el límite septentrional de esa Sierra, factor geográfico cuyo relieve aparece originado, o por lo menos en íntima conexión con el hecho de la línea tectónica del Guadalquivir. Si convenimos en que en el concepto geológico hemos forzosamente de aceptar la palabra Sierra Morena más acorde con la realidad que la de Cordillera Mariánica, es porque el relieve de la penillanura del escudo ibérico queda allá determinado como consecuencia del accidente tectónico en cuestión; y en este caso, a todos los terrenos a los cuales se extienden los efectos parece lógico que se adapten las mismas calificaciones. Por ello, hasta las cercanías de Huelva deben de considerarse los límites de la Sierra Morena, ya que geológicamente allí el Tinto es un río que representa el mismo papel en esa erosión que el Guadiato y aun que el Guadalquivir en parte en la provincia de Córdoba; y al desembocar el primero en la ría onubense lo hace en un meandro semisumergido análogo al de Montoro, geológicamente considerado.

Aceptados así los acontecimientos, los límites de la Sierra Morena, al Norte, aparecerían determinados por la llanura manchega; de ella irían al pie de Puertollano, a seguir próximamente el Valle de la Alcudia, y por Santa Eufemia a enlazar con las campiñas de Azuaga, y aun con la zona meridional



de la Tierra de Barros a la región de Aroche y al Norte del Andévalo.

Desde luego podemos afirmar que en la extensa zona que queda comprendida entre tales delimitaciones es donde los acontecimientos, debidos al paisaje del contraste de la Sierra y de la Campiña, de las márgenes del Guadalquivir, tienen una repercusión, ya se trate de la lucha de los afluentes del Guadalquivir y del Guadiana, asunto que quedó consignado en el lugar oportuno, ya del avance de los afluentes del último por las penillanuras que se extienden entre ambas corrientes allí donde quedó un lugar apropiado, como ocurre en el Valle de los Pedroches.

Aceptemos provisionalmente esta delimitación.

Sobre la geografía, constitución y población actual de la Sierra Morena en su zona oriental.

Esa porción de la Sierra Morena aparece dividida, en un itinerario desde Puertollano a Córdoba, en tres conjuntos bien diferenciados: el que definen las perfiladas cuerdas de serrijones cuarcíticos que se extienden entre Puertollano y Fuencaliente, agreste y brava, de alturas máximas de 1.300 metros sobre el nivel del mar y mínimas de 550 metros, donde existen robledales importantes, como los que se hallan en las inmediaciones del último pueblo citado, que faltan en las otras dos porciones de las tres que hemos dicho han de anotarse.

La determinada por la mancha granítica de Los Pedroches y las fajas pizarreñas marginales, que se extienden desde el río Guadalmez a los ríos de Varas, con alturas medias de 700 metros; donde los ejemplares de roble que quedan son escasos, raquíuticos, indicadores, a nuestro juicio, del fluctuar de las floras cuaternarias; vestigios caducos de un avance hacia el

Sur del robledal de Fuencaliente en las últimas glaciaciones. Por el contrario, en esa porción de la Sierra Morena se desarrolla espléndidamente la encina, siendo el encinar de la Dehesa de la Jara, en los términos municipales de Pozoblanco y Villanueva de Córdoba, uno de los más fruteros y frondosos de España. Abundan allí, en las porciones más elevadas, los quejigos y faltan generalmente los alcornoques.

Por último, la zona meridional de la Sierra Morena se extiende desde Obejo a Córdoba por terrenos de accidentado relieve, de altura media de unos 500 metros, con eminencias de 959 en la Chimorra y 690 en Torreárboles, frente a Córdoba, junto a Cerro Muriano. Faltan aquí los robles por completo; abundan las encinas y el alcornoque; éste, particularmente al Oeste, define extensiones de importantes aprovechamientos en Hornachuelos y en las provincias de Sevilla y de Huelva.

* * *

Es hora de que desaparezca la leyenda de la despoblación de la Sierra Morena, forjada, no por los que hace muchos años la recorrieron, sino por los que después han recogido aquellas versiones, sin tomarse el trabajo de confrontar la continuidad de dicho estado de cosas personalmente.

Ciertamente que la primera de esas zonas acotadas, Puertollano-Fuencaliente, es hoy la menos habitada; pero por el Norte y por el Sur avanza anualmente el radio de acción de desmontadores y labriegos; los valles que permiten la agricultura y la rotación de la sementera, desde largo tiempo dejaron de quedar incultos. En aquellas porciones más montuosas se emprenden repoblaciones forestales importantísimas, como la que lleva a efecto la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya en las inmediaciones de El Horcajo, donde nuevos pue-

blos, Nuevo Peñarroya, se levantan en el día, y otros que fueron por la explotación minera, como El Horcajo, reviven, en demostración de que los requiere la explotación de la riqueza natural.

La minería, en El Hoyo, también da lugar a la creación de nuevas agrupaciones urbanas, centros que lleven consigo una repoblación interior, en la que la vida fluvial, que ha de crearse como consecuencia de la elevación del Pantano del Jandula, va a ser una arteria de vida, que en unión del ferrocarril de Córdoba a Puertollano y del de Peñarroya a Puertollano van a enlazar la feraz Campiña Andaluza con el corazón serrano.

El Valle de los Pedroches es hoy una zona floreciente en alto grado; sus poblaciones, cercanas las más, distantes las retiradas unos 20 kilómetros, como se ve en el excelente plano del Instituto Geográfico de España, escala 1 : 50.000, y más aún en el terreno, se hallan separadas por una serie de cortijos y cortijadas donde ese incremento de la población está patente. Es esta porción de la llamada Sierra Morena, zona muy bien explotada desde el punto de vista agrológico en el día, donde tales cultivos y todos los aprovechamientos del suelo se han llevado a un estado verdaderamente próspero y de perfeccionamiento.

En cuanto a la sección meridional de las tres que hemos dicho que componen la llamada Sierra Morena, diremos que la densidad de población de la misma es mayor que la de la Campiña Andaluza, lo que se aprecia teniendo en cuenta que una gran mancha de olivar se extiende desde Montoro, al Sur de Pozoblanco, a Valsequillo y a la provincia de Badajoz. La cantidad de caseríos, la labor perenne que reclama la tierra en producción, compensa la falta de aquéllos y de éstas en otras porciones de esa zona serrana, como sucede en Hornachuelos, donde con frecuencia las causas de una escasa población son otras que la esterilidad del suelo.

Sucede así que en la provincia de Córdoba, comparando las tres regiones naturales principales que, en parte, intervienen a la formación de esa división política, tenemos:

1.º Que acaso la más rica de ellas, la Campiña, es la menos poblada en la porción de las tierras negras, que es donde radican los mejores cortijos, siendo la más poblada la porción de los altos, que es la más pedregosa y la de menor valor agrogeológico, como ocurre con la de La Carlota.

2.º Que la Sierra del Sur, la Serranía de Priego, por ejemplo, salvo las porciones altas, es la más poblada del conjunto, lo que se debe, en gran parte, a los aprovechamientos del regadío, y ejemplo de ello nos lo da, en la Campiña, el naranjal de Palma.

3.º La Sierra Morena se halla sumamente poblada en la región del olivar, menos en la penillanura pedrochena y escasamente en el resto.

Sobre el desnivel entre la zona Este de Sierra Morena y el Valle Bético.

La Sierra Morena, que bruscamente desciende desde la llanura manchega al Guadalquivir, en Despeñaperros, define un doble escalón de amplia huella entre Sierra Madrona, la Sierra de Guadalmez y Córdoba. Se debe al Valle de los Pedroches, penillanura granítica, que si prescindimos de los actuales accidentes transversales, originados por una erosión activa, con rejuvenecimiento del paisaje, determina un suave domo desde el pie de la Sierra del Horcajo hasta la cuerda de eminencias que, en ese concepto amplio, aparecen enlazadas desde la Chimorra a Torre Arboles, en el Cerro Muriamo.

Las alturas de 1.100, de 1.200 y de 1.300 metros son frecuentes en las cumbres de las Sierras de Navalmanzano, Ma-

drona, Quintana, de Fuencaliente y del Horcajo. Esta serie de sierras determinan las crestas más eminentes de la Sierra Morena, elementos del conjunto que nos permiten llegar a la determinación de la altura media de aquélla.

La depresión desde las mismas a la cuenca del Guadalmez está definida por la cota de 550 metros que tiene la desembocadura del arroyo Grande, que pasa por el pueblo de Conquista, en aquella corriente. Observándose que las cotas inferiores, al avanzar al Noroeste, se deben a la erosión actual de aquel río, en tanto que las del Sureste, dada la proximidad del río de las Yeguas, pueden tomarse como arrojando aquélla de promedio.

Ello nos lleva a aceptar una altura media de 800 metros para esta región de la Sierra Morena, que se inicia al salir al Sur de Puertollano, en itinerarios hacia Fuencaliente, y que termina en la Falla del Guadalquivir; siendo la traza del escarpe de la zona fracturada, el escalón definido, el límite que sigue aproximadamente la línea de contacto del terreno figurado como Siluriano en los planos del Instituto Geológico de España y el llamado en los mismos Cámbrico, adosado al Norte de la gran mancha hipogénica de los Pedroches.

Esa altura media varía bien perceptiblemente en la segunda porción de terrenos integrante de la Sierra Morena; parte de la zona que desde el cauce del Guadalmez sigue hasta Córdoba, incluyendo en ella el Valle de los Pedroches propiamente dichos.

Aquí, a las alturas indicadas siguen otras de 730 metros sobre el nivel del mar en Villanueva de Córdoba, continuando suavemente ondulado el terreno al Sur; pudiendo, a este efecto, formarse mejor idea de lo que decimos viendo el corte que acompaña a nuestra *Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir*, editada con motivo del Congreso Internacional Geológico de Madrid.

No es de extrañar así que allá, en todo el Valle de los Pedroches, cuando la perspectiva lo permite, a pesar de estas alturas que anotamos, aparezca cerrando el horizonte al Norte y Noroeste la serie de sierras azuladas de Fuencaliente y sus anejas, demostración de cuanto se expresa: de la elevada altitud relativa de ese conjunto con respecto a la media española.

Esas alturas de 700 metros sobre el nivel del mar continúan en la loma que sigue por terrenos entrelanos desde Villanueva de Córdoba al Caballón de Cuenca, a media distancia, aproximadamente, de Villanueva de Córdoba a la capital; a unos 20 kilómetros al Sur de la primera, y a unos 25 al Norte de la última.

Córtanse sucesivamente, a partir de aquí: al Sur, hacia Córdoba, el río Cuzna, a 250 metros sobre el nivel del mar; el Guadalbarbo, a 240, quedando intermedio el Pico de la Perdiz, con 621 metros, y más al Sur, Los Puntales, con 643, quedando luego la cúspide de Torre Arboles, a 693, al Sur del Cerro Muriano, barriada esta última a 600 metros sobre el nivel del mar.

Torre Arboles queda al Norte de Córdoba, a 10 kilómetros de la población, que, como se sabe, se halla entre 100 y 125 metros sobre el nivel citado, es decir, que en este último recorrido tenemos desniveles originados por los agentes de la geodinámica externa que se hallan en franca actuación.

Para esta segunda región de Sierra Morena podemos aceptar, por tanto, las siguientes cifras de altitud relativa: para la porción del Valle de los Pedroches, la altura de 650 metros, o de 600 metros sobre el nivel del mar, y para la faja que queda entre esa región natural y la línea del Guadalquivir, la altura media de 450 metros.

Así, pues, la Sierra Morena, en donde toma su anchura normal, al Norte de Córdoba, se divide en tres fajas, cuyas alturas medias resultan ser de 800 metros, 600 metros y 450 me-

tros, respectivamente. Y como aproximadamente estas tres fajas tienen una anchura análoga, resulta que la altura media de la Sierra Morena es de 600 metros sobre el nivel del mar, considerando como tal la zona que se extiende desde Puertollano a Córdoba.

Las altitudes máximas del Paleozoico en la Sierra Morena, al Norte de Córdoba.

Las alturas máximas de las sierras paleozoicas en la Sierra Morena, en aquella parte más inmediata al Norte de la población de Córdoba, son las de 959 metros sobre el nivel del mar, a que se halla la señal geodésica de la Chimorra, lugar que se encuentra a ocho kilómetros al Este-Noreste del pueblo de Espiel y a 37 kilómetros al Norte de Córdoba. Esa eminencia de la Chimorra se encuentra en la alineación montañosa de Obejo, a unos 13 kilómetros al Noroeste de ese pueblo. A su vez, el poblado de Obejo se halla a 27 kilómetros al Norte de Córdoba.

La Fuenfría de Obejo es otro vértice eminente de la Sierra de Córdoba, sito al Norte de la población, a 27 kilómetros de ella, en el mismo pueblo de Obejo, y se encuentra a 775 metros sobre el nivel del mar. El Caballón de Valfrío está a 734 metros sobre el nivel del mar y a 17 kilómetros de Córdoba. Como se ve, el vértice eminente de referencia es el antes citado de la Chimorra; en cuanto otro lugar que claramente nos hable del escalón de la Sierra Morena al Valle o Campiña Bética, al Norte de Córdoba, ninguno como el de Torre Arboles, a 693 metros sobre el nivel del mar, en tanto que el puente del Guadalquivir, en Córdoba, se halla a un poco menos de los 100 metros con relación al mismo nivel de comparación.

La Sierra Morena considerada como la ruina de una cordillera.

La Sierra Morena, en el sentido precedentemente considerado, no puede aceptarse en ningún caso que sea la ruina de una cordillera. Es un conjunto orográfico debido a la acción de los agentes de la geodinámica externa sobre una serie de formaciones plegadas, sin guardar una conexión con el arrumbamiento actual del tajo que la escarpa de esa región define frente al Valle del Guadalquivir y frente a la Campiña Bética.

Como veremos después, podrá suponerse que en esa Sierra Morena, con los límites aceptados por nosotros, o con otros límites cualesquiera, se hallen indicios de diferentes plegaduras, restos de fracturas análogas a ésta que corta los estratos paleozoicos ante la depresión del Guadalquivir; en resumen, que se hallen distintos vestigios de cordilleras que fueron.

Lo que no hay razón para aceptar con la acepción geográfica que se le da a la Sierra Morena, en el conjunto del paisaje de la Ribera del Guadalquivir, Sierra-Campiña, es que esa Sierra termine en un lugar que continúe perteneciendo a la escarpa en cuestión. Tal sucedería al suponer que la Sierra Morena, iniciada al Este de Despeñaperros, finaliza en el escarpe que la Serranía de Aracena define hacia la comarca del Andévalo.

El caso de la comarca del Andévalo es en un todo análogo al que se ofrecería en la región meridional del Valle de los Pedroches, si en vez de avanzar la Sierra de los Santos al Sur, ésta no existiera; en este caso, la erosión hubiera llevado al paisaje a un estado análogo al de aquélla, de lo que la Sierra del Olivar de Montoro, donde falta esa barrera a los agentes de la geodinámica externa, es buena muestra. La naturaleza blanda de los depósitos del Andévalo, como la de todas

las formaciones pizarreñas y similares de la Sierra Morena, facilitó el avance del conjunto hacia un estado de penillanura, aquí también favorecido por la mayor proximidad del Guadiana. Avance que sería muy análogo en la actual Serranía de Aracena, si aquí no existieran una potente serie de rocas de tipo ácido y gran reciedumbre que consolidaron el conjunto pizarreño roto y fracturado, acribillado también por los innumerables diques de esa naturaleza.

Gracias a tales sucesos el Valle de los Pedroches ha podido subsistir. En las zonas marginales de éste se encuentran una serie de apófisis ácidos que han determinado, gracias a la dureza de los conjuntos hipogénicos pizarreños, verdaderas barreras que retrasan el avance de la erosión sobre la serie arenosa granítica de aquella penillanura.

Por eso, si la Sierra de Aracena ofrece un brusco contraste con la comarca del Andévalo por el Suroeste, no ocurre tal al Noreste, donde, por el contrario, gracias a esa dureza de los materiales que la integran, ha salvado de la erosión las actuales cuenquecitas carboníferas de Guadalcanal y sus inmediatas. Hasta cierto punto, aunque aquí ocurrieron otros fenómenos tectónicos dignos de especial acotación, se ve que la mole cuarcítica de las Sierras de Fuencaliente y el Horcajo salvó de análoga manera de la erosión a la cuenca de Puertollano; como entre ambos lugares fué la Sierra de los Santos la que salvó también la cuenca carbonífera de Bélmez, y de ello tenemos una prueba observando las dificultades con que el río Guadaito tropieza hasta llegar al Guadalquivir, lo que se traduce en un retraso erosivo en la zona alta de su cuenca, gracias al cual, repetimos, se conservaron y llegan a nuestros días los depósitos hulleros de Bélmez y Espiel, de Peñarroya y de Fuenteovejuna.

Por esta serie de hechos, y mediante el estudio geológico detenido de la región, podemos deducir que los paisajes erosi-

vos del Andévalo y de la Sierra de Montoro son análogos en un todo. Deprimida esta como aquella comarca, como se deduce de una manera terminante y clara viendo los lugares sobre los cuales aparecen depositadas las areniscas del Triásico, y observando la modernidad del rejuvenecimiento del paisaje, al descender el nivel de base del Guadalquivir, causa del meandro de Montoro, se ve siguiendo las alineaciones pizarreñas desde esa zona olivarera que aquéllas continúan a Alcaracejos, Villanueva del Duque, donde la pantalla de la Sierra de los Santos da lugar a otra zona alta en tipo de penillanura; mas entre la zona de Montoro y la última no hay fractura, la segunda no obedece a hundimientos; prescindiendo de la colada y fractura del batolito de los Pedroches, allá no hay otros fenómenos productores del estado de cosas presente que aquellos debidos a los agentes de la geodinámica externa, los fenómenos erosivos.

Si observamos el plano de detalle del contacto del hipogénico y del sedimentario en el Valle de los Pedroches (Ministerio de Fomento.—Negociado de Minas.—*Estudio de Nuevos Criaderos de la provincia de Córdoba. Años 1924-25 y 1925-26*), nos encontramos con una serie de apófisis de aquella naturaleza, que, como es natural, aparecen orientados paralelamente al expresado contacto en cuestión, es decir, que se hallan en un dispositivo por completo semejante al que nos ofrecen los diques hipogénicos en la comarca del Andévalo, yacen en general casi interestratificados, o siguen por lo menos sobre el terreno, según sus ejes mayores, el rumbo medio de la serie sedimentaria de las inmediaciones.

Allí la serie de fenómenos de origen endógeno, definidos por estos asomos hipogénicos, actuantes sobre otros, productos de los fenómenos exógenos, dieron lugar a una serie de yacimientos minerales que en el Andévalo son principalmente piríticos, en tanto que aquí sus equivalentes en la región

marginal del valle granítico de Los Pedroches, son plumbosos, cincíferos, cupríferos o de tungsteno, bismuto, arsénico, etc.

La razón de esas diferenciaciones habrá necesidad de buscarla en la naturaleza de las rocas madres, a cuyas expensas se realizaron las disoluciones mineralizadoras. Pero, en realidad, no es tan distinta esa diferenciación, no es tan absoluta entre las diversas zonas de los yacimientos de la Sierra Morena; y así tenemos la región de los minerales complejos de Huelva, minerales de cinc, plomo y cobre; los minerales raros de Monte Romero; las cobaltinas, por ejemplo, que establecen hitos interesantísimos para hacer comparaciones en el tránsito de las metalizaciones desde la región de La Carolina a la del Andévalo. Indicios que aparecen en lugares distintos de la Sierra Morena, pero no guardando una conexión con la Falla del Guadalquivir, que inútilmente se tratará de establecer. Las relaciones de unos y otros criaderos hay que buscarlas en el hecho de los plegamientos de la serie de formaciones paleozoicas que integran a aquélla, y asimismo en las coladas hipogénicas que tuvieron efecto por diferentes lugares, cuyos dispositivos serán anotados.

Pueden consultarse elementos de juicio en relación con cuanto decimos en nuestro trabajo «Estudio sobre los yacimientos de pirita ferrocobrizada de la zona de la mina La Rica» (*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia del Ministerio de Fomento*, núms. 20 y 21), donde hemos dado antecedentes numerosos acerca del yacimiento de esas importantísimas masas de piritas del Andévalo. También en el plano antes citado se ven los emplazamientos correspondientes a los yacimientos filonianos que encajan en el contacto del batolito de Los Pedroches.

La edad del plegamiento de las cuencas del Viar y de Villanueva de las Minas.

No hay duda acerca de los fenómenos tectónicos que llevaron consigo la suave plegadura de las cuencas del Viar y de Villanueva de las Minas. Aparecen ambas, en las inmediaciones de las corrientes del río Guadalquivir, separadas por el espolón más antiguo de la Sierra de la Encarnación.

Esta Sierra de la Encarnación es, o se ha considerado como siluriana, y así se indica en el plano geológico de España. Sin embargo de ello, debido al hallazgo de unas calizas grises y recias, en las que hemos encontrado restos fosilíferos del Devoniano, al menos en parte, aquella formación paleozoica es necesario llevarla a esa época.

Resulta así que en el Viar y en Villanueva de las Minas, aparecen en discordancia el Carbonífero con las calizas y estratos del Devoniano, indicio cierto de una plegadura ocasionada en el Carbonífero, posterior a esa fecha, plegadura que ha resistido, por lo visto, hasta el día, en las labores de explotación minera, sin que los estratos sobre los cuales tuvo efecto, experimentaran fracturas importantes. O, al menos, sin que tuvieran lugar saltos considerables.

La gran falla que se arrumba según el río Viar, por el análisis superficial lo confirma. Todo ello está de acuerdo con la idea de una plegadura que sigue de cerca al depósito original, realizada sobre estratos que dócilmente se han comado ante los esfuerzos que sobre los mismos actuaron.

Los depósitos del Carbonífero reconocidos en las cuencas del Viar y de Villanueva de las Minas, son del Estefaniense. Estos depósitos del Carbonífero superior aparecen particularmente bien determinados paleontológicamente por la abundancia de *Anularias*.

De lo dicho se deduce una discordancia manifiesta entre los estratos del Devónico y los del Carbonífero, que a primera vista hace pensar si los estratos del último fueron plegados en una fecha posterior a la correspondiente al Herciniano. Esto es debido a suponer que en los movimientos hercinianos no existen fases sucesivas en ese acto del plegamiento.

Mas considerando la serie de dislocaciones que en su conjunto definen la plegadura herciniana, resulta, como se ha indicado en el trabajo que he presentado en el Congreso Internacional Geológico, *La plegadura herciniana según los antecedentes de la provincia cordobesa*, que esto que vemos en el Viar y en Villanueva de las Minas es la aplicación de ese hecho de la observación, y que, por tanto, al Herciniano corresponden unas y las otras plegaduras que se van reseñando. Plegaduras que dieron lugar a la formación del seno en que tiene efecto el depósito de la cuenca del Viar y de Villanueva de las Minas, y asimismo a la del domo de la Sierra de la Encarnación, que las separa.

A su vez, como allá se ha indicado y como antes hice notar en *La Faz de la Tierra en el país cordobés a través de las edades geológicas* (Córdoba, 1922), esas fallas del Viar, como la gran Falla del Guadalquivir, son fracturas permianas en su edad, póstuma manifestación de la plegadura herciniana, de las energías puestas en juego con motivo de aquel magno acontecimiento tectónico.

No hay necesidad de insistir sobre esa última fase del plegamiento, pero si ello se estimara oportuno, al observar la cuenca del Viar cubierta por los conglomerados, pudingas y areniscas rojas del Triásico, que descansan sensiblemente horizontales sobre el Carbonífero, aparecería claramente determinado el momento de aquélla, puesto que queda entre el Carbonífero superior y el Triásico inferior. Ciertos conglomerados que allá se observan, rojizos, combados, son carboníferos-permianos.

Este hecho confirma igualmente la reducción de las energías actuantes a que hicimos mención en el trabajo precedente anotado a que nos referimos. Se ve que a medida que avanzamos desde el Culm al Estefaniense, al Permiano y al Triásico, van presentándose tras de cada actuación de las energías endógenas allá manifiestas, en plegaduras o en esfuerzos que a ellas tienden, fases de calma con nuevos depósitos en que los vestigios de nuevas actuaciones de plegamiento se hallan más y más atenuadas, como se observa muy bien en el plano que en el *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia del Ministerio de Fomento* publicó el ingeniero Sr. Tenorio en un trabajo llevado a cabo estudiando las cuencas de referencia (septiembre y octubre de 1920).

Otras manchas devonianas en la provincia de Córdoba.

Investigaciones llevadas a efecto en diferentes lugares de la misma nos permiten afirmar la presencia de zonas del Devónico mucho más amplias de lo que hasta el momento se había supuesto en los planos geológicos oficiales, apareciendo en distintos lugares los estratos de ese sistema con sus fósiles característicos que no dejan lugar a duda en la clasificación.

Por una parte, la serie de manchas devonianas que aparecen en el plano geológico oficial en las inmediaciones de Almadén, se extienden hacia el Sur bastante más de lo supuesto, no habiendo lugar a duda respecto a tal aserto, puesto que los depósitos vienen definidos por una abundante fauna fósil y característica. Tales estratos se observan con disposición estratigráfica menos dislocada que aquella peculiar vista en la región meridional a la serie de sierras cuarcíticas que se alinean al Norte del Valle de los Pedroches y de la corriente del río

Guadalmaz, cuando ésta es el límite de las provincias de Ciudad Real y de Córdoba, como en demostración de acciones tectónicas distintas al Norte y al Sur de la línea de fractura que allá se define y que fué vista por primera vez por el geólogo Groth.

Al Sur de ella, a lo largo de la línea fluvial de aquel río, otros depósitos devonianos, que se habían señalado por Mallada, son los de Santa Eufemia; y se indican aquí por vez primera los que hemos hallado en Mangadas, al Sur de Cabeza del Buey, en las cercanías del puente en proyecto de la carretera de aquella población a la de Belalcázar a su estación en la vía férrea de Madrid a Almorchón. Por esos quintos y en numerosos lugares de la trocha a Cabeza del Buey, desde el Villano y el río Zújar, he hallado numerosos y excelentes fósiles en las calizas devonianas.

Nuestros hallazgos en esa zona de las pizarras que desde la falla del Guadalmaz se extienden ampliamente hasta la mancha granítica de Los Pedroches, por referirse a formaciones que desde el Devoniano alcanzan hasta el Carbonífero inferior, los dejaremos para acotar en el lugar oportuno. Pero queremos hacer constar aquí, que, como en los lugares que seguidamente se señalarán en la provincia de Córdoba, aparecen las calizas devónicas en estratificación concordante con las pizarras, conglomerados y menudas brechas y calizas con crinoides del Carbonífero, en demostración de la sucesión estratigráfica que aparece definida hasta los tiempos geológicos que señalan esas formaciones desde los determinados por los restos de la vida devoniana, y en confirmación igualmente de que a tales épocas pertenecen el conjunto de las series estratigráficas que ahora merecen nuestra atención.

Es claro que las consideraciones estratigráficas nos definen análogamente que tales hechos deben repetirse al Mediodía del batolito granítico pedrocheño, y tenemos de ello brillantes

confirmaciones, ya en los dispositivos, arrumbamientos y en las inclinaciones de los estratos en cuestión, que se observan entre Alcaracejos y el Puerto Calatraveño, en la carretera de Córdoba a Almadén, ya en los vistos entre Pozoblanco y el Olivar de Obejo, en los solitarios parajes, homólogos, que se hallan al Sur de Villanueva de Córdoba, y por lo reconocido en la carretera de Andújar a Villanueva del Duque, al Mediodía también de esa mancha granítica en cuestión.

Al igual de lo observado en la región septentrional, al Sur, y en continuación de los depósitos pizarreños que hemos incluido en el Carbonífero, se hallan otros depósitos del Devoniano determinando una serie de retazos en donde existen abundantes calizas fosilíferas, que hemos observado en diferentes lugares, que deben agregarse a los que Mallada anota en su *Reconocimiento geológico de la provincia de Córdoba*.

Al mismo tiempo existen allí abundantes materiales cuarcíticos que, en parte, nos muestran tránsitos a las areniscas rojas devonianas, en tanto que las rocas análogas con las cuarcitas silurianas homólogas del Norte del Valle de los Pedroches, de las Sierras del Horcajo y de Fuencaiente, de Cabeza del Buey y de Almadén, faltan por completo en la mayoría de los casos, en confirmación de que tal estado pétreo de las cuarcitas se debe, en general, a las grandes acciones tectónicas, base del modelado del paisaje actual.

De esta forma, al contrario de lo que aparece en el plano oficial, el Devoniano tiene gran extensión al Mediodía de la mancha granítica de los Pedroches, por la cuerda montañosa de la Chimorra y sus derivaciones, en tanto que los depósitos silurianos quedan limitados a pequeños retazos con soluciones grandes de continuidad, que sólo se pueden situar en el Mapa con garantías de acierto en las inmediaciones del Guadalbarbo y entre Peña Ladrones y Bélmez. Así se ha hallado el Devoniano, a los pies de la Chimorra, en el Olivar de la Trébedes,

con notable cantidad de fósiles y en más de 500 metros de extensión. También lo he observado en la Loma de la Garranchosa, al Sur de Villanueva de Córdoba, al Norte de Adamuz, y en la Sierra Cinta, al Sur de la casa del Aljozar.

En la cueva de la Osa, único punto donde hasta el momento he hallado restos de pinturas rupestres en la provincia de Córdoba, noticia que por primera vez aquí se consigna, aparece una de las plegaduras más bellas de las llamadas cuarcitas silurianas, que son devonianas, según he expuesto, plegamiento que nos revela los hechos tectónicos que someramente se van exponiendo.

Los arrumbamientos devonianos, al Sur de la línea de la Falla del Guadalmez, se hallan siempre siguiendo el general Oeste-Noroeste, definido en la plegadura herciniana. Por el contrario, al Norte de aquélla, o sea, en el sistema definido en las cercanías de Almadén, aparece el conjunto en retazos, que no siguen un dispositivo definido, en cuanto a ese arrumbamiento hace referencia. Al parecer, ello define la pasividad de esa zona o región fronteriza a los esfuerzos hercinianos.

Depósitos considerados como cámbricos en el Sur de España que deben pasar al Culm y al Devoniano.

En el XIV Congreso Internacional Geológico de Madrid he presentado la siguiente nota: «Depósitos considerados como cámbricos en el Sur de España que deben pasar al Culm y al Devoniano. — Contribución al estudio de las series paleozoicas de la Sierra Morena.»

La mayoría de las formaciones paleozoicas de la Sierra Morena se han clasificado, partiendo de analogías petrográficas, con otras que, por su dispositivo y raras veces por sus fósiles,

se llevaron a un lugar preciso dentro de la cronología geológica. La clasificación, por tanto, ha de adolecer de defectos inherentes al procedimiento, y los nuevos hallazgos van paulatinamente obligando a modificar el plano geológico del Sur de España.

Los depósitos cámbricos y silúricos aparecen en los antiguos planos del país con una extensión muy superior a la real. Parte de los primeros va siendo considerada como precambriana, en unión de algunos tramos de pizarras micáceas y de otras sericíticas y talcosas; así han sido clasificados estos estratos por Faura y Sans (*Informe sobre varias minas de magnetita de Villaviciosa (Córdoba), 1914*) al Noroeste de Córdoba, en los bordes de la faja considerada como estratocristalina que define la Sierra de los Santos. Otros terrenos, prolongación de aquéllos, en Cerro Muriano, se han incluido también en el Precambriano por Hernández Pacheco (*La fauna primordial de la Sierra de Córdoba. — Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Sevilla, 1917*).

El Cambriano. — Paleontológicamente, el Cambriano está determinado en el Sur de la Península por un reducido número de yacimientos fosilíferos. En Ciudad Real, cerca de Cortijos de Malagón, en los Montes de Toledo, aparece definido por el *Ellipsocephalus Pradoanus*, Barr. (Mallada (Lucas). — *Explicación del Mapa Geológico de España*. Tomo II, página 141). En la Sierra de Córdoba, en Las Ermitas, Lo Pardo y Rodadero de los Lobos radica el gran yacimiento de *Archaeocyathidos cordobes* (véase la *Guía de la Excursión A-4*, del Congreso Internacional Geológico de Madrid. 1926. — *La Línea Tectónica del Guadalquivir*). Finalmente, como se ha dicho, en Sevilla, en las orillas del Huesna, paraje llamado Campayar, al Noreste del Pedroso, fué donde Macpherson halló por vez primera en España el *Archaeocyathus marianum*, Roem.

Por lo que hace al orden paleontológico, ya vemos qué limitada es la serie de elementos de juicio que determinó la inclusión en el Cambriano de las grandes manchas que, como pertenecientes a este sistema, aparecen en el plano geológico nacional, cuya extensión es de 43.275 kilómetros cuadrados, según Mallada (*Explicación del Mapa Geológico de España*, tomo II, pág. 11), correspondiendo el 57 por 100 de ese total a la región bética-extremeña, según este geólogo (Locución citada, pág. 123), región que en gran parte integra la Sierra Morena.

Si consideramos petrográficamente la cuestión, no hay que decir aquí la analogía manifiesta que existe entre rocas que concretamente se han podido incluir en sistemas distintos; las condiciones semejantes que determinan una facies análoga para los depósitos que desde el Cambriano se suceden en el Sur de España hasta el Carbonífero medio. Podríamos agregar, por tratarse de rocas fundamentalmente fosilíferas, que las calizas de los distintos sistemas paleozoicos ofrecen petrográficamente un cúmulo tal de semejanzas, que ello fué causa de que en las inmediaciones de Córdoba (véase *Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir*) permanecieran sin deslindar durante mucho tiempo los depósitos cámbricos y carboníferos.

En efecto, aquellas rocas ofrecen constantemente una coloración gris azulada en los afloramientos, en la fractura abundantes vetas espáticas, zonas dolomíticas a veces; y así, los asomos georgienses, los devonianos, los dinantienses, por lo que hace tan sólo a los dispositivos petrográficos, son difíciles de deslindar en tanto faltan los depósitos fosilíferos.

El metamorfismo regional, compleja manifestación del gran movimiento herciniano, principalmente, ha afectado por igual a la extensa serie paleozoica, y fué causa cierta de que se enmascararan las diferencias entre los distintos estratos; muchas veces, a expensas de los desplazamientos tectónicos, se ha

originado un falso dispositivo estratigráfico, que se une para aumentar esa complejidad del problema.

Se había indicado aquí, en Sierra Morena, como carácter petrográfico de los depósitos cámbricos, el aspecto de sus pizarras: gris-azuladas o gris-verdosas, con manchas pardorrojizas y vetas de cuarzo interestratificadas, o ya dispuestas, según las litoclasas, y las alternancias de las grauvacas amarillentas con las referidas pizarras. Todos los caracteres de esa frágil diferenciación véase que son, en realidad, resultados de las acciones metamórficas a que nos referimos, de esas influencias metamórficas a las cuales hicimos alusión; por tanto, los hechos deducidos para la clasificación sólo serán aceptables con un carácter provisional y a reserva de una investigación posterior.

Los materiales sedimentarios aparecen en la extensa región cruzados por numerosos diques hipogénicos, que llevaron consigo una serie de aureolas sucesivas de metamorfismo, las cuales han introducido causas de error por el enmascaramiento de los caracteres originales en depósitos distintos. A él se une, en idéntico sentido, el dinamometamorfismo, originado por el movimiento tectónico con que el paleozoico finaliza, que, a su vez, determina aureolas propias, según el arrumbamiento de los anticlinales fundamentales.

El Siluriano.—Los antecedentes que nos ofrecen los yacimientos de fósiles silurianos son también muy elocuentes. Aunque los lugares donde los restos de la vida de aquella época han sido señalados son relativamente numerosos en la región (véase Mallada: *Explicación del Mapa Geológico de España*, tomo II), se deduce que a medida que se avanza hacia el Sur disminuye su prolijidad.

Por otro lado, analizando topográficamente la zona, los indicios que permiten, gracias a esos fósiles, determinar puntos cuyo lugar en la clasificación geológica no admita dudas, apa-

recen dispuestos en los lugares eminentes, en las Sierras, que, arrumbadas de Este-Noreste al Oeste-Suroeste, cruzan Extremadura desde Portugal, y pasada la Sierra Morena vienen a sepultarse en el Valle del Guadalquivir. Siempre en los serrijones dominantes de esas alineaciones orográficas es donde se halla representado el Siluriano, cuyos vestigios fidedignos aumentan del Sur al Norte.

Así, en la Serranía de Aracena, ya en la vertiente septentrional, en Aroche y la Contienda de Moura, al Sur de Encinasola, tenemos definida una fauna de graptolitos; las rocas de la zona superior del Siluriano que determinan dicha fauna, se continúan, según los estudios de Gonzalo Tarín, basados en consideraciones petrográficas y tectónicas, a Hinojales y Santa Olalla (Gonzalo Tarín. — «Reseña Física, Geológica y Minera de la provincia de Huelva». *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo V, 1878). Hacia Portugal sigue también esa faja siluriana, por Barrancos, donde ha sido estudiada por N. Delgado.

Sobre esta representación del Siluriano y la que meridionalmente a ella se ha considerado en la provincia de Huelva, más por razones de orden meramente petrográfico que por hallazgos paleontológicos, puesto que nada concretan desde el punto de vista de la cronología los numerosos *Nereites* reconocidos, es indispensable consultar el estudio de Dupuy de Lôme y Novo (Dupuy de Lôme (Enrique) y Novo (Pedro de). — «Las manchas arcaicas y primarias de Huelva y Alentejo». *Boletín del Instituto Geológico de España*. — Tomo III, 3.ª serie, 1922. — Págs. 235 y siguientes).

Otra faja indicada como siluriana en la Sierra Morena la tenemos más al Norte, ya pasada la cuenca de Bélmez, en la provincia de Córdoba, y dispuesta aproximadamente paralela a aquella y a la de la Serranía de Aracena, antes acotada. Los elementos paleontológicos de esta mancha cordobesa son es-

casos, se reducen a unas señales de bivalvas, que por semejanza con las *Lingulas*, al parecer, según Mallada (Loc. cit., pág. 391), pudieran ser silurianas. Mas como en las inmediaciones, en la vertiente septentrional de la cuenca montañesa de la Chimorra hemos encontrado abundantes yacimientos fosilíferos del Devoniano, siendo de anotar el de las Trébedes y otros, ya al Norte, ya al Sur de esa alineación montañesa, la más eminente de la Sierra Morena en la tierra cordobesa (La Chimorra, 970 metros sobre el nivel del mar en Alicante), ya se nos ofrece como menos probable la clasificación geológica del hallazgo primitivo.

Sin embargo, no puede olvidarse en las inmediaciones de la cuenca carbonífera de Bélmez la presencia de fósiles concretamente silurianos, al Norte de aquel pueblo y a unos dos kilómetros de distancia, fósiles del Siluriano medio que aparecen en unas bolas o cantos redondeados por frotamientos; los que yacen en las pizarras graptolíticas negras, que también se han determinado por sus fósiles en las orillas del Guadalbarbo, por Verneuil; pues con ese paraje coincide uno donde hemos apreciado vestigios similares a los que este geólogo indica en un yacimiento de tal naturaleza y donde cita además la *Cardiola interrupta*, sito a 30 kilómetros al Noreste de Córdoba. Los fósiles que hemos recogido en esta alineación, al Noroeste, al Sur de Monterrubio, eran devonianos, y los que se encontraron en las inmediaciones, dentro de la provincia de Córdoba, o devonianos o carboníferos.

El asomo de esta faja siluriana ofrece soluciones de continuidad, ya debido a terrenos más modernos del Paleozoico, adosados a ella, o a las formaciones hipogénicas que irrumpen en aquella larga corrida, pudiendo afirmarse que a los depósitos del Carbonífero y del Devoniano se les ha dado una representación bien inferior a la real, a expensas de señalar una gran extensión para el Silúrico.

Restos de nuevas manchas del Siluriano fosilífero no aparecen hasta rebasado el Valle de los Pedroches, determinando sus estratos la cuerda de grandes y agrestes eminencias que desde la Sierra de San Pedro, en los límites con Portugal, siguen a Cabeza del Buey y Almadén, a las Sierras de Alcudia, Madrona y Despeñaperros. Los yacimientos fosilíferos son relativamente abundantes, particularmente en la provincia de Ciudad Real, que, como Mallada ha dado a indicar, es el lugar clásico de esta clase de yacimientos fosilíferos en el Sur de España.

En Almadén, donde por razón de las explotaciones de mercurio ha sido estudiada la geología de las inmediaciones con mayor detalle, así como en Santa Eufemia he podido observar recientemente, los picachos de cuarcitas silurianas aparecen materialmente rodeados por una orla bien definida de depósitos del Devoniano, que por seguir la suerte de las últimas dislocaciones que afectaron a los depósitos paleozoicos y experimentar después los efectos de la erosión, se ofrecen a veces como ruinas de manchas más extensas.

Las cuarcitas y demás rocas silurianas emergen al frente de la llanura de los Pedroches como tajadas por un movimiento de descenso de la región meridional; definen un escalón de la planicie Manchega a la tierra de Andalucía Alta, unida allí sin soluciones de continuidad a Extremadura. Más al Norte, el declive hacia la llanura de la Mancha está determinado por una serie de asomos donde los fósiles silurianos han sido señalados profusamente en la zona, y otro tanto ocurre en los Montes de Toledo, que separan en parte aquella estepa de la de Castilla la Nueva propiamente dicha.

Al Oeste, los estratos del Siluriano tienen una representación igualmente bien definida paleontológicamente en la provincia de Cáceres, donde los yacimientos fosilíferos que se extienden por la Sierra de Guadalupe y por la Sierra Deleitosa

hasta el río Tajo son numerosos y abundantes en especies (Mallada, loc. cit.).

Desde el punto de vista petrográfico, y aparte de la serie de pizarras areniscas y rocas afines, que con toda la variedad de matices nada en concreto nos dicen aisladamente para la finalidad perseguida, el Siluriano está determinado por gruesos bancos de cuarcitas, que se ofrecen en las manchas bien definidas paleontológicamente con gran dureza en los ejemplares y tonalidades variadas, con gran compacidad y fractura limpia. Los vestigios arenosos de la roca metamorfozada no son determinables a simple vista; los lechos de junta, en su consecuencia, se definen limpios, y aunque generalmente son los bancos blancos y siempre imperan las tonalidades muy claras, en algunos estratos cuajados de bilobites se presentan esas cuarcitas con tonalidades parduzcas céricas y en delgadas tablas.

En su conjunto, los dispositivos tectónicos son los mismos que se señalaron para el sistema Cámbrico. Los yacimientos fosilíferos aparecen, como se dijo, en los altos de los anticlinales que se orientan al Noroeste, a partir de la línea tectónica del Guadalquivir. No se observan estos depósitos silurianos en el centro de los valles y sinclinales entre las fajas de la Sierra de Aracena y la del Sur de los Pedroches, donde los retazos del Siluriano indicados como tales, como se ha dicho, sólo se han fijado generalmente atendiendo a consideraciones de orden petrográfico. En el espacio comprendido entre las Sierras de la Alcudia y Madrona y los Montes de Toledo, abundan, por el contrario, los vestigios paleontológicos que demuestran la existencia de depósitos silurianos en los confines de la llanura manchega, en el borde occidental accesible a la observación; de ello son ejemplo los yacimientos fosilíferos del río Javalón y de Piedrabuena.

El Devoniano.—Los hitos determinantes paleontológicamente de los depósitos devonianos no faltan; en un principio,

su número era reducido, mas, a medida que avanza la investigación, se multiplican. Seguramente, aun han de incluirse en este sistema extensas zonas marcadas hasta el presente en el Cambriano y en el Siluriano. Así lo hace esperar la profusión de los lugares estudiados: su dispositivo hacia el enlace de las cuerdas montañosas anticlinales con los valles sinclinales, el recubrimiento de éstos en parte por las tierras, ya aluvionales, ya procedentes de la erosión *in situ*. Finalmente, otra razón que no puede echarse en olvido es que si los depósitos silurianos y devonianos experimentaron unidos la plegadura hercyniana, al recubrir los segundos a los primeros, es indudable que en aquellos lugares donde la erosión no pudo actuar activamente en las zonas sinclinales, aunque el conjunto del dispositivo stratigráfico fuera isoclinal, el espacio material que en la superficie actual ocupen los más modernos ha de ser muy superior al perteneciente al primer sistema.

Forzoso es confesar que, dados los elementos de juicio de que se dispone, parece haber existido una resistencia *a priori* para incluir en los depósitos devonianos y carboníferos aquellas zonas del Paleozoico de clasificación dudosa, por la ausencia de restos paleontológicos o por la calidad de los materiales petrográficos; tanto más chocante cuando la facies del Sur de España en esa fecha, salvo el mayor abundamiento de materiales clásticos-silíceo-granudos en el Silúrico, es completamente análoga desde el Precámbrico hasta el tránsito del Vestfaliense al Estefaniense; anotaremos, a este efecto, la reducida extensión de las zonas calizas en los distintos períodos e insistiremos sobre las analogías petrográficas de sus asomos, aunque su lugar en la cronología sea bien distinto.

Contrasta también la presencia de grandes extensiones incluídas en el Culm, aun cuando en parte éstas se lleven al Muscoviense con la relativa frecuencia, de calizas dinantienses y de otras frasnenses y frasmisenses, y para estos depósitos

marinos la reducción sucesiva de la extensión cubierta por los estratos, a pesar de referirse a relieves análogos sobre los cuales las acciones se realizaron sucesivamente.

En Ciudad Real, en aquellos lugares en que la geología se hizo con detalle, como ocurre en la zona de Almadén, las faunas devonianas han aparecido con profusión rodeando los emergentes cerros de cuarcitas silurianas. El número de yacimientos y el de especies en ese lugar es en verdad numeroso. También en los Valles de Alcudia, Cabeza del Buey y otros han aparecido hitos análogos. Sin embargo, las manchas devonianas se han limitado en la representación del plano general a sencillos lentejones. En Cáceres ocurre otro tanto, según los elementos de juicio que nos facilitan los abundantes restos hallados en La Aliseda y en otras manchas adosadas a la Sierra siluriana de San Pedro, ya en esta provincia, ya en su colindante de Badajoz.

Esas fajas que intestan con las silurianas antes descritas no aparecen definidas por elementos distanciados. El número de lugares donde los restos paleontológicos determinaron de una manera inconcusa la edad de las formaciones se multiplica, supera al de aquellos otros donde los restos de fechas más antiguas también pudieron concretarse. Y así el Devoniano muestra sus yacimientos entremezclados con los silúricos de la cuenca del Tajo y los Montes de Toledo. Ya aparece profusamente al Sur en la cuenca del Guadiana, en Villarta de los Montes y en Herrera del Duque; aquí no lejos de otros asomos del Siluriano, definidos por el vestigio de la fauna de aquella edad. Ya se adosan, como se ha dicho, los estratos devonianos a los silúricos de la Sierra de San Pedro, al Norte y al Sur de ella, y otro tanto ocurre en su continuación por Almadén y Santa Eufemia, o bien aparecen en la zona más llana de Don Benito, o se arrumban adosados a las crestas cuarcíticas que corren paralelamente a la cuenca carbonífera

de Bélmez, ya asoman en el sinclinal que ésta define, o al Sur, en el borde que éste determina.

Para reconocer más al Mediodía otros restos del Devónico, hemos de continuar el itinerario al Sur de la Serranía de Aracena, donde en Rosal de la Frontera y en San Domingos aparecen extensas formaciones señaladas como devonianas en el plano geológico portugués. La correspondencia de tales depósitos con los que, según una primera impresión, debieran manifestarse como sus prolongaciones en España, es asunto ya estudiado por los Sres. Dupuy de Lôme y Novo (Loc. cit.). Las conclusiones de estos investigadores respecto a este asunto, son de gran valor para el tema que debatimos y pueden concretarse en esta forma: La alternancia de los depósitos silurianos, devonianos y carboníferos en la zona del An-dévalo, lindante con Portugal, en virtud de los hallazgos de fósiles en la nación vecina, permiten señalar en el plano de la provincia de Huelva su entrada, pero el deslinde de tales fajas entre sí es sumamente complejo, y sólo los caracteres de los yacimientos paleontológicos pueden, en definitiva, conducir al detalle en la clasificación.

Resulta de todo ello, que los yacimientos devonianos, concretamente definidos por sus yacimientos fosilíferos, aparecen adosados a los anticlinarios silurianos, también concretados por la presencia de los vestigios de aquella vida pretérita o yacen en los sinclinales hercinianos, como el de Bélmez y Alange, cuando las circunstancias estratigráficas fueron apropiadas para ello. En estas zonas, generalmente más deprimidas, más cubiertas por los acarreo, son más escasos los asomos pétreos, y por razones genéticas elementales hay que esperar que la investigación en las mismas lleve consigo hallazgos futuros que confirmen que en este sistema deben incluirse gran número de los depósitos pizarreños desprovistos de fósiles y allá aflorados.

El Carbonífero. — El paso del Devónico al Culm es de una insensible variedad por lo que se refiere a los bancos pétreos que quedaron patentes a nuestra observación. Todos éstos, determinados por los fósiles de sus estratos, aparecen en las zonas bajas del terreno, en los anticlinales de la plegadura herciniana y, en general, siguiendo por completo su desarrollo, ya en lugares donde el *substractum* había adquirido consistencia suficiente en el momento del depósito de los materiales en aquellas fechas.

Las cuencas de Puertollano, la de Bélmez, las de Los Hattillos, Valdeinfierno, Guadalcanal, Alanís y, por último, la extensa serie de los depósitos del Sur de Huelva, nos confirma cuanto decimos y a la vez se presta a la visión de los trastornos derivados de aquel gran movimiento tectónico y de las emisiones que le acompañaron.

Las crestas de los serrijones que en la actualidad definen la Sierra Morena y las regiones a ella inmediatas, las prominentes penillanuras, como el Valle de los Pedroches, que la surcan, definen un sistema orientado al Este-Sureste, donde los materiales se han dispuesto en sinclinales y anticlinales que, aproximadamente, siguen los valles y las eminencias fundamentales.

Con arreglo a los antecedentes de que vamos haciendo mención, parece lógico que en cada región de eminencias, en cada zona anticlinal, en todo anticlinario, se nos presenten con profusión los materiales predevónicos que circundarán sucesivamente los más modernos, orlando a Norte y Sur esa cuerda de estratos plegados. A su vez, en todo valle, sinclinal, o sinclinario, de esa serie, debemos hallar los depósitos del Carbonífero.

La aplicación de este principio, con las restricciones que es innecesario señalar, nos conduce a hechos que, al ser confrontados en la práctica, nos llevarían a una interesantísima conclusión positiva.

El caso del Valle de los Pedroches. — Examinemos el caso del Valle de los Pedroches: las pizarras que aparecen intestando con la gran mancha granítica a Norte y a Sur de la misma, no había una razón convincente para considerarlas incluidas definitivamente en el Cámbrico, por la ausencia de fósiles de esa edad y por falta de las características petrográficas observadas en el Sur de España, en los yacimientos concretamente cambrianos. A su vez, en esas rocas no hay manifestación alguna de que sufrieran trastornos prehercinianos, y entre las mismas se observa la presencia de verdaderas areniscas, areniscas que se han venido llamando grauvacas genéricamente, cuyo modo de yacer, sus características petrográficas y la silificación patente en los terrenos, que serían posteriores, silúricos, no es compaginable.

Por otro lado, la mancha granítica de los Pedroches, enorme batolito, ha roto una inmensa cobertera pizarreña que empujó bruscamente a ambos lados, quedando los estratos de esa roca sedimentaria al Norte, ya con buzamientos a ese rumbo, ya verticales, en confirmación de la hipótesis apuntada; arrumbados entre esa mancha hipogénica y las sierras de cuarcitas de la Alcuña, que corren más al Norte del hipogénico, hundidas en su contacto; ya al Mediodía, entre el granito del Valle y las cuerdas de eminencias siluriano-devonianas de La Chimorra, donde las plegaduras quedaron patentes de una manera en verdad maravillosa en la Cueva de la Osa; en la Canaleja queda vertical o buzando al Sur esa zona pizarreña hundida. Los estratos que aparecen en contacto con la gran mancha granítica son, desde luego, anteriores a ésta; lo que está plenamente demostrado por las aureolas de metamorfismo que se presentan en orlas adosadas al hipogénico; por el dispositivo tectónico anotado; y aun más, si ello fuera preciso, por haber digerido el granito a la pizarra, como se ve al Norte del Viso de los Pedroches, en el Quinto de Robledillo Montánchez.

La edad del granito de los Pedroches es, por otro lado, pretriásica, como aparece concretamente demostrado por los dispositivos estratigráficos en el Valle del Guadalquivir, donde las areniscas rojas de la base del Triás quedan horizontales sobre las pizarras paleozoicas levantadas por esa inclusión, y aun sobre el mismo granito, como sucede en Linares.

En virtud de tales razonamientos era de creer que en el Culm o en el Dinantiense, ya en el Devoniano, debían de incluirse estas pizarras, esa extensa serie marginal al Valle de los Pedroches, que hasta el momento se ha supuesto Cámbrica.

Nuestras investigaciones nos han llevado a los siguientes resultados:

El problema de la edad de esas pizarras (Carbonell (A). «Nota sobre la clasificación geológica de los estratos Paleozoicos en la Sierra Morena». — *Revista Minera*. Madrid, 1 de enero de 1926). (*Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba*. Año 1925, octubre-diciembre) se nos ofrecía así concretado. Por simples razones petrográficas aquellos estratos se incluyeron en un principio en el Cambriano.

El contraste de esa amplia zona pizarreña que se extiende al Sur de las ingentes Sierras de Cabeza del Buey, Fuencaliente, el Hoyo y Despeñaperros, obligaba, por las diferencias petrográficas y por el dispositivo estratigráfico, a aceptar que ambas series, pizarreña la meridional, cuarcítica la del Norte, debían llevarse a lugares bien diferenciados en la cronología geológica. Sin embargo, analizando con detalle la serie de observaciones de que se dispone para la clasificación de esas amplias formaciones de estratos integrantes de la Sierra Morena, se llega a la conclusión de que, así como en las sierras cuarcíticas, sitas al Norte, por la serie de yacimientos fosilíferos que se conocen, no puede dudarse de su edad siluriana, por el contrario, en la serie pizarreña meridional no había ya-

cimientos de esa clase que arrojasen luz sobre este asunto de la clasificación cronológica.

La serie cambriana en esa porción del Sur de España, sólo aparece claramente definida en las calizas de los *Archaeocyathidos* de Guadalcanal, cuyo yacimiento más importante es el de las Ermitas de Córdoba. Nada análogo a este conjunto de pizarras moradas o de tonalidades de heces de vino, verde, pálidas otras, alternantes con bancos de calizas jabalunas, se observa en el amplio conjunto de las bandas pizarreñas que bordean la mancha granítica del Valle de los Pedroches, y que se extiende al Este-Sureste por La Carolina (Jaén). Según ello, hay que descartar la posibilidad de que estas últimas rocas sean petrográficamente cámbricas, en relación con el Cambriano claramente clasificado como tal en la región. Agregaremos que la misma conclusión debe sacarse comparando estos depósitos con aquellos considerados en el estrato-cristalino y en el Precambriano, que ocupan notables extensiones por la vecina Sierra de los Santos y sus derivaciones.

Contrastan a su vez estas series estratigráficas de La Serena, los Pedroches y La Carolina, de carácter preponderante arcilloso, con las potentes formaciones del Siluriano, de enhiestas cuarcitas, definidas por sus yacimientos fosilíferos, ya en esas rocas, ya en las pizarras ampelíticas, pero siempre de una manera terminante. Las pizarras del Valle de los Pedroches, al rebasarse la zona de intenso metamorfismo y llegar a los lugares en que la facies petrográfica original se halla mejor definida, se diferencian notablemente de aquellas rocas.

Llegamos así, por otro camino, a sospechar que, por exclusión, los conjuntos pizarreños que nos interesan, las pizarras marginales del Valle de los Pedroches, deben corresponder al Devoniano y al Carbonífero.

Petrográficamente nos inclinábamos a ello por el dispositivo estratigráfico en que aparecen, en relación con las pizarras

devonianas de Santa Eufemia, entre las que encajan una serie de calizas de clasificación paleontológica concretamente definida (véase *Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir*). No aparecían entre éstas y aquéllas, las llamadas cambrianas, desarreglos estratigráficos en los yacimientos, que nos hicieran pensar en un interregno, en una variación de uno a otro depósito, antes bien, todo nos inclinaba a suponerlos de la misma fecha, continuidad unos de los otros.

El Culm se halla concretamente definido en la provincia de Huelva; particularmente el estudio de la serie de las pizarras verdes de las Posidonias de Riotinto (Gonzalo Tarín. Locución citada), nos ha permitido observar chocantes analogías petrográficas entre aquellos estratos y los de las pizarras de los Pedroches. También la analogía de los yacimientos con relación a la línea tectónica del Guadalquivir nos ponía en camino de sacar elementos positivos de juicio en estas comparaciones petrográficas.

Hemos podido observar que entre esas pizarras del Valle de los Pedroches se intercalan algunas areniscas que ofrecen tránsitos sucesivos samíticos y grauvaqueños, tanto más intensos a medida que en las observaciones nos aproximamos por la región sedimentaria a la hipogénica, es decir, a medida que el metamorfismo experimentado por los depósitos fué más intenso.

Algunas de esas areniscas samíticas son idénticas a las halladas en el Culm inmediato a la cuenca carbonífera de Belmez. En otros bancos de los Pedroches se advierten tránsitos o rocas de elementos más gruesos, y aun verdaderos conglomerados y brechas que aparecen al Sur de Santa Eufemia, en Belalcázar, en Torrecampo y al Mediodía de la mancha granítica de los Pedroches, en Pozoblanco y en Montoro. En esas rocas de carácter clástico se observan elementos pizarreños que corresponden a las pizarras ampelíticas del Siluriano.

Por si ello aun fuera poco, otras veces pasan a areniscas en que el cemento es algo calizo. También se han visto bancos de calizas azuladas intercaladas entre las pizarras, que son el elemento principal del conjunto.

Al Norte de Belalcázar hemos hallado hasta ocho o diez bancos intercalados en esas pizarras, correspondientes a calizas azuladas con vetas espáticas en las que aparecen una serie de crinoides, que son los mismos que se observan en la serie de las calizas de la cuenca de Bélmez. (Carbonell, A.) — «Nota sobre los estratos paleozoicos en la Sierra Morena.» — Real Academia de Ciencias de Córdoba. — *Bol. Ext. Con. Inter. Geológ.* Esas calizas nos permiten afirmar categóricamente que toda la serie pizarraña en cuestión que desde Badajoz, cruzando la provincia de Córdoba, siga a la de Jaén; serie extendida al Sur de las sierras cuarcíticas de Castuera, Santa Eufemia y Santa Elena; serie constituida por las pizarras donde encajan los yacimientos filonianos del Soldado y Villanueva del Duque, en Córdoba, y los de la región Sur de La Carolina, en Jaén, son un conjunto de estratos cuya edad se halla comprendida entre el Devoniano superior y las postrimerías del Carbonífero inferior.

Era muy interesante saber si al Sur de la mancha granítica de los Pedroches reconocíamos otro hito análogo al de Belalcázar, que sería además otra confirmación definitiva de nuestra opinión sobre la tectónica regional.

Pues al Sur de la mancha granítica de los Pedroches, en la separación del camino antiguo de Montoro a Venta de Cardaña, del camino de Montoro a la Cuesta del Jarragute o Zarragute, a unos 30 metros de esa separación y en las cercanías de un antiguo horno de cal, asoma un banco de calizas impuras interstratificado entre las pizarras; son aquéllas azuladas verdosas, algo granudas, en tránsito a gonfolitas, y en su pasta aparecen elipses espatizadas, brillantes, de cristales de calcita, correspondientes también a secciones de crinoides.

No hay duda, pues, acerca de la cuestión propuesta, y las pizarras negras, carbonosas, que aparecen ya en el contacto del granito en el kilómetro 26 de la carretera de Andújar a Villanueva del Duque y las que más al Este se ven en el camino de Navalámoheda a Marmolejo, en los cerros de Las Morenas, están explicadas como pertenecientes a antiguas capas carbonosas impuras, metamorfizadas por los asomos de granitos y pórfidos que allá acribillan al sedimentario.

El substractum de las cuencas del Viar y Villanueva de las Minas. — Otro ejemplo que, ya en el plan de una gran generalización, nos ofrece a su vez interés máximo, es el hallazgo que hemos realizado recientemente de calizas fosilíferas situadas en la provincia de Sevilla, entre las cuencas carboníferas del Viar y de Villanueva de las Minas, al pie de la Sierra de la Encarnación. Los ejemplares pertenecen a *Heliotites porosa*, Gold.; de todas formas se trata de elementos que permiten clasificar el hallazgo en el Devoniano medio superior; por tanto, que ponen en descubierto formaciones de una fecha que hasta el momento no habían sido consideradas como tales en aquel lugar.

Como estas calizas impuras, azuladas, claras, amarillentas frecuentemente, que se confunden con las cuarcitas próximas, están mucho más levantadas que los depósitos francamente carboníferos, los que acaban por quedar horizontales en el centro del Viar, ofreciendo tránsitos permotriásicos, además del hallazgo, vemos en ello otro hito en relación con las ideas que sustentamos.

Conclusión. — La extensión del Devoniano y del Culm en el Sur de España es, pues, muy superior a la supuesta hasta el momento, precisándose una revisión de sus manchas.

El Carbonífero marginal del Valle de los Pedroches.

Los yacimientos fosilíferos de las calizas carboníferas de la cuenca de Bélmez, pueden relacionarse, y, en su consecuencia, nos hallamos con depósitos de tres clases diferentes. Por una parte, tenemos las calizas de la Sierra Boyera, en estratificación discordante con los depósitos del hullero rico, apareciendo entre éstos las calizas azuladas espáticas, ferruginosa con frecuencia y con una fauna abundantísima con *espirifer* y *rinconella* que claramente se ha clasificado de devoniana.

Pero los recios bloques de caliza azulada que definen las sierras que sucesivamente aparecen como hitos aislados en el centro de la gran mancha vesfaliense de la cuenca, principalmente aparecen constituídos con calizas con *crinoides* y una serie de *coralarios* que permiten su inclusión en el Dinantiense.

Estas calizas, cuyos bancos están particularmente visibles en las manchas del Castillo de Bélmez, de la Sierra Boyera y de la Sierra de Espiel, y que después, en la cuenca del Guadalbarbo y de Adamuz, prolongación oriental de la de Peñarroya, Bélmez y Villaharta, definen las moles del Morrión del Francés y de Peñas Rubias, del Alto de Jesús y del San Francisco del Monte, determinan sucesivas alineaciones trasversales a la general de los senos hulleros.

Por otro lado, los potentes bancos que se nos ofrecen en la superficie, al avanzar las labores subterráneas y reconocer sus raíces, se ha observado que aparecen volcados sobre el carbonífero rico, como sucede en el Castillo de Bélmez, donde hubo ocasión de comprobarlo con los trabajos de reconocimiento llevados a cabo bajo este pueblo en la investigación de las minas del grupo «Santa Isabel» y «El Padre Murillo». Ya

ese fenómeno se observa desde la carretera general de Córdoba a Almadén, en Nava Ovejo y en los cerros, prolongaciones orientales de aquella mancha caliza. Otras veces, como sucedió al Mediodía de la explotación de los Carbones Grasos y de Santa Rosa, en Bélmez y Peñarroya, con las labores llevadas a cabo investigando la cuenca hullera por traviesas generales, los bancos calizos que aparecían en las inmediaciones de la vía férrea de Almorchón a Córdoba, asomos intermedios entre los de Bélmez y los de Fuenteovejuna, no se cortaron en profundidad.

Dejando a un lado las consecuencias interesantísimas de carácter tectónico que de estos hechos se deducen y que en su lugar serán expuestas, se observa que tales bancos calizos se nos ofrecen muy alterados con relación a aquellos que por las capas de hulla que contienen hoy nos son mejor conocidos, gracias a las explotaciones mineras. Pero a la vez aparecen discordantes en parte con los estratos francamente devonianos a que precedentemente aludimos.

Aun se hallan bancos calizos superiores a estos citados, notables por la gran abundancia de *productos* que en los mismos aparecen, los cuales principalmente se nos muestran en el trayecto de Bélmez-Espiel, en demostración de las circunstancias especiales a que se debieron. Materiales análogos son los determinados en el Peñón de Miñantes, según he podido reconocer, ya en el término de Adamuz.

Tales sucesos permiten dar un lugar bien determinado a los depósitos calizos con tallos de crinoides, en tanto circunstancias estratigráficas no nos obliguen a adoptar otras interpretaciones. Y revisadas aquéllas, hay necesidad de convenir, por lo que se refiere a la región que estudiamos, en la situación cronológica de tales depósitos en el Dinantiense, o en una facies intermedia entre aquél y el Culm.

Particularmente cuando a los bancos calizos de mediana

potencia sucedan espesores pizarreños importantes y más aún si en ellos se encuentran rocas de materiales clásicos de mayor tamaño, cuales son los conglomerados brechoides y los tránsito de éstos a las areniscas, el emplazamiento en el Culm es indudable.

Desde luego que, en todo caso, la abundancia de tales vestigios de tallos de crinoides hay que descartarla en absoluto de una formación cámbrica y también de una serie siluriana, de acuerdo con las investigaciones ya clásicas de la paleontología, confirmadas en un todo hasta el momento por la investigación. Es decir, que el razonamiento precedente cae perfectamente dentro del cuadro general de los conocimientos y de las ideas sobre el asunto.

Pues bien: en el Valle de los Pedroches he hallado entre las pizarras marginales, una serie de bancos calizos que he de detallar después, en los cuales aparecen las calizas cuajadas de crinoides y con las mismas características con que tales rocas se nos ofrecen en la cuenca carbonífera de Bélmez. A mayor abundamiento, he de llamar la atención sobre otras calizas de tipo oolítico que he reconocido igualmente en los Pedroches y en la cuenca de Bélmez y en las cercanías de Córdoba; hechos sucesivos que se complementan y los cuales me permitieron llevar al Carbonífero inferior la serie de las pizarras azoicas marginales de la gran mancha granítica de los Pedroches.

El dispositivo estratigráfico en los Pedroches, en relación con los antecedentes que nos proporciona el análisis paleontológico de los otros depósitos reconocidos al Norte y al Sur; el de los estratos del Devoniano de la Chimorra y el de los silurianos del Norte de Sierra Morena, de los que ahora vamos a ocuparnos, es otra serie de hechos confirmatorios que compaginan perfectamente la anómala situación estratigráfica en que las zonas pizarreñas marginales del Valle de los Pedroches aparecerían al suponer que las mismas fueran cambrianas.

La estratigrafía del Vestfaliense en la cuenca de Bélmez.

La estructura sinclinal de los depósitos del Carbonífero inferior queda casi borrada a causa de los fenómenos de lapidación y de la acción erosiva pertinaz. Todos estos hechos aunados acaban por ofrecernos el conjunto de los depósitos en cuestión con estructura del tipo uniclinal. A ello ha contribuido, en algunos casos (cual sucede con el de la región de los Pedroches, examinada, y cual pasa en la región onubense), la presencia de los diques hipogénicos, que, en un momento final de la plegadura herciniana, llevaron consigo un sobreempuje normal sobre los estratos ya plegados.

Sin embargo, diremos que otras veces se observa que, al realizarse transversalmente tal esfuerzo, ya se llegó a dispositivos en que las alineaciones primitivas de los estratos no se hallan conformes con la esquistosidad y foliación que ofrecen sus masas; como se observa en algunos lugares en el itinerario de Alcaracejos a Obejo. Otras veces, un esfuerzo sobre estratos que yacían plegados con anterioridad ha conducido a una estructura astillosa, como se ve en los estratos del Carbonífero en las inmediaciones de la estación del Vacar-Villaharta y en sus cercanías, a lo largo de la carretera que sigue hacia Cerro Muriano.

Esa estratigrafía de los depósitos del Culm, característica del Valle de los Pedroches en sus zonas marginales y de la región del Andévalo, en Huelva, típica, pues, para los depósitos de esta clase en el Sur de España, originada por los mismos hechos tectónicos, como se va viendo y se observará en lo que sigue, se repite con frecuencia curiosa; pero varía de la observada en los estratos del Vestfaliense, clara y mejor

conocida aún, si cabe, gracias a los depósitos carboníferos, en la cuenca de Bélmez.

En este último caso, la explotación minera ha dejado a la vista la serie de sinclinales a veces definidores de un sinclinar claro y determinado, que en todo momento se nos muestran como fieles vestigios de los acontecimientos que tuvieron efecto. Y gracias a tales restos, comparando el yacimiento de los depósitos del Culm y del Vestfaliense, se ve claramente que los movimientos que afectaron a aquéllos fueron mucho más intensos que los que tuvieron lugar para llevar los segundos al estado presente.

La anchura del Vestfaliense en la cuenca de Bélmez, en el sinclinal del Guadiato (puesto que, a nuestro juicio, en vista de lo manifestado, a él corresponden todos los depósitos del Carbonífero que aparecen incluidos en ese sistema en el plano general geológico en esa parte), es de unos dos kilómetros y medio, llegando por rareza a ser tal anchura de cinco kilómetros al Norte de Villanueva del Rey.

El arrumbamiento se conserva para estos depósitos del Carbonífero medio sumamente constante; por el contrario, la inclinación de los sinclinales varía, como manifestamos en otra ocasión, en el eje o centro determinado por Villaharta, lugar de menor anchura, pero sitio de los esfuerzos más potentes de las mayores dislocaciones del Vestfaliense, a partir del cual, hacia el Noroeste, los estratos buzan al Mediodía, y desde donde, continuando al Sureste, buzan al Norte, como se aprecia en el sinclinal de Guadalbarbo. Lugar también ese de Villaharta donde aparecen manifestaciones endógenas de particular interés para seguir de cerca la historia geológica del país con sus acontecimientos fundamentales.

La plegadura herciniana.

Como he indicado en la nota presentada al XIV Congreso Geológico Internacional de Madrid («Hipótesis tectónicas. — Noticia derivada acerca de las grandes manchas graníticas y de las formaciones orogénicas. — Ideas relativas al caso de España»), cada vez que avanza el deslinde de las formaciones paleozoicas en la Sierra Morena va aclarándose la cuestión en el orden del análisis tectónico de esta región, cuyo interés para el objetivo que perseguimos, después de lo ya dicho, no precisa encomiar.

Desde luego que el movimiento herciniano propiamente dicho nos facilita elementos de juicio muy curiosos, y sin perjuicio de que éstos sean desarrollados en un tema que merece examen independiente, podríamos sintetizar así tales elementos de juicio:

- 1.º La plegadura herciniana en Sierra Morena, incluso las grandes fisuras acaecidas, a juzgar por la Falla del Guadalquivir, son anteriores al Triásico.
- 2.º Faltan los depósitos permianos en Sierra Morena y en el Valle medio del Guadalquivir; el Permiano debe corresponder con la época de la Falla del Guadalquivir y con una emergencia general del país, como lo demuestran los depósitos de gravas y arenas del Triásico inferior.
- 3.º Los depósitos del Estefaniense aparecen suavemente plegados en Sierra Morena, pero afectados por distintas fallas secundarias y por la Falla del Guadalquivir.
- 4.º Los depósitos del Vestfaliense están fuertemente plegados, y las postrimerías de esta fecha parecen corresponder al momento álgido de plegadura, como al Pérmico el momento álgido de fractura.
- 5.º Otras grandes plegaduras están patentes en los depó-

sitos devonianos y del Culm, que parecen concordantes y sin transgresión intermedia.

6.º Las manifestaciones endógenas que afectan al Carbonífero se ofrecen en relación con las grandes fracturas, y su fecha es la de éstas.

7.º Los depósitos del Carbonífero y del Devoniano aparecen en estratificación discordante con los cuarcíticos del Siluriano y de otros sistemas anteriores. Estos fueron plegados con anterioridad. Lo confirma el aspecto superficial y los fenómenos de milonización de los llamados conglomerados de la base del hullero de la zona de Bélmez.

Movimientos prehercinianos.

El caso de los movimientos caledonianos hemos, pues, de buscarlo en la seguridad de que los depósitos cuarcíticos del Siluriano, discordantes, como se ha indicado, con los del Carbonífero, conservan esta misma relación con los devonianos, que parecen concordantes con los del Culm.

Tenemos la seguridad de que las formaciones de cuarcitas de Fuencaliente y Despeñaperros son silúricas. Sus plegaduras, en discordancia con el Devoniano de Santa Eufemia y el Culm adosado, son de fecha anterior. A la vez, no aparece afectado por grandes movimientos el Carbonífero de Puertollano; luego las dislocaciones de estas cuarcitas pueden ser caledonianas. Al Sur de ese escarpe cuarcítico, las dislocaciones del Devoniano se deben a hundimientos y a empujes originados por la aparición del batolito del Valle de los Pedroches.

A esta fecha pueden corresponder los plegamientos de los Montes de Toledo.

Veamos si la región frontera de la Alcudia nos facilita elementos de juicio; aquí las crestas parecen arrumbarse de Este

a Oeste, no de Este-Sureste a Oeste-Noroeste, como en el sinclinal carbonífero de Bélmez, indicador de la plegadura herciniana. Ese rumbo Este a Oeste es, en términos generales, paralelo a la línea de los Montes de Toledo, y, por tanto, pudiera ser indicio de una acción simultánea caledoniana, viéndose así que, al igual de lo que ocurrió con el tránsito herciniano alpino, en el caledoniano-herciniano se reduce el número de los elementos devonianos firmes que hoy determinan el suelo hispano.

Las cuarcitas de Cabeza del Buey, al dirigirse hacia Castuera, se ve que no concuerdan en su rumbo con el de los sinclinales carboníferos, claramente definidos en Bélmez, Fuenteovejuna, y siempre en discordancia estratigráfica con las anotadas en éste. A partir de la línea citada de Despeñaperros, Santa Eufemia y Cabeza de Buey hacia el Sur, ya el vestigio de los estratos posiblemente silurianos aparece roto, aislado y, con frecuencia, rodeado por formaciones del Carbonífero o apoyado en depósitos anteriores.

Ante todo, y como se indica en la nota referente a clasificación del Paleozoico en el Sur de España, hemos de aceptar con reservas la extensión concedida al Siluriano en las provincias de Córdoba, Sevilla y Norte de la de Huelva, donde la clasificación parece hecha, en general, por caracteres petrográficos, sin tener presente que cuarcitas y pizarras similares a las silurianas tenemos en el Devoniano y en el Carbonífero, resultado de los efectos de metamorfismo que llevaron consigo los grandes plegamientos hercinianos. En las inmediaciones del Guadalquivir, el hallazgo de calamitas en las cuarcitas del Calvario de Villafranca, consideradas como silurianas por los geólogos españoles y una de las bases de la opinión de Groth sobre la línea tectónica del Guadalquivir, es el ejemplo más terminante que confirma nuestro aserto.

Aunque realmente en ciertos casos hay que inclinarse en el

sentido de creer que algunos de los depósitos cuarcíticos que aparecen dislocados en las cercanías de la cuenca de Bélmez sean realmente silúricos, es necesario aceptar, visto el metamorfismo en que se hallan, por su aparición en forma de fajas desgarradas y por su yacimiento, que al desgajarse del actual macizo manchego la región meridional fué violentamente arrumbada al Mediodía, conservándose aún el buzamiento septentrional que también en aquélla se observa como predominante. Los materiales que yacieron en el actual valle granítico pedrocheño, digeridos por éste, desaparecieron sin dejar huella, dada la naturaleza cuarzosa.

Ello confirma cuanto hemos manifestado acerca de que en la Sierra Morena aparecen los rasgos fundamentales para reconstituir los hechos tectónicos ibéricos.

Algo análogo a cuanto vamos exponiendo ofrece la contemplación de la región que separa la Tierra de Barros de la penillanura del Andévalo, y aun la de ésta misma; los estratos claramente silurianos de la Contienda de Moura y de Aroche, determinan un vestigio desgarrado del Siluriano, concretamente determinado por sus fósiles, y otro tanto sucede con algunos manchones portugueses prolongación de aquél; pero también en estos casos la influencia de la plegadura herciniana en una zona sometida a su esfuerzo ha enmascarado en parte la acción caledoniana indiscutible.

Parece, pues, que el gran macizo silúrico de los Montes de Toledo, que fundamento hay para creer que enlaza con el interrumpido asomo extremeño y sigue a Despeñaperros, en demostración de un *substractum* en la dovela manchega a partir del Silúrico y acaso de un enlace con la dovela Castilla la Nueva en el tiempo caledoniano; parece ser, decimos, que ese macizo no tiene continuidad al Sur, en el *substractum* del macizo o dovela inmediata, determinado por el batolito del Valle de los Pedroches y por los depósitos devonianos carboníferos

adosados. Entonces los estratos silurianos que aparecen en otros lugares de la Sierra Morena y de la Serranía de Aracena y la Comarca del Andévalo, representan los estratos que fueron continuidad de los manchegos; estableciéndose las soluciones de continuidad por la erosión caledoniano-herciniana y por los arrastres y desplazamientos que tales depósitos experimentaron al acaecer la falla de Fuencaliente-Despeñaperros en el Caledoniano; superponiéndose al vestigio de esos movimientos el de los hercinianos, que en parte han velado aquéllos.

La discordancia constante del Carbonífero y del Devoniano con el Siluriano, demuestra, como se ha dicho, una plegadura caledoniana bien marcada. Pero comparando la serie de plegaduras claramente hercinianas con las que ofrecen las cuarcitas tabulares y las pizarras en la región frontera de Cabeza del Buey, y más aún con las vistas en la zona de Santa Eufemia, Fuencaliente, se ve que las plegaduras de las últimas son mucho más atenuadas que las manifiestas por el movimiento herciniano, sin que ello implique la pasividad de las formaciones de tales conjuntos estratigráficos durante el comienzo del Devoniano y en las postrimerías del Silúrico.

El Cámbrico lo tenemos en la Sierra Morena claramente definido al Norte de Córdoba; allá aparece en discordancia con el Carbonífero, separado de éste por una falla, por donde penetraron aportes hipogénicos en el final del tiempo herciniano. Esa línea, dado el enlace de estos depósitos carboníferos con los de la Cuenca de Bélmez, queda demostrado que es caledoniana, viniendo a unirse con la de la Falla del Guadalquivir propiamente dicha, de fecha herciniana, hacia el lugar donde se encuentra Medina Azahara. La discordancia del Cámbrico y del Carbonífero inferior está bien manifiesta; las plegaduras de aquél pueden así ser consideradas como caledonianas, viéndose que éstas se muestran en los macizos rígidos como éste, menos intensas que las hercinianas; sin

embargo, al avanzar hacia Guadalcanal por esta gran faja cámbrica se observan algunas zonas más dislocadas; tal ocurre en las Mesas del Bembezar, y hay que ver si ello corresponde francamente a movimientos caledonianos, como es de creer.

Movimientos huronianos.

La discordancia entre el Cambriano y el estrato cristalino y Precambriano de la Sierra de Córdoba es clara y terminante; así como las plegaduras del Cámbrico, de líneas suaves, se pueden seguir fácilmente, se definen plegaduras de las formaciones más antiguas que llegan a lo inconcebible en el macizo que tales series determinan en la Sierra de los Santos, que rodean los pórfidos arcaicos en Fuenteovejuna en demostración palpable de otra fecha de actividades en nuestro país y en concordancia con los movimientos huronianos universales.

Tectónica de Sierra Morena.

Queda así demostrado que en Sierra Morena tenemos ejemplos interesantísimos de todo ese conjunto de acontecimientos y también que la dovela que ella define está tajada por una serie de líneas o afectada por un conjunto de plegaduras donde puede verse un nuevo rumbo en este caso al Noroeste para el movimiento huroniano.

Es interesante comparar estas líneas de rumbo de los tiempos huronianos con las caledonianas, que van de Este a Oeste; con las hercinianas, dirigidas al Oeste-Noroeste, y, finalmente, con las alpinas, dirigidas al Este-Noreste.

Nuevos antecedentes para el estudio del Carbonífero en el Sur de España.

La comparación del dispositivo de las capas de hulla en las cuencas de Bélmez, Villanueva de las Minas y Puertollano, nos proporciona elementos de juicio interesantes para dilucidar la serie de movimientos que llevaron por esfuerzos y plegaduras sucesivas tales estratos al estado actual en que los encontramos. Así sucede que en Puertollano tales capas ni aun en los bordes ofrecen plegamientos importantes y si sólo el combamiento de un fondo de barco suave, acentuándose éste en los estratos componentes de Villanueva de las Minas, apareciendo por último las capas del Carbonífero intensamente plegadas, según un prolongado sinclinal, en la cuenca de Bélmez.

Tales hechos, relacionándolos con la edad de los depósitos en cuestión, a juzgar por sus fósiles y por su disposición respecto a las líneas de fractura y pliegue del Macizo Ibérico, particularmente con la falla del Guadalmez, nos llevan a conclusiones interesantes para el análisis tectónico del Mediodía de España, al objeto de fijar el desarrollo de la plegadura herciniana.

Como se verá, son los sucesos allá reflejados determinantes de que la plegadura herciniana alcanza su máxima intensidad entre el Vestfaliense y el Estefaniense. Y asimismo comprobatorios del papel de mayor pasividad que le cabe al macizo de la Alcuía y de la Mancha con relación a los terrenos del Sur durante los tiempos carboníferos.

A medida que avanza el estudio detenido de los estratos integrantes de la Sierra Morena, cada vez se encuentran elementos irrecusables y demostrativos de que la extensión de la formación carbonífera es mucho mayor de la supuesta en un

principio, lo que no nos cansamos de repetir que es debido al hecho de atribuir a las series paleozoicas más antiguas aquellos conjuntos principalmente pizarreños, que según un primer análisis resultaban azoicos en grandes extensiones. Nuestros estudios sobre este particular se refieren principalmente a la provincia de Córdoba.

Así ocurre, por ejemplo, que la faja carbonífera de Bélmez, que hemos seguido en sus dos prolongaciones, llega a la provincia de Badajoz, donde en el mismo límite, a un medio kilómetro al Sur de la aldea de Cuenca y al Norte del camino de Fuenteovejuna a la Granja de Torrehermosa, en las márgenes del que allá sólo podemos llamar arroyo de Zujar y que más adelante se conoce como río de ese nombre, he encontrado un yacimiento fosilífero y el afloramiento de una capa de hulla, en el sentido geológico del nominativo; asunto sobre el cual he dado noticias en el «Estudio de los Yacimientos Minerales del Término Municipal de Fuenteovejuna», por el Ingeniero de Minas D. Antonio Carbonell T. F. — *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia del Ministerio de Fomento*. Madrid, diciembre, 1922, página 8.

En corroboración de lo que manifestamos se hicieron presentes en ese estudio los indicios claros y determinados de los depósitos del Carbonífero en la zona del límite de las provincias de Córdoba y Badajoz, en donde aparecen estratos claramente pertenecientes al Vestfaliense, y señalamos la existencia de una capa de carbón de algunos centímetros de espesor, que se reconoció por medio de la bajada romana que se ha puesto al descubierto en la mina «Santa Bárbara» con las labores actuales, donde se hallan ejemplares de fósiles de aquellas fechas en un grado de excelente conservación.

Todos esos depósitos del Carbonífero siguen a Badajoz, ocultos rápidamente bajo el Cuaternario y el Mioceno; y seguramente muchos de los estratos reconocidos como de pizarras

azoicas en esa provincia, ya en las labores mineras, o en la apertura de pozos con otros objetivos, deben pertenecer al Carbonífero.

Otro tanto sucede en el estudio hecho en la zona Sureste de la cuenca de Bélmez, en las proximidades del río Guadalquivir. Como señalamos en otro lugar, al Carbonífero pertenecen una serie de estratos que se han supuesto antes incluidos en el Cambriano. Modificación que se impone ya en vista de los antecedentes fosilíferos, como sucede con las calizas que se hallan cerca de la unión del río Arenoso y del Guadalquivir, en la primera de estas corrientes, ya en los baños del Arenosillo; ya otras veces se llega a tal conclusión como consecuencia del análisis estratigráfico y tectónico, como ocurre al comparar los depósitos pizarreños del Sur y del Norte de la gran mancha granítica de los Pedroches.

Análogos hechos han provocado en nosotros la idea de esa modificación profunda que, como consecuencia de todos estos elementos de juicio, hay que introducir en el plano geológico de la Sierra Morena. Tales son la discordancia del Carbonífero medio con el Devoniano en las márgenes del arroyo Albardado, en el término municipal de Bélmez, donde las pizarras y areniscas cuarcíticas de aquél son secantes a los conglomerados o pudingas del Hullero, que suavemente buzan allí hacia el Mediodía y entre las cuales se hallan las capas de carbón más septentrionales de la cuenca en cuestión.

Otro hecho indubitable es el del paso al Vestfaliense de gran parte de los estratos, que se han considerado en la cuenca de Bélmez como incluidos en el Culm. La presencia de calamites entre los mismos, en el canal abierto para la conducción de las aguas del Pantano del Guadalmellato, lo confirma, y hechos análogos pueden señalarse en otros lugares. Tal es el ejemplo de la serie de pizarras sumamente metamorfizadas que aparecen en la mina de plomo «Mirabuenos», al Sur de la

cuenca citada de Bélmez, y en terrenos que en el plano geológico oficial aparecen citados como estratos cristalinos e hipogénicos. Al realizar allá las obras de explanación para la instalación de un lavadero mecánico, se hallaron entre aquellas pizarras metamórficas los restos de un calamites, que permiten, sin género ninguno de dudas, llevar tales depósitos al Carbonífero. Este hecho de yacer un fósil de esta naturaleza en terrenos considerados como del Paleozoico más antiguo, fué considerado como suceso anómalo y dudoso. Sin embargo, con las labores de la citada mina, y cortada por el filón de galeña y blenda argentífera, apareció más tarde una capa de carbón, de pocos centímetros, pero de buena calidad, que confirmaba hechos que no admitían duda desde un principio, si serenamente se analizaban.

También otros elementos de juicio muy importantes se deducen de aquí, y es la frecuencia con que, debido a los hechos introducidos por el metamorfismo, aparecen enmascarados los elementos petrográficos que pudieran orientar para la clasificación geológica. Al par que llamamos la atención sobre esa serie de estratos carboníferos considerados como estrato-cristalinos, mencionaremos el caso de los gneis y de las micacitas que aparecen en contacto con la mancha granítica de los Pedroches, donde la edad, claramente, es la de las pizarras que sucesivamente aparecen menos intensamente metamorizadas al separarnos del batolito, y que, por sus fósiles, he clasificado de carboníferas, según se deja anotado en su lugar.

De paso, he de llamar la atención, al ocuparme del Vestfaliense, sobre el hecho de la descomposición de los conglomerados carboníferos de la cuenca de Bélmez, particularmente de la sección comprendida entre Bélmez y Espiel, donde esas rocas nos ofrecen numerosos afloramientos con mayor abundancia que en otra alguna de su extenso recorrido. Con frecuencia, el cemento de las pudingas, conglomerados, areniscas

y brechas es sumamente arcilloso, lo que provoca, por la descomposición, la formación de terrenos que, en parte, se han incluido en el Cuaternario, siendo fácil la confusión de los mantos que reconocen ese origen con aquellos otros que se deben a arrastres de la corriente del Guadiato.

La región Oeste de la Sierra de los Santos.

Si se observa el plano geológico oficial se ve claramente que al Oeste de la Sierra de los Santos se hallan una serie de manchas geológicas arrumbadas al Oeste casi por completo, al menos en aquellas porciones en que se apercibe que se siguieron los contactos con particular detalle; rumbo que interfiere el de los restos de sinclinales hulleros, de los que son hitos las manchas carboníferas del Viar y de Villanueva de las Minas, de los Santos, Casas y Reina, Guadalcanal, Alanís, Valdeinfiernos y los Hatillos, ya estas dos últimas en la circunscripción cordobesa.

Los depósitos de Valdeinfiernos los hemos clasificado en el Carbonífero superior, anotándose, al efecto, la presencia de *Knorria* y de otros fósiles que implican un tránsito con relación a los vistos en la cuenca de Bélmez, clásica en el Sur de España para proceder al estudio de los materiales del Carbonífero.

La estratificación de aquéllos, y asimismo la de los examinados en Guadalcanal, aparece más similar a la observada en Villanueva de las Minas que a la que las labores de la cuenca de Bélmez dejaron a la vista. Estos trabajos, reducidos en la actualidad a las inmediaciones de Pueblo Nuevo del Terrible y Peñarroya, dejan a la vista una intensa agrupación de sinclinales que hacen que en «Santa Elisa» se midieran espesores de hasta 90 metros de potencia de capa explotable.

En esa región occidental a la Sierra de los Santos son muchos los detalles de estructura que aun están por estudiar debidamente; tal es el caso de la variación de los arrumbamientos de los estratos y de las manchas geológicas con relación a la manifiesta en la región oriental de aquel sistema, definida por la cuenca carbonífera de Bélmez y por el batolito granítico de los Pedroches.

Otro tanto sucede con aquellas manifestaciones petrográficas que nos incitan a meditar acerca de las intensas modificaciones que a través del tiempo experimentó la faz de la Tierra en esos lugares. Ejemplo de lo cual ya nos lo ofrece la comarca del Andévalo, con sus masas de piritas sensiblemente interestratificadas, ya el conjunto de los gneis grafiticos que en el escarpe de la Serranía de Aracena aparecen en continuidad desde Sevilla a Huelva (Jubes (E.) y Carbonell T.-F. (A.). «Los yacimientos de grafito de la zona Almonaster-Cortegana.» *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*. Ministerio de Fomento, números 9 y 12 al 16. Madrid).

Particularmente, tales gneis grafiticos son sumamente abundantes en la región de Huelva, en la zona de Aroche-Alhajar; con ellos, y muy recientemente, se han confundido modernamente otros gneis turmaliníferos que son muy abundantes en diferentes lugares de la Sierra Morena. Tal zona de los gneis grafiticos y turmaliníferos en la Serranía de Aracena corre al Este-Sureste, pasando, como se ha dicho, a la provincia de Sevilla, en la que se han hallado minerales análogos a los de Huelva en el término municipal de Lora del Río.

Por lo que hace a la provincia de Córdoba, las manifestaciones similares a las de la Serranía de Aracena las tenemos que investigar en la Sierra de los Santos, que con aquélla tiene tan íntimas conexiones tectónicas, geotectónicas y petrográficas. En la derivación de la misma, conocida por la Sierra

Albarrana, entre los solitarios parajes que se extienden por el límite de los términos municipales de Hornachuelos y Fuenteovejuna, hemos hallado abundantes fajas de gneis turmaliníferos.

Extensión de las formaciones precarboníferas.

A veces, en la investigación relativa a clasificaciones geológicas de la serie de estratos integrantes de la Sierra Morena, al observar las sucesivas y radicales innovaciones que hay que introducir como consecuencia de los hechos que la realidad nos pone de manifiesto, al parar en el raciocinio y mirar los resultados, comparándolos con lo supuesto con anterioridad, estimamos por un momento que acaso nuestras conclusiones se basen en elementos que la crítica no ha despejado suficientemente, y que, en su consecuencia, las normas admitidas, por ejemplo en las clasificaciones, para estos casos concretos, quizás adolezcan de defectos comparativos originales.

Sin embargo, las relaciones estratigráficas y las clasificaciones de los estratos que aparecen con vestigios de una vida pretérita, más antigua que la carbonífera, nos confirman sucesivamente en nuestras conclusiones acerca del dispositivo geológico en el Sur de España, y, por consiguiente, acerca de esas innovaciones que es necesario aceptar en el plano general.

Al clasificar en el Carbonífero una serie de depósitos que precedentemente se incluían en el Cambriano y en el Siluriano, a su vez, nuevos elementos de juicio que nos suministran los hallazgos de otros yacimientos fosilíferos permiten concretar los límites de las formaciones más antiguas del Paleozoico, y, en realidad, los de los distintos conjuntos que integran esa edad arcaica de la vida de la Tierra.

Con arreglo a las nuevas clasificaciones y dándole al factor

metamorfismo el valor real y extenso que le cabe en las manifestaciones de los hechos geológicos, al Precambriano se han de llevar los depósitos de pizarras que fueron considerados por Mallada y por Macpherson en el estrato cristalino superior en la Sierra de los Santos, en la Serranía de Aracena y sus derivaciones.

El hallazgo de Macpherson del *Archaeocyathus marianum*, Roem., en Campayar, en la región Norte de la provincia sevillana; el de los grandes yacimientos de esos fósiles en las Ermitas de Córdoba por Hernández-Pacheco, la conexión de los estratos calizos de uno y otro lugar, que he podido seguir con algún detalle, nos define una zona cámbrica claramente determinada, una orientación en los arrumbamientos claramente definida, que, como hemos anotado, interfiere con los ejes de los sinclinales hercinianos, tan perfectamente manifiestos en la cuenca de Bélmez, por ejemplo.

A la vez, se multiplican a medida que la observación adelanta los lugares en que los vestigios de la vida siluriana ha quedado patente. A tal fin, es del mayor interés seguir de cerca los antecedentes que Hernández Sampelayo ha dado acerca de tales faunas en las cercanías de Almadén, los elementos de juicio que facilita Gamboa en su trabajo sobre los yacimientos metalíferos de Ciudad Real, en el *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, así como los trabajos de los alemanes W. Henke y R. Hundt: *Bericht über einige Graptolithenfunde in der Sierra Morena*. — Frankfurt A. M., 1926. En todos estos trabajos, siempre los hallazgos se refieren a lugares situados en la región frontera de la que he llamado Falla del Guadalmez, es decir de la zona situada al Norte de esa línea de fractura en cuestión.

Nuevas investigaciones llevadas a efecto por mi cuenta a este fin en las inmediaciones de esa alineación, que en la provincia de Córdoba queda claramente manifiesta desde Cabeza del Buey, al Sur de los agrestes cerros que al Mediodía rodean

esa población, y que pasando al pie del pueblo de Santa Eufemia siguen al Sureste hacia Fuencaliente y adentrándose por aquellas soledades serranas reaparecen al Norte de La Carolina con manifestaciones determinadas en Despeñaperros, están en un todo de acuerdo con los hechos deducidos investigando por otros caminos.

En efecto: en esos casos, como decimos, los fósiles determinantes del Silúrico siempre se han hallado en estratos yacientes al Norte de la línea tectónica en cuestión; tales son los parajes siguientes, en los que he reconocido abundantes graptolitos. Al Norte de las Antiguas Minas de Santa Eufemia, en las inmediaciones del kilómetro 107 de la carretera de Córdoba a Almadén, pasado el poste kilométrico en cuestión, en las cercanías de esa vía se halla un pozo de negro vaciadero, que está formado por pizarras ampelíticas, en las cuales abundan extraordinariamente los graptolitos.

Otro lugar en donde esos fósiles son también muy abundantes, y que, como el anterior, se señala en este sitio por vez primera, es la escarpa que hacia el río Guadalmez se determina en esas pizarras negras al pie del cerro del Castillo de Vioque, en el camino de Andalucía a la Alcudia y la Mancha, siendo notables en ambos parajes la serie de elementos concrecionados que aparecen entre esas pizarras, los que al partirse muestran con frecuencia vástagos de orthoceras, piritizados generalmente.

Al Sur de la línea tectónica del Guadalmez, mis hallazgos han menudeado: he de citar a estos efectos la serie de ellos en los términos de Dos Torres, Pajares de la Culebrilla; en Santa Eufemia, al pie de la Atalaya y zona Norte de esos eminentes cerros, así como en algunos otros lugares de la Carrera Larga o Llana. Otros situados en el término municipal de El Viso de los Pedroches, en el camino de los Quintos de Madroñiz a la Dehesa de la Vera, al Sureste del Cerro de Miramonte, cerca-

nias del pozo de las Empleitas, así como los realizados en los Quintos de las Mangadas, que precedentemente se anotaron, como los sitios en el término de Belalcázar, en los Pajares de Picarazas, los de las calizas que se hallan en el kilómetro 30 de la carretera de Belalcázar a su estación de ferrocarril y en otros parajes inmediatos suficientemente detallados en distintos lugares de este trabajo. Pero todos estos yacimientos se refieren siempre a depósitos del Devoniano o del Carbonífero, lo que permite investigar acerca de la fecha geológica en que esa gran fractura del Guadalmez tiene lugar.

Las demás manifestaciones de estratos que hasta el momento se consideraban como silurianos, sitios al Mediodía de la línea tectónica del Guadalmez, o al analizar con mayor detalle la cuestión, van pasándose a otras series geológicas, como sucede con la faja silúrica que con gran anchura aparece en los planos geológicos entre la cuenca de Bélmez y la serie de las pizarras marginales del Sur del Valle de los Pedroches; donde ya se han ido consignando la serie de depósitos fosilíferos del Devoniano que hacen perder extensión al Silúrico a costa de ese sistema más moderno, ya cual sucede al Sur de la Cuenca de Bélmez, se ha visto que tales cuarcitas supuestas silurianas deben pasar al Carbonífero, como ocurre con las que aflorando en la Ermita del Calvario de Villafranca pasan al Sur del río Guadalquivir en el meandro del Alcurrucén, como hemos puesto de manifiesto en la *Guía de la Excursión A-4* del Congreso Internacional Geológico de Madrid, 1926. (A. Carbonell T-F.: *La Línea tectónica del Guadalquivir.*); afirmación que, como allí se consigna, he podido hacer gracias a las impresiones carbonosas de calamites que se ven en esa recia roca.

En resumen: lo que aparece claro es que el Silúrico en esas cuerdas montañosas en que se le ha supuesto con una gran extensión, se muestra solo, si acaso, en algún retazo aislado;

confirmándose de esta manera los intensos y sucesivos trastornos estratigráficos que tuvieron lugar desde los tiempos devonianos al Sur de la Falla del Guadalmez, con el cortejo de depósitos inmediatos, que así se comprende que llegaran a alcanzar la potencia considerable con que en el día pueden ser observados.

Este hecho que hemos estudiado en la provincia de Córdoba de una manera especial, se encuentra confirmado a la vez por las conclusiones del estudio del Dr. Henke en La Carolina, por lo que hace a la continuación hasta aquel lugar de los depósitos del Culm, prolongación oriental de los reconocidos por nosotros como tales en la región de Belalcázar.

Hecho análogo es éste al que representa la modificación del plano geológico portugués en la zona fronteriza con la provincia de Huelva. Aquí se observa que con arreglo a los estudios de aquellos geólogos el llamado Siluriano de los nereites de la provincia de Huelva, el mismo de la comarca del Andévalo, debe pasar casi íntegramente al Devoniano. A la vez, nuestros estudios en la parte septentrional de la Serranía de Aracena, desde Aroche a Encinasola, nos muestran mancuernas de pizarras gneissoidales aisladas en distintos lugares, que dejamos acotadas en el trabajo entonces llevado a efecto. (*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia.* — Ministerio de Fomento. Madrid.)

La conclusión es la misma; los estratos del Siluriano quedan limitados en su representación a los asomos de domos anticlinales, recios y, con frecuencia, reducidos a retazos aislados.

Aplicación del estudio petrográfico de algunos materiales de la provincia de Córdoba a la interpretación de la línea tectónica de Guadalquivir.

Los materiales paleozoicos se hallan situados en la región del Valle Bético al Norte de la línea tectónica del Guadalquivir. Las rocas hipogénicas se muestran profusamente cortando esos viejos estratos, en tanto que al Mediodía desaparecen inopinadamente sus asomos, y para encontrar materiales de origen similar hemos de ir a buscarlos a aquellos lugares donde la erosión dejó a la vista el terreno básico de la Campiña, las margas irisadas de Keuper, cuyos asomos yesíferos aparecen en relación con apuntamientos de ofitas en una amplia zona, cuyo límite septentrional se halla a unos 25 kilómetros al Sur de la línea del Guadalquivir, y se prolonga meridionalmente por toda la Cordillera Bética, cuyos hitos, en la porción que ahora nos ocupa, permiten alinear en el plano sus asomos paralelamente a la línea hidrográfica del río principal de Andalucía.

A partir de ese límite, y a medida que por la Campiña Andaluza se avanza hacia la Cordillera Bética, hacia los Prealpes Subbéticos, que se muestran en la barrera caliza de Cabra y de Rute con toda su abrupta topografía, aumentan los indicios de las acciones endógenas, los materiales que muestran de una manera palpable el vestigio de una afluencia de materiales hipogénicos, ofíticos, más y más intensa. Y ya en la zona alta del páramo de Alcalá la Real, en el límite común de las provincias de Jaén, Granada y Córdoba, se ven los fehacientes restos de aparatos volcánicos de naturaleza basáltica en las cercanías de la Ermita de Nuestra Señora de Valdegranadas, en las inmediaciones del camino Real de Granada, al Sur de la de Almedinilla.

Los hechos que se observan parecen demostrar que esos vestigios del volcanismo son una muestra de la llegada a la superficie de la emisión general ofítica a que nos venimos refiriendo; de la que los asomos ofíticos, propiamente dichos, parecen ser los restos hoy visibles de los materiales endógenos que pudieron alojarse entre los estratos que en la remota fecha geológica en que tuvo lugar la fase emisiva, se extendían cubriendo el país.

La acción endógena definida por esos asomos ofíticos puede afirmarse que llega en extensión hacia el Norte, al límite que anteriormente hemos marcado en la Campiña. Al Norte de esas manifestaciones de la actividad interna no tenemos otros vestigios patentes de la misma, de su continuidad en el territorio del valle andaluz; bajo los depósitos del Terciario superior, en la región inmediata a la línea tectónica del Guadalquivir, el misterio de las formaciones infrayacentes es una incógnita cuya solución está reservada al porvenir.

Cuando al pie de la Sierra Morena aparecen bajo esos depósitos terciarios los triásicos, que la erosión y los movimientos generales del país pusieron de manifiesto, ya estos últimos pertenecen a la serie de las areniscas rojas, al Triásico inferior; y sólo los indicios de la emisión endógena sitos al Sureste de la estación del ferrocarril de Montoro y al Norte de la carretera general de Madrid a Cádiz, al Oeste del arroyo del Jarrón, parece que cortaron a aquellos estratos de areniscas rojas triásicas, ofreciéndonos tipos diabásicos, verdosos, del mayor interés en sí y en su comparación con los materiales ofíticos a que antes hicimos referencia.

Otro tanto sucede (y ello nos pudiera representar otro elemento de tránsito en la escala del vulcanismo cordobés y en general en los fenómenos de esta categoría acaecidos en el Valle Bético), con el asomo silíceo anfibólico que aparece representado en el plano geológico unido a la *Guía de la Línea*

Tectónica del Guadalquivir, confeccionada expresamente para el Congreso Geológico Internacional de Madrid, entre Alcolea y Villa del Río, al Sur de la línea hidrográfica del río de ese nombre.

Pero prescindiendo de estos vestigios inclusive, podemos decir que los materiales hipogénicos aparecen con gran profusión al Sur de la citada corriente, y con manifiesta tendencia a arrumbarse paralelamente al gran escarpe que la cordillera meridional de Andalucía define en la provincia cordobesa; línea a su vez paralela, en términos generales, a la tectónica del Guadalquivir.

Los dispositivos hipogénicos al Norte de esa línea tectónica, que cruza la tierra cordobesa al Norte de la capital, arrumbada al Oeste-Suroeste, son bien diferentes. Tanto los grandes asomos, como el de los Pedroches, como las manchas sucesivas de las rocas endógenas similares que aparecen en pequeños diques o reducidas apófisis, cual ocurre con el conjunto de los afloramientos porfídico-sieníticos de la cuenca carbonífera de Bélmez-Adamuz, se alinean en la dirección de los ejes de la plegadura herciniana, esto es, al Oeste-Noroeste.

Dos elementos de juicio nos obligan a aceptar así los hechos: las labores mineras de la cuenca de Bélmez nos proporcionan datos exactos del rumbo de los ejes sinclinales del Carbonífero; la gran mancha granítica de los Pedroches permite fácilmente tomar la dirección del eje que corresponde a un anticlinal desmantelado y probablemente en relación con hundimientos marginales.

Desde los tipos basálticos a los graníticos tenemos una serie de materiales para el estudio petrográfico del vulcanismo en la provincia de Córdoba, y en la región de la Sierra Morena en particular, en las múltiples series de asomos, diques y manchas hipogénicas que aparecen cortando los estratos pa-

leozoicos integrantes en este lugar del viejo escudo ibérico propiamente dicho.

Los asomos hipogénicos basálticos señalados en la provincia, se hallan en la zona Sur, como hemos dicho: en Almedinilla y en la región de la Sierra Morena, o septentrional a la línea tectónica del Guadalquivir, en la Granjuela, en la Aljabara, en Hornachuelos y en las cercanías de la población de Córdoba. Esos lugares nos ofrecen el vestigio de puntos testigos donde la erosión llegó en la época actual a alcanzar sitios superficiales en general con relación al momento de las emisiones.

Los asomos hipogénicos de la Sierra Morena son postcarboníferos, hercinianos casi en su totalidad, salvo los integrantes en parte de la Sierra de los Santos, que son más antiguos. Pero al mismo tiempo se ve en las inmediaciones del Guadalquivir que esos asomos no rebasan la arenisca triásica, que, en general, queda tapándoles, y que nunca ha experimentado en su contacto influencias del orden del endometamorfismo.

Se deduce de aquí que el momento culminante de tales fenómenos de la actividad endógena concuerda con el final del Carbonífero y con el Permiano, principalmente. La serie basáltica de Puertollano, Ciudad Real, nos permite examinar el dispositivo externo de las coladas típicas de aquella fecha.

Los diques basálticos de la Granjuela, de Hornachuelos y de Almedinilla, muestran el tipo de vestigios de pasadas emisiones que asoman en los restos de penillanuras caducas que, al correr los tiempos geológicos, llegaron a un estado de quietismo erosivo; y posteriormente, al rejuvenecerse el paisaje como consecuencia de la emersión terciaria-cuaternaria, se ofrecen como navas y muelas limitadas por barrancos profundos. El caso de las emisiones basálticas de Córdoba en los Jerónimos y Medina-Azahara, por el lugar de emplazamiento con relación a la línea tectónica del Guadalquivir, para el caso de nuestro análisis ofrece un interés excepcional.

Según se deduce de la calidad de estos materiales hipogénicos, la erosión que avanzó hacia ellos y los pone al descubierto en el día, sólo alcanza a la zona más superficial de las chimeneas y fisuras de emisión. La serie de causas que dieron como consecuencia el actual escarpe de la Sierra Morena al Valle Bético, brusco tránsito de la Sierra a la Campiña, parece, como consecuencia de todo esto, que precedentemente tuvieron ese escarpe cubierto por depósitos posteriores a esos materiales de origen endógeno, hasta fecha muy reciente, preservándose así, el brusco escalón que hoy aparece al Norte de Córdoba, de las implacables acciones de los agentes de la geodinámica externa.

El descubrimiento de las superficies de los diques basálticos que hoy vemos en el Balcón del Mundo y en los Jerónimos de Valparaíso, ocurrió cuando ya simplemente se realizaban esas acciones erosivas sobre el muro que hoy se nos ofrece sobre los últimos depósitos más modernos que él y que debían aparecer a él adosados. Al mismo tiempo, en ese hecho debieron tener participación importante y hasta fecha sumamente reciente los hundimientos cuya huella está patente en el Valle Bético.

Si unimos a todos estos razonamientos aquellos que podemos deducir del aspecto actual de las masas pétreas, del dispositivo de las mismas, comparando el nivel de su yacimiento con el de los asomos similares hipogénicos que aparecen en la zona alta de la Sierra, en la penillanura definida claramente en Campo Alto y El Vácar, nuevos materiales para ese enjuiciamiento de la cuestión se nos ofrecen con abundancia.

Los diques andesítico-basálticos se muestran allá en el escarpe de la Sierra Morena al Valle Bético, al Norte de Córdoba, con abundancia inusitada, con espesores que pasan con frecuencia de medio kilómetro, como ocurre entre Medina Azahara y el Monasterio de los Jerónimos de Valparaíso. Las

diaclasas de aquella masa rojo parduzca oscura, de tonalidad de heces de vino, determinan una serie de bancos que se arrumban, a su vez, en la dirección de la línea tectónica del Guadalquivir, apareciendo como el borde septentrional de la Falla del Guadalquivir esa potente mancha endógena.

Es curioso observar aquí, que en el pasadizo de saneamiento que se conserva al Norte del Gran Salón de Embajadores de Medina Azahara, quedan patentes en la masa de las andesitas, allá aflorada, verdaderos espejos de frotamiento, suaves superficies que demuestran la persistencia de los movimientos de descenso del macizo meridional hundido, ya que ni las margas del Mioceno y Plioceno, ni los materiales de las terrazas cuaternarias, tienen consistencia apropiada para actuar como factores activos en tal fenómeno.

Por otro lado, los materiales hipogénicos de la Sierra Morena, al llegar a la línea tectónica del Guadalquivir, parece que en ella encuentran mayor facilidad para afluir hacia la superficie, desapareciendo al Sur de aquella línea tectónica todo vestigio de los indicados materiales.

En la *Guía de la Línea Tectónica del Guadalquivir*, editada con motivo del Congreso Geológico citado, aparecen detallados los casos en cuestión, que pueden servir de ejemplos de nuestra afirmación anterior; entre ellos merecen una indicación especial el de las andesitas de la Sierra de Córdoba, que acabamos de acotar; asimismo, el del Castillo de Almodóvar, donde aparecen las moles de pórfido blanco, profusas en las inmediaciones, y al pie de aquella eminencia, en las mismas aguas del Guadalquivir, otros asomos oscuros, verdosos, de carácter más básico que los primeros, demostrativos de la persistencia de las acciones endógenas por los mismos conductos y del sucesivo dispositivo que éstos, con el tiempo, fueron ofreciendo con relación al foco interno; ya que éste parece más alejado al avanzar el tiempo, a juzgar por las coladas en-

dógenas más modernas, lo que puede ser la consecuencia del desplazamiento de uno de los labios marginales de la grieta inicial en el lapso de tiempo intermedio entre una y otra emisión. Por último, los asomos endógenos de Palma del Río confirman la hipótesis de que hacemos mención.

Las líneas de las coladas hipogénicas en Sierra Morena.

Las supuestas fracturas filonianas paralelas a la escarpa de la Sierra Morena al Valle del Guadalquivir, no se deben al hecho tectónico de la gran Falla Bética, como alguien ha supuesto, sino a las fracturas derivadas de la intrusión de rocas endógenas que tuvieron lugar hacia los anticlinales, hoy definidos por la Sierra de los Santos, la Serranía de Aracena y por el Valle de los Pedroches, y a las determinadas por la intrusión de diques hipogénicos múltiples que se orientan en dirección secante a la de aquella línea de fractura, cual ocurre con los de la comarca del Andévalo en Huelva, o como sucede en las cercanías de Córdoba con el dique de andesitas basálticas, que corre al Norte de Medina Azahara y al pie del Monasterio de San Jerónimo de Valparaíso; colada esta última que ofrece otros hitos manifiestos en la Aljabara de Hornachuelos, determinándose así un arrumbamiento de Este a Oeste, rumbo, de acuerdo con el que hemos manifestado, que ofrecen las manchas geológicas en aquella zona, y que difiere del Oeste-Noroeste que los sinclinales hercinianos siguen claramente en la región.

En relación con esas manchas hipogénicas aparecen constantemente los yacimientos filonianos de Sierra Morena, y así sucede que es imposible hallar las equivalencias de los criaderos de Linares, en relación con la línea del Guadalquivir, con la serie de las escarpas que allá la Sierra Morena nos ofrece.

Y así es que, si desde Despeñaperros seguimos al Oeste-Suroeste, nada análogo reconocemos en conexión con ese colosal tajo del Macizo Ibérico. Por el contrario, si las manifestaciones de las coladas hipogénicas se recorren, la semejanza es evidente.

Así, por ejemplo, en Alcaracejos, a más de 100 kilómetros de Linares, hallamos, bien lejos de la línea tectónica del Guadalquivir, manifestaciones de yacimientos filonianos análogos a los de aquella zona, de acuerdo y en relación con el recorrido del gran batolito de los Pedroches, cuya manifestación más oriental es la de la mancha granítica de Linares. Por el contrario, al Oeste-Suroeste de Linares ya encontramos los yacimientos cupríferos de Cerro Muriano, ya los plumbo-cincíferos-argentíferos de Hornachuelos, ya los piríticos de Huelva, manifestaciones en la escarpa del Guadalquivir de formaciones que ampliamente se desarrollan hacia el interior de la Sierra Morena, como hemos manifestado. Así sucede también, a mayor abundamiento, con los yacimientos de Huelva, que desde Aznalcóllar siguen a Riotinto y a San Domingos, en Portugal, sin relación alguna con la línea del Guadalquivir.

Las plegaduras hercinianas en Montoro y en el Andévalo.

La Sierra Morena, como hemos dicho, se extiende desde Puertollano a Córdoba, desde Despeñaperros a Huelva. Al Sureste queda limitada por un tajo, a cuyo pie corre el Guadalquivir en la sección cordobesa de su curso.

Desde Huelva a Linares, y aun más al Noreste, queda precisa la diferenciación de la estructura geológica de la sierra septentrional y la Campiña del Sur. La primera se halla integrada por depósitos paleozoicos; la segunda, por los terciarios y cuaternarios.

Toda la zona septentrional ha sufrido la plegadura herciniana, de la cual sólo se libraron algunos conjuntos antiguos. Estos definen eminencias, porque en su orla, generalmente, tuvieron lugar fracturas acompañadas de emisiones endógenas, que al penetrar entre los depósitos las consolidaron, dando gran dureza a esos conjuntos, los que así resistieron mejor que los inmediatos, que no siguieron igual suerte, los efectos de erosiones milenarias.

Dos ejemplos interesantes de tales acciones los tenemos en el olivar de Montoro y en la comarca del Andévalo.

Al Norte de la primera ciudad, la recia barrera que se ofrece por la Venta del Puerto y La Onza, el escalón del Valle de los Pedroches a la sierra montoreña, se ve que está definido a expensas de una serie de diques graníticos, granulíticos, aplíticos, porfídicos y pegmatíticos, que bordean siempre marginalmente el batolito granítico principal de los Pedroches, diques hipogénicos aquellos que llevaron consigo una silicificación póstuma de los conjuntos pizarreño-hipogénicos, y la formación, en último término, de una barrera que ha resistido a las acciones erosivas. En tanto que al Sur, la serie pizarreña, arcillosa, paleozoica, fué intensamente erosionada. No a otra causa puede achacarse su menor altitud, como se deduce analizando detenidamente en los itinerarios. Allí no existe hundimiento alguno parcial; sólo los fenómenos erosivos actuaron para definir la topografía presente.

El caso del Andévalo es igual: las plegaduras y arrumbamientos hercinianos de la Sierra Morena están claros y patentes en esta región, bien estudiada geológicamente por Gonzalo Tarín. También aquí el paisaje, definido por el contraste Andévalo-Serranía de Aracena, cuya barrera corre al Norte, es exclusivamente erosivo, o si existe una falla está borrada por la plegadura herciniana. La presencia de la zona hipogénica de la Serranía de Aracena, al consolidar otro macizo emergen-

te, llevó consigo la constitución de la recia mole actual, sobresaliente, que hoy, gracias a esa misma persistencia de los fenómenos erosivos, podemos observar.

La plegadura herciniana en los estratos de la zona del Andévalo, de Huelva, está patente por los siguientes hechos: 1.º Discordancia del Paleozoico del Andévalo y del Terciario de la Campiña. 2.º Discordancia del Paleozoico, del Triásico de Niebla y del Secundario del Algarbe. 3.º Formación del Andévalo a expensas, principalmente, de estratos del Culm; pizarras con *Posidonomias*. 4.º Orientación de la plegadura, arrumbamiento de las masas de piritita en el mismo sentido que las alineaciones debidas a la plegadura herciniana en Sierra Morena.

Sobre la orientación de los campos filonianos en la Sierra Morena y los arrumbamientos hercinianos.

Los yacimientos minerales que en el día se trabajan en la Sierra Morena; los criaderos minerales, cuya traza quedó patente en la superficie, ya por el crestón o por los vestigios de las antiguas labores; las capas de hulla, las masas de piritita, en el conjunto de los campos filonianos o de las cuencas en que yacen, siempre se disponen en esa región del Mediodía de España con arreglo a los arrumbamientos de los ejes de plegamiento herciniano.

Las capas de hulla en la zona de Puertollano, en la cuenca de Bélmez, en Valdeinfierno, en los Hatillos, en Villanueva de las Minas y en el Viar, nos dan de ello una fehaciente prueba. Precisamente, gracias a las labores llevadas a cabo en estas diferentes cuencas, conocemos concretamente el dispositivo de las plegaduras, consecuencia de los movimientos hercinianos.

Otro tanto sucede con las masas piritíticas de Huelva: allí,

por la disposición en que yacen las masas minerales, orientadas con el arrumbamiento general del plegamiento herciniano en esta región, los partidarios de una génesis sedimentaria para tales yacimientos han encontrado un argumento de importancia a favor de su hipótesis.

Los yacimientos de características filonianas bien definidas se hallan en relación constante con las emisiones hipogénicas, que precisamente se arrumban siguiendo los ejes de los sinclinales o anticlinales hercinianos. Determinantes esas masas endógenas de las roturas de las series sedimentarias marginales, las relaciones entre los dispositivos de los campos filonianos y tales movimientos tectónicos del herciniano aparecen claramente definidas.

Un ejemplo concreto nos lo ofrece, a este efecto, lo que sucede en la provincia de Córdoba. Aquí, los yacimientos de plomo, por ejemplo, se relacionan ya con la falla del Guadalmez, como sucede con los yacimientos de Santa Eufemia, El Horcajo, El Hoyo y zona Norte de Carolina, o con la región granítica de los Pedroches, al Norte y al Sur de la cual, y en el centro de la misma, se define una de las regiones filonianas más interesante de España, acaso la más importante, ya que en ella se encuentran los yacimientos de la zona Sur de Carolina, los de Linares, los de Alcaracejos y Villanueva del Duque, a su vez relacionados con los de Castuera, Badajoz y Portugal.

En esa mancha granítica de los Pedroches, y en sus zonas marginales, hemos analizado en diferentes ocasiones la relación que existe entre los yacimientos que allá radican y los contactos en cuestión, donde es frecuente la presencia de las pegmatitas, con el cortejo de los minerales raros que generalmente acompañan a esas rocas.

Paralela es la región de la Sierra de los Santos, homóloga a la anterior, de génesis similar a ella, donde, en las hendiduras endoquinéticas, se alojaron, como en las de los Pedroches,

las metalizaciones más importantes. Grietas que se arrumban normalmente al contacto del hipogénico y del sedimentario, como corresponde a la salida del batolito hipogénico y a las desgarraduras efectuadas por el esfuerzo.

Se ve siempre en estas alineaciones generales de las regiones filonianas, de las que he considerado hasta quince distintas en la provincia de Córdoba, que el dispositivo de los yacimientos filonianos no se nos muestra en relación con la línea tectónica del Guadalquivir, sino con las fracturas y coladas hipogénicas arrumbadas según los ejes de la plegadura herciniana; viéndose, en su consecuencia, que para deducir hechos análogos entre los yacimientos conocidos, para establecer comparaciones, siempre tenemos precisión de referirnos a los sucesos o hechos que se desarrollan según un eje anticlinal o sinclinal de la plegadura herciniana.

Así, por ejemplo, son comparables los yacimientos de Linares y Montoro, por el eje sinclinal de los Pedroches. Son comparables igualmente los criaderos de cobre de Cerro Muriano con los situados en la Sierra de los Santos, pero no lo son los que se hallan en Córdoba y Linares, aunque tales lugares se relacionan, por lo que hace a su situación relativa, con la línea tectónica del Guadalquivir, que para esos efectos que ahora nos interesan aparece como un elemento pasivo.

Estos son los hechos que hasta el momento ha demostrado cumplidamente la experiencia, de acuerdo con los que nos permite juzgar la estratigrafía, la geología y la tectónica general de la región.

La dirección de la plegadura herciniana es, como se sabe, Oeste-Noroeste, y la de las hendiduras, originadas por emisiones así arrumbadas, la de Este-Noreste, que es la media de los yacimientos minerales, como aquélla es la de los campos de fractura.

La alineación tectónica de la Sierra de los Santos.

Observando el plano geológico de esta porción de la Sierra Morena, se ve que una alineación hipogénica, que define un anticlinal gigantesco cuya cobertera llegó a desaparecer por la erosión milenaria, corre desde el Norte de la población de Córdoba al Sur de Fuenteovejuna, marcándose su arrumbamiento por la serie de manchas hipogénicas que, aunque discontinuas, con frecuentes e interesantes soluciones de continuidad, donde la representación no está muy acorde con los límites geográficos de tales retazos de un batolito a medio aflorar, permiten seguir de cerca la traza del fenómeno tectónico que allá tuvo lugar, confirmándose en la observación del terreno, en líneas generales, la realidad de los hechos con la representación que éstos tienen en el plano general del Instituto Geológico de España.

Examinando aquél más en su conjunto, se ve que ese sinclinario, cuya traza acabamos de reseñar en el suelo cordobés, al Sureste, desaparece inopinadamente, como todas las formaciones paleozoicas, en el seno que queda al Mediodía de la línea tectónica del Guadalquivir, traza de una falla acaecida al final de la edad primaria, fenómeno tectónico el más interesante geológicamente de toda la Península Ibérica, cuyo vestigio se conserva patente en el terreno, en el día, por el escarpe o escalón que la Sierra Morena define a la Campiña Bética.

Hacia el Noroeste, otra serie de manchas hipogénicas ácidas, definidas por la provincia de Badajoz, ya por Manguilla, ya por Valencia de las Torres y por Puebla del Prior, son la representación de que los hechos que hoy podemos analizar en esa región cordobesa que antes citamos se extiende por Extremadura, siendo de creer que las consecuencias de tales fenó-

menos sean análogas. A tal efecto, es interesante recordar aquí que la alineación que anotamos pasa por las inmediaciones de Hornachos, donde es sabido que encajan yacimientos de galeña muy argentífera, es decir, de tipo semejante al de los minerales que se han explotado en la mina «Mirabuenos» (Villaviciosa), Córdoba, que ahora serán objeto de nuestra atención.

Si los materiales hipogénicos que aparecen a lo largo de esa zona de afloramientos endógenos, son análogos y de ellos proceden las disoluciones o aguas mineralizadas que en condiciones especiales dejaron los depósitos metalíferos que en el día explotamos, es indudable que la observación de un caso bien conocido entre los criaderos de tal génesis, que fueron objeto de trabajos de relativa importancia, y el cortejo de las circunstancias de encaje y de situación geológica que al mismo rodeen, ha de ser elemento de la mayor importancia para poder establecer comparaciones con otros casos que se nos ofrezcan en la práctica. Es decir, que el análisis de un criadero conocido, habidas en cuenta las circunstancias de la alineación tectónica, puede dar luces acerca del porvenir de la zona que se estudia.

El hecho tectónico original, causa de las fracturas en donde más tarde se habían de alojar los criaderos minerales, objeto actualmente de la explotación, es indudable que aparece como general para la zona a que nuestro análisis puede referirse. Nos encontramos con una serie de terrenos ya consistentes al desplazarse, plegarse y agrietarse o fracturarse, sobre los que actuaron masas o diques venidos del interior, a cuya emisión, en un largo período de tiempo, acompañaron un cortejo de hechos que, cada vez más atenuados, van dejando impresos en los lugares adonde su acción pudo extenderse las fases de la actividad endógena expirante.

Si los acontecimientos tectónicos han ocurrido, por consiguiente, en la forma que los hemos anotado, es indudable que el campo de fractura en donde tuvieron lugar tales sucesos,

cuya fractura fué consecuencia de los mismos, por lo que al emplazamiento se refiere, se nos muestra como con valores análogos a todo lo largo de esa dirección Noroeste. A uno y a otro lado de la emisión endógena, determinante del sinclinal o sinclinario, deben haberse tenido efectos mecánicos análogos, fracturas semejantes. Entonces aparece lógica la idea de que tales fracturas, al plegarse los estratos, debieron realizarse con tendencia normal al eje del plegamiento, es decir, con tendencia al Noreste; y que aquellas otras fracturas que se arrumben paralelamente al eje sinclinario de la Sierra de los Santos son fracturas que no deben profundizar, cuya existencia en general puede considerarse como periférica en las zonas de más fuerte convexidad de la cobertera paleozoica del magma.

Pero si tenemos en cuenta los efectos de torsión que lógicamente deben haber tenido efecto al fracturarse los estratos paleozoicos en un sentido normal al eje del batolito, con arreglo a las experiencias de Daubrée, por otro lado, tendremos que las direcciones Norte-Noreste y Norte a Sur, y las Este-Noreste y Este a Oeste, aparecen como consecuencia de direcciones o esfuerzos Noreste a Suroeste originales.

Otro hecho que puede servirnos de norma para el análisis del desarrollo de los acontecimientos que tuvieron efecto y para llegar a la comparación de los rellenos que tuvieron lugar en las grietas en un principio originadas, nos lo brinda la observación de los fenómenos metamórficos que tienen efecto en la zona de separación de las formaciones de origen endógeno y de aquéllas de naturaleza exógena, fenómenos que se van atenuando, al parecer, en su intensidad al alejarnos del foco o zona productora, y que de análoga forma deben tener lugar a todo lo largo de aquélla.

Es indudable que esa zona de aureolas sucesivas de metamorfismo podemos relacionarla en su existencia con la de los yacimientos minerales, que al fin reconocen un origen de

donde aquéllas también dimanen, y, en su consecuencia, para los casos que nos son bien conocidos, llegar al establecimiento de normas que nos permitan adelantar ideas acerca de las posibilidades económicas en aquellos otros ejemplos prácticos de filones que se sometan a nuestra consideración al medir todo ese cortejo de acontecimientos y de sucesos, que sólo por el afloramiento, por las rocas en que aquél encaja, que la erosión dejó al descubierto, es a veces posible analizar y casi con seguridad en casos como los que se nos puedan ofrecer en las inmediaciones de la mina «Mirabuenos», donde al descender el nivel de base del Guadalquivir se ha originado un rejuvenecimiento de los cauces de los ríos de la Sierra Morena, entre los que se halla el Guadiato, que pasa al Este del grupo minero donde labró la profunda barranca de la Angostura.

Pero si las circunstancias de fracturación fueran análogas en casos a comparar y los sucesos demostrativos del metamorfismo que tuvo efecto al ser comparables nos delimitaran regiones análogamente equidistantes de los focos de actividad, entonces fácil nos sería poder localizar la disposición de los lugares que se comparasen con respecto a la zona emisora de las disoluciones que aportaron el relleno actual de las formaciones filonianas que se analizan, y, en su consecuencia, llegar a distinguir, entre los casos que la práctica puede ofrecernos, aquellos ejemplos en que tal serie de consideraciones nos permiten sospechar que realmente merecen ser catalogados entre las reservas útiles de la minería cordobesa.

La comparación de un caso de yacimientos minerales, conocido concretamente, con aquellos otros que se encuentran en circunstancias similares y con los que, por tanto, puede ofrecer o analogías claras o diferencias chocantes, nos puede, a la vez, disipar dudas y permitir, ya para separar elementos que sean superfluos en la comparación genética, a los que se les hubiera podido en otra forma atribuir más importancia de la que en

el fondo puedan tener, ya, por el contrario, de ese examen pueden resaltar particularidades estructurales que sean incluso básicas para la finalidad perseguida.

Así sucede que en el caso del grupo minero de «Mirabuenos», el resultado de los trabajos llevados a cabo investigando sus distintos filones nos permitirá llegar a establecer líneas y términos de comparación y de diferenciación entre los yacimientos que encajan de manera equigenética en la zona y ser base para las deducciones a que podamos llegar. Esos resultados, a su vez, al ir extendiendo el estudio, nos pueden permitir la comparación con los resultados obtenidos en otras exploraciones y reconocimientos, primero, y la explotación, después.

Por lo que hace a la provincia cordobesa, en la zona Norte de esa alineación hipogénica de la Sierra de los Santos se han trabajado algunos otros yacimientos de galena y blenda argentífera, a más del que ahora va a merecer nuestro examen; pero, desde luego, su emplazamiento, con relación al eje del sinclinal determinado por aquélla, no es exactamente comparable, por lo que no es de extrañar que los minerales que allá se reconocieron no se ofrezcan exactamente en los mismos dispositivos. Fácilmente así se deduce al relacionar los resultados de los trabajos llevados a cabo en esa mina y en la de «Los Eneros», «Viñas Perdidas» y «Santa Bárbara», del término municipal de Fuenteovejuna.

Sobre la región del contacto del granito y de las pizarras paleozoicas en las inmediaciones del Valle de los Pedroches.

Con motivo del Estudio de Nuevos Criaderos de la Jefatura de Minas de Córdoba, hemos tenido ocasión, en el pasado año, de examinar con detalle las características del contacto de la mancha granítica de los Pedroches con las pizarras margina-

les, estudiando la serie de fisuras que allá se aperciben rellenas, y definiendo yacimientos minerales, de diferentes tipos y menas explotables.

Es muy interesante el estudio en cuestión; en realidad, es complementario, en su aspecto geológico, del que realizó el distinguido catedrático Sr. Hernández Pacheco en la sección oriental del citado Valle de los Pedroches, en la cuenca del río Jandula, Jaén, y se presta el que analizamos a seguir de cerca las fisuras de esa roca hipogénica.

Aparecen allá dos series petrográficas bien distintas. Una serie de pizarras paleozoicas, consideradas por la Comisión del Mapa Geológico de España en el Cambriano, por el Sr. Hernández-Pacheco en el Siluriano, que nosotros hemos llevado al Carbonífero en vista de los fósiles hallados en la misma en la región de Belalcázar, y que después, por los reconocidos en Montoro, hemos confrontado que en realidad entre el Devónico superior y el Carbonífero inferior ha de quedar definitivamente, más bien en el último sistema. Nuestra hipótesis acerca de la continuidad de esta mancha geológica a La Carolina ha sido confirmada por los hallazgos del Dr. Hencke en las inmediaciones de la mina «El Guindo».

El granito y la pizarra hacia la región del contacto aparecen cortados por una serie de yacimientos filonianos a los que se agregan un conjunto de fisuras de más reducida importancia, que en el plano confeccionado al efecto no se han señalado, ya por el menor atractivo desde el punto de vista minero, bien por la escasa potencia de la grieta, o porque el relleno de la misma la excluía para el objetivo filoniano que entonces merecía nuestra atención. A esas grietas se unen las numerosas diaclasas del granito, *colenas* del país, que se ven en todos los lugares donde la roca tiene cierta dureza y adelantó suficientemente la erosión, ofreciéndose entonces esos diques graníticos en forma de canchales de formas poliédricas, que semejan

ciclópeos circos en los valles, consecuencia de esas diaclasas o líneas de fisuración, horizontales unas y verticales otras.

Es muy interesante tener en cuenta, a este fin de la fisuración, que en toda la región de los Pedroches las minas explotadas en el granito nunca han dado grandes cantidades de agua, han sido escasas en ese líquido, dándose el caso, en el término municipal de Montoro, en la mina «San Eduardo», de tener que marchar la extracción de un pozo allá situado para obtener agua y sostener las calderas de una mina inmediata.

La afluencia del líquido es mayor cuando las minas están situadas en el mismo contacto del granito y de la pizarra en la zona Norte de la mancha granítica de los Pedroches, cuando el drenado se hace a ese rumbo, es decir, hacia la cuenca del Guadiano, como ocurre en la mina «San Jaime», en Torre-campo, por ejemplo; demostrándose así que esa zona granítica es escasa en aguas por estar muy drenada, a pesar de lo que hacen creer a primera vista las abundantes arenas que la cubren y de la tendencia a ofrecerse el relieve en los Pedroches en la forma de penillanura.

Esto nos ha hecho estimar que se hallan drenados los depósitos de los niveles permeables definidos en tales mantos, lo que es debido a la fisuración general del batolito granítico, de la cual es indicio la serie de grietas y filones que cruzan el país, particularmente hacia el contacto del hipogénico y del sedimentario, que hemos representado en el plano de la zona.

De acuerdo con todo este cortejo de hechos, tenemos otro antecedente. Cuando las circunstancias son apropiadas para ello, cuando se pasa en los itinerarios del hipogénico al sedimentario, siguiendo una vaguada en el sentido de su desagüe, siempre en el lugar de tránsito tenemos o fuentes o indicios de corrientes subvalveas, junqueras, verdor del pastizal, etcétera. Ello parece concordar todos los elementos de juicio que se han expuesto en lo que precede.

RESUMEN

La falla del Guadalquivir es la razón fundamental del paisaje andaluz. Los factores geográficos están aquí acordes con los conjuntos geológicos que determinan las tres regiones naturales: Sierra Morena, Campiña Andaluza, Cordillera Penibética.

Por primera vez hemos llegado a consignar en este trabajo la presencia de un hito probable del Carbonífero aflorado dentro del conjunto mesozoico de la Sierra de Priego, perteneciente a la Cordillera Penibética.

El Guadalquivir es un río cuaternario; la terraza aluvial más alta del mismo queda a 200 metros sobre su cauce en las cercanías de Córdoba, lo que da idea de la intensidad de su erosión. Las arenas cuajadas de Bujalance y los limos anaranjados de los Visos de Córdoba, son los últimos depósitos que tienen lugar en la bahía que se hallaba entre la Sierra Morena y la Cordillera Penibética, pertenecen al Plioceno superior.

Gracias a la erosión, aparecen en las márgenes del Guadalquivir las series geológicas del Paleozoico y del Terciario, que permiten el análisis de la infraestructura de Andalucía. Pero esa erosión, en la parte de la Sierra Morena, lleva como corolario el captado sucesivo de tierras a la cuenca del Guadiana, de cuyo hecho quedan en el día, como fehacientes testigos, numerosas terrazas cuaternarias hacia la divisoria de ese río con el Guadalquivir. La modificación del paisaje al Norte está evidenciada por la penillanura del Valle de los Pedroches, que en el Sur taján los ríos afluentes del Guadalquivir. Esa penillanura queda al Norte bruscamente cortada por la cortina

de las sierras cuarcíticas del Guadalmez y Santa Eufemia, que nos ofrece un aspecto geográfico análogo al de la escarpa de la Sierra Morena al valle andaluz.

El análisis de los movimientos que actualmente se perciben en Andalucía, es por demás instructivo. Desplazamientos parciales se ha visto que proceden de las disoluciones sucesivas de estratos yesífero-salíferos, caso relativamente frecuente en la Campiña y en la Cordillera Penibética. En parte no puede dudarse de que a tal causa se deben algunas anomalías topográficas y geológicas, que de otra manera sería muy difícil explicarse.

Una serie de hallazgos fosilíferos, llevados a efecto en el Valle del Guadalquivir y hacia la encía de la Cordillera Penibética, nos permiten reconstituir la historia geológica andaluza en el Terciario. Depósitos que yacían en el momento de su formación de 200 a más de 4.000 metros de hondura, pueden catalogarse en áreas sucesivas y obtener el plano de la fisiografía de la Campiña Andaluza en el Terciario inferior. La presencia actual de la glauconita en los terrenos campiñeses es una razón de la feracidad de los mismos.

El tránsito del Terciario medio al superior está claramente delimitado por la serie foraminífera fósil que en los estratos cordobeses puede ser analizada. Los depósitos del Mioceno aparecen al Sur de la línea del Guadalquivir, según una faja de unos 25 kilómetros de anchura, a la que más al Mediodía siguen los estratos del Terciario inferior con la facies del Flysch, aquéllos suavemente combados, éstos fuertemente plegados. Los depósitos del Terciario inferior se hallan coronados por una serie diatomífera que nos revela los hechos tectónicos precedentes al levantamiento alpino.

Los depósitos miocenos que aparecen dentro de la Sierra Morena, en la Aldea de Cuenca, de la provincia de Córdoba, los manifiestos en la misma falla del Guadalquivir, nos de-

muestran que la zona frontera de la falla en cuestión, la Sierra Morena, ha experimentado un movimiento de emergencia. Los fósiles sucesivos nos indican condiciones de vida cada vez más difíciles en la bahía andaluza; la fauna marina experimenta una modificación hacia los tipos del estuario y la marisma. Las margas azuladas del Mioceno andaluz, que se habían considerado como azoicas por algunos, ofrecen numerosos yacimientos fosilíferos, de los que he acotado más de 50. La Sierra Morena ha subido, con relación al nivel del mar, unos 400 metros desde los comienzos del Plioceno al día.

Los movimientos de la Sierra Morena en el Terciario se realizaron en conjunto en sentido sucesivo, según la vertical. Parece, pues, subsistir una permanencia en la clase del movimiento que define la falla del Guadalquivir, al Sur de la cual se nos ofrece un suave sinclinal mioceno. Hay allí una tendencia a la definición de las estructuras monoclinales por depresión del conjunto entre bordes marginales resistentes.

Geográficamente, siempre hay una concordancia perfecta entre las formas topográficas y la constitución geológica. Así, en la Campiña tenemos la región del olivo, que, con unos 25 kilómetros de anchura, se adapta al borde septentrional de la Cordillera Penibética, definida por las series del Terciario inferior y algunas secundarias. La zona cerealista está formada por estratos del Terciario exclusivamente, entre la que se intercalan zonas de terrazas cuaternarias pedregosas, dedicadas también a los cultivos arbóreos. Por último, estas terrazas cuaternarias inferiores y los aluviones del río definen el verdadero Valle o tierra llana del Guadalquivir, que comienza en Palma del Río y sigue a la región de las marismas sevillano-gaditanas.

Llanura del Guadalquivir y Campiña Andaluza no son, pues, sinónimas. Como no son horizontales las estratificaciones en la Campiña Bética.

El papel pasivo de la Sierra Morena a la vista de los dispositivos de las areniscas del Triásico, queda concretamente así determinado desde los comienzos del Secundario. Por el contrario, las margas irisadas del Keuper aparecen, al Sur de la línea del Guadalquivir, sumamente plegadas y dislocadas, a más de 25 kilómetros al Mediodía de los asomos de la arenisca roja. Algunos fósiles se han hallado en las capas de lignito reconocidas entre esos estratos del Keuper, entre los que son numerosos los apuntamientos ofíticos que los cortan. El número de estos asomos que he reconocido pasa ya de un centenar en la provincia de Córdoba.

Las margas irisadas de la Campiña hay que considerarlas como triásicas. Sin embargo, la persistencia de los yesos en el Terciario inferior hace pensar acerca de otras posibles interpretaciones. Con esa clasificación se halla íntimamente relacionado el problema de las cobijaduras en la Campiña y en la Cordillera Penibética. La edad de la Cordillera Penibética es miocena.

La falla del Guadalquivir es un hecho que no admite discusión. Es el accidente por excelencia de la tectónica española. El dispositivo anormal del Cambriano y del Carbonífero al Norte de Córdoba nos demuestra la persistencia de esa zona de fractura definida por la falla en cuestión. Hay una predisposición a la fractura en la actual línea del Guadalquivir a través de las edades geológicas.

Los yacimientos fosilíferos del Cambriano más interesantes en España son los de la zona de las Ermitas de Córdoba, donde aparecen abundantísimos *Archaeocyathidos*. Comparando estos yacimientos con los de Cerdeña se vislumbran nuevas relaciones probables que permiten avanzar elementos de juicio en el estudio de la Geología del Mediterráneo.

Acciones erosivas sobre las ruinas del plegamiento Herciniano han definido las características, los rasgos fundamentales

del paisaje de la Sierra Morena. Aquí, los valores geológico-tectónicos y los geográficos, al analizar los hechos, se ve que van una vez más siempre en íntima dependencia. El Valle de los Pedroches divide esa sierra en dos porciones, determinándose así tres zonas donde tal concordancia puede comprobarse. En último término, el factor habitabilidad, relacionado con todos los anteriores, llega a demostrarse que tiene valores al parecer no sospechados, a causa de una leyenda negra que precisa arruinar. Hoy, gracias a los trabajos oficiales, nos es perfectamente conocido el detalle topográfico. La altura media de la Sierra Morena es la de 600 metros sobre el nivel del mar en Alicante.

La Sierra Morena, a causa de la erosión, nos ofrece esquematizado un conjunto de líneas tectónicas, ya de fracturas, ya de plegamiento. La diferente actividad de tales agentes erosivos ha llevado en último término a conservar en unos lados los depósitos hulleros, que en otros lugares fueron arrasados. Los yacimientos minerales muéstranse en íntima relación con las inclusiones determinadas por los grandes batolitos y con las alineaciones hipogénicas, en modo alguno con la línea de fractura del Guadalquivir. El escarpe de la Sierra Morena al Valle del Guadalquivir sigue concreto, sin soluciones de continuidad, hasta Huelva.

La falla del Guadalquivir es Permiana. El *substratum* de las cuencas del Viar y de Villanueva de las Minas, en parte Devoniano. El análisis tectónico nos demuestra que hay diferentes fases en la plegadura herciniana. El Devoniano tiene una extensión en la Sierra Morena muy superior a la que se venía suponiendo. En aquella, una línea tectónica hasta ahora no determinada y que corre extensamente por las provincias de Badajoz, Córdoba y Jaén, es la falla que al Norte separa el Devoniano del Silúrico en Santa Eufemia, la cual sigue a La Carolina. Mis hallazgos en Belalcázar me permiten llegar a la

conclusión de que la serie de las pizarras consideradas como azoicas que limitan al Norte y al Sur la mancha granítica de los Pedroches, que se venían estimando como Cambrianas, pertenecen al Carbonífero inferior. Esos depósitos considerados como Cambrianos hasta aquí, en unión de algunos otros de análoga clasificación cronológica, deben pasar, pues, al Culm, unos, al Devoniano, otros. Se impone, en su consecuencia, una revisión de la geología de Sierra Morena, particularmente por lo que a la acepción cronológica se refiere.

El plegamiento del Vesfaliense aparece mucho más cerrado que el del Carbonífero superior, y ambos en discordancia con la plegadura Devoniano-Culm. Hay, pues, esas fases sucesivas en la plegadura herciniana, que finaliza con las grandes fracturas cuya representación por excelencia es la falla del Guadalquivir. La existencia de movimientos prehercinianos, por otra parte, no admite duda; a ella corresponde probablemente la línea de fractura plasmada en la escarpa que separa la Alcudia del Valle de los Pedroches. La tectónica de la Sierra Morena ofrece arribamientos de esos dos tipos, con una preponderancia herciniana indudable. Gracias a su análisis podemos orientarnos en el estudio del Carbonífero en el Sur de España, tratando de despejar las posibilidades de su prolongación.

Pero esa extensión del Carbonífero y del Devoniano queda demostrada, al mismo tiempo que la investigación que ha sido necesario llevar a cabo ha ido poniendo a la vista nuevos detalles petrográficos y nuevos yacimientos fosilíferos de formaciones más antiguas, que confirman cada vez más en el detalle las conclusiones generales fruto del análisis primero.

El análisis de los materiales hipogénicos de la región es muy interesante e instructivo. Por un lado se nos muestran dos zonas completamente diferenciadas desde este punto de vista. En la Sierra del Sur, en la Cordillera Penibética, las ofitas aparecen paralelamente dispuestas a la línea de la escarpa de

Sierra Morena; en ésta, las manchas hipogénicas parecen en relación con el plegamiento herciniano. Por último, hay asomos basálticos relacionados con las líneas de fractura. Tal sucede con la colada de andesitas basálticas del Monasterio de San Jerónimo de Valparaíso, al Norte de Córdoba. Es curiosa la relación manifiesta entre tres asomos basálticos que han sido estudiados, en límite común de las provincias de Granada, Jaén y Córdoba, en Hornachuelos y en el Norte de Peñarroya.

Los yacimientos filonianos aparecen en relación con las yíneas de los batolitos hipogénicos, no en relación con la falla del Guadalquivir. Gracias a ésta, la erosión, cuando el hipogénico desaparece, ha podido actuar sobre las series blandas como las carboníferas; el ejemplo lo tenemos en el Andévalo y en la zona del Olivar de Montoro, depósitos de igual fecha y sometidos a los mismos efectos, que producen el mismo paisaje.

Cada ejemplo que se ofrece a nuestra consideración en Andalucía y en la Sierra Morena, aparece explicado por esa compleja concurrencia de sucesos pretéritos y actuales, a los que se une en todo caso la manifestación de los efectos metamórficos más variados, que, particularmente, cuando de asomos hipogénicos se trata, aparecen manifiestos, ya por la silicificación, más patente por el endurecimiento marginal, que ha llevado consigo la formación de diques hoy expuestos a la erosión milenaria; tal sucede en la Sierra de los Santos y con el Valle de los Pedroches.

El campo que a la observación y al análisis se nos ofrece en Andalucía, cada vez aparece más dilatado y múltiple; todos los problemas de la geología hispana aquí tienen su resonancia. Los presentes apuntes son solo una exposición de la serie de cuestiones que antes de proceder a su análisis en detalle y a la descripción de cómo los he visto, a modo de avance he tratado de sintetizar.

CÁDIZ Y SU BAHÍA

EN EL TRANSCURSO DE
LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS

POR

JUAN GAVALA Y LABORDE

Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico
y Minero de España.

CÁDIZ Y SU BAHÍA

EN EL

TRANSCURSO DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS ⁽¹⁾

Cádiz, la tacita de plata del Atlántico, la legendaria factoría de los mercaderes fenicios que en siglos remotos derramó destellos de civilización sobre nuestra querida España, asienta su pulcro y opulento caserío sobre un islote rocoso que rebasa tan sólo unos metros el nivel de las aguas del Océano. Sin la protección del hombre, que desde los albores de su historia se desveló por conservar ese jirón de tierra española, disputándosele al imperio de los mares, el islote gaditano habría cedido al envite arrollador de las olas y sería en los tiempos que corren un arrecife más en las avanzadas de la costa: un peligro para la navegación, a semejanza de la famosa Peña Salmedina. Necesario fué revestir los deleznales acantilados costeros con potentes murallas de sillería, y completar de ese modo la coraza con que los edificios protegen la superficie de la isla, para prolongar la vida de los cimientos de Cádiz; sin ello, la acción destructora, lenta, pero constante, de las fuerzas naturales, habría arrasado uno de los más valiosos baluartes de nuestra historia patria.

¿Qué relación guarda ese islote, tan codiciado de los antiguos colonizadores, con las inmediatas costas de la Península? En el armónico concierto de los relieves de nuestro Globo, ¿qué representa la isla gaditana con el cortejo de bajos y arre-

(1) Comunicación presentada al XI Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.

cifes que bordean el litoral, y en virtud de qué fenómenos geológicos se desgajó con ellos del territorio peninsular o surgió del seno de las aguas para aumentar los dominios de la tierra firme? ¿Cuál es el origen de la hermosa bahía y de esas dilatadas planicies fangosas, lazo de unión de la isla con el continente, que cruzan aún las aguas del mar por cauces inseguros, temerosas de privar a los hijos de Cádiz de un medio de defensa puesto a prueba en trances apurados?

Preguntas son éstas que seguramente se habrán formulado infinidad de personas conocedoras y amantes de esa privilegiada región de España, pero poco familiarizadas con los estudios geológicos; a satisfacer esa natural curiosidad tiende la comunicación que se desarrolla en las páginas que siguen, y que un ferviente admirador de las costas gaditanas somete a vuestro juicio.

I. — Cádiz y su bahía en la época actual.

El islote donde se asienta Cádiz, y con él los bancos de rocas pliocenas que lo forman, se prolonga, al Sur del perímetro que cubre la población antigua, en estrecho arrecife hasta el Castillo de Torregorda, a ocho kilómetros de la Puerta de Tierra. La superficie del islote mide escasamente nueve kilómetros cuadrados, cuando las aguas del mar se encuentran en su nivel medio, y se reduce en cerca de dos durante las pleamares vivas. Cuando baja la marea, se descubre, a lo largo de la línea costera que da frente al mar libre, una hilada de conglomerados pliocenos, base de la isla gaditana. En el extremo Noroeste de la isla, esto es, en la parte edificada, esos conglomerados, a que llaman en la localidad «piedra de la mar» y «piedra ostionera», por la infinidad de conchas de ostras y péctenes que contiene, sustentan bancos de arenas arcilloso-

calíferas con intercalaciones de areniscas y calizas conchíferas, rocas deleznable que forman la masa principal de la colina sobre que se asienta la capital; esa parte más alta de la formación pliocena de Cádiz falta en el trayecto de Puerta de Tierra a Torregorda, donde se ha acumulado sobre los conglomerados ostioneros una capa de arenas voladeras que caminan del Océano hacia la bahía a impulso de los vientos de Poniente.

Al Sur del Castillo de Torregorda, donde acaba la Isla de Cádiz propiamente dicha, se extiende una vasta planicie fangosa de forma triangular, que se apoya en el borde occidental de la Isla de San Fernando, y por cuyo centro cruza el caño llamado Río Arillo, límite de los términos municipales de San Fernando y de Cádiz.

La Isla de San Fernando se halla a Levante de la de Cádiz; es algo mayor que ella; mide de Norte-Nordeste a Sur-Suroeste siete kilómetros, y en sentido transversal, poco más de uno; su superficie, 9,1 kilómetros cuadrados y 15 metros su altitud media. Presenta en cada extremo una prominencia donde el terreno se eleva a algo más de 20 metros; la ciudad asienta en una de ellas; la otra es el llamado «Cerro de los Mártires», en cuya cumbre se alza una ermita donde se rinde culto a los patronos de Cádiz, San Servando y San Germán.

A diferencia de la isla gaditana, forman la de San Fernando, además de las capas pliocenas, otras rocas de edad triásica y oligocena; estas últimas constituyen el núcleo del Cerro de los Mártires.

A Levante de la Isla de San Fernando se extiende otra planicie fangosa, de superficie mucho mayor que la que la separa de la Isla de Cádiz, y por ella establece comunicación entre la bahía y el Océano el Caño Sancti Petri, brazo de mar al que afluyen dos ríos de escasa importancia: el Iro, o río de Chiclana, y el Zurraque; ambos cursos de agua, al desembocar en la llanura marismeña, describen multitud de tornos y ensan-

chan sus cauces hasta permitir la navegación a los veleros que sostienen el tráfico de la sal.

Los historiadores, con criterio exclusivamente geográfico, consideran una sola isla, y denominan Isla de León, el territorio que separa de la Península el Caño Sancti Petri, y que queda al Norte del mismo, es decir, la unión de las islas de Cádiz y de San Fernando y la marisma del Río Arillo. En este trabajo se denominará Isla de Cádiz al islote plioceno que se extiende desde el Castillo de Torregorda hacia el Norte, e Isla de San Fernando, a la colina, en parte pliocena y en parte de rocas del Triás y del Oligoceno, que limitan por el Norte y por el Sur, respectivamente, las marismas de Río Arillo y Sancti Petri, porque al estudiar la historia geológica de un país costero no se debe confundir, ni menos agrupar, las islas con los istmos, cuando éstos son más modernos que aquéllas.

La planicie fangosa de San Fernando termina por el Este en una línea que pasa por el Castillo de Sancti Petri, Chiclana de la Frontera y Puerto Real, y lo mismo en ella que en la de Río Arillo se establecieron desde tiempos remotos infinidad de explotaciones salineras a base de la evaporación del agua del mar, y con sus *tajos*, sus *calentadores*, sus laberínticas *vuelvas de periquillo* y, sobre todo, sus blancas pirámides de sal, imprimen a esa parte del país aspecto tan típico como pintoresco.

Más allá de la línea mencionada, que sirve de límite a la planicie marismeña de las salinas, se levanta el terreno progresivamente y comienza lo que es en realidad tierra firme, toda vez que las marismas de Sancti Petri y Río Arillo no lo son; se inundarían en las pleamares de mareas vivas sin los malecones de defensa de las explotaciones salineras, y el mar comparte con la tierra su dominio.

La gran ensenada o abra marina de que forma parte la Bahía de Cádiz alcanza desde la Punta de Rota hasta la Isla

de San Fernando. La bahía propiamente dicha es el saco que limitan la Punta de San Felipe, en Cádiz, y el Castillo de Santa Catalina o de la Bermeja, en el Puerto de Santa María, y puede decirse que concluye en el estrechamiento que determinan los Castillos de Puntales y de Matagorda, porque desde allí hacia la Isla de San Fernando, si se exceptúa el canal de La Carraca, el calado es muy pequeño; oscila entre una y tres brazas, según se encuentre el agua a bajar o a pleamar, y en las bajamares equinocciales ni aun las pequeñas embarcaciones de remos pueden navegar por esa expansión interior de la bahía.

La profundidad media de la bahía exterior de Cádiz, a Levante de la línea que une la capital con el Puerto de Santa María, es de unas cinco brazas, pero llega hasta ocho en la ancha canal que conduce al Trocadero y a La Carraca.

En la ensenada de San Fernando y Puerto Real el fondo del mar es una vasta pradera submarina; las algas laminarias crecen sobre un fango negro arcilloso que se caracteriza por una fauna malacológica excesivamente pobre, tanto en número de especies como de individuos; la *Syndosmya alba* y la *Syndosmya ovata* son las únicas bivalvas que la draga recoge en esos parajes.

La naturaleza del fondo en la bahía exterior cambia según los puntos, pero a Levante de la línea que une a Cádiz con el Puerto de Santa María no es nunca rocoso: de arena, desde la canal hasta la llamada Playa de Levante, en término de El Puerto; de fango y algas, en las proximidades de Matagorda y del Castillo de Puntales, y de arena gorda, cascajo y fango, en la canal navegable.

Las rocas pliocenas que sirven de base a la parte emergida de la isla gaditana continúan bajo las aguas del mar hacia el Noroeste y hacia el Suroeste hasta bastante distancia de la costa. En general, donde la profundidad del mar pasa de siete brazas las ocultan depósitos fangosos modernos; pero algunos

islotes pliocenos sobresalen del nivel de los fangos y sus cimas llegan cerca de la superficie del agua, como ocurre en los bajos del Diamante y de la Hoya, y hasta emergen en las bajas mareas, como en el de Las Puercas.

Los conglomerados ostioneros que afloran entre Puerta de Tierra y Torregorda forman el fondo marino hasta dos millas de la costa y 10 ó 12 brazas de profundidad, y allí comienza una extensísima planicie submarina de fango más o menos arenoso, que no presenta modificación sensible en espacio de seis a ocho millas y en la que la sonda va descendiendo gradualmente hasta 25 brazas. Las muestras de fango que recoge la draga en esos lugares contienen infinidad de ejemplares de la *Turritella communis*, especie que debe cubrir extensiones enormes del fondo del mar en los alrededores de Cádiz y cuyo hacinamiento trae a la memoria las capas de gastrópodos, principalmente de *Cerithium*, que de manera análoga, sin duda, se formaron en otras épocas de la historia de la Tierra.

En relación íntima con la depresión de la bahía gaditana se halla la marisma de El Puerto de Santa María, situada entre esta población, Puerto Real, Las Mesas de Bolaño y la Sierra de San Cristóbal. Es de limos arcillosos como la de San Fernando; en parte la cubren las altas mareas, y la surcan el río Guadalete y el brazo de mar llamado Río de San Pedro.

La situación de las Islas de Cádiz y de San Fernando, relativamente a la bahía y a los depósitos fangosos que la rodean, se puede apreciar bien en un mapa topográfico donde se dibujen curvas de nivel de 10 en 10 metros, porque aun los menores relieves del terreno se destacan de la planicie de las marismas; pero el contraste es mucho mayor si se examina un Mapa geológico de la región, tal como el que expone el autor de esta comunicación en la sala de la Exposición del Congreso, porque lo revelan los colores con que se representan las diversas formaciones. En él se observa, en efecto, de manera harto

significativa, la independencia de la isla gaditana de la de San Fernando; la relación de los terrenos que las constituyen con los de la costa inmediata de Chiclana, Puerto Real, El Puerto de Santa María y Rota, y la vasta extensión de los depósitos fangosos, incorporados apenas a la tierra firme y situados a nivel ligeramente inferior al de las pleamares equinocciales.

II. — Cádiz y su bahía en los comienzos de la Era Cuaternaria.

Los fangos marismeños de los alrededores de la Bahía de Cádiz yacen sobre capas pliocenas semejantes a las de las islas gaditanas, y así lo han puesto de manifiesto infinidad de sondeos hechos en diversos puntos para estudiar las fundaciones de obras de fábrica importantes; constituyen dichos fangos, en consecuencia, un depósito más moderno que el de las capas pliocenas, de edad astiense, y el estudio de la geología local demuestra que corresponden a la época cuaternaria o reciente y son producto del aporte de corrientes fluviales.

Retrotraigamos nuestras observaciones a la época lejana en que esos depósitos fangosos no habían comenzado a formarse, o lo que es lo mismo, suprimamos con el pensamiento los millones de toneladas de limos arcillosos que cubren las rocas pliocenas entre Cádiz y San Fernando, entre San Fernando y Chiclana, y entre El Puerto de Santa María y Puerto Real (1). Las aguas del mar invadirían las depresiones en que se albergan dichos limos, y un abra marina, con calado de 15 a 20 metros, ocuparía el actual emplazamiento de las marismas. En la

(1) Los depósitos fangosos se extienden sobre una superficie de 250 kilómetros cuadrados aproximadamente. Si se admite para los mismos un espesor medio de 20 metros, cubicarían, en números redondos, 5.000 millones de metros.

costa oriental de esa abra veríamos avanzar a modo de Cabo la península donde se destacan el Cerro de Ceuta y el de las Caleras, en cuyo extremo se halla edificado Puerto Real. Desde lo alto de ese Cabo, y a cinco o seis kilómetros mar adentro, se divisarían las Islas de Cádiz y de San Fernando separadas por un paso de más de tres kilómetros de anchura; otro espacioso canal de cerca de cinco kilómetros separaría la Isla de San Fernando de la inmediata costa de Chiclana, y acaso un sinnúmero de pequeños islotes se vería surgir del mar en las cercanías de las dos islas principales, islotes arrasados más tarde por el continuado y furioso batir de las olas. Los puntos en que luego se habían de levantar los blancos caseríos de El Puerto, Puerto Real y Chiclana aparecerían a nuestros ojos a orillas de esa gigantesca bahía atalayada por las islas que andando el tiempo habían de facilitar el arribo a nuestras costas de las ricas civilizaciones del Oriente.

Y no serían necesarios grandes cataclismos geológicos para que se ofreciera a nuestra vista semejante espectáculo. Bastaría con que las aguas del mar rebasaran durante una marea en poco más de un metro su nivel acostumbrado para que se reprodujera, al menos en apariencia, la gran bahía gaditana de los comienzos de la Era Cuaternaria.

Pero retrocedamos un poco más en la historia geológica de Cádiz. Indaguemos qué fuerzas naturales originaron esa gran ensenada de forma correctamente triangular, cuyos vértices coincidían con los actuales emplazamientos de Rota, el Castillo de Sancti Petri y la estación férrea de El Portal, a mitad de camino entre El Puerto de Santa María y Jerez. Si nos fuera dado vivir aquellas épocas lejanas, veríamos cómo un río caudaloso aflucía al mar justamente en El Portal, y cómo con sus constantes avenidas enturbiaba las aguas de la gran bahía, a la manera como ocurre ahora con el Guadalquivir y la Broa de Sanlúcar de Barrameda. Pero mucho más cauti-

varía nuestra atención el ver cómo al iniciarse el descenso de la marea, las aguas represadas del río se precipitaban con impetuosa corriente hacia el mar libre, abriéndose paso entre las islas y los escollos de la costa; porque si devastadoras debieron ser en todo momento las crecidas de los ríos en la época que merced a la intensidad inusitada de las lluvias ha merecido de los geólogos el nombre de Diluvial, el efecto destructor de las avenidas que, engrosadas por la onda de la marea, descendieran por los cauces, habríamos de compararlo al del alud que provoca un dique que falla en sus cimientos.

A favor de esas corrientes que arrollaban cuantos obstáculos se oponían a su paso, fué el Guadalete excavando su delta, su estuario, y no otra cosa es esa gran bahía de que tratamos, ni otro su origen; y a fe que pocas veces cuadra mejor al estuario de un río el nombre de delta, porque raras son las ocasiones en que se labran esas ensenadas de la costa con forma triangular tan perfecta.

No creo necesario insistir en que estuarios como el del Guadalete, requieren para formarse la acción combinada de la corriente fluvial y de la marea; un río, con su caudal propio, excava y profundiza su valle, pero el ensanchamiento progresivo de la desembocadura que constituye el delta interior sólo puede producirse por la acción combinada del río y del mar y a partir del punto adonde llega la onda de marea: ese punto es el vértice del estuario.

El delta del Guadalete tiene algo extraordinario que merece la pena hacerlo notar: su forma, casi equilateral, es decir, su poca altura con relación a su base, que desde Rota al Castillo de Sancti Petri mide 30 kilómetros. Esta forma tan poco frecuente en los estuarios radica, sin duda, en la resistencia opuesta a la corriente fluvial por los promontorios de Cádiz y de San Fernando que el Guadalete no pudo arrasar y obli-

garon a sus aguas a rodearlos, dividiendo la desembocadura del río en tres brazos.

En definitiva, las Islas de Cádiz y de San Fernando representan testigos de la lucha entre el Guadalete y el mar; restos de una costa desgarrada y arrasada por las avenidas de un río en los comienzos de la época diluvial.

Seguramente no faltará quien pregunte si un río de las modestas proporciones del Guadalete pudo arrastrar en épocas geológicas pasadas caudales tan importantes como los que, sin duda, produjeron erosiones de tal cuantía, y para contestar a esa pregunta y dar al mismo tiempo idea de la actividad de dicho río en la época de su historia a que nos referimos, bastará consignar que las capas de conglomerados y gravas diluviales que abandonó la corriente en el cauce mayor durante el período de excavación del estuario, miden en El Portal, es decir, en el mismo vértice de éste, más de tres kilómetros de anchura. Júzguese por este dato de la importancia de una corriente que, a pesar de esa extraordinaria amplitud del cauce, conservaba velocidad para arrastrar cantos rodados de más de 10 centímetros de diámetro. Por otra parte, el considerable espesor que en el antiguo valle del Guadalete tienen los acarros gruesos, indica que era grande la masa de cantos rodados que la corriente ponía en movimiento, y grande también el tirante de la lámina de agua que se deslizaba por el cauce.

La cuenca del Guadalete, en unión de las de los pequeños afluentes del estuario, mide 3.966 kilómetros cuadrados. Las máximas crecidas del río registradas en nuestros días pueden calcularse en 3.000 metros cúbicos por segundo, y se producen cuando descargan en la cuenca lluvias pertinaces que saturan las capas superficiales y sobrevienen a continuación fuertes aguaceros equivalentes a una altura de lluvia media en la cuenca de 60 a 70 milímetros en veinticuatro horas. Es de advertir que una lluvia uniformemente repartida en el tiempo, de 70 mi-

límetros por día, equivale a una elemental de 0,0000008 metros, que, multiplicada por la superficie de la cuenca, arroja un volumen de más de 3.000 metros cúbicos por segundo; de modo que, aun sin contar con los máximos momentáneos que se producen en los períodos de lluvia, bastaría esa precipitación continuada para originar crecidas del caudal indicado. Pero en algunos puntos de la divisoria oriental del Guadalete se registran actualmente lluvias de más de 200 milímetros en veinticuatro horas, y si esas lluvias se generalizaran en la cuenca, los caudales del río llegarían con facilidad a 10.000 metros cúbicos por segundo (1). Muy lejos está, sin duda, esta cifra, de las que debieron representar los caudales de avenida del Guadalete en los comienzos de la época cuaternaria; pero si llegamos a ella barajando números que la observación comprueba en nuestros días, siquiera sea en áreas localizadas de la cuenca, no debe parecerse extraño que, en una época que se caracterizó por sus abundantes precipitaciones, las crecidas de dicho río alcanzasen, al menos momentáneamente, caudal tres o cuatro veces mayor.

De ese orden debieron ser las avenidas del Guadalete cuando su corriente, con impulso concentrado por la acción de las mareas en la desembocadura, desgarró la costa gaditana entre Rota y Chiclana y excavó los profundos y dilatados pasos de Sancti Petri, Río Arillo y la boca de entrada de la actual bahía.

Pero el régimen de lluvias torrenciales se fué mitigando paulatinamente; el caudal del Guadalete disminuyó más y más en épocas sucesivas, y las corrientes en el estuario amortiguaron considerablemente su velocidad. Las arenas y los limos de las crecidas comenzaron a depositarse en la amplia ensenada que antes había abierto el río, y poco a poco el estuario fué perdiendo su calado y rellenándose.

(1) En 10.000 metros cúbicos por segundo se estiman las máximas avenidas del Guadalquivir.

Sabido es con cuánta irregularidad se opera el relleno de los estuarios, toda vez que los limos se depositan en el seno de corrientes que con facilidad cambian de curso al crearse a sí mismas obstáculos a su desenvolvimiento, y en el caso que analizamos, es por demás curioso que el Guadalete rellenara totalmente la mitad Sur de su estuario y haya quedado libre de acarreos, o al menos no tan azolvada, la mitad Norte. La causa de esta diferencia ha de buscarse en el establecimiento de corrientes marinas que impidieron el depósito de los limos en la parte del estuario que ahora ocupa la bahía, y que todavía hoy mantienen limpia la canal.

Es lógico suponer que a medida que la gran ensenada del estuario se fuera cegando y perdiendo fondo, el Guadalete se abriría paso trabajosamente en el seno de sus propios aluviones, y modificaría su curso después de cada acumulación importante de limos. El brazo o emisario principal, el que conducía al mar la parte más importante del caudal de las avenidas, debió ser durante mucho tiempo el llamado Río de San Pedro, no cortado como hoy se halla en el bajo de Matagorda, sino prolongado hasta el mar libre por el Caño Sancti Petri, que no es más que un trozo aislado del antiguo cauce del Guadalete. Otro canal de menos importancia como emisario de crecidas debía ocupar en aquel entonces el actual emplazamiento de Río Arillo, y el saco interior de la bahía, próximo a cegarse, no comunicaría ya probablemente con la bahía exterior a través del Estrecho de Puntales. Otro brazo del Guadalete bordearía la Sierra de San Cristóbal, siguiendo el llamado Caño de la Piedad, y desembocaría en el mar, en El Puerto de Santa María.

Siguiendo su proceso el fenómeno de relleno, y una vez nivelada la zona del estuario comprendida entre Cádiz, Puerto Real y Chiclana, la más inmediata al emisario principal, debieron las aguas del río durante alguna gran avenida buscar salida

al mar libre por el Estrecho de Puntales para acortar de ese modo su recorrido por la planicie del estuario, y a partir de ese momento se estableció un nuevo régimen en la circulación de las aguas dulces y saladas en derredor de Cádiz. Como la onda de la marea tarda más de una hora en propagarse del mar libre al saco interior de la bahía, a la corriente propia del Guadalete debió unirse durante las horas de vaciante una fuerte corriente marina que, penetrando por Sancti Petri, desembocaría en Puntales, y el río, aunque exhausto por el decrecimiento de las lluvias en la cuenca, al recibir ese nuevo refuerzo en la desembocadura, pudo excavar un nuevo delta con su vértice en el punto donde el antiguo cauce se rompió. Ese nuevo delta es la bahía que hoy contemplamos: una parte del cauce roto, el Río de San Pedro, y la otra, convertida en brazo de mar, el Caño Sancti Petri (1). Fenómenos de captación posteriores, de época relativamente moderna, dieron por resultado la desviación del Río de San Pedro en el bajo de Matagorda, el encauzamiento de la corriente principal del Guadalete por el brazo que desemboca en El Puerto de Santa María y el relleno del cauce de San Pedro en las marismas de La Tapa, con lo que quedó convertido, como el Sancti Petri, en un brazo de mar y sin más afluencia de agua dulce que la del pequeño Arroyo de los Barrancos.

Los limos que arrastra el Guadalete en nuestros días por el brazo del Puerto, único con que comunica con el mar, tienden, como es natural, a cegar la Bahía de Cádiz; los bajos de la desembocadura avanzan sin cesar mar adentro, y sobre los fangos que el río deposita se acumulan las arenas que las olas lanzan a la costa con los temporales del Suroeste. La

(1) Es curioso que los dos tramos del antiguo cauce del Guadalete tengan el mismo nombre, si bien uno en latín y otro en español. No sería difícil que esa nomenclatura date de época en que tuvieran alguna manifiesta conexión las dos secciones del cauce roto.

corriente del río, desde que se construyó el Pantano del Guadalquivir, en su principal afluente, carece de fuerza para romper el cordón litoral de arenas que el mar tiende a construir a lo largo de la costa, y a marea baja puede cruzarse ya de una a otra orilla del río frente al Castillo de la Pólvora. La corriente de marea mantiene abierto un pequeño canalizo por donde a determinadas horas pueden entrar y salir los barcos pesqueros, y bien encauzada se dirige de allí hacia la Punta de la Bermeja, donde se incorpora a la que circula por la canal de la bahía. Esta última procede del Caño Sancti Petri y se acrecienta a partir del Estrecho de Puntales con el volumen enorme de agua que se almacena en cada marea en el saco interior de la bahía y se vierte durante la vaciante en el mar con velocidad más que suficiente para mantener la canal libre de los depósitos que de otro modo llegarían a rellenarla en plazo más o menos lejano.

Como es ley general en tales casos, los fenómenos que hoy se desarrollan a nuestra vista en el estuario del Guadalete son consecuencia de los que en época remota imprimieron a esa parte de la costa gaditana su actual relieve, y la apertura de la Bahía de Cádiz y el mantenimiento de su calado datan de los días lejanos en que las aguas de aquel río desbordaron su antiguo cauce Sancti Petri, y al penetrar por el Estrecho de Puntales establecieron comunicación entre el mar libre y la bahía. Sin esa comunicación, y sin el establecimiento de las corrientes marinas que fué su consecuencia inmediata, la Bahía de Cádiz sería en la actualidad una marisma como lo es el abra de El Puerto de Santa María, donde en los comienzos de la Era Cuaternaria batían las olas al pie de la Sierra de San Cristóbal, y como lo son los amplios pasos de Sancti Petri y de Río Arillo. El cierre del Estrecho de Puntales ocasionaría en plazo no lejano el relleno total de la bahía.

III. — Cádiz y su bahía en la época pliocena.

Una ojeada al Mapa geológico de la provincia de Cádiz pone de manifiesto que los depósitos pliocenos, en el seno de los cuales excavó el Guadalete su estuario, cubren a lo largo de la costa una faja de 8 a 10 kilómetros de anchura, desde Sanlúcar de Barrameda hasta Conil, y penetran muy adentro en territorio gaditano, entre El Puerto de Santa María y Chiclana, pues llegan hasta más allá de Jerez de la Frontera, de modo que el mar plioceno, a la vez que bañaba los terrenos de la costa actual hasta la distancia indicada de las orillas, cubría los dominios del estuario del Guadalete, y rebasando sus límites por el Norte, se extendía por los llanos de Caulina y comunicaba probablemente con el mar que a la sazón penetraba por el valle inferior del Guadalquivir, porque en las trincheras del ferrocarril de Sevilla a Cádiz, en el trayecto por donde cruza la divisoria entre los dos ríos mencionados, se ven restos de arenas pliocenas con menudos fragmentos de fósiles de la época.

En esa ensenada del estuario del Guadalete, el mar plioceno tenía profundidades mayores que a lo largo de la faja costera, pues lo mismo en las proximidades de Jerez, que en Rota y que en Chiclana, la base de los depósitos pliocenos, o lo que es lo mismo, el fondo del mar de aquella época, se encuentra a 15 ó 20 metros sobre el nivel actual del Atlántico, y, en cambio, en los dominios del estuario, sondeos de 60 a 70 metros no han llegado a encontrar el *substratum* de las capas pliocenas. De manera análoga, al Oeste de Cádiz, según se dijo en páginas anteriores, los conglomerados pliocenos forman los fondos marinos hasta profundidades de 12 y 14 brazas, y las capas que toca la sonda no serán probablemente las más inferiores del terreno en cuestión.



En los bordes del estuario se destacan varios asomos de terrenos más antiguos que el Plioceno entre los estratos de este último: el Cerro de Ceuta, a dos kilómetros a Levante de Puerto Real, es de calizas y yesos triásicos; el de las Caleras, de margas blancas de la base del Eoceno, y el Cerro de los Mártires, en la Isla de San Fernando, de yesos triásicos y de arcillas de diatomeas, roca denominada en la localidad «albariza» por su color blanco, y perteneciente a la formación oligocena. Por último, el Cerro de Santa Ana, en Chiclana, es también de rocas triásicas.

Esa mayor profundidad del mar plioceno en el emplazamiento del estuario del Guadalete, denota que con anterioridad a la invasión marina de aquella época se había producido allí una depresión, aunque mucho más extensa, análoga en la forma a la que más tarde, en los comienzos de la Era Cuaternaria, produjo el Guadalete con sus crecidas. Su forma induce a suponer que tuvo por causa la acción denudadora de otra corriente fluvial, y que constituyó el estuario de un río cuya cuenca no debió diferir mucho de la del Guadalete, aun cuando es posible que contribuyera a aumentar la corriente propia de aquel río algún brazo del Guadalquivir que buscara salida al mar por los Llanos de Caulina; esto explicaría que el vértice del estuario en cuestión se halle entre los Cerros de Cuadrejón y de Montejil y no exactamente en la dirección del valle del Guadalete.

De todos modos, los límites del mar plioceno en los alrededores de la Bahía de Cádiz difirieron poco de los del mar cuaternario, pero el nivel de sus aguas con relación a la tierra firme era mucho más elevado, y, por tanto, mucho mayor su profundidad. Los sedimentos arenosos que se acumularon sobre su fondo quedaron más tarde emergidos, y la superficie del depósito a más de 50 metros de altura sobre el Océano. En el seno de esas masas de materiales arenosos que rellena-

ron las desigualdades de la costa y formaron a raíz de su emersión a modo de meseta litoral, y cuando aun no habían llegado a consolidarlas los depósitos de las aguas de infiltración, abrió sus primeros canales emisores el Guadalete y comenzó la enérgica labor de destrucción y de arrastre, por fortuna no terminada, que había de dar por resultado su grandioso estuario de la época cuaternaria.

IV.—Cádiz y su bahía en la época miocena.

Si remontándonos a edades geológicas anteriores a la pliocena quisiéramos fijar el emplazamiento de las islas gaditanas y de las costas adyacentes, encontraríamos gran dificultad para obtener puntos fijos de referencia. El mar de la época miocena penetró por el valle del Guadalquivir y el del Guadalete, confundidos probablemente en uno solo, y sus aguas llegaron hasta las vertientes occidentales de las Sierras de Grazalema y del Aljibe, y por la depresión que separa la Mole central española de la Cordillera Penibética se estableció amplia comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo. Rocas que se depositaron en el fondo del mar mioceno se encuentran hoy en la provincia de Cádiz desde Vejer de la Frontera hasta Villamartín y Olvera, y la línea costera de aquella época se puede seguir con bastante precisión en un Mapa geológico, porque se conservan muchos isleos de Mioceno en las inmediatas proximidades de las altas sierras que las aguas, sin duda, no llegaron a cubrir.

Una violenta denudación barrió volúmenes enormes de rocas miocenas antes de la invasión del mar plioceno, especialmente a lo largo del valle del Guadalete, que desde tiempos remotísimos fué una de las vaguadas principales de la zona periférica de la Cordillera.

En las proximidades de la Bahía de Cádiz no quedó más vestigio de la formación miocena que la Sierra de San Cristóbal al Norte de El Puerto de Santa María, inmensa esponja que almacena y filtra las aguas que abastecen la capital, y en el borde opuesto del valle plioceno las alturas de Puerto Hierro, en Conil, y el cerro enhiesto donde los fenicios fundaron Sidón, una de sus principales ciudades.

En el largo período de tiempo que separa la emersión de los depósitos miocenos de la invasión del mar astiense, la provincia de Cádiz estuvo libre de las aguas del mar, y la denudación fluvial fué entonces tan enérgica y completa en la ensenada que más tarde había de ocupar el mar plioceno, que no quedó dentro de su perímetro un solo testigo de la formación miocena. La lucha entablada en aquella época entre el río y el mar no respetó ningún islote semejante a los de las islas gaditanas y terminó por barrer todo vestigio de tierra firme.

V.— Cádiz y su bahía en los tiempos eogenos.

El mar mioceno penetró por el valle del Guadalquivir y su contiguo el del Guadalete, con altura de lámina suficiente para cubrir con exceso la divisoria entre ambos, y es digno de anotar, y el examen del Mapa geológico lo pone de manifiesto, que a lo largo del valle del Guadalete una extensa denudación había barrido de antemano gran parte de las formaciones eogenas y dejado al descubierto el *substratum* triásico de la comarca. Así se observa, en efecto, que las capas miocenas descansan unas veces sobre el Oligoceno, otras sobre el Numulítico, otras sobre el Jurásico, otras, en fin, sobre el Triás. Ello demuestra, sin género de duda, que el valle del Gadalete, como todo el estrecho penibético de la época miocena, había sido, con anterioridad, una zona de grandes erosio-

nes, una faja de encauzamiento de importantes corrientes fluviales.

El primer levantamiento de la Cordillera Penibética, ocurrido al finalizar el depósito del terreno oligoceno, que representa en la provincia de Cádiz el piso de la Arenisca del Aljibe, delimitó el estrecho penibético; pero antes de la invasión del mar mioceno habían quedado arrasadas, en gran parte, las formaciones eogenas que ocupaban su emplazamiento.

En la zona de Cádiz y su bahía se depositaron durante los tiempos eogenos, el Eoceno superior (Barthoniense) y las «albarizas» o capas de diatomeas que corresponden al período oligoceno, como la Arenisca del Aljibe. Restos de esas dos formaciones son las campiñas de El Puerto de Santa María y de Sanlúcar y Rota y la famosa zona vitícola de Jerez. Una y otra formación constituyen en la comarca gaditana el *substratum* de las capas pliocenas: la base en que descansan las masas rocosas de las islas de la bahía, y afloramientos de una de ellas, de la de albarizas, están de manifiesto, como ya se ha dicho, en la Isla de San Fernando.

VI.— Cádiz y su bahía durante la Era Secundaria

En los comienzos de la Era Secundaria, en la época triásica, se formaron las rocas que hoy consideramos como *substratum* general de la provincia gaditana. Los movimientos orogénicos que desgajaron los macizos hercinianos produjeron una amplísima depresión entre la Meseta central de España y el Macizo bético, que se cubrió de charcas y lagunas de poco fondo, donde se depositaron margas, arcillas, areniscas y yesos, rocas que han llegado a nuestros días con la coloración típica que ha valido a esos depósitos el nombre de margas y areniscas abigarradas, que no es difícil reconocer a causa de su espe-

cialísima *facies*. En cualquier punto de la campiña de Cádiz donde se practicara un sondeo de relativa profundidad, 500 ó 600 metros, se encontraría invariablemente este terreno. El espesor total de sus capas no parece excesivo, pero se halla tan plegado, que la masa de estratos triásicos tiene potencia muy superior a la profundidad que permiten alcanzar nuestros medios ordinarios de investigación, y a pesar de lo muy denudada que aparece esa formación en algunos parajes de la fosa penibética, no se descubre nunca en el perímetro de las manchas triásicas el menor asomo de terrenos primarios.

Sobre las capas triásicas se depositó un espesor considerable de calizas jurásicas que también las barrió la denudación, en su mayor parte, en los valles inferiores del Guadalquivir y del Guadalete, con anterioridad al depósito de los terrenos eogenos. Pocos restos quedaron en las proximidades de Cádiz de la potente formación jurásica, y entre ellos merecen mencionarse, por la fauna fósil que encierran, el Monte Berrueco, entre Chiclana y Medina Sidonia, y un pequeño asomo en la marisma del Hato de la Carne, entre El Puerto de Santa María y Jerez. El Risco de las Pilas y el Peñón de la Granja, en el término de Medina, y la Peña de la Batida y Peña Harpada, en el de Alcalá de los Gazules, son testigos de la continuidad de una formación que debió cubrir en un tiempo el Sur de la provincia de Cádiz. Inmediato a la capital no se encuentra hoy ningún isleto jurásico, y las únicas capas secundarias que intervienen en la constitución de la zona de que tratamos, son las triásicas; sus asomos más próximos a la bahía son el del Cerro de los Mártires y el del Cerro de Ceuta.

El actual emplazamiento de la Bahía de Cádiz correspondió durante la época secundaria, lo mismo que durante los tiempos eogenos, al gran geosinclinal penibético, y dentro de éste, a la zona que sufrió mayores denudaciones en las repetidas interrupciones de la sedimentación. Así pudo quedar arrasada la

formación jurásica antes de depositarse el Eoceno y el Oligoceno, y estos terrenos, a su vez, antes de la invasión marina miocena; y aun hay formaciones potentísimas de las que no se encuentra el menor vestigio en la provincia, y que no es posible saber si no llegaron a depositarse en esa parte del geosinclinal penibético o las barrió la denudación antes de que las cubrieran terrenos más modernos. En este caso se encuentran los pisos de la serie cretácea, desde el Cenomanense hasta el Danés, y su falta es tanto más de extrañar cuanto que el comienzo de esos períodos geológicos se señala en España por una gran transgresión marina.

VII. — Resumen: Historia geológica de Cádiz y su bahía.

Si recorremos en sentido inverso las etapas de que se ha hecho mención en las páginas que anteceden, y que marcan otras tantas fases en el proceso de formación de los relieves de la provincia gaditana, podremos hacer el siguiente resumen de la historia geológica de la región de que tratamos.

El hundimiento de una parte de los macizos hercinianos de la Península origina, al finalizar los tiempos primarios, una extensa depresión entre la mole de la Meseta central y el antiguo macizo montañoso que culmina hoy en la Sierra Nevada. En esa área hundida se depositan las capas del Trías superior o Keuper, que constituyen la base fundamental o *substratum* de la provincia de Cádiz y de una gran parte del valle del Guadalquivir. Sobre las capas del Trías se sedimentan las potentes masas de caliza de la época jurásica, enérgicamente derrumbadas más tarde, y sus restos, así como los estratos triásicos infrayacentes, se cubren con los depósitos de arcillas, margas, areniscas y calizas de los períodos eoceno y oligoceno.

Con posterioridad a la sedimentación de las capas que en la provincia de Cádiz representan a ese último terreno, ocurre el gran levantamiento alpino, la formación de los pliegues principales de la Cordillera Penibética y la iniciación de los valles tectónicos del Guadalquivir y del Guadalete. En el valle de este último río quedan arrasados los depósitos eogenos en extensiones enormes, y cuando el mar mioceno penetra por el estrecho penibético y se establece comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo, los primeros sedimentos que se depositan en su fondo cubren directamente las rocas del Triás en muchos puntos de su cuenca.

Terminada la sedimentación de los depósitos tortonienses, el mar mioceno se retira del estrecho penibético, y en lo que hoy es valle del Guadalete se origina una gran corriente fluvial que arrastra al mar una parte importante de los depósitos recién formados, al mismo tiempo que excava en las inmediaciones de la costa un amplísimo estuario, bastante mayor que el actual, que más tarde invade el mar plioceno, y con él la faja costera de la provincia, hasta ocho o diez kilómetros tierra adentro de las playas actuales. En el fondo de esa ensenada se acumulan sedimentos detríticos que, al consolidarse, se han de convertir en los conglomerados ostioneros, en las areniscas y en las arcillas arenosas que aparecen hoy a nuestros ojos en los alrededores de la Bahía de Cádiz y que forman la masa principal de las islas gaditanas.

Una nueva regresión marina eleva sobre el nivel del mar los depósitos pliocenos, que dibujan entonces una meseta litoral entre Sanlúcar y Conil, y un pronunciado entrante entre Rota y Chiclana y los Llanos de Caulina. El Guadalete, que antes desembocara en el mar en el fondo de ese entrante, con su valle limitado ya, poco más o menos, por las divisorias actuales, surca con sus caudalosas avenidas el manto plioceno en las proximidades de la costa, desgarrando la formación en diversos

sentidos y arrastra al mar entre sus propios acarreos la mayor parte de las rocas pliocenas, no bien consolidadas aún; y las aguas fluviales, en acción combinada con las corrientes de marea, excavan desde Rota hasta Chiclana un profundo estuario, dentro de cuyos límites no quedan más testigos de la formación pliocena que las Islas de Cádiz y de San Fernando.

Un decrecimiento en el régimen de lluvias, gracias al cual el Guadalete no completa su obra destructora, y por ello quedan en pie los últimos obstáculos que entorpecen su salida al mar, coloca al río en una nueva fase de actividad. La impetuosidad de las corrientes disminuye; los acarreos gruesos se acumulan en las secciones del valle que preceden al vértice del estuario, y aguas cenagosas hacen irrupción en éste y abandonan, al reducir su velocidad con el ensanchamiento progresivo de los cauces, la parte más pesada de los limos que arrastran en suspensión. Poco a poco se va colmando el estuario; a través de cenagales sin consistencia logra el Guadalete llegar de nuevo con sus aguas a orillas del Océano, al Castillo Sancti Petri; mas para ello ha debido antes soldar a la Península las islas gaditanas y alargar su cauce cerca de 30 kilómetros.

Pero los depósitos fangosos del estuario se cubren de vez en cuando con las crecidas del río y con las altas mareas, y no siempre a raíz de un desbordamiento vuelven las aguas a concentrarse en los mismos cauces de antes, sino que, por el contrario, buscan caminos nuevos para su más pronta llegada al mar, y nada tiene de extraño que si la mitad occidental del estuario no se ha colmado con la rapidez de la otra mitad (bien porque la corriente del río se haya dirigido en un principio hacia Chiclana y allí haya acumulado con preferencia sus acarreos, bien porque corrientes marinas hayan impedido el depósito de limos entre Cádiz, El Puerto y Rota), busquen las avenidas que se encauzan en su comienzo por el Brazo de San Pedro un paso fácil hacia la parte no rellena y excaven

un nuevo canal entre Matagorda y Puntales, rompiendo para ello el borde izquierdo del cauce que las conducía hasta Sancti Petri.

Esa fase de relleno del estuario del Guadalete se acerca ya tanto a la que se desenvuelve en nuestros días, que basta la intervención de las corrientes de marea, que las diferencias de hora en la producción de las estoas de plea y de baja entre el mar libre y el saco interior de la bahía ponen en juego, para explicar las modificaciones que en el trazado de los canales y en los calados de los mismos han ocurrido desde que el Estrecho de Puntales dió paso a las aguas del Sancti Petri. A esas corrientes de marea está confiada hoy la limpieza de la canal navegable, porque las aguas del Guadalete no llegan ya, como en otro tiempo, al saco interior de la bahía, o ensenada de Puerto Real. Después que el Caño Sancti Petri quedó separado del cauce del río al irrumpir sus aguas en el Estrecho de Puntales, quedó aislada también de la corriente dulce la sección del cauce situada inmediatamente aguas arriba, la llamada hoy Río de San Pedro, y las débiles avenidas del Guadalete se encauzaron definitivamente por el emisario que desemboca en El Puerto de Santa María, de longitud próximamente mitad que el San Pedro.

El saco interior de la bahía y los antiguos cauces del Guadalete y sus afluentes, convertidos hoy en brazos de mar sin comunicación con el curso del río, dificultan las comunicaciones de Cádiz con el resto de la provincia, y obligan a la vía férrea y a la carretera de Sevilla a dar un rodeo enorme que alarga bastante sus recorridos; pero cumpliéndose en este caso, como en tantos otros, el conocido refrán de «No hay mal que por bien no venga», esos canales que entorpecen las comunicaciones terrestres mantienen francas las comunicaciones marítimas, y sin ellos Cádiz vería hoy su hermosa bahía convertida en llanura marismeña.

El hombre debe haber presenciado algunas de las modificaciones transcendentales que sufrió el estuario del Guadalete en los períodos más avanzados de su relleno, cuando, colmadas las grandes depresiones submarinas, comenzaron los fangos a destacarse del nivel de las aguas y a cambiar la topografía de la costa. La emersión definitiva de los istmos del Sancti Petri y de Río Arillo, sobre todo la de este último, favorecida por la formación del cordón litoral a lo largo de la costa oceánica, aparenta ser de época muy reciente. Todavía en nuestros mapas se dibuja el Río Arillo como canal que comunica el Atlántico con la bahía, siendo así que su salida al mar libre está obstruída desde hace bastantes años; demasiado estrecho ese canal para dar paso a grandes corrientes de mareas, interceptado su curso o entorpecido al menos por la presa de un molino cercano a la carretera, apenas hubo el mar de vencer resistencia para taponar la desembocadura con la arena de sus playas.

A quien conozca la rapidez con que avanzan y crecen los rellenos arcillosos de los ríos en los lugares alejados de la corriente principal, no extrañaría que un testimonio fidedigno le asegurase que hace 4.000, 5.000, 6.000 años, surcaban los istmos de Río Arillo y Sancti Petri canales tan amplios y profundos como los que dan hoy acceso a la Bahía de Cádiz, y que desde aquella fecha hasta nuestros días pasó el estuario del Guadalete por las últimas fases de su relleno. Lo ocurrido en el Guadalquivir en los últimos cincuenta años con sus antiguas Islas Mayor y Menor, es buena prueba de que no son necesarios largos períodos de tiempo para modificaciones de esa índole.

He creído conveniente hacer esta digresión aun a trueque de pisar los umbrales de los tiempos históricos, porque la emersión relativamente moderna del istmo de Río Arillo y el azolvamiento más reciente aún de este caño, explica, a mi juicio, el que los antiguos historiadores refieran que al arribar

los fenicios a nuestras costas encontraron en su cercanía *dos islas* inhabitadas, en una de las cuales, a la que dieron el nombre de *Erythia*, fundaron, por el poder de su dios Hércules, la comercial ciudad de *Gaddir*.

CONCLUSIÓN

Las Islas de Cádiz y de San Fernando son, en consecuencia, dos jirones de un zócalo costero, de edad pliocena, que desgarró con sus avenidas el río Guadalete en los comienzos de la época cuaternaria. Atalayas de su estuario, hermosa ensenada, vía de penetración en el territorio español; rompeolas gigantescos, a cuyo abrigo encontraron refugio los intrépidos navegantes de Oriente que se aventuraron a rebasar la puerta del mar de la civilización, fueron las islas gaditanas, desde la más remota antigüedad, cuna de progreso, de paz y de libertad; faros potentes, desde donde la inteligencia del hombre dirigió sus destellos hacia el corazón de nuestra patria. Y el Guadalete, a punto de arrasar tan preciados baluartes, no sólo pudo detener su labor destructora, sino que construyó sobre los fondos del mar, con detritus arrancados a los montes de la Península, terraplenes que avanzaron hacia las islas como los brazos de una madre en busca de sus hijos; y realizado el propósito de unir de nuevo a España esos jirones del territorio nacional, una vez más detuvo el río la obra de la Naturaleza, y su corriente cenagosa supo respetar la bahía que un día viera desembarcar a los mensajeros de la civilización de Sidón y de Tiro, y partir miles de años más tarde, a una de las expediciones que más gloria dieron a nuestra patria, al descubridor del Nuevo Mundo.

Cádiz nació por el Guadalete, y al Guadalete debe el ser la avanzada de la tierra española en el dominio de los mares; la historia geológica de la isla gaditana está tan íntimamente ligada a la de ese río, que sus nombres deben sonar como términos sinónimos a los habitantes de la tacita de plata, y si entre las ráfagas de las brisas marinas acarician sus oídos con el relato de las hazañas de sus mayores, las palabras ¡Cádiz!..., ¡Guadalete!..., a fuer de hijos amantes de su Patria y de su historia, ha de parecerles una el eco de la otra.



CÁDIZ Y SU BAHÍA

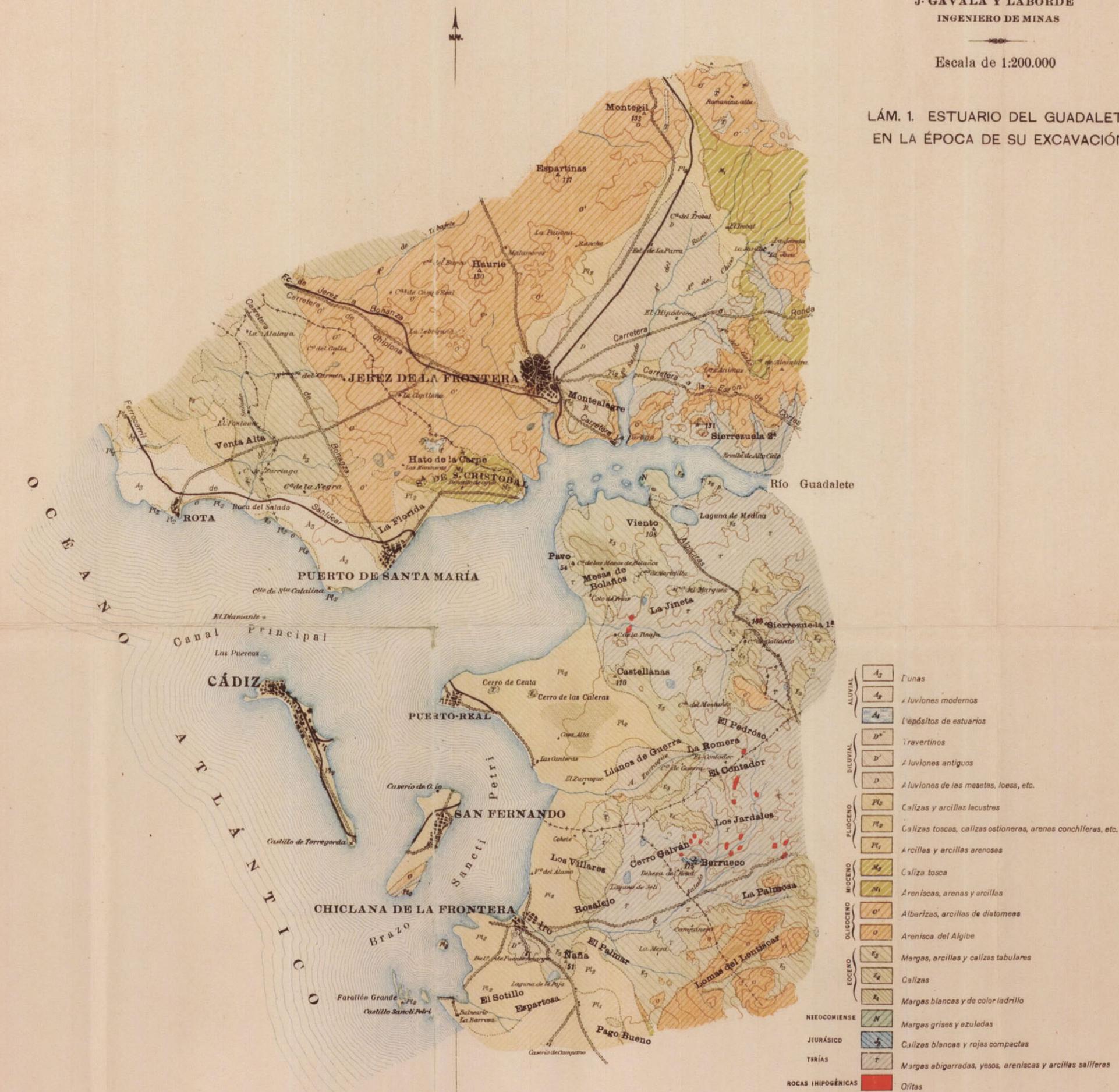
EN EL TRANSCURSO DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS

POR

J. GAVALA Y LABORDE
INGENIERO DE MINAS

Escala de 1:200.000

LÁM. 1. ESTUARIO DEL GUADELETE
EN LA ÉPOCA DE SU EXCAVACIÓN



CÁDIZ Y SU BAHÍA

EN EL TRANCURSO DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS

POR

J. GAVALA Y LABORDE
INGENIERO DE MINAS

XLIX-1927

Escala de 1:200.000

LÁM. 2. ESTUARIO DEL GUADELETE
EN LA ÉPOCA ACTUAL



ALUVIAL	A ₃	Dunas
	A ₂	Aluviones modernos
	A ₁	Depósitos de estuarios
DILUVIAL	D ^o	Travertinos
	D'	Aluviones antiguos
	D	Aluviones de las mesetas, loess, etc.
PLEISTOCENO	P ₃	Calizas y arcillas lacustres
	P ₂	Calizas toscas, calizas ostoneras, arenas conchíferas, etc.
	P ₁	Arcillas y arcillas arenosas
MIOCENO	M ₂	Caliza tosca
	M ₁	Areniscas, arenas y arcillas
OLIGOCENO	O'	Albarizas, arcillas de diatomeas
	O	Arenisca del Aljibe
EOCENO	E ₃	Margas, arcillas y calizas tabulares
	E ₂	Calizas
	E ₁	Margas blancas y de color ladrillo
NEOCOMIENSE	N	Margas grises y azuladas
JURÁSICO	J	Calizas blancas y rojas compactas
TRIÁS	T	Margas abigarradas, yesos, areniscas y arcillas salíferas
ROCAS HIPOGÉNICAS		Ofitas

11/7

LA ZONA DIAMANTÍFERA

DE

CARRATRACA (MÁLAGA)

POR

ENRIQUE RUBIO

Ingeniero de Minas.

LA ZONA DIAMANTÍFERA DE CARRATRACA (MÁLAGA)

Historia.

Desde hace tiempo se cita el hallazgo de un diamante en la zona de Carratraca, sin que, desgraciadamente, los datos sobre este descubrimiento fuesen lo suficientemente concretos en cuanto a determinación de paraje y demás importantes detalles para permitir su fundamento, y, sobre todo, la posibilidad de que este descubrimiento fuese base de ulteriores investigaciones que pudiesen conducir a un importante negocio industrial.

Dice Calderón en su obra sobre minerales, tomo I, página 33:

«Un propietario de minas alemán, en Fuenteovejuna, Alb. Wilkens, informó a Knop de que, a principios del año 1870, se halló junto a Carratraca, en la provincia de Málaga, un pequeño diamante en aluviones de un arroyo que corre en serpentina, pues su dureza y forma cristalográfica no dejaban duda de que se trataba de esta piedra preciosa. Las proximidades de dicho arroyo están formadas por serpentina niquelífera.

»Por desgracia, nada se sabe del paradero del indicado ejemplar.

»Bauer presume que hay analogía entre este hallazgo y los de Africa del Sur, por lo que se refiere a su yacimiento.

»Nosotros (dice Calderón) hemos tenido ocasión de ver, durante nuestra permanencia en Sevilla, un diamante algo menor de un quilate engastado en roca serpentinoso que su propietario aseguraba proceder de Carratraca. Por fallecimiento de éste, se perdió el ejemplar y las noticias que pudiera haber proporcionado respecto a la localidad.

»Los precedentes datos (insiste Calderón), aunque incompletos y sin comprobación posible, bastan, sin embargo, para deber mencionar la existencia del diamante en Andalucía, si bien hemos de aclarar que las exploraciones realizadas por algunos particulares, en busca de la codiciada piedra preciosa, guiados por estas noticias, a las que dimos publicidad hace varios años, no han dado resultados, quizás por impericia y falta de constancia de los buscadores.»

A lo transcrito se reducen los datos publicados, primero por Calderón y después por otros mineralogistas, como Fernández Navarro en su obra de divulgación científica *El Mundo de los Minerales*, sin que ninguno de ellos pueda precisar más de lo dicho.

El conocimiento de cuanto antecede, y, sobre todo, la verdadera clasificación de peridotitas que el Sr. Orueta y Duarte consiguió por fin dar a las masas hipogénicas de la Sierra de Aguas, en su luminosa memoria titulada *Estudio Geológico y Petrográfico de la Serranía de Ronda*, publicada por el Instituto Geológico de España el año 1917, me inclinaron a prestar mayor atención a los citados datos, conocida además la íntima relación mineralógica que está demostrado existe entre las rocas peridóticas y estas piedras preciosas.

Las múltiples ocupaciones que el Sr. Orueta y yo teníamos durante las investigaciones que sobre el platino, cromo y níquel llevó a cabo el Estado en la Serranía de Ronda, nos tuvieron constantemente sujetos en la zona de San Pedro Alcántara analizando muestras y mirando arenas al microscopio,

pio, impidiendo esta labor prestar atención a la comprobación de los datos de Calderón, que requerían, como él dice muy bien, una constancia que nosotros no nos podíamos permitir sino a costa de desatender nuestra misión.

Tan sólo una vez, y con motivo de las investigaciones de la zona niquelífera de Carratraca, le fué posible al Sr. Orueta hacer una excursión de unos días allí y lavar con batea arenas superficiales de algunos arroyos que juntos examinamos al microscopio, encontrando cinco o seis minerales de tamaño minúsculo que nos parecieron diamantes.

La irreparable pérdida del Sr. Orueta, acaecida a principios del pasado año 1926, dejó en suspenso la comprobación de nuestras suposiciones.

A mediados del mismo año, y siendo Director interino del Instituto Geológico el Sr. Kindelán, me fué permitido hacer una excursión a Carratraca para recoger algunas muestras de arenas que me orientaran sobre el particular, y, por último, el actual Director del Instituto Geológico y Minero, D. Luis de la Peña, me concedió el que, aprovechando una de mis excursiones a Málaga para la confección del nuevo Mapa Geológico y Minero de aquella provincia, hiciese una serie de lavados metódicos de arenas de los arroyos para obtener, digámoslo así, una especie de análisis cualitativo de éstos, que permitiese al menos fijar las zonas que pueden denominarse como *positivas* para el hallazgo de diamantes, y sobre las cuales merecería la pena más tarde, y ya con medios, tanto materiales como económicos, empezar investigaciones más serias, en mayor escala, y que podríamos llamar cuantitativas.

Esto era tanto más importante cuanto que la región interesante y sobre la que habíamos de operar, se hallaba plenamente contenida en la zona reservada indefinidamente por el Estado en Carratraca, que comprende cerca de 145 kilómetros cuadrados, y cuyo estudio entra de lleno en la misión cientí-

fica del Instituto Geológico y Minero de España, con la ventaja, además, de que estas investigaciones podían y pueden hacerse con tranquilidad y calma por el carácter indefinido que tiene esta reserva del Estado.

El resultado de esta primera investigación metódica, en su primera etapa de cualitativa, es lo que constituye la base de este informe.

Zona reservada al Estado.

La zona reservada al Estado tiene por punto de partida el centro del puente sobre el río Guadalhorce, frente a la estación de Alora; desde allí, su límite va por el centro del curso de este río hasta la desembocadura en él del arroyo Colmenar. A partir de aquí va en línea recta al campanario de la iglesia del pueblo de Ardales, siguiendo al Alto del Tajo del Grajo, en la Sierra de Alcaparain; después a la cumbre de la Sierra de la Robla, y por último al punto de partida. En ella queda ampliamente comprendida toda la Sierra de Aguas y la Hoya de Carratraca, que es la parte que interesa.

Geología.

Sabida la relación que existe entre ciertas rocas peridóticas y la posible existencia de diamantes, nuestro primer cuidado ha sido el estudio geológico de la región en donde íbamos a operar.

El adjunto croquis geológico, a escala 1 : 25.000, con curvas de nivel de 10 en 10 metros, da idea de la constitución geológica del término de Carratraca.

Habiendo sido negativos los resultados obtenidos en los

lavados efectuados fuera de este término, a él hemos reducido el croquis geológico.

Rocas hipogénicas. — Las rocas hipogénicas cuya extensión se marca en el mapa, pertenecen a la familia de las peridotitas, y, en su mayor parte, a la serie más básica de ésta, es decir, a las dunitas y harzburgitas principalmente, algo a las lertzolitas y en menor proporción a las noritas y gabros, que sólo aparecen como aureola en algunos sitios de los bordes de la masa.

La composición petrográfica es la siguiente:

Dunita: Olivino + cromita.

Harzburgita: Olivino + piroxeno enstatita o broncita + cromita y picotita.

Lertzolita: Olivino + piroxeno ortorrómbico + piroxeno monoclinico (dialaga) + picotita.

Las noritas y gabros, que, como digo, son escasas en la Sierra de Aguas, y que constituyen la parte más ácida de la serie, pues contienen faldespato (anortita) las primeras y hasta cuarzo las últimas, no tienen interés para la cuestión diamantes; primero por su escasez y segundo por su acidez, que difiere bastante de las rocas que pudiéramos llamar madres. Se encuentran en Bombichar, en la falda Levante de Sierra de Aguas.

Esta Sierra de Aguas tiene el aspecto típico de las grandes masas peridóticas muy básicas, de perfiles suaves y cúspides redondeadas; son diferentes de las constituidas por peridotitas más ácidas, de perfiles agudos. En ellas la serpentización es muy intensa, mayor que en el resto de la Serranía de Ronda, tanto, que en muchos sitios no puede achacarse esta serpentización tan sólo a agentes atmosféricos y hay que buscar su explicación en fuertes acciones hidrotermales. Puede decirse que cuesta verdadero trabajo obtener muestras de roca virgen y sin serpentizar, aun tomándolas con el auxilio de pequeños barrenos.

La fuerte serpentización es a nuestro juicio algo muy peculiar de esta región.

Otro carácter también muy saliente de la masa hipogénica de Sierra de Aguas es la verdadera multitud de filones de granulita, que con dirección general Este-Oeste atraviesa la masa peridótica principal, con potencias desde medio hasta varios metros, y que en las trincheras de la carretera de Alora a Carratraca se ponen muy de manifiesto, atravesando no sólo las peridotitas, sino también las rocas del estrato-cristalino y aun del cambriano.

Además del perfil suave y la redondez de sus cimas, se distinguen las masas peridóticas de los demás terrenos por su escasa y pobre vegetación, reducida a palmitos, y también por su color rojizo o amarillento.

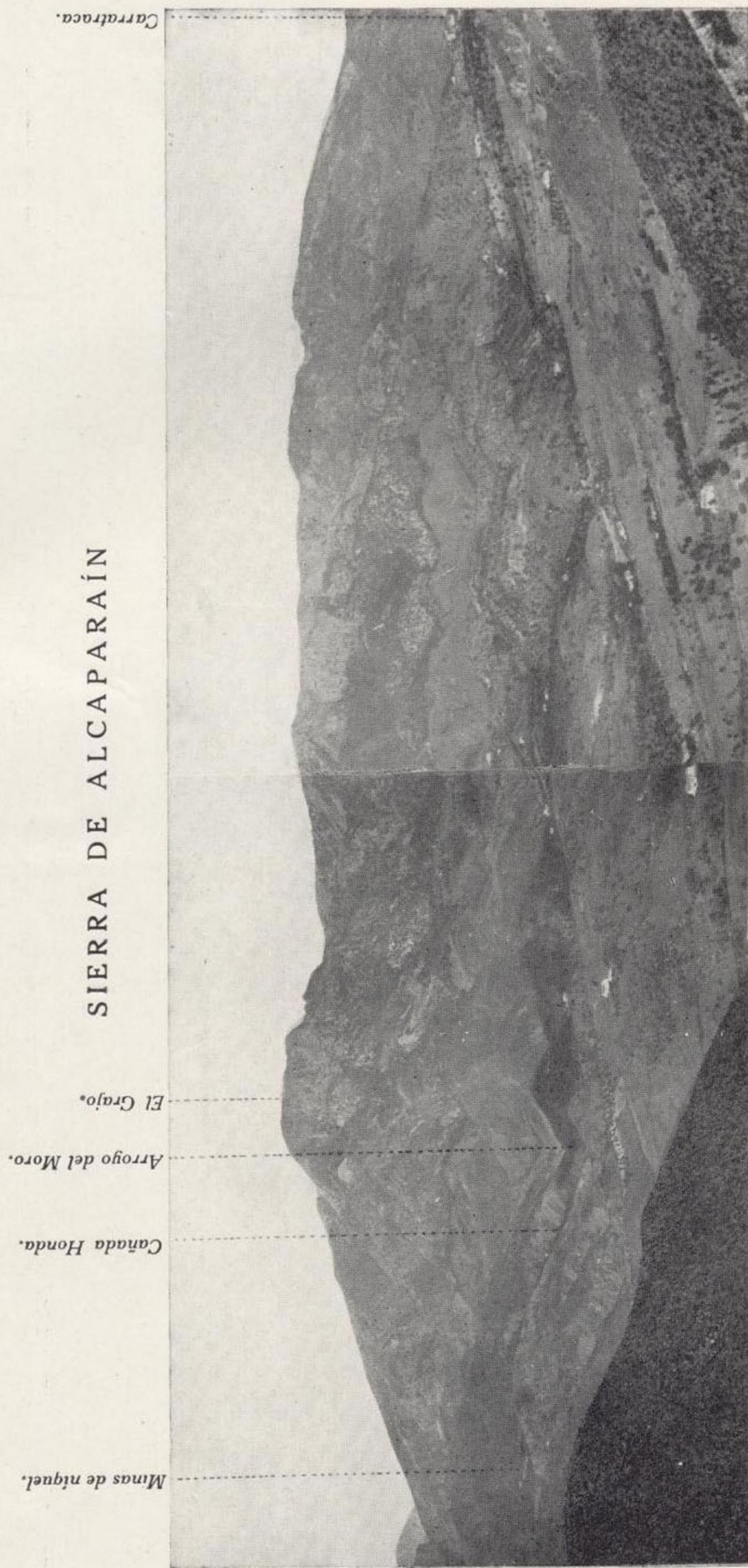
Dentro de esta masa peridótica arman los criaderos de níquel conocidos desde antiguo y situados unos en la parte de Los Jarales, en el camino de Carratraca a Casarabonela, donde una porción de trabajos consistentes en pozos y galerías, algunas de las cuales hemos visitado, aunque con dificultades, por estar casi todas hundidas y atoradas de escombros, ponen de manifiesto el mineral, que unas veces consiste en kupferníquel y otras en ganierita. Estos criaderos parecen tener la forma de pequeñas bolsadas en rosario. Hay otros criaderos en la parte superior del arroyo de Farranque y en la Hoya de Baena, donde también se observan labores mineras y vestigios de antiguas explotaciones.

Estrato-cristalino. — El terreno estrato-cristalino bordea la masa peridótica de la Sierra de Aguas por el Norte, Sur y Este. En nuestro croquis geológico apenas tiene representación, y en los sitios en que aparece en las inmediaciones de Carratraca, como en el arroyo de Farranque, está compuesto casi exclusivamente por gneis granatífero y micacitas.

En el río de las Cañas, y aproximadamente a mitad del ca-



1. — Vista general de la Hoya de Carratraca.



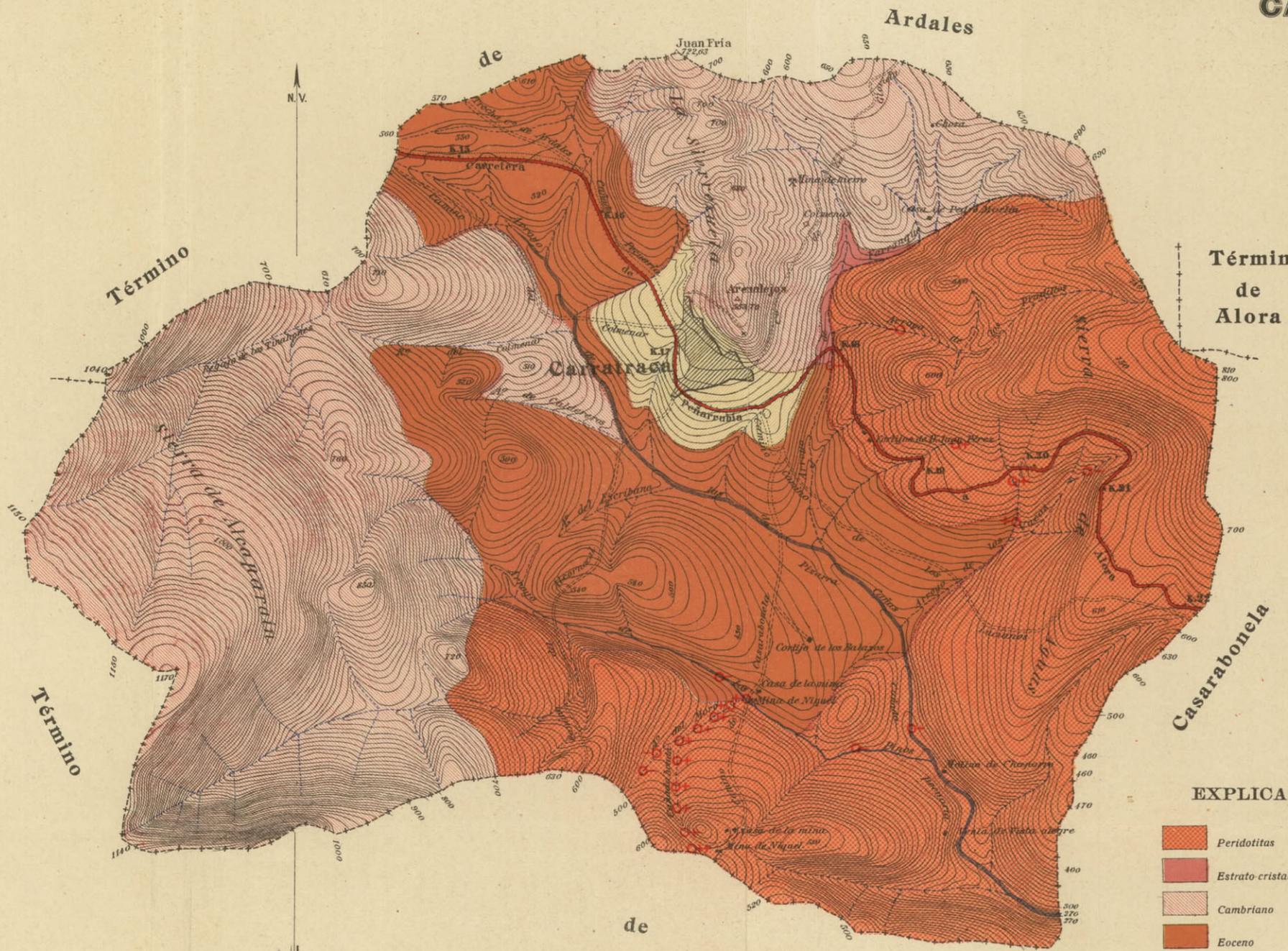
1. — Vista general de la Hoya de Carratraca.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
CROQUIS GEOLOGICO
DEL TÉRMINO DE
CARRATRACA

(MÁLAGA)

Escala 1:25.000



EXPLICACIÓN

-  Peridotitas
-  Estrato cristalino
-  Cambriano
-  Eoceno
-  Terrazas

-  Ensayos diamantíferos negativos
-  Id. Id. positivos
-  Id. Id. muy positivos

mino entre Alora y Carratraca, se ve el gneis glandular que constituye la parte inferior del estrato-cristalino. Sobre él se encuentra el gneis con cordierita, con gran potencia en este paraje, y por último aparece el tramo superior con alternancias de gneis y micacitas.

Cambriano. — En concordancia con el estrato-cristalino, aparece el cambriano, que en la zona de Carratraca se caracteriza por el tramo superior de calizas que forman la Sierra de Alcaparain y parte de la Serrezuela, y en mucha menor escala también se ven pizarras de este terreno descansando sobre el estrato-cristalino (fig. núm. 1).

Eoceno. — La parte baja del valle de Carratraca está constituida por el eoceno, representado por arenisca dura de grano fino, de color amarillento y muy arcillosa, que, al descomponerse por los agentes atmosféricos, produce una tierra de labor muy fértil. Encima de esta arenisca aparecen unas margas abigarradas de color vinoso y que en esta comarca constituyen la parte superior.

Terrazas. — Por último, el terreno sobre el cual está enclavado el pueblo de Carratraca, lo constituye una brecha calcárea de cantos angulosos, dispuesta a modo de terraza y cuyas tierras son sumamente fértiles. Está formada por derrubios de las sierras vecinas, cimentados por el carbonato de cal que se deposita al evaporarse las aguas cargadas de esta sustancia. Las terrazas, que se suponen comenzadas a formarse en la época pliocena, continúan hoy en formación y no debemos por tanto limitar su edad.

Los descritos, aun a grandes rasgos, son los caracteres de los distintos terrenos que se encuentran en la zona de la Hoya de Carratraca, y sólo en ciertos arroyos de la cuenca peridótica ha sido donde hemos encontrado aluviones diamantíferos.

Procedimiento de investigación seguido.

El procedimiento seguido para la investigación de las zonas que pudieran ser diamantíferas, ha sido muy parecido al que en tiempos empleamos para el platino, es decir, el lavado de las arenas de los arroyos, con la modificación debida a la diferencia de densidad entre estas piedras preciosas y el metal, ya que el peso específico de los diamantes sólo es de 3,5 como término medio. Esto trae como consecuencia que el apurado de los lavados tenga que ser mucho menor, y por lo tanto, el residuo de arenas a mirar al microscopio tan excesivo que hubimos de recurrir después del lavado a la separación por líquidos densos, que nos ha dado un excelente resultado.

Así, pues, hemos procedido de la manera siguiente:

En primer lugar, después de escogidos todos aquellos arroyos cuyas vertientes están constituidas por rocas peridóticas, hicimos un lavado sólo con batea de muestras de arenas escogidas de los sitios más caracterizados, como pozas, marmitas, confluencias, etc., en una palabra, en todos aquellos puntos en que las condiciones para la sedimentación de las arenas fuesen más favorables. Este lavado, hecho con arenas finas cribadas por mallas de 2,50 milímetros y con una batea de madera, nos orientaron desde luego, por el examen al microscopio de los residuos densos, sobre cuáles eran los arroyos interesantes y cuáles no lo eran, entendiéndolo por interesantes los arroyos en los cuales descubriéramos un diamante, por pequeñas que fuesen sus dimensiones.

Una vez hecho este estudio previo, que descartó una porción de arroyos con sus respectivas cuencas, hemos puesto nuestra instalación de lavado transportable en los cauces de interés. La instalación consiste en una serie de tamices de 20, 10, 5, y 2,5 milímetros; un sluice pequeño, un rocker

y una serie de bateas, de hierro y madera, de diferente conicidad.

Hecha la instalación de este pequeño lavadero de ensayo en la parte más favorable del cauce en cuanto a facilidad de disponer de aguas claras y abundantes, se han efectuado una serie de calas en los lechos de cada arroyo, desde su origen hasta su desembocadura, separadas unas de otras unos 100 metros. Estas calas se hacían tan profundas como era posible para obtener la muestra de su fondo; pero claro está que sin los medios adecuados, esta profundidad era bien escasa (1 a 1,50 m.), especialmente en los arroyos con gran caudal de aguas subálveas.

Las arenas obtenidas eran cribadas por el tamiz de 20 milímetros, y de la parte que pasaba por sus mallas se hacía una carga de 50 litros, que es lo que constituye un lavado. Este se hacía del siguiente modo:

- 1.º Desbaste en el sluice.
- 2.º Refino en el rocker (fig. núm. 2).
- 3.º Apurado en las bateas.

El residuo del rocker se volvía a cribar antes de lavarlo en las bateas, haciendo varias clases de tamaños, pues en el lavado con batea es de gran importancia la igualdad de tamaño de los granos de arena, sucediendo en el caso contrario, que la arena fina se apelmaza en el fondo de la batea, mientras que los granos gruesos se deslizan por encima aunque éstos tengan mayor densidad que los finos del fondo.

Terminada esta operación de lavado, apurando poco las arenas con la batea, y sirviéndonos de testigos los granates que en gran cantidad se encuentran en aquellos arroyos, y cuya densidad es similar a la de los diamantes, se recogían las arenas en frascos después de secadas previamente y se llevaban a su examen al microscopio.

Antes de efectuar dicho examen, volvíamos a cribar las are-

nas nuevamente, haciendo las clases comprendidas entre 2 y 0,5 milímetros, considerando las menores de esta última dimensión como polvo y las mayores de suficiente tamaño para no requerir el examen al microscopio.

Estas arenas finas, que pronto comprendimos eran las más interesantes para el fin cualitativo que perseguíamos, las tratábamos por líquidos densos en la forma que sigue:

En primer lugar por disolución Thoulet de 3,18 de densidad, que hacía flotar el cuarzo ($d = 2,65$), la calcita ($d = 2,73$), la dolomia ($d = 2,95$), los feldspatos ($d = 2,75 - 2,56$), la serpentina ($d = 2,70$), la cordierita ($d = 2,65$) y la muscovita ($d = 2,85$), minerales todos ellos bastante abundantes en aquellos parajes.

Este tratamiento era repetido dos veces, es decir, que el residuo denso se volvía a tratar en la disolución Thoulet por si las partes densas habían arrastrado en su descenso alguna partícula de densidad menor a 3,18 y que debiera flotar.

Hecho esto, y si la cantidad de arenas a examinar resultaba aún excesiva, tratábamos el residuo, después de bien lavado, con yoduro de metileno, de 3,34 de densidad, con lo cual el volumen de la parte densa se reducía aún considerablemente, ya que entonces flotaban el olivino ($d = 3,30$), la dialaga ($d = 3,30$), la broncita ($d = 3,30$), la hornablenda ($d = 3,25$), la andalucita ($d = 3,20$) y la biotita ($d = 3,20$), minerales también muy comunes en aquellos aluviones.

Parecería más racional a primera vista el haber empezado por tratar las arenas con yoduro de metileno, pero el empleo de este líquido resulta mucho más molesto que la disolución Thoulet, ya que no puede emplearse, como en ésta, el agua para la limpieza después del tratamiento y hay que recurrir al éter o al benzol, operación mucho más entretenida, y además con el inconveniente de la facilidad que tiene el yoduro de metileno para volatilizarse y descomponerse a la luz, aparte de



2. — Lavado de arenas con el Rocker.



2. — Lavado de arenas con el Rocker.

su elevado precio. Es, pues, más aconsejable el empleo de la disolución Thoulet, que el operador puede por sí mismo preparar fácilmente, dejando el uso del yoduro de metileno sólo para los casos en que se hace imprescindible.

Después de todo lo descrito, sólo quedaban en la parte densa de las arenas tratadas, magnetita, granates, cromita, picotita, pirita, barita, epitodoto, augita, rutilo, niquelina, topacio, zircón y diamantes, si los había.

Estas arenas eran examinadas en un microscopio biocular Greenough construido por la casa Zeiss, sumamente cómodo para estas investigaciones, ya que la producción de una imagen directa, su mucha distancia frontal, la visión biocular y todas sus demás características dan el máximo de facilidades al operador para coger los granos de arenas con pinzas, que deben ser de cobre o latón a causa de la magnetita, separar unos trozos de otros, hacer pruebas de dureza, etc.

De estas arenas densas, y por el procedimiento indicado, hemos entresacado los diamantes y trozos de diamantes que hemos encontrado, separando también los cristallitos de zircón, topacio y rutilo que aparecían, y que si bien muy brillantes, podían diferenciarse bien de los diamantes por su distinta forma cristalina.

Este ha sido, pues, el procedimiento seguido, como se ve muy entretenido y meticuloso, pero tratándose, no de una investigación industrial, que puede venir más tarde, sino científica por el momento, los diamantes pequeños, muy pequeños, pero numerosos, tenían para nosotros más importancia que alguno más grande y aislado que nada nos indicaría respecto a su origen de procedencia, como ha ocurrido con los dos encontrados anteriormente y que cita Calderón en su obra.

Además, las arenas de los arroyos son tan escasas y el régimen torrencial de ellos tan intenso, que para encontrar siquiera algún diamante de un quilate, hubiéramos tenido que

lavar y remover grandes cantidades de aluvi3n, y nuestros aparatos s3lo nos permitian hacer de cuatro a cinco lavados al d3a de a 50 litros cada uno, es decir, un total de unos 200 litros de arenas diarios, y, por otra parte, desde el primer momento comprendimos, que dada la escas3sima proporci3n de aluviones existente, si alg3n d3a estos descubrimientos pueden tener inter3s, ser3 para los diamantes *in-situ*, en la roca (*dry mining* de los ingleses), y no en los aluviones, que al cabo de muy poco tiempo se habr3an agotado.

Resultados obtenidos.

Los ensayos verificados los dividiremos en tres categor3as: *negativos, positivos y muy positivos*; entendi3ndose por positivos aquellos en los cuales en el lavado de 50 litros de arenas se hayan encontrado algunos diamantes, pero en n3mero inferior a 50, y por muy positivos aquellos en los cuales la cifra encontrada haya sido superior a 50 diamantes.

Consideramos como diamantes, no s3lo los cristales completos o casi completos, sino tambi3n los trozos de otros que debieron ser mayores y de los cuales s3lo ha aparecido alguna esquirla; cosa frecuente, y cuya circunstancia se explica perfectamente al contemplar el r3gimen puramente torrencial de estos arroyos, cuyos cantos ejercen una acci3n intensa de molido sobre las arenas, y que han ocasionado la rotura de gran parte de las piedras preciosas m3s gruesas, que si bien, como es sabido, constituyen el punto m3s alto de la escala de dureza en los minerales, son, por el contrario, fr3giles a la acci3n de los golpes.

Los resultados han sido negativos en los siguientes puntos:

1.º Arroyo de los Pinos; aunque a 3l afluyen otros arroyos positivos, las piedras preciosas que 3stos pudieran acarrear,

se diluyen en tal forma en la masa de aluvi3n, que nos ha sido imposible hallar un solo diamante.

2.º R3o de las Ca3as.

3.º Arroyo de Farranque, que s3lo contiene una gran proporci3n de granates.

4.º Arroyo de los Pradillos, que desemboca en el de Farranque.

5.º Arroyo de las Vacas.

6.º Parte alta del arroyo del Moro.

Resultado positivo hemos obtenido en los siguientes arroyos (fig. n3m. 1):

1.º Confluencia del arroyo del Moro con el del Pino.

2.º En cinco lavados efectuados desde este punto a la desembocadura de la Ca3ada Honda en este arroyo.

3.º En cinco lavados efectuados en Ca3ada Honda, en los que se not3 un aumento progresivo a medida que se iba subiendo por el curso de este torrente.

4.º En un arroyito que cruza la carretera, a unos 30 metros antes del kil3metro 19.

5.º En dos arroyos que cruzan la carretera entre los kil3metros 19 y 20 y que se unen en seguida a corta distancia de 3sta.

Por fin, han dado resultados muy positivos:

Los dos 3ltimos lavados de Ca3ada Honda, sobre todo el 3ltimo, tomado en su mismo nacimiento, y en el cual aparecieron m3s de cien peque3simas piedras, pero mejor conservadas que las dem3s y, sobre todo, que aportan ya un dato preciso respecto a su origen.

Todos estos diamantes, peque3simos todos ciertamente, puesto que son menores que un mil3metro y mayores que 0,50 mil3metros, son de un color claro, muy puro en su mayor parte y ligeramente amarillentos otros, y se destacan, al observarlos al microscopio biocular, por su forma cristalina y su fuerte brillo y transparencia.

Seis de ellos han sido fotografiados con un aumento lineal de 25 diámetros, según la adjunta lámina (fig. núm. 3); pero a pesar de haber elegido los ejemplares más claros, su alto índice y la serie de reflexiones interiores que producen en la luz hacen que aparezcan en la placa sumamente oscuros, cuando se trata de piedras perfectas y transparentes.

Este ha sido, pues, el resultado obtenido durante esta primera etapa de lavados, que ha durado tan sólo quince días, y en los cuales sólo hemos pasado por nuestra modesta instalación de lavado la pequeña cantidad de 2,50 metros cúbicos de arenas cribadas, entre todos los lavados de los diferentes arroyos; si bien industrialmente no es un resultado lisonjero, dada la pequeñez de las piedras encontradas, es, a nuestro juicio, de un gran valor como indicio, ya que determina cuáles son las cuencas en las que la segunda etapa de investigación debe llevarse a cabo con más intensidad; sobre todo, dan una respuesta afirmativa al problema que llevábamos planteado, esto es, la probable existencia de diamantes en la zona de Carratraca, de la que desde el año 1870 se venía hablando sin tener una confirmación.

Ya, por lo menos, puede decirse que la existencia de esas piedras preciosas es allí un hecho y que las referencias que se tenían pueden muy bien ser exactas, no siendo extraño que donde hemos encontrado las pequeñísimas piedras a que hemos hecho referencia se puedan hallar otras mayores; pero claro está que haciendo los lavados en mucha mayor escala, y no precisamente en los escasos aluviones de los torrentes, sino en las tierras producidas por la descomposición meteórica de sus cuencas, que no han sido aún sometidas a la acción demoladora del pulverizado en los arroyos, y en donde es de esperar se puedan encontrar diamantes que tengan ya valor, no sólo científico, sino también industrial.

Propiedades de las piedras encontradas y la razón de su clasificación como diamantes.

Densidad. — La densidad de los minúsculos cristales encontrados la hemos deducido de las siguientes experiencias:

En el yoduro de metileno, de densidad igual a 3,34, los cristales se van a fondo rápidamente; es su densidad, por tanto, superior a 3,34. En cambio, en la disolución Rohrbach, a base de yoduro mercúrico y bario, de densidad igual a 3,56, los cristales, aunque lentamente, acaban por flotar. A poco que la disolución se diluya, vuelven a sumergirse, y, por tanto, les suponemos una densidad de, aproximadamente, 3,5.

Dureza. — Tratándose de cristales tan pequeños, no es fácil su manipulación para calcular su dureza. La experiencia la hemos hecho colocando algunos sobre una cara plana de un topacio y frotándolos contra ella; al examinar el topacio al microscopio biocular se observaban bien multitud de rayas que demostraban que los cristales tenían una dureza mayor a la del topacio, es decir, *superior a 8*.

Forma cristalina. — Dos han sido las formas a que corresponden los cristalitos que hemos investigado: dodecaedros rombales y cristales redondeados con caras triangulares, con tendencia a curvarse. Estas formas los distingue perfectamente del zircón y del rutilo, que frecuentemente aparecían también con fuerte brillo en las arenas densas que hemos examinado al microscopio, pues el zircón, aunque excepcionalmente incoloro, como son los procedentes del Tirol, tiene forma prismática con apuntamiento en los extremos, y el rutilo también cristaliza en prismas del sistema tetragonal.

Transparencia a los rayos X. — Este procedimiento de investigación es de gran importancia, ya que es sabido que una de las maneras de diferenciar los diamantes de las demás pie-

dras preciosas está fundada en la transparencia de las composiciones carbonosas a los rayos X, mientras que los demás compuestos, como silicatos, etc., son opacos.

La experiencia la hemos hecho colocando unos granates, unos zircons y unos cristales de los clasificados como diamantes, reunidos, viéndose perfectamente que la imagen de los primeros grupos es fuerte y negra, y que la del otro es tenue, casi imperceptible y muy parecida a la que en una radiografía produce la parte carnosa de un miembro, siendo, por el contrario, semejante a la imagen producida por los huesos las mencionadas del zircón y del granate.

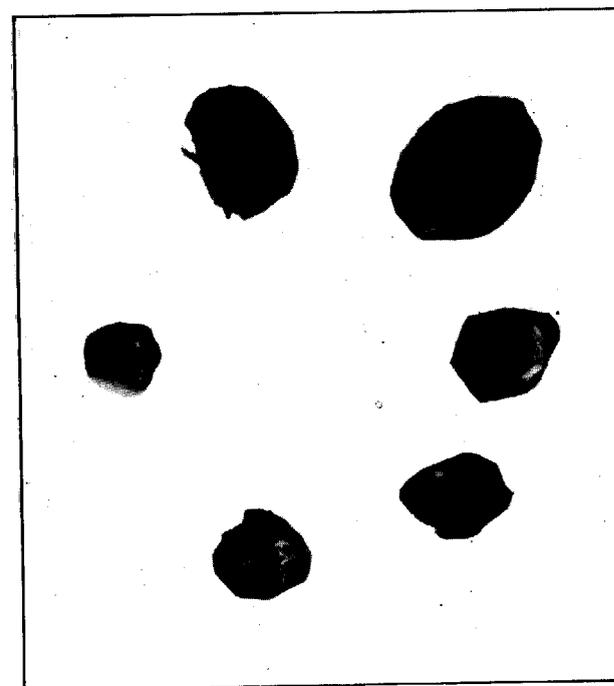
Todas estas características, unidas al brillo intenso de los cristales, a su falta de color, o ligeramente amarillentos algunos, si bien muy transparentes, no dejan, a nuestro juicio, lugar a dudas en su clasificación de diamantes, a pesar, como tantas veces hemos repetido, de que la pequeñez de estos cristales trae consigo grandes dificultades para su manipulación.

Conclusiones.

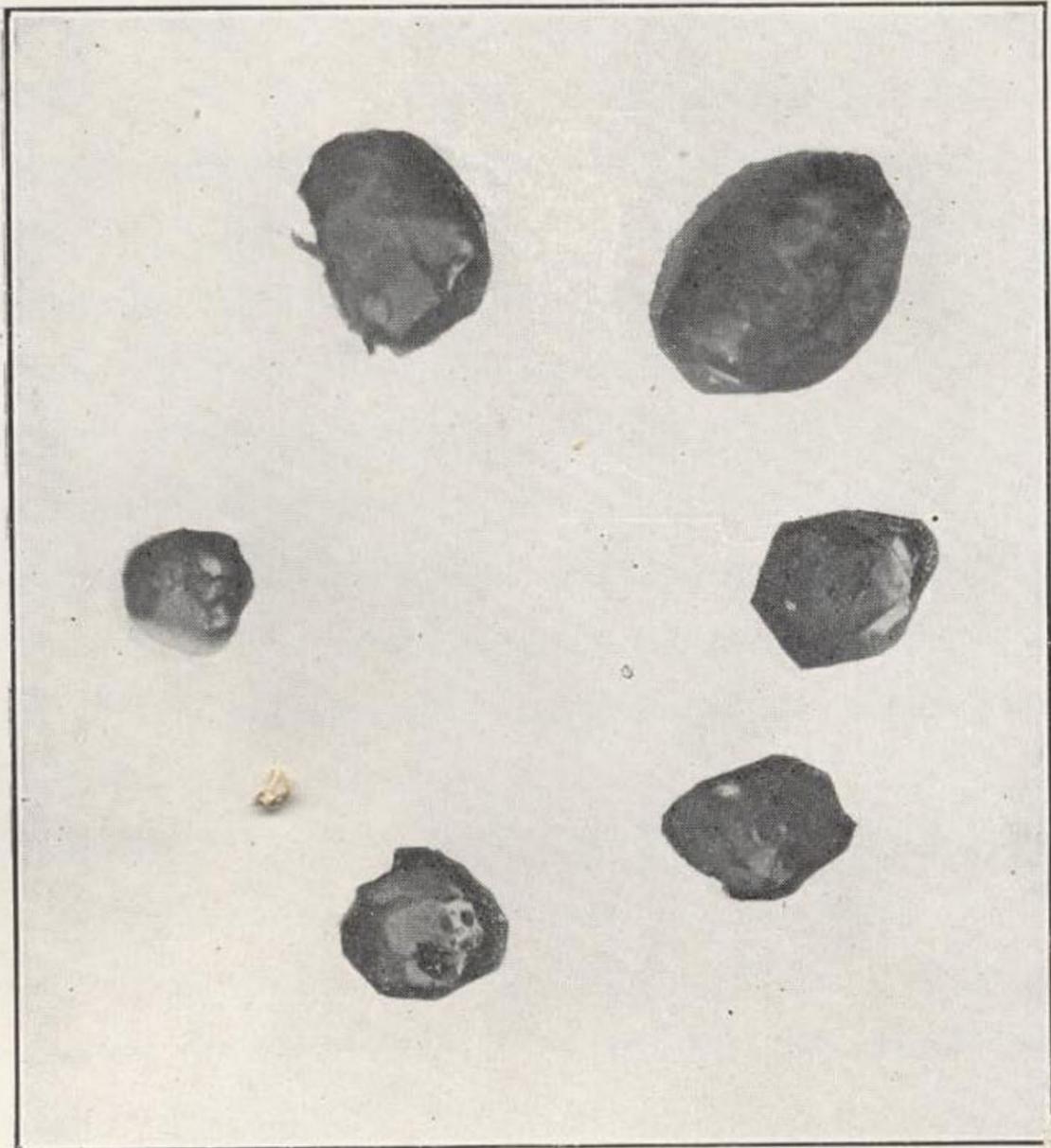
1.^a Queda, pues, demostrada la existencia de diamantes en la zona de Carratraca, y no como hecho casual, sino que los cristales encontrados, aunque pequeños, han indicado un carácter de continuidad en aquellas zonas que hemos denominado como positivas.

2.^a El carácter torrencial de los arroyos y la escasez de sus aluviones es tal, que no debe esperarse un beneficio industrial de la explotación de éstos.

3.^a Si investigaciones posteriores demuestran la existencia de piedras preciosas de mayor tamaño y valor, será, a nuestro juicio, como resultado del tratamiento de las rocas diamantíferas *in-situ*.



3. — Diamantes de Cañada Honda.
(Aumento: 25 diámetros).



3. — Diamantes de Cañada Honda.
(Aumento: 25 diámetros).

4.^a Para asesorarse sobre este punto, será preciso llevar a efecto una segunda etapa de investigación, en la que se traten mayores cantidades de tierras en las cuencas que hemos denominado positivas, y lavando las peridotitas descompuestas y convertidas en tierras por la meteorización para evitar tener que moler éstas.

5.^a Es de esperar que el resultado de esta segunda etapa sea alentador, ya que lo principal era demostrar la existencia de diamantes en la zona mencionada, y una vez que esto está ya verificado, no existe motivo para que, de igual modo que se han encontrado cristales pequeños, aparezcan otros mayores, como los que Calderón cita procedentes de allí.

Por último, como dato curioso, referimos que en la Costa de Oro se descubrió el mes de febrero de 1919, por el Instituto Geológico de aquella región, en Albonoso, cerca del Río Birim, algunos pequeños diamantes en los ríos y arroyos, dándose como diamantífera aquella región en una extensión de más de 50 millas cuadradas.

Pronto los descubrimientos de aquel Geological Survey se extendieron a una zona mucho mayor, y en junio de 1925 se habían obtenido, por las diversas empresas dedicadas a esta industria de los diamantes, 115.000 quilates, con un valor de 154.000 libras esterlinas.

La mayoría de los diamantes eran pequeños, y sólo una parte oscilaba entre 0,50 y un quilate, siendo el mayor que se había encontrado de nueve quilates.

Sólo una metódica e intensa investigación llevada a cabo en aquella región de la Serranía de Ronda, lugar privilegiado en cuanto a la gran variedad de especies de minerales raros, como níquel, bismuto, tungsteno, grafito, platino, etc., podrá decidir si los descubrimientos de diamantes efectuados pueden tener una importancia industrial semejante, o si se trata tan sólo de una interesante curiosidad científica.

NOTA
ACERCA DE LOS
HUNDIMIENTOS OCURRIDOS

EN

LA FRONTERA (CUENCA)

(MARZO DE 1927)

POR

V. KINDELÁN, A. DE ALVARADO y A. DE LARRAGÁN

Ingenieros de Minas.

NOTA ACERCA DE LOS HUNDIMIENTOS OCURRIDOS EN LA FRONTERA (CUENCA)

(MARZO DE 1927)

Los vecinos del pueblo de La Frontera, situado 42 kilómetros al Norte de Cuenca, a cuya provincia pertenece, fueron sorprendidos, en la madrugada del día 15 de marzo último, por fuertes ruidos, que atribuyeron, en los primeros momentos, a truenos lejanos, idea que bien pronto desecharon, pues se trataba de un día sereno, de cielo despejado, y nada hacía sospechar tormentas ni en aquel paraje ni en otros más o menos lejanos.

Se acentuaron esos ruidos, fueron más frecuentes, casi constantes durante toda la mañana, hasta que a poco más de las tres de la tarde adquirieron tal intensidad que parecían producidos por el derrumbamiento de grandes moles de tierra; ruido algo semejante al ocasionado por el disparo de barrenos.

Pronto supieron el motivo real de lo ocurrido; llegaron atemorizados al pueblo los vecinos Cecilio Chano y Manuel Cano, y contaron que a poco de pasar por el cerro de Las Noguerillas, distante unos 300 metros al Este de las primeras casas de La Frontera, se había hundido el terreno arrastrando algunos olivos y cepas de viñedos, produciendo una verdadera sima.

Y los vecinos del pueblo, que tan alarmados pasaron la mañana, ante la eventualidad de un peligro ignorado, acudie-

ron todos, hombres, mujeres y niños, para ver lo que allí había ocurrido, sin darse cuenta de que en aquel lugar y momento era cuando realmente el peligro existía.

Siguieron los movimientos de tierras en los días sucesivos en toda la altura y bordes de la sima abierta, siendo más perceptibles los ruidos, como es natural que así ocurriera, en el silencio de la noche, llegando a temer los moradores de La Frontera que sus vidas y haciendas corrían peligro.

Por tratarse de un hecho íntimamente ligado con una de las misiones que tienen que cumplir los Ingenieros del Instituto Geológico y Minero, su Director dió orden a los que suscriben para que se trasladaran a La Frontera con objeto de ver lo que allí había ocurrido y tratar de conocer las causas que ocasionaron el fenómeno.

Personados en La Frontera (fot. 1), llegamos al hundimiento del cerro de Las Noguerillas, cuya sección en la superficie afecta la forma aproximada de una elipse de ejes que miden 55 y 48 metros; a la vista la excavación tiene unos 60 metros de profundidad, con paredes sensiblemente verticales.

El suelo, en casi todo el contorno de los bordes, está agrietado, con evidentes señales de hundimientos producidos con posterioridad al día 15 de marzo, hundimientos que, como pudimos comprobar, se suceden de continuo (fot. 2).

Vimos que en el corte de la sima se presentan: primero arcillas rojizas de unos 10 a 15 metros de potencia, a las que son subyacentes alternancias de yesos, margas yesosas y pequeños lechos de arcilla y caliza.

Algunos veneros de agua poco abundante brotan entre los estratos, lo cual no es de extrañar por estar en un largo régimen de lluvias y nieves.

Pocos días después de nuestra visita, el Ingeniero Jefe del Distrito minero, D. Pedro Pérez, tuvo ocasión de comprobar la existencia de una corriente de agua en el fondo de la sima.

Estimamos que no era sólo en ese cerro y en sus alrededores donde habíamos de encontrar la explicación de lo que a nuestra vista se presentaba, y que un examen de la composición petrográfica del subsuelo en las comarcas vecinas, con la disposición de los estratos, podía facilitarnos nuestro estudio.

En los días sucesivos recorrimos el valle y sus bordes.

Se trata de una cuenca clasificada como miocena lacustre (en la *Descripción física, geológica y agronómica de la provincia de Cuenca*, de D. Daniel de Cortázar), que desde la provincia de Guadalajara se interna en la de Albacete, después de ocupar grandes extensiones de terreno en las de Madrid y Toledo.

El terreno donde se encuentran el cerro de Las Noguerillas y el pueblo de La Frontera forma parte de una lengüeta miocena, casi un isleo, que en dirección próxima al meridiano magnético se extiende desde el término de Cañamares por el Norte hasta el de Embid por el Sur.

Hacia el Norte, donde estrecha, se apoya sobre elementos jurásicos, y por el Este, Sur y Oeste, sobre terreno cretáceo (fotografía 3).

Los tres tramos en que clásicamente se ha dividido el mioceno lacustre español se hallan representados en la provincia de Cuenca, pero muy desigualmente desarrollados en las distintas zonas. Al Este, cerca de la Serranía, domina el tramo detritico, con elementos a veces voluminosos, pero integrado generalmente por arcillas rojas, maciños y gonfolitas, y, por el contrario, en las cercanías de Belmonte, Tarancón y otras localidades de la zona occidental, alcanzan notable desarrollo las calizas algo magnesianas, ricas en fósiles mal conservados, a que modernamente se atribuye edad pontiense. Domina el tramo medio en la zona central.

A esta zona pertenece el valle de La Frontera, en que sólo destacan raros testigos de las calizas superiores, y queda limi-

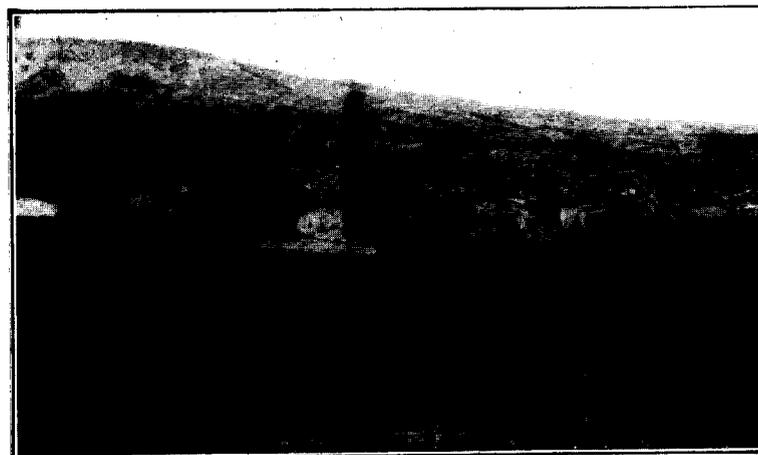
tado a los bordes de la cuenca el tramo detrítico inferior, representado por conglomerado silíceo calífero, generalmente desagregado, que por disolución del carbonato cálcico se reduce a arenas sueltas cuarzosas.

En cambio alcanza aquí muy notable extensión el tramo medio, integrado por margas, arcillas y yesos con algo de magnesia, cuya potencia resulta algo superior a lo estimado como normal por Cortázar, pues hemos hallado una diferencia de cota de 168 metros entre las capas de yeso sacaroide del cerro Hoyo Juan, cuya cota excede en 68 metros a la de La Frontera, que es de 956 metros sobre el nivel del mar, y los lechos yesosos, casi idénticos, de Laguna Blanca en el sumidero existente al borde del tramo arenoso.

Si prescindiéramos de la variación diurna barométrica, y supusiésemos exacta la horizontalidad de las capas, la diferencia entre las dos lecturas barométricas, es decir, los citados 168 metros, sería el espesor del tramo. Cabe introducir dos correcciones, una por posible variación de presión, que fué muy pequeña aquel día entre la hora de las dos lecturas, y otra por inclinación de las capas sensiblemente horizontales en este valle, salvo accidentes locales, por lo cual creemos justificado evaluar en más de 140 metros la potencia de este tramo medio.

En cuanto al tramo inferior detrítico citaremos que en el borde de la cuenca, junto a las calizas cretáceas, paraje Hoyo Juncosa, del término de Cañamares, señaló nuestro barómetro 86 metros de cota sobre dicho pueblo, cuya iglesia se alza a 866 metros sobre el nivel del mar, mientras que en Laguna Blanca, contacto entre el tramo de los yesos y arenas del inferior, obtuvimos cota de 10 metros bajo Cañamares, lo cual nos da un espesor de 96 metros, seguramente superior al real, por hallarse algo levantadas las capas de conglomerado que se apoyan en los anticlinales secundarios.

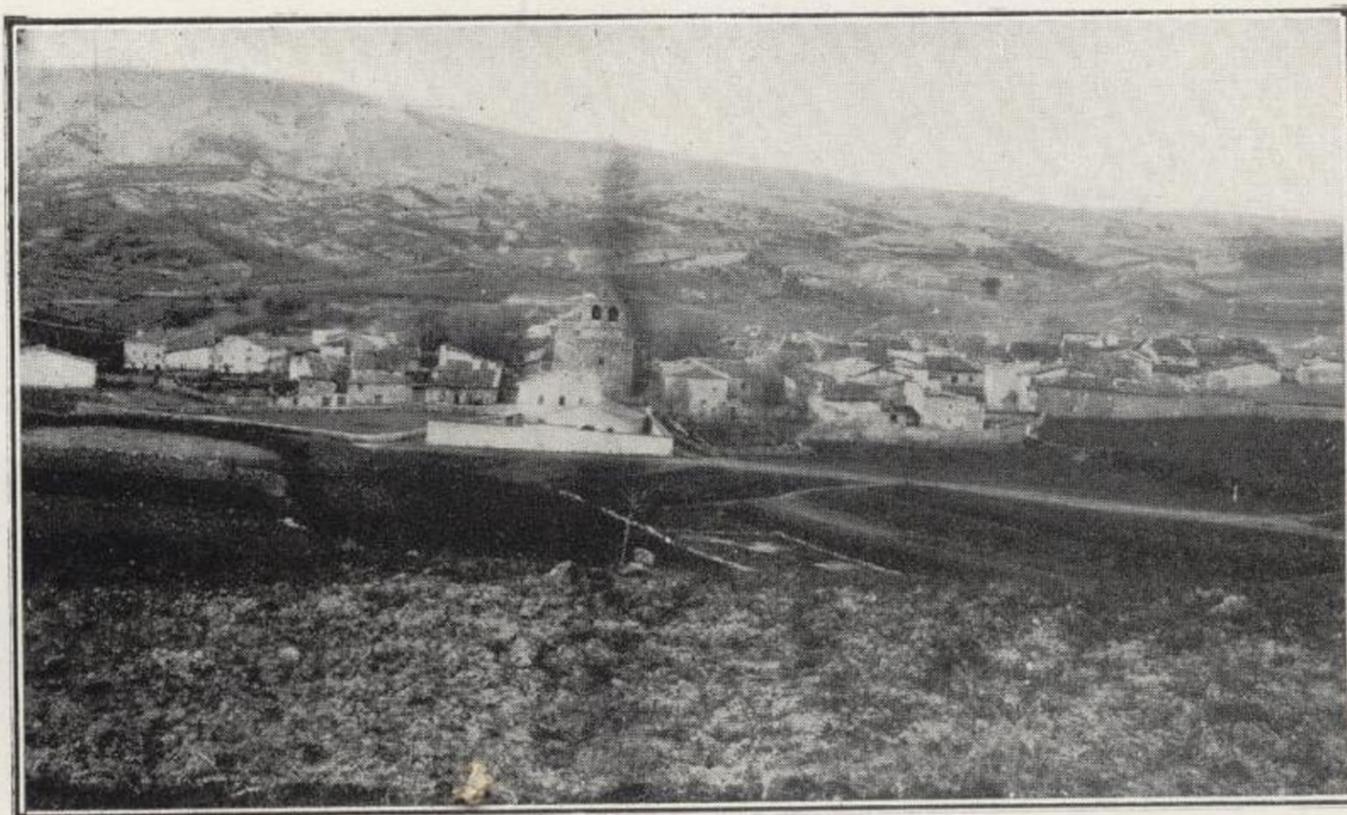
Respecto a tectónica de los estratos terciarios, en la Des-



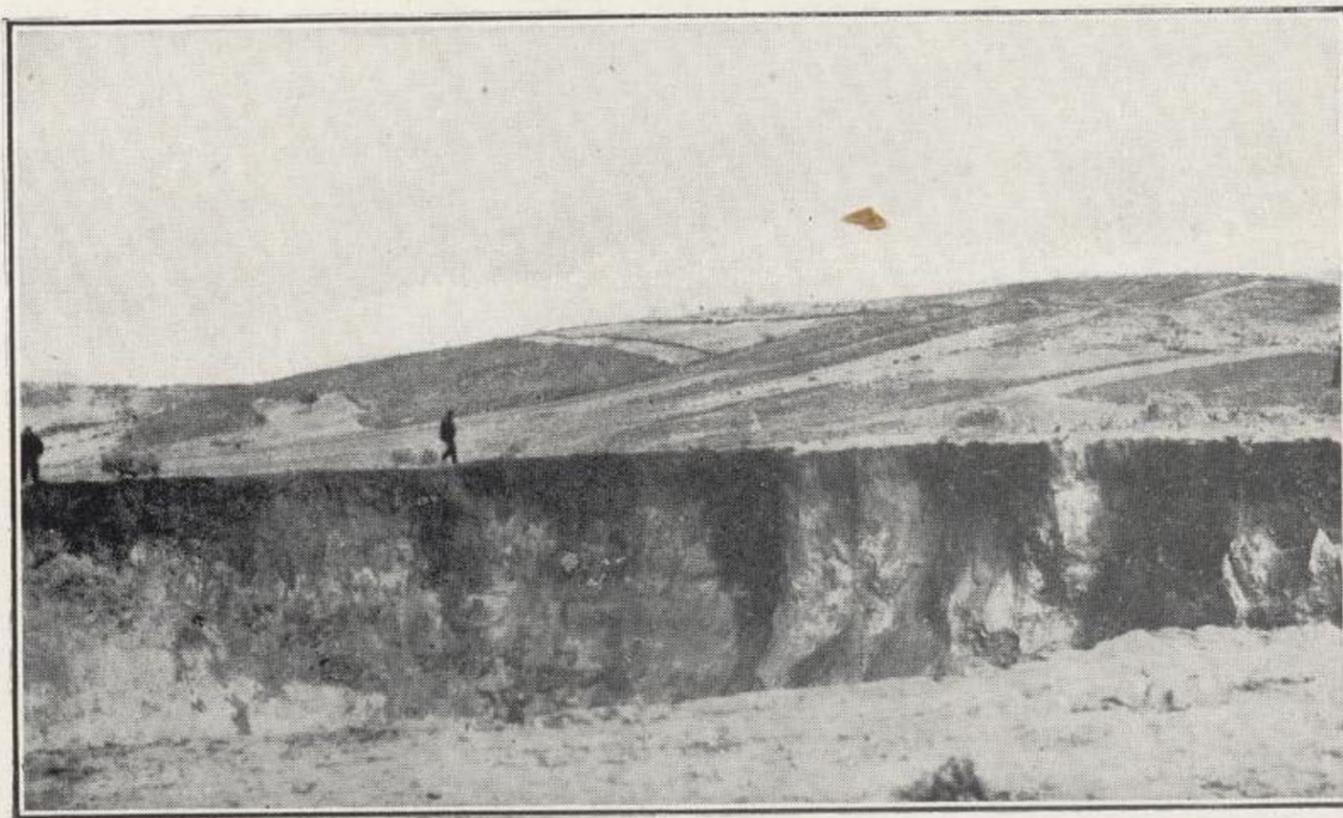
Fot. 1. — La Frontera.



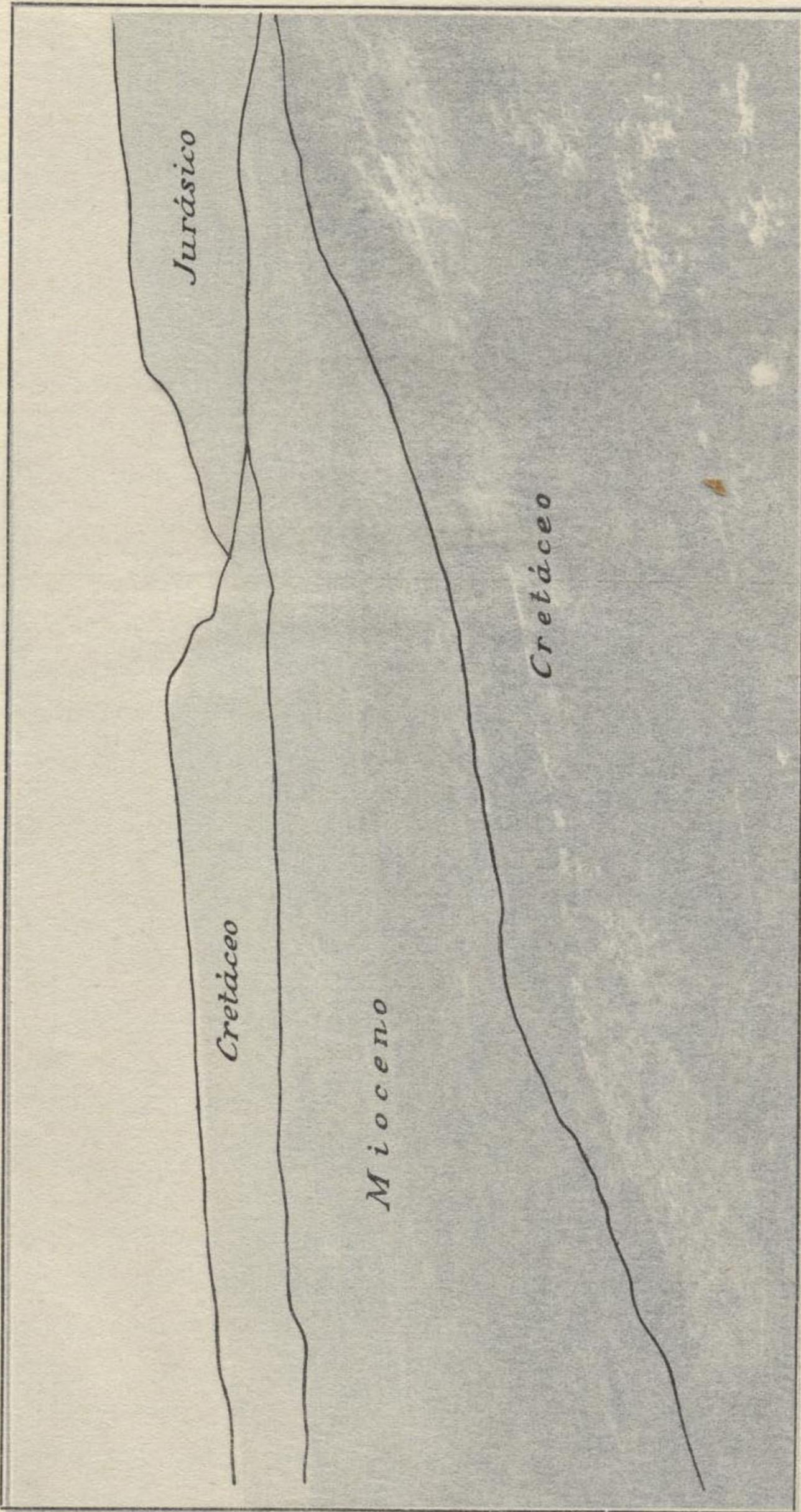
Fot. 2. — Sima de La Noguerilla.



Fot. 1. — La Frontera.



Fot. 2. — Sima de La Noguerrilla.



Fot. 3. — Vista de conjunto del valle terciario tomada desde la cadena oriental cretácica; al fondo, contacto del jurásico y cretáceo en la garganta del Escabón.

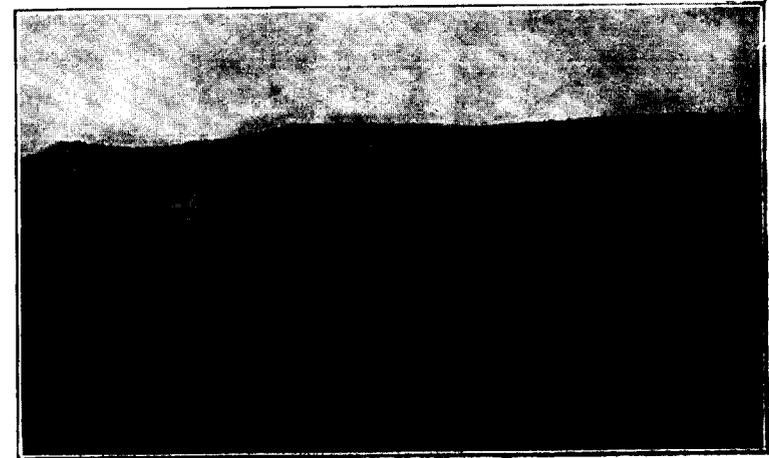




Fot. 3. — Vista de conjunto del valle terciario tomada desde la cadena oriental cretácea; al fondo, contacto del jurásico y cretáceo en la garganta del Escabas.

cripción física, geológica, etc., de Cuenca, se citan inclinaciones de las capas de 10 grados en Embid y de 8 a 30 grados con buzamiento al Oeste en las comarcas de Huete y Tarancón, siguiendo la dirección general del meridiano magnético de hace cincuenta años. Nosotros hemos comprobado la exactitud de dicha dirección general de los estratos, pero no la acción de los importantes fenómenos orogénicos que se supone haber afectado a estos estratos.

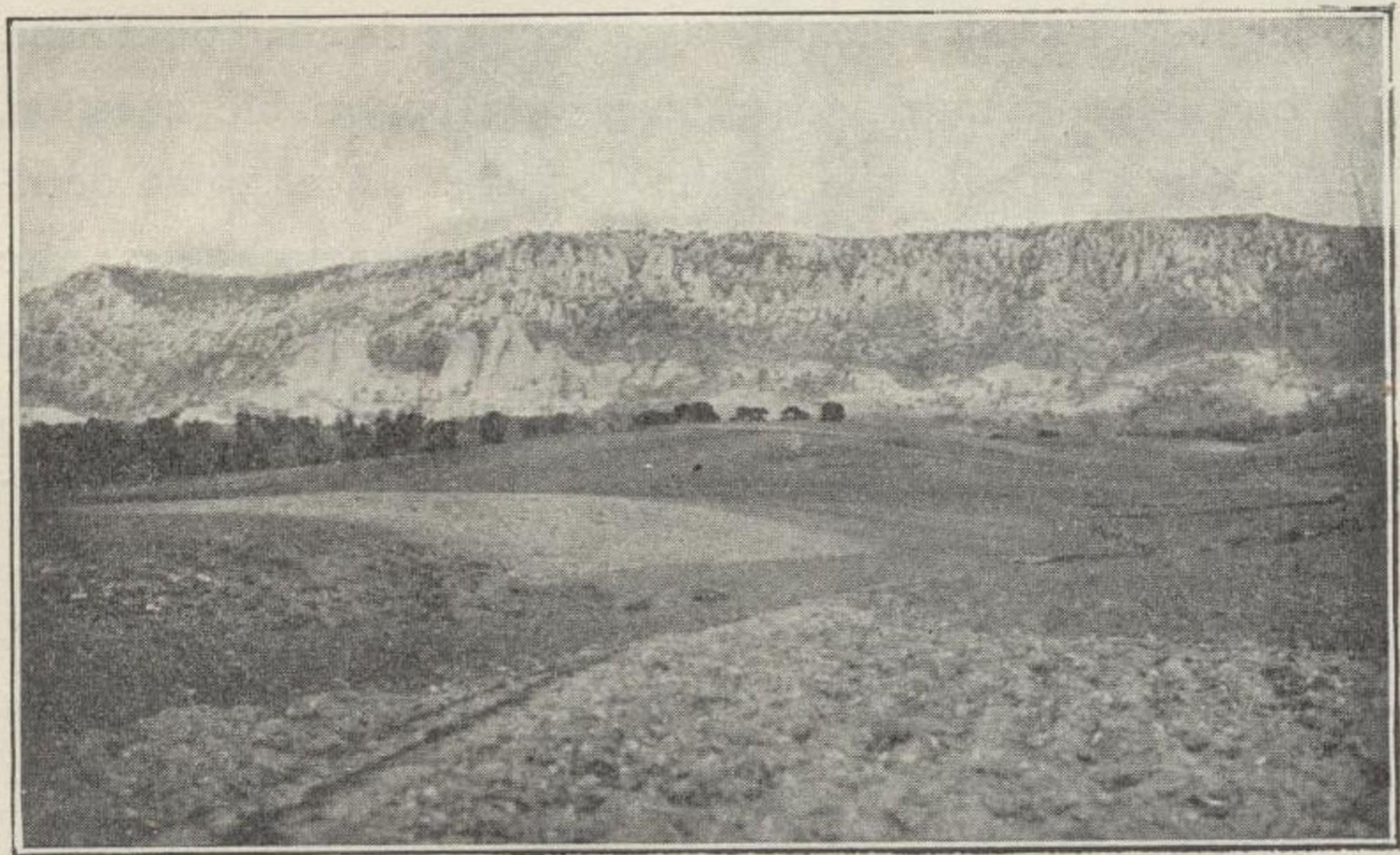
Dentro de la zona vecina a La Frontera, las capas se pre-



Fot. 4. — Contacto del Mioceno con las calizas cretáceas.

sentan sensiblemente horizontales en el centro de la cuenca, con algunos fenómenos locales de inclinación por socavamiento y rotura que afectan a los yesos.

La inclinación frecuente en los estratos marginales parece poder atribuirse a una adaptación al depositarse los materiales detríticos sobre las capas inclinadas del secundario (fot. 4) y a los pequeños movimientos póstumos con relación al levantamiento principal de la Carpetovetónica, que ya indicaron los primeros geólogos que estudiaron la región.



Fot. 4. — Contacto del Mioceno con las calizas cretáceas.

Parece aventurado atribuir amplitud a los movimientos orogénicos postalpinos relacionándolos con los levantamientos del sistema trirrectangular, como hace el ilustre Cortázar, siguiendo las ideas dominantes en su época, y tampoco hemos encontrado en la zona estudiada huellas claras del movimiento ocurrido entre el depósito de los estratos detríticos y el de los tramos superiores a que el profesor Sr. Royo Gómez atribuye notable importancia, clasificando como paleógenas las areniscas inferiores muy inclinadas en las Tetas de Viana y Los Hermanillos, de Sacedón, mientras que se presentan allí horizontales las calizas fosilíferas superiores de edad pontiense.

Sin entrar a tratar de resolver esta importante cuestión, señalaremos tan sólo que, a falta de fósiles en el tramo detrítico inferior, y existiendo algunas discordancias entre este tramo y los dos superiores fosilíferos, no resulta justificado atribuir edad miocena a toda la cuenca terciaria del Tajo, según se señala en nuestro anterior bosquejo del Mapa Geológico.

Es verosímil que pertenezca al paleógeno el tramo inferior, como ya apunta en su Memoria de la provincia el tantas veces citado autor, sin precisar si corresponde al eoceno o al oligoceno; pero confiamos en que el estudio detallado del nuevo Mapa permitirá deslindarlos de los sarmáticos y pontienses que integran los dos miembros superiores de esta formación.

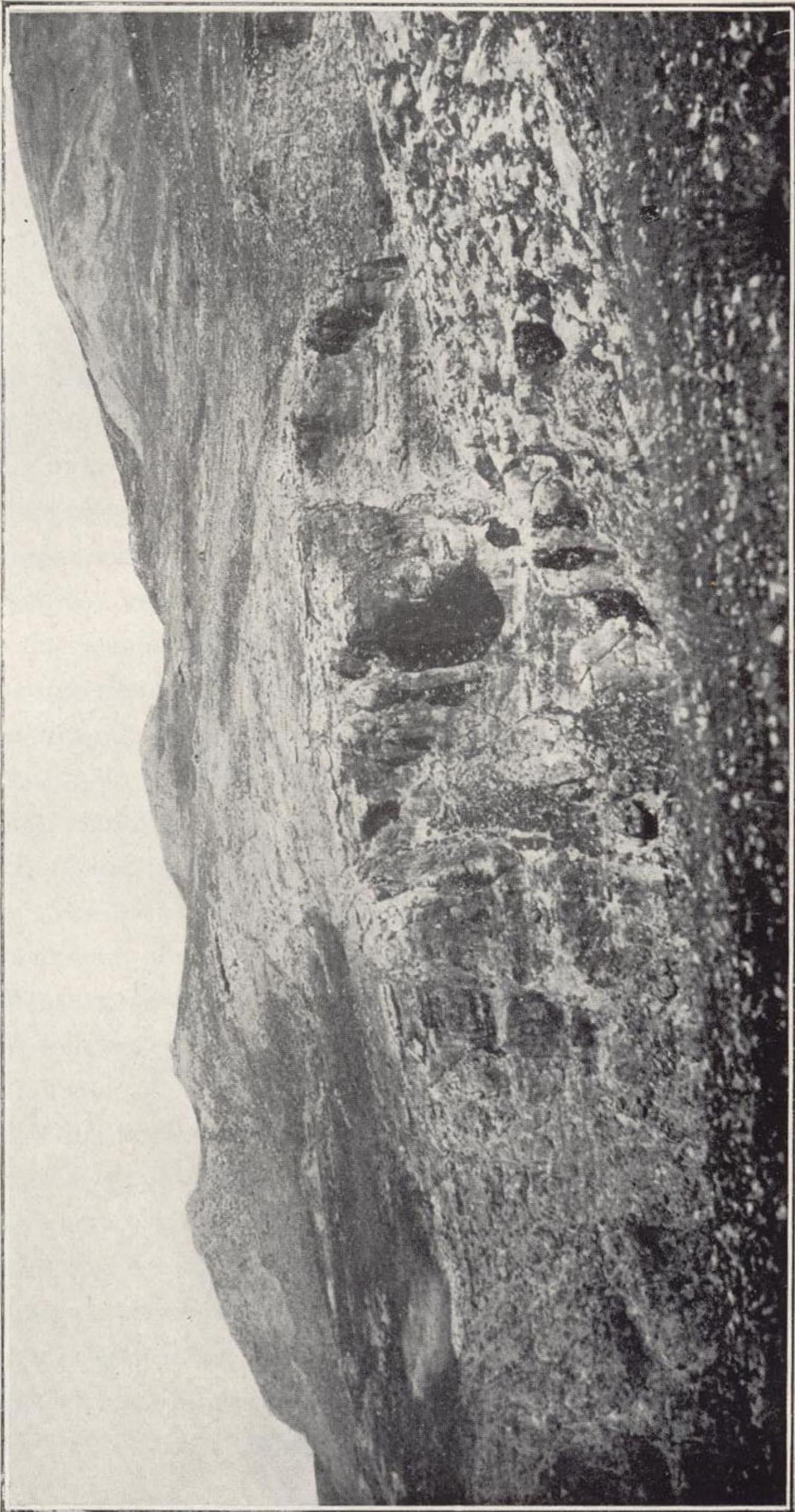
Los yesos se apoyan sobre las colinas cretáceas de Poniente, llegando hasta casi sus cumbres en bancos sensiblemente horizontales o que no pasan de 25 grados de inclinación Este.

Los materiales cretáceos que bordean el valle por el Oeste se presentan en una serie de colinas que comienzan en la izquierda del río Escabas, al Sur de Priego, hasta el término de Arcos de la Cantera, en las proximidades de Cuenca, con anchura variable de uno a dos kilómetros.

La formación cretácea presenta en la Serranía de Cuenca



Fot. 5. — Anticlinal cretáceo al O. del valle.
Bancos de caliza cavernosa.



Fot. 5. — Anticlinal cretáceo al O. del valle.
Bancos de caliza cavernosa.

una potencia que excede de 350 metros en aquellos puntos donde todos los tramos que la integran están representados; generalmente, el espesor es mucho más pequeño por erosión y hallarse raramente presentes los tres tramos.

Designa esta formación Cortázar con el nombre de «creta tosca», sincronizándola con los pisos cenomanense y turonense, que, según él, en Cuenca constituyen un sólo grupo de capas en que, mezclados y confundidos, se encuentran los fósiles correspondientes a ambos tramos. Como fósiles característicos se citan *Natica hispanica*, en Mata del Cuervo, y cerca de la capital, donde también se encuentra *Arca subpectinoide* con *Ostrea columba*, *Hemiaster Fournelli*, *Hemiaster bufo*, etc.

El ilustre autor antes citado menciona también una especie de ammonites, varios lamelibranquios y braquiópodos característicos del cenomanense y turonense, haciendo notar que han sido encontrados en las calizas, con la excepción de la *Ostrea flabella*, presente también en capas arenosas.

Nosotros no encontramos fósiles en las capas calizas que integran el anticlinal que separa los valles de Albalate y La Frontera, donde tampoco creemos hayan sido citados hasta ahora, y sólo nos fué indicada por los prácticos la existencia de un yacimiento fosilífero en las cumbres de la sierra cretácea de Fuertescusa, vertiente oriental, cuya localización y reconocimiento hubieran dilatado con exceso el cumplimiento de nuestra misión.

De los dos horizontes o tramos, mejor dicho, que integran el cretáceo de la provincia, el inferior, formado por rocas cuarzosas con elementos feldespáticos, arkosas típicas, que a veces, manchadas por el óxido férrico, toman aspecto de areniscas abigarradas, se presenta especialmente en la región oriental.

No aflora este tramo en los bordes del valle objeto esencial de nuestro estudio, y por ello dedicaremos atención exclusiva a la estratigrafía y constitución litológica de las calizas

superiores y que allí sirven de apoyo al terreno terciario lacustre.

El autor de la *Memoria Geológica de Cuenca* describe la serie caliza de los alrededores de la capital, que nosotros reconocimos detalladamente en la hoz del Huécar, como a continuación transcribimos:

1. «Calizas blancas en la base, algo cristalinas y magnesianas, separadas en bancos por lechos de margas de color claro, alcanzando una altura de 40 metros.»

2. «Vienen sobre estas capas de caliza 10 metros de margas arcillosas de color oscuro.»

3. «Encima, un potente banco de caliza de color blanco amarillento, textura granuda, de más de 40 metros de espesor, sin división ninguna de lechos, y constituyendo en las hoces de los ríos que rodean a la capital escarpas verticales que se elevan cual altísimos muros.»

4. «Terminan estos tajos por unas capas de caliza silicea más consistente que la inferior, que se adelantan en los cortes en caprichosas cornisas de un espesor de más de 12 metros, presentando figuras sumamente raras y que son un distintivo de la formación cretácea de la provincia.»

5. «Coronan, por último, la formación unas calizas cavernosas en capas gruesas que alcanzan un espesor de 120 metros en el Cerro del Socorro, a la izquierda del Júcar, y sólo unos 100 metros en el de la Majestad, situado en la orilla opuesta.»

Los horizontes superiores calizos, singularmente el de los potentes bancos cavernosos (fot. 5), que, como queda indicado, se presentan claramente en los cerros inmediatos a la capital y son raros en la mayor parte de la provincia, toman también importante desarrollo en el anticlinal cortado por el barranco Las Hoceillas, entre Albalate de las Nogueras y La Frontera, e integran sin duda el tramo superior del sinclinal o cubeta cretácea en que se depositaron los estratos detríticos y margoso-

yesíferos del terciario lacustre que hoy forman la superficie y primera corteza del subsuelo de este valle.

La cordillera cretácea, que alcanza en El Poste 1.429 metros de altura sobre el mar del lado de Saliente, se extiende desde el término de Cañamares hasta los de Embid y Verdipino por el Sur.

En ambas series de colinas, las capas, al ser levantadas, quedaron formando anticlinales, de modo que entre las de uno y otro lado queda un sinclinal que sirvió de fondo al lago ter-



Fot. 6. — Eje del anticlinal cretácea en Las Hoceillas.

ciario. Las ramas de los anticlinales en esa parte tienen buzamientos de 25 a 40 grados. La dirección media es la misma que la del eje del valle, o sea Norte-Sur magnéticos (fot. 6).

Sólo está a la vista el horizonte superior de calizas bastas, cavernosas, muy quebrantadas y fisuradas, que ponen de manifiesto los esfuerzos a que estuvieron sometidas al levantarse las capas y la enérgica denudación que sufrieron. Son de colores grises, más o menos oscuros, y afectan formas redondeadas, y otras, como las de Cañamares, la de agujas y agudos



Fot. 6. — Eje del anticlinal cretáceo en Las Hocecillas.

conos, que, sin llegar a formar las curiosas «hoces» de tanto renombre en esa provincia, dan un aspecto muy pintoresco al paisaje.

No hemos visto el tramo inferior de las arkosas feldespáticas ni las arcillas que entre éstas y las calizas cavernosas cenomanenses se intercalan.

Indicados estos rasgos más salientes de la geología de la comarca, añadiremos que ésta es abundantísima en aguas, pues por todas partes corren arroyos que se surten de fuentes y manantiales, alumbrados casi siempre entre rocas cretáceas; verdad es que la provincia de Cuenca figura entre las de España que más agua de lluvia reciben y donde la nieve se conserva en ciertas cumbres más de las dos terceras partes del año. Unas van al río Escabas; otras se filtran, y otros caudales, nada escasos, van al interior de la tierra por sumideros, entre los que merecen citarse los llamados Laguna Blanca, en el borde occidental del valle; Recuenco y Recuenquillo, en el centro, y Chorreadero, en el extremo oriental.

La permeabilidad del suelo también es grande, pues a pesar de hallarnos en régimen lluvioso y de nevadas no se ve el agua rellenar las depresiones del terreno, cuya horizontalidad es grande.

Son notables, y en ellas fijamos nuestra atención, las depresiones del suelo que llaman en la región «navas», «simas» y «simarros», según sus dimensiones.

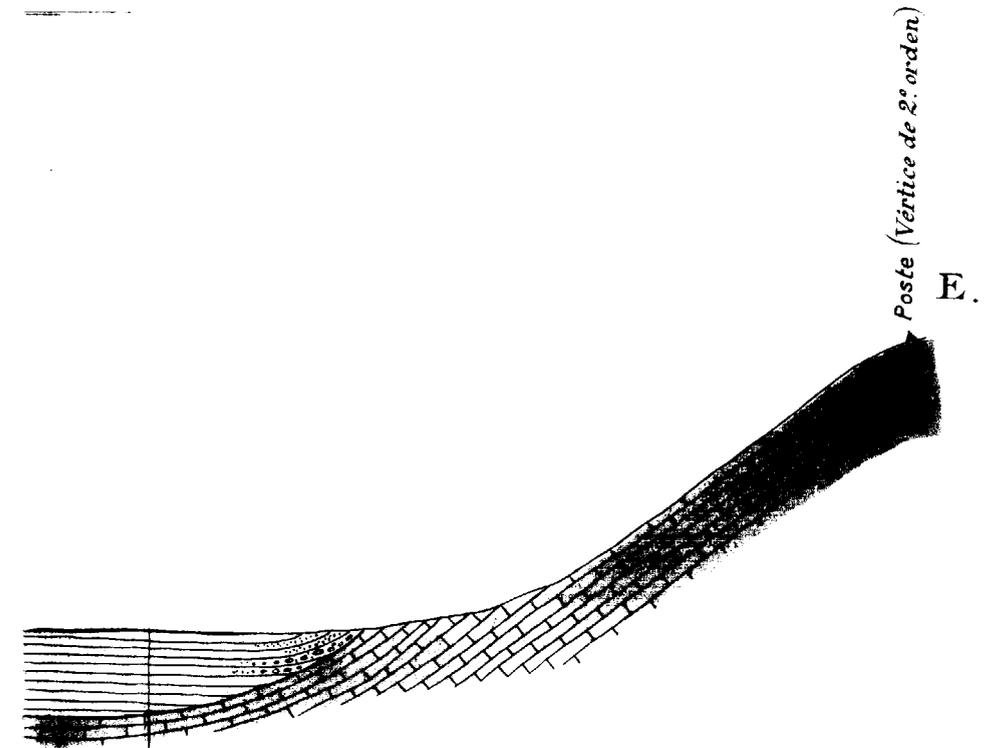
Por su semejanza morfológica con la que nos interesa, merece apuntarse entre las numerosas «torcas» o hundimientos circulares conocidos desde hace largos años en la formación cretácea de esta provincia, los de Los Oteros, con 100 metros de diámetro y laderas casi cortadas a pico.

También creemos interesante hacer notar que no es el fenómeno de hundimiento de Las Noguerillas un máximo entre los registrados en la provincia, pues la Nava de Reillo



VALLE DE LA FRONTERA

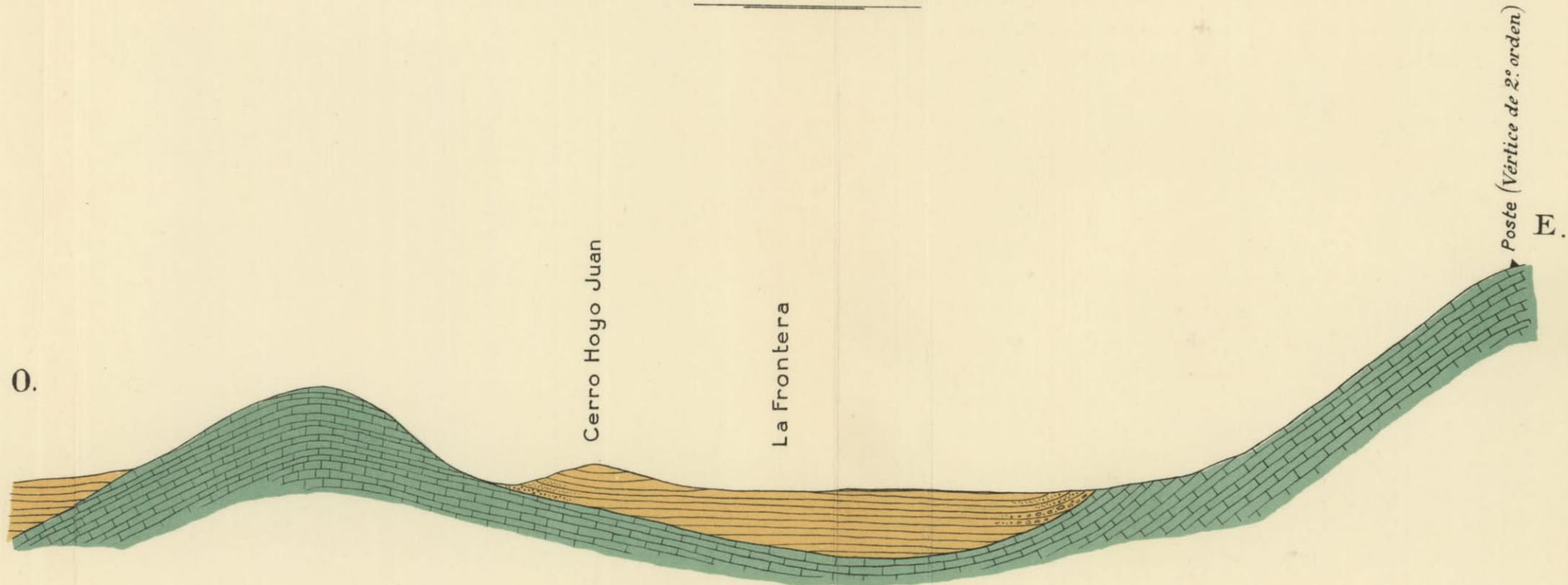
VÉTICO





CORTE ESQUEMÁTICO DEL VALLE DE LA FRONTERA

O.-E. MAGNÉTICO



-  *Arcillas, margas y yesos miocenos*
-  *Arenisca y conglomerado mioceno*
-  *Caliza cavernosa cretácea*

y otras varias presentan dimensiones incomparablemente mayores.

Algunas que se alinean según la dirección del valle, pudieran tener relación con corrientes subterráneas.

Es evidente que esas depresiones circulares del terreno son debidas a la acción de las aguas, que, filtrándose desde la superficie, corren en el interior de la tierra atacando las rocas y disolviéndolas parcial o totalmente.

Primero fueron pequeñas fisuras y grietas; posteriormente aumentaron de tamaño hasta llegar a formar huecos o cavernas interiores, debidos a la acción de las aguas durante largos períodos de tiempo sobre aquellas rocas.

Considerando como indudable que la causa de los hundimientos es la disolución por las aguas de las rocas que forman el subsuelo del valle, vamos a estudiar qué estratos han sido los que por su naturaleza han podido ser principalmente atacados y cuáles por sus espesores han podido dar lugar a la gran magnitud alcanzada por los hundimientos.

Tres podrían ser, en nuestra opinión, los tramos atacados por las aguas:

- 1.º El horizonte de los yesos en el tramo medio mioceno.
- 2.º Un hipotético banco de sales alcalinas.
- 3.º Las calizas cretáceas.

En el tramo yesoso hay algunos sumideros y «simarros» poco profundos, cuya formación se puede atribuir a la disolución de los yesos.

Hemos calculado el espesor total del tramo medio mioceno en 100 a 140 metros, reducido a menos de la mitad en los alrededores de La Frontera, por efecto de la denudación sufrida.

En la sima de Las Noguerillas sólo cubren a los yesos algunos pocos metros de tierra vegetal; por tanto, aun suponiendo la desaparición total del tramo yesoso por disolución, nunca

se podrá llegar a la profundidad de 170 metros, que se midió en los primeros momentos.

En el borde oriental de la cuenca terciaria, y muy próximo al contacto con las calizas cretáceas, donde el espesor total del mioceno no es más que de pocos metros y donde no se encuentran los yesos o son muy escasos, son numerosas las simas antiguas que, por su forma actual, parecen indicar profundidades superiores a la alcanzada por la sima de Las Noguerillas.

Con esto se ve claramente que la disolución de los yesos no puede ser la única causa de todos los hundimientos que se observan en el valle terciario.

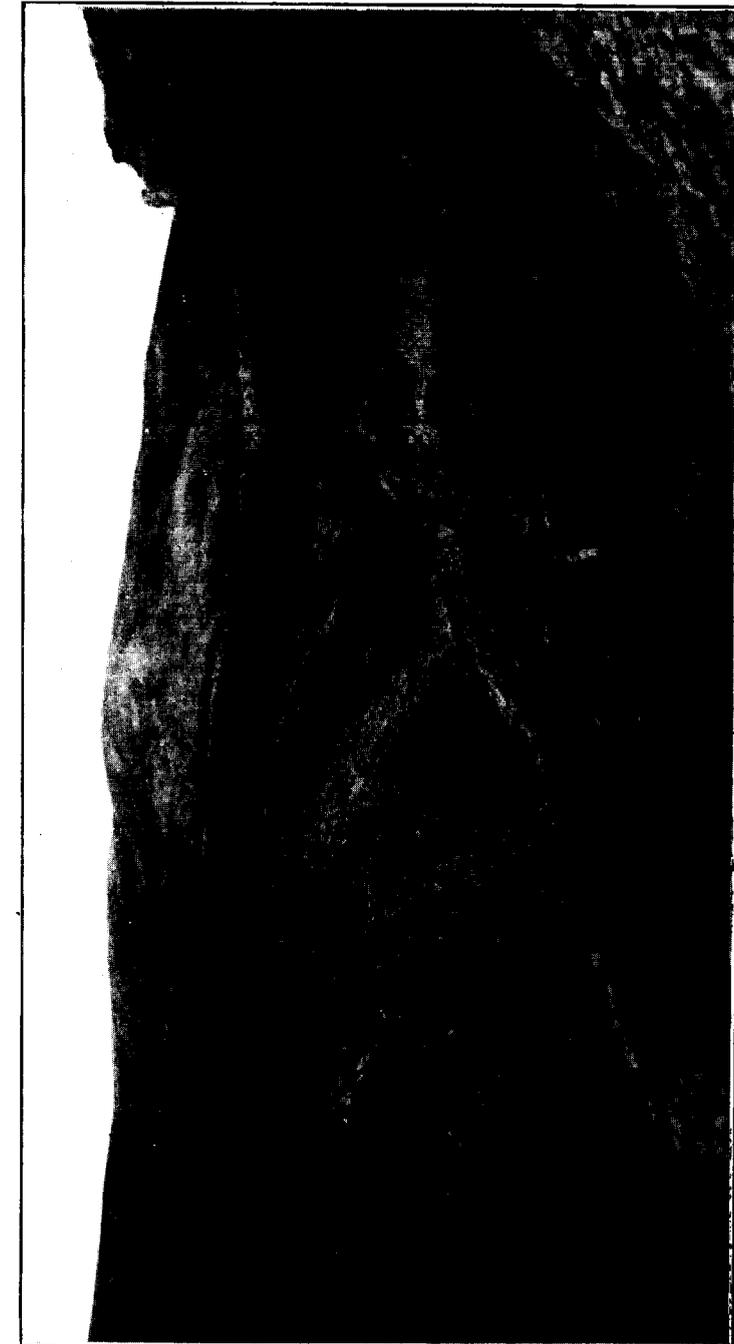
Rodeando al terciario en la provincia de Cuenca existen numerosas manchas triásicas, y en ellas, además del importantísimo yacimiento salino de Minglanilla, se encuentran muchas fuentes de agua salada, que se aprovecha para obtener, por evaporación, sal común.

Entraba en lo posible la formación de un manto salino en el terciario procedente del transporte, por disolución, de las sales triásicas, en manera análoga al formado en el oligoceno catalán, cuya procedencia se supone también triásica.

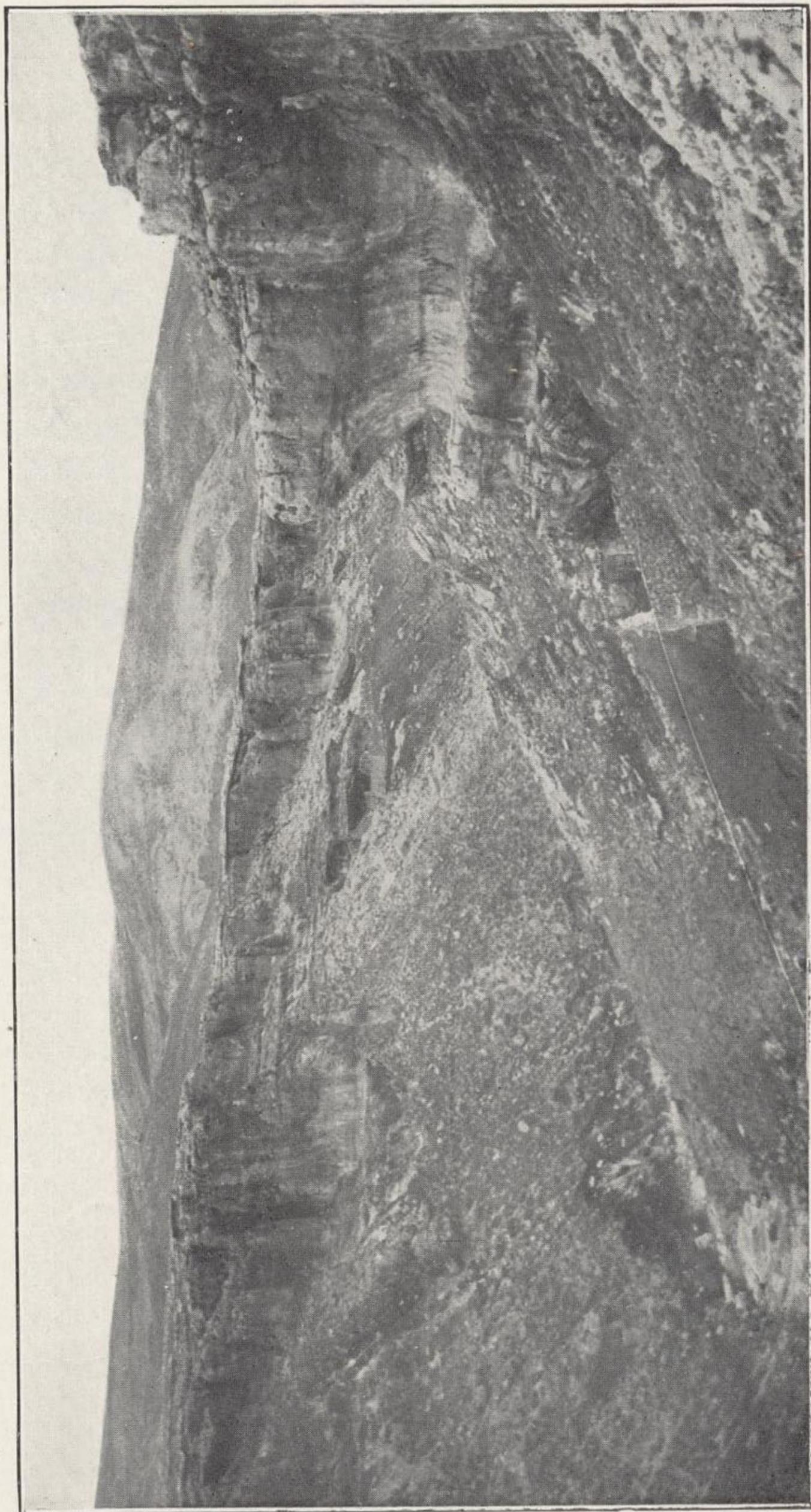
Pero dada la forma del valle y el reducido espesor total del mioceno, no es lógico pensar en un manto salino de la importancia necesaria para producir estos hundimientos.

La caliza cretácea en esta zona es fácilmente atacable por las aguas, como lo demuestran las imponentes cavernas, simas y torcas, que tanto abundan en la provincia, y los notables efectos (fot. 7) de denudación superficial que ejercen sobre ellas, haciéndolas tomar las más caprichosas formas de recortadas siluetas, como ocurre en la llamada «Ciudad Encantada», que no es sino efecto de la acción disolvente de las aguas de lluvia sobre dos clases de calizas, una más silíceas y resistente que la otra.

No hay que olvidar que la acción química del agua puede



Fot. 7. — Anticlinal cretáceo entre Albalate de las Nogueras y la Frontera.
Garganta de Las Hocecillas.



Fot. 7. — Anticlinal cretáceo entre Albalate de las Nogueras y la Frontera.
Garganta de Las Hocecillas.

ser muy variable, según los elementos que lleve en disolución, y no estará de más el recordar que las aguas mineralizadas son abundantes en la provincia, pues las hay sulfurosas termales, sulfurosas frías, ácido-carbónicas con hierro, salinas, etc., que han de ejercer muy distinta acción sobre las rocas.

Una prueba de cuán poderosa es la acción de las aguas subterráneas la dan los grandes manantiales de la provincia: Uña, Valdecabras, Fuertescusa, etc., pues al salir sus aguas al aire libre depositan cantidades muy considerables de toba que ocupa grandes extensiones, y que es debida a que, cargadas de bicarbonato sódico, se descomponen en contacto del aire atmosférico, dando por resultado una precipitación de «toba» o «tosca».

Las aguas saturadas de ácido carbónico atacan con facilidad a las calizas cuando circulan entre sus fisuras, grietas y juntas de estratificación, que, con el tiempo, van agrandándose, hasta formar inmensas cavernas interiores.

Intervienen también las arcillas, que separan las calizas cavernosas de las areniscas feldespáticas o arkosas del miembro inferior cretáceo, impidiendo el que se filtren las aguas; por su impermeabilidad y por ser más flexibles, cedieron y se plegaron sin romperse, produciéndose entre ellas y los bancos de caliza, levantados y rotos, las primeras oquedades por donde circularon las aguas.

Las numerosas simas situadas casi en el contacto del terciario con el cretáceo, y las que hay dentro de esta última formación, como la de «Sima Corva», «Hoyo Juncoso» y otras ya citadas, de dimensiones análogas a las de la reciente de Las Noguerillas, las estimamos como prueba palpable de que la causa principal de los hundimientos es la existencia de grandes cavernas en las calizas del cretáceo superior.

Conclusiones.

Por todo lo dicho, creemos que las causas del gran hundimiento de Las Noguerillas, como las de todos los hundimientos importantes de la región, son dos:

La fundamental es la existencia de grandes oquedades producidas por disolución en las calizas del cretáceo superior.

Al formarse estas oquedades queda como bóveda o techo, con mayor o menor espesor, el tramo yesoso mioceno en el valle de La Frontera, y la disolución o la rotura de estos yesos es la causa secundaria, pero determinante, de los hundimientos.

En cuanto a seguridad del vecindario del pueblo de La Frontera y de la carretera que atraviesa el valle, sólo podría formarse opinión exacta después de reconocimiento por sondeos que marcaran tanto las cavernas existentes como el espesor de sus recubrimientos.

Después de redactadas las anteriores páginas hemos tenido ocasión de leer la documentada y brillante nota referente a este fenómeno, y original del catedrático de Cuenca Sr. Jiménez Aguilar, que se inserta en el último número del *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*.

Son de gran interés los múltiples parajes en que dicho distinguido autor cita la existencia de torcas y simas próximas a La Noguerilla, y generalmente enclavadas en terreno secundario, tales como «Cueva de los Tábanos» y «Sima Corva», en Fuertescusa; «El Agujero», entre Albalate y Ribagorda; «Manantial del Resquicio», junto al camino de Poyatos, etcétera, etc.

Muy lógica resulta su idea, coincidente con el maestro Cortázar, de admitir la existencia de corriente subterránea alineada aproximadamente según el talweg superficial, poco marcado por cierto, y en apoyo de tal tesis deben tenerse en cuenta los

múltiples sumideros que absorben las aguas superficiales. También es verosímil relacionar con ellas las lagunas que a más bajo nivel topográfico se presentan en la cuenca del Escabas, cerca de Cañamares.

Nosotros no tuvimos ocasión de observar en nuestras repetidas visitas ruido de agua corriente ni arrastre de las tierras derrumbadas.

Como respuesta a la benévola alusión del Sr. Jiménez Aguilar, creemos indicado manifestar que ni durante nuestra expedición ni en el curso de los estudios y sondeos que para determinar las condiciones de permeabilidad del proyectado pantano del Escabas realizó la División Hidráulica del Tajo, fué dable precisar el recorrido de las aguas perdidas en los sumideros próximos a La Frontera. No dió resultado el empleo de la fluoresceína, y, en cambio, los sondeos permitieron comprobar la presencia de los estratos cavernosos a escasa profundidad bajo la superficie.

En cuanto a estudio de los afloramientos jurásicos y cretáceos que rodean el valle del Escabas, queda ya indicado que creemos depositados y apoyados los estratos terciarios en un sinclinal del tramo superior cretáceo.

ESTUDIOS RELATIVOS

A LA

GEOLOGÍA DE MARRUECOS

NOTAS ACERCA
DE LA
IMPORTANCIA MINERA
DE LA
**ZONA DE PROTECTORADO ESPAÑOL
EN MARRUECOS**

POR

AGUSTÍN MARÍN

Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico
y Minero de España.

NOTAS ACERCA DE LA IMPORTANCIA MINERA DE LA ZONA DE PROTECTORADO ESPAÑOL EN MARRUECOS

I.— Introducción.

La Comisión de estudios geológicos de Marruecos, una vez terminadas las tareas que le habían sido encomendadas, la primavera pasada de 1926, de planear y dirigir la excursión geológica realizada a Marruecos, con motivo del XIV Congreso Geológico Internacional, al que asistieron representantes de 52 naciones diferentes y en donde se procuró dar a conocer a los sabios geólogos que nos honraron con su visita los rasgos tectónicos, geológicos y mineros más salientes de la zona de nuestro Protectorado, se encontró con que los horizontes marroquíes para la prosecución de sus trabajos se habían ensanchado grandemente y que en el año último se había conseguido, casi en su totalidad, conquistar y pacificar la zona de nuestro Protectorado.

Nos pareció, y así lo propusimos a la Superioridad, que antes de comenzar el trabajo geológico detallado de la zona recién conquistada, análogamente al que llevamos ejecutado en la pacificada antes de 1926, debíamos dar una idea geológica de su conjunto y, sobre todo, de la riqueza minera que podía encerrar.

Desde hace muchos años habíamos oído a cristianos y

moros ponderar de un modo extremado los tesoros mineros que guardaban aquellos montes, esperando la mano que los arrancara para bien de España y del país marroquí. La leyenda de los criaderos de hierro, de cobre, de plata, etc., había traspasado las fronteras, y en las principales capitales de Europa se cotizaban los negocios fundados en las minas de nuestra zona, sobre todo de la región de Alhucemas; se comprendía, pues, nuestro interés en reconocer la extensa zona y dar una primera impresión sobre su posible riqueza minera.

Con sólo las excursiones realizadas en esta última campaña (otoño de 1926) a que nos referimos no se puede dar aún una opinión fundamentada acerca de este problema, porque ni se pudo reconocer todo el país, por su mucha extensión, ni la parte reconocida lo fué con el detalle y minuciosidad imprescindibles para poder afirmar algo concluyente.

Conviene, sin embargo, hacer la observación de que hemos procurado visitar aquellos sitios que se conceptuaban como los más propicios para encontrar minerales y hemos reconocido aquellos terrenos solicitados para investigaciones mineras por diversos particulares, según nota que obtuvimos en el servicio de minas de Tetuán.

Dificulta mucho el poder hacer recorridos detenidos por sierras y valles la topografía complicada de la zona, que obliga a ir forzosamente por sendas casi siempre estrechas y a veces peligrosas, que eran los únicos caminos de que disponían los moros para comunicarse entre sí.

Gran número de criaderos, sobre todo los de la mayor parte de las sustancias metálicas, plata, plomo, cinc, cobre, etc., se presentan en filones. La existencia de éstos es difícilmente presumible; su descubrimiento, la mayor parte de las veces debido al azar, no siempre es fácil cuando se buscan y aun después de comprobada su existencia. No es posible predecir la metalización y riqueza que encierran, es decir, si

son o no económicamente explotables, sin efectuar antes trabajos de reconocimiento que exijan inversiones considerables de tiempo y de dinero. La investigación de esta clase de criaderos debe de dejarse, por sus condiciones especiales, a la iniciativa particular.

Existen otros tipos de criaderos de más fácil investigación y descubrimiento, bien sea porque las condiciones y lugares en que yacen vienen más determinados por la geología, o bien porque las grandes cantidades de mineral que necesitan contener para ser económicamente explotables los hacen ocupar una extensión más considerable y ser, por tanto, mucho más visibles.

A este grupo pertenecen los productos de mayor importancia industrial, como la hulla, el petróleo, los fosfatos, el hierro, etc., y son por los que parece más natural comenzar la exploración oficial del territorio, dadas las condiciones que requiere su investigación y lo que su existencia puede representar para la Nación.

De todos modos, a reserva del resultado que posteriormente puedan dar estas exploraciones, vamos a exponer a continuación el estado actual de nuestros conocimientos respecto a la riqueza minera de la Zona de Protectorado.

Los Ingenieros encargados de las zonas de Melilla y Alhucemas han podido recorrer éstas, sin trabas de ninguna clase, asombrados de la tranquilidad del territorio.

Los Ingenieros de la zona de Tetuán, no pudieron moverse con tanta libertad, a consecuencia de que existían en aquella región partidas de bandidos y merodeadores que turbaban la tranquilidad del país, aunque su conquista militar estuviese completamente terminada, por cuya razón no pudieron visitar en esa ocasión cabilas que, como las de la región de Gomera, tal vez puedan encerrar algún interés minero. La visita a algunas de ellas realizada en otras ocasiones por varios Ingenieros

de la Comisión, no autoriza a suponer la existencia de una riqueza real y positiva a semejanza de la del Uixan, pero esta región es entre todas las de la zona donde se observan manifestaciones minerales más interesantes.

II. — Antecedentes históricos.

Edad Antigua.—Los textos que conocemos acerca de los antiguos pueblos colonizadores fenicios, cartagineses y romanos que pasaron por nuestra zona de Marruecos y que principalmente buscaban y explotaban las minas de oro, plata, plomo, cobre y estaño, no citan en ella riquezas mineras.

Claro es que esto no indica que no pueda existir algún yacimiento, pero sí que no era país reconocido como abundante en ellos, pues si así fuera hubiera sucedido lo que en España, cuyas riquezas mineras son nombradas ya en los textos más antiguos y conocidas y explotadas desde los tiempos prehistóricos.

En terrenos próximos a las minas de plomo de Afra, en Beni-bu-Ifrur, se dice que se encontró un pequeño ídolo en bronce representando una Venus o Astarté, que ha sido clasificado como de origen fenicio, cuyo hallazgo ha hecho sospechar que aquellas minas fueron conocidas por dicho pueblo, que tenía en sus proximidades la factoría de Russadir.

En las labores interiores de esas minas, también se asegura que han encontrado candiles de procedencia romana, lo que haría presumir se efectuaron trabajos en dicha época; pero la importancia de las escombreras de los trabajos antiguos no parece acusar una explotación extensa ni continuada.

Los restos de candiles que han llegado a nosotros procedentes de aquellas labores mineras, todos son de tipo árabe, y, a nuestro juicio, lo más probable es que la explotación prin-

cipal, que tampoco alcanza grandes proporciones, haya sido ejecutada por árabes y bereberes en tiempos mucho más modernos.

A juzgar por lo que se conoce de la historia de la zona durante la ocupación romana, no parece que aquel pueblo dominase y ocupase de una manera permanente la costa del Rif comprendida entre el río Muluya y Tamuda Oppidum, y en el itinerario de Antonino se comprueba que así como en la Mauritania Cesárea existía una vía terrestre a lo largo de la costa, en la Tingitana, esta vía era exclusivamente marítima.

Por otra parte, la Mauritania Tingitana fué siempre considerada como colonia agrícola o granero del Imperio, pero no explotada como minera; así es que el interés de Roma, a juzgar por los restos conocidos hasta ahora, consistía en asegurar las amplias vegas y llanuras fértiles del Sur, en donde estableció colonias agrícolas, y en aislarlas y defenderlas de las tribus montañosas de la costa. El centro de la ocupación imperial se hallaba en Volubilis, en el doble macizo del Zerhum y el Selfat dominando las grandes llanuras del Garb y de Mekinez. Resulta, que de una manera permanente sólo ocuparon la zona que posteriormente se ha llamado Blad el Magzen, lo que parece indicar que no se conocían en aquellas épocas minas importantes en el Rif, pues de encontrarse aquéllas, hubiese sido seguramente también ocupado, de la misma manera que lo fueron las regiones mineras de España.

Edad Media.—Tampoco durante la Edad Media es citada esta zona como abundante en minas.

A su final, o más bien al comienzo de la Edad Moderna, se publicó una de las descripciones geográficas más exactas que existen de la comarca, que es la debida a Juan León *el Africano*, y en ella se habla de la existencia abundante de mineral de hierro en la región de Beni Said, en un lugar en que los indígenas, al parecer, vivían exclusivamente de la explota-

ción del mineral, del cual extraían el hierro en forma de bolas que cambiaban por mercancías a las tribus aledañas.

Estas minas son indudablemente las que se encuentran sobre el río Maden, que desemboca a Poniente de Afrau, cuyo mineral, más dulce y fusible que el de Beni-bu-Ifrur, se prestaba mejor que éste a la reducción en las antiguas forjas.

Conviene hacer notar que una mina de hierro productiva en la Edad Media puede no tener importancia industrial en la actualidad por falta de tonelaje, pues las grandes instalaciones que requiere la explotación moderna para poder poner el mineral en el mercado en condiciones de venta, exigen el empleo de grandes capitales, que sólo pueden amortizarse disponiendo de grandes existencias de mineral.

Edad Moderna. — Durante esta época ha sido Marruecos menos conocido aún que en la anterior, y por ello considerado como un país nuevo cuando se aproximó el momento de su intervención por las potencias europeas, sin tener en cuenta que por él habían pasado las legiones romanas.

Terminada la conquista de Argelia por los franceses, en 1844, se comisionó al poco tiempo (1847) al geólogo francés M. Coquand para explorar los criaderos metálicos de las regiones de Tetuán y Tánger. Efectuó varios trabajos en un filón de cobre del valle de Quitzan y en otro de antimonio de Beni-Misala, debiendo sin duda paralizar dichos reconocimientos los constantes disturbios del país y la intervención española en el año 1860.

La creencia de que se trataba de un país desconocido e inexplorado despertó en Europa grandes ilusiones, circunstancia que fué sagazmente aprovechada por los indígenas del Rif desde fines del siglo XIX, en que la expedición de M. Chavegnac (1882) a la región de Alhucemas (el que llegó incluso a adquirir terrenos en el Yebel Hamman, por creerse que encerraba minas de oro), les inició en los asuntos mineros.

Llegó la ambición a su apogeo a principios del siglo XX, sobre todo a partir del Acta de Algeciras, que ya anunciaba un reglamento para poder adquirir aquellas riquezas. Contribuyó también mucho a ello el éxito alcanzado en 1907 con el descubrimiento de las famosas minas de hierro de Beni-bu-Ifrur, cuyo monte Uixan ha sido desde entonces el tipo de comparación empleado por los indígenas, para superarlo, desde luego, al describir las cantidades de mineral contenidas en los terrenos mineros que ellos ofrecían.

Las informaciones de los indígenas acerca de terrenos mineros han coincidido siempre en esta zona oriental, al referirse a minerales de hierro, y desde un principio, en localizarlos en los mismos lugares, lo que hacían más verosímiles sus indicaciones.

En resumen: a juzgar por los antecedentes históricos, no parece que la Zona de Protectorado español sea muy abundante en recursos mineros, y es indudablemente el hierro, en la región oriental, el que siempre ha presentado mayor importancia.

III. — Zona oriental, comprendida entre los ríos Muluya y Nekor.

Las consecuencias que se deducen del examen de la constitución geológica de esta región, vienen a coincidir con las que resultan de los antecedentes históricos.

La formación geológica de esta zona es la misma que la de su vecina provincia de Orán, de la que es una prolongación; está formada por los mismos terrenos, que han sido afectados por los pliegues producidos por los mismos movimientos y en las mismas direcciones.

Los sedimentos arcaicos, primarios y secundarios, que son los verdaderamente plegados, forman cordilleras o bandas de

montañas que topográficamente están separadas por llanuras, las cuales han sido formadas por el relleno de las zonas bajas de los pliegues con los sedimentos miocenos y aterramientos cuaternarios. En sus grandes líneas forman fajas orientadas de NE. a SO.

En algunos lugares, en la proximidad de las costas, esta regularidad ha sido rota por los hundimientos sucesivos, que han ido preparando el lecho actual del Mediterráneo occidental, los cuales han producido erupciones que han modificado y complicado la sencilla estructura anterior.

Las formaciones geológicas hasta ahora reconocidas son: el arcaico, el siluriano, el triás, el lías, el jurásico, el cretáceo, el eoceno, el oligoceno, el mioceno, el plioceno y el cuaternario.

La ausencia del carbonífero entre los terrenos primarios hace descartar la esperanza de encontrar criaderos de hulla.

El no haberse encontrado hasta ahora el nivel fosfatífero del eoceno, tan característico en el NO. de Africa, también es un indicio de la probable carencia de criaderos de fosfatos.

Respecto a los petróleos, en nuestras excursiones por Gue-laya hemos hallado al pie del monte Hareba unas calizas negras, fuertemente impregnadas, que muestran la posibilidad de la formación de hidrocarburos en los sedimentos representados probablemente en el triás; pero las roturas y fallas de toda esta región costera desechan la probabilidad de que existan depósitos que reúnan las condiciones de acumulación y conservación que requieren estos productos para poder ser explotables. Cuando se conozcan las condiciones tectónicas de los pliegues formados en la parte de la zona más alejada de la costa podrá comprobarse si en éste existen más probabilidades de encontrar depósitos que en aquélla.

Las conjeturas anteriores respecto a la hulla, los fosfatos y el petróleo, vienen también apoyadas por los resultados obtenidos hasta ahora en la provincia de Orán.

En esta provincia la minería de mayor importancia es la del hierro, y aunque se presentan también algunos criaderos de sulfuros complejos, con mayor abundancia de los de plomo y cinc, no han resultado de gran importancia.

Los resultados obtenidos hasta ahora en la parte de esta zona oriental, ya conocida por haber sido anteriormente ocupada, vienen a confirmar también las conclusiones a que hemos llegado y coinciden con los de la provincia de Orán, pues en ella no se han encontrado más yacimientos mineros que los importantes criaderos de hierro de Beni-bu Ifrur, y en sus proximidades, ocupando un papel secundario, como en aquella provincia; los filonianos de sulfuros complejos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto nos pareció lógico comenzar la exploración de los recursos mineros de esta zona con una expedición dirigida con miras a la investigación de criaderos de hierro.

Después de conocidos los criaderos de Beni-bu-Ifurur y los de la región de Afrau, la cabila de Beni-Tuzin ha sido siempre, en la zona oriental, la más indicada como abundante en minas de hierro, y en ella especialmente los montes Kech-Kech, este último ya lindando con la de Tensaman. Este ha sido el motivo del gran número de permisos de investigación que se solicitaron de la Comisión Arbitral de París en dichos lugares de la citada cabila por Compañías españolas, inglesas, alemanas y holandesas, permisos de los que algunos han sido otorgados.

Orientamos dicha expedición basándonos en el estado actual de nuestros conocimientos acerca de la formación de los criaderos de hierro de Beni-bu-Ifurur.

La génesis de estos yacimientos parece debida a las reacciones que han tenido lugar por la concurrencia de tres clases de rocas: una hipogénica, la diorita, y dos sedimentarias, calizas y pizarras, habiendo sido las calizas sustituidas por el mineral de hierro.

La diorita, representación plutónica probable del mismo magma que dió lugar a las andesitas eruptivas que señalan las roturas terciarias de los hundimientos de la costa, debe de encontrarse en la proximidad de los macizos volcánicos andesíticos, y, por tanto, no lejos de aquélla.

Las calizas y pizarras han sido suministradas en Beni-bu-Ifrur por la formación jurásica.

Atendiendo a estas consideraciones, para la investigación de los criaderos de hierro del tipo regional deben buscarse los lugares en donde las erupciones terciarias próximas a las calizas y pizarras de la formación jurásica.

Dada la estructura geológica general de la comarca en fajas orientadas de NE. a SO., en las que existe una arcaica reconocida en Tres Forcas, cuya prolongación reaparece en la vertiente marítima del monte Mauro, continuando luego por el Sur de Annual, y comprobada la existencia de las calizas jurásicas a Poniente en la costa, es natural el suponer que esa faja arcaica constituye el eje de un gran anticlinal y que los terrenos jurásicos del litoral deben apoyarse sobre el arcaico, formando la falda NO. de dicho anticlinal, cuya falda SE. simétrica viene representada por los terrenos jurásicos de Beni-bu-Ifrur.

La semejanza de condiciones de esa faja jurásica con la de Beni-bu-Ifrur y su proximidad a la costa, en la que se suponía debían encontrarse los núcleos volcánicos, daba especial interés a su reconocimiento.

Todas las consideraciones anteriores venían además confirmadas por la cita de Juan León *el Africano* y reforzadas por todas las informaciones que afirmaban la existencia de mineral de hierro en las proximidades de Afrau, y por las de los indígenas referentes a los montes citados de la cabila de Beni-Tuzin, que debían pertenecer a la misma faja jurásica de no variar la dirección general de NE. a SO.

Por todo lo expuesto dirigimos la expedición con el objeto

de comprobar si la realidad respondía a las conjeturas deducidas de los anteriores razonamientos.

Los resultados no fueron satisfactorios; las condiciones de explotabilidad del coto minero de Afrau, por su situación y escaso tonelaje, son dudosas.

La faja jurásica está formada por pizarras en su base, sobre las que descansan en estratificación concordante bancos calizos de dirección NE.-SO. con buzamientos de 20 a 30 grados al Noroeste.

Estos bancos, en época remota, seguramente no presentarían solución alguna de continuidad, debido a las caídas en escalones producidas por el hundimiento del Mediterráneo, tan características de los sedimentos secundarios del Norte de África, a la falla del río Maaden y a la gran erosión de las aguas que formaron los barrancos y ríos, y que han producido y producen socavaciones en las pizarras que provocan hundimientos en las capas calizas al faltarlas el apoyo de las pizarras que les sirven de base.

Estas roturas de los bancos calizos han dejado al descubierto en algunos parajes grandes anchurones o cuevas, como son las de Ifran-Ifis e Ifran-Baara, donde se ve la metalización producida en las calizas por las corrientes hidrotermales que circularon por sus grietas y oquedades.

En otros lugares, los bloques desprendidos de estos bancos calizos se han amontonado, dejando huecos entre ellos que pueden inducir al error de considerarlos como anchurones de antiguas explotaciones rehundidas.

Se trata de bolsadas aisladas y sin relación alguna dentro de las calizas, en las que la metalización se debe a acción metasomática, y que se agrupan siguiendo dos corridas principales de calizas más o menos mineralizadas y orientadas en dirección NE.-SO. con buzamiento al NO. de 20 a 30 grados, que son:

Banco calizo potente, en algunos lugares hasta 100 metros de espesor, con una corrida aproximada de tres kilómetros, que aflora en Imarabten, Ikuzkujan, Taurert y márgenes de los ríos Maaden y Aslan, y en el que aparecen las bolsas de Ifran-Ifis e Ifran-Baara, y otro menos potente con una corrida aproximada de dos kilómetros, que también con soluciones de continuidad aflora en río Salado, Iguazmanien y monte Biyob.

En la parte de la concesión próxima a Afrau, en un espolón de la sierra sobre la cual se asienta la Rauda de Side Kandel y a 200 metros de cota sobre la ladera que baja al Igsar Imoxón, aparece, entre las pizarras arcaicas, una cuña de dolomía mineralizada, donde existen tres pequeñas cuevas agrandadas un poco por labores verificadas en el año 1921.

Esa cuña de dolomía mineralizada no tiene apenas buzamiento, presentándose casi horizontal; su espesor medio es de ocho metros y no pasa a la ladera opuesta del citado espolón formada toda ella por pizarras, ni tiene relación alguna con los pequeños afloramientos de los acantilados costeros.

Existen bloques caídos de calizas mineralizadas incrustados en los terrenos terciarios que no son, ni deben tomarse, como afloramientos de crestones.

Los apuntamientos andesíticos no aparecen en la costa a poniente del de monte Mauro y en los montes de la cabila de Beni-Tuzin, que constituye la alta cuenca del río Amekran, no se encuentran las calizas jurásicas ni las otras rocas en donde arma el tipo regional de los criaderos de hierro de la zona, hallándose sólo, entre las de origen ígneo, las serpentinas, y predominando, entre las sedimentarias, las pizarras satinadas y cuarcitas, cuyos derrubios llenan el ancho cauce del río Amekran.

En resumen, por todas las consideraciones expuestas y por lo que hasta ahora se conoce de la zona, la riqueza minera en la

región oriental, excepción hecha de la cabila de Beni-bu-Ifrur, no parece tener gran importancia, pues los criaderos de hierro, que son los que más probabilidades parecían tener de abundancia, no responden a las esperanzas que habían hecho concebir.

De todos modos, nada puede afirmarse de un modo concreto en tanto no determine el estudio geológico-tectónico general de la zona, concluido el cual se contará con base para orientar todas las exploraciones relativas a investigación de recursos mineros en las zonas montañosas y las de aguas subterráneas en las llanuras, las cuales, de poder ser regadas, serían de positivo porvenir agrícola.

IV. — Zona central de Axdir.

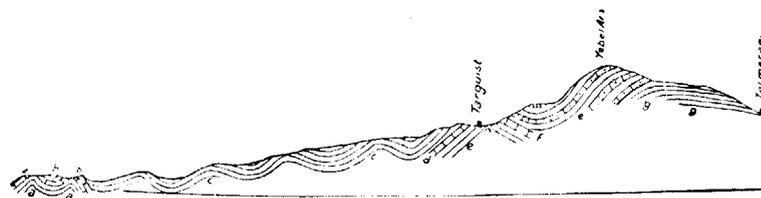
En pocos sitios se verá con tanta claridad como en Alhucemas la dependencia de la orografía del país con la geología del mismo. En conjunto, en toda esta región existen tres formaciones geológicas, bien caracterizadas y distintas, que ocupan extensiones importantes del territorio y que cada una da al país un aspecto diferente y una fisonomía especial.

La primera forma la costa marroquí, por lo menos en la parte por nosotros visitada, entre la bahía de Alhucemas y la desembocadura del río Ferrah. Está constituida esencialmente por calizas, que marcan una faja paralela a la costa con un ancho medio de unos seis o siete kilómetros. El aspecto del terreno es abrupto, accidentado y está formado por montes redondeados de un color gris blanquecino.

La segunda formación está constituida por margas, pizarras margosas y pequeños bancos de arenisca, terrenos teñidos en general de un color rojizo. Su topografía es ondulada, forma cerros y sierras, algunas bastante altas, pero con pendientes suaves, tendiendo a la forma redondeada.

En algunos sitios se presentan llanos de cierta extensión, como los que existen en el llamado Bifurcación, punto de separación de las carreteras de Alhucemas y de Torres de Alcalá y en la Alcazaba de Guada. Este terreno forma una faja de unos veinte kilómetros de ancho al Sur de la anterior, que pertenece a la costa.

La tercera formación constituye las grandes sierras del interior; entre ellas la muy importante de Yebel Hamman. Está integrada por pizarras satinadas, generalmente azuladas, con



a. Margas triásicas. — b. Calizas jurásicas. — c. Flish eoceno. — d. Banco de caliza base del eoceno. — e. Pizarras silurianas con cuarcitas. — f. Horizonte de caliza negra siluriana. — g. Pizarras arcillosas paleozoicas.

intercalaciones de cuarcitas en ciertos sitios, formando bancos de una gran potencia. En esta formación el terreno es muy accidentado; los ríos y arroyos circulan entre márgenes sumamente pendientes que hacen imposible transitar por ellas, como no sea por las escasas sendas abiertas por los moros. La curva, como forma, en el paisaje ha desaparecido, y sólo se aprecia el ángulo. Las divisorias entre los ríos terminan en cresta aguda, y los arroyos circulan como por la arista interior de un ángulo diedro.

La ausencia completa de fósiles en las tres formaciones que hemos señalado, nos llena de confusión respecto a la edad de las mismas.

Por esta misma razón, por las condiciones azoicas de muchos de los materiales marroquíes, es por lo que se han mos-

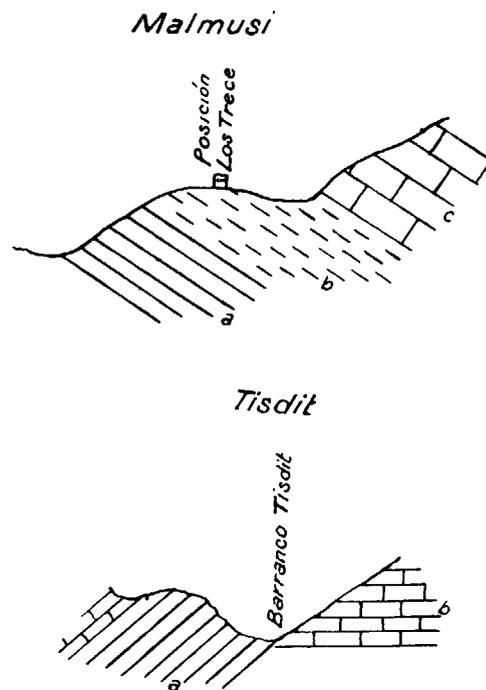
trado tan divergentes las opiniones de los geólogos en la clasificación y determinación de los terrenos. Existen unas pizarras de Melilla que guardan mucha analogía con las encontradas en Alhucemas, y que se les ha atribuido edades comprendidas entre el siluriano y el eoceno. Nosotros, pues, no nos atrevemos a afirmar nada en concreto hasta que aparezcan documentos paleontológicos que determinen la edad de los terrenos de un modo preciso. Sin embargo, al ocuparnos de cada una de esas formaciones las atribuiremos edad, fundándonos para ello en razones estratigráficas y litológicas.

En la formación que bordea la costa, que hemos dicho que predominan las calizas, se presentan éstas con muy diferentes aspectos, variando su estructura y colorido de unos sitios a otros; por lo general están resquebrajadas, y dominan los colores gris y blanco; pero se ven también rojizas o negras. En ciertos sitios aparece homogénea, algo sabulosa, de grano fino; pero en otros, como en Cala Bonita y Tisdit, su estructura es brechoide. En Morro Viejo y Nuevo es metamórfica, presentando grandes cristales. En Malmusi se ven calizas oolíticas de un carácter muy particular, forman ondulaciones, y en los pliegues anticlinales, que suelen coincidir con los barrancos, aparece el substratum de ellas, como puede observarse muy bien en la fuente de los Prisioneros. Las calizas se apoyan sobre unas margas y arcillas, con las que alternan pequeños lechos de calizas. Presentan estos materiales colores abigarrados, pero predomina el rojizo.

En algunos sitios, como en Monte Malmusi, aparecen las calizas concordantes con las margas, y éstas, a su vez, lo son también con unas pizarras satinadas algo azuladas, infrayacentes, como se indican en el croquis, en el que a) son pizarras satinadas; b), bancos de margas rojas con alternancias de pequeños tramos de calizas y de psamitas, y c), calizas en muchos bancos oolíticos.

En otras partes, como en el barranco Tisdit, las calizas se presentan francamente discordantes, en la forma que indica la figura, en la que *a)* son las margas abigarradas con lechos delgados de calizas, y *b)* son las calizas.

La edad de estas calizas aparece indeterminada, pues no se han encontrado fósiles hasta el presente. Sólo sabemos, de



un modo positivo, que se apoyan sobre ellas las margas y areniscas que constituyen la segunda formación de las tres que citamos como importantes en la zona; pero como no conocemos exactamente la edad de las margas inferiores ni de las superiores, la indeterminación subsiste.

Las calizas tienen gran parecido, desde el punto de vista litológico, con

las del Uixan, que se han atribuido al jurásico por descansar sobre ellas unas margas muy calizas con varias especies de *Aptichus*, entre otras, la *Sparsilamellosus* Gumbel. A esta edad, pues, referiremos todas las hiladas calizas que forman la costa.

Las margas abigarradas, sobre las que se apoyan las calizas, por sus facies y aspecto parecen triásicas, aunque no dejan de tener también parecido con las que se encuentran superpuestas

a ellas. Si fueran triásicas las margas, las calizas aparecerían en su posición normal; por el contrario, si fueran eocenas, habría que considerar que la sierra caliza debe su posición actual a un gran corrimiento en masa. La primera hipótesis parece reforzada por haber visto en Malmusi y en algún otro sitio pizarras satinadas de aspectos antiguos debajo de las margas y pizarras abigarradas. En favor de la segunda está el dato de que la caliza aparece en algunos sitios, como en Cala Bonita, brechoide, es decir, algo milonitizada. Nosotros, sin embargo, atendiendo a los caracteres litológicos, nos inclinamos a considerar a dichas margas abigarradas como triásicas, pero lo hacemos con toda clase de reservas.

Es interesante hacer observar que precisamente en ese contacto de las margas y pizarras triásicas impermeables con las calizas jurásicas permeables existe un nivel hidrológico de interés, pues brotan en él todas las fuentes que hoy suministran el agua a todas las posiciones y campamentos enclavados en la formación que nos ocupa.

Todas las aguas que caen en la tierra caliza de la costa se filtran a través de las resquebrajaduras y oquedades de la roca hasta alcanzar el nivel del manto impermeable y se alumbran en los sitios donde, a causa de las ondulaciones de las calizas, aflora el referido nivel. Así ocurre en la fuente de los Prisioneros, que tiene un caudal de unos siete a ocho metros cúbicos al día, y en Tisdit, donde se han hecho labores de captación. El gasto de esta fuente es de unos 80 metros cúbicos al día.

Es indudable que si se quieren alumbrar más aguas en esta sierra caliza de la costa, los trabajos deben ir encaminados a buscar ese contacto de margas y calizas, ya sea por pozos o ya por galerías, siendo tal vez las últimas las más recomendables en esta zona.

La segunda formación está constituida, como se dice

antes, por margas, pizarras margosas y pequeños bancos de arenisca.

Tienen colores variados, aunque por descomposición aparecen con un color rojizo que le hace característico desde lejos. Abundan mucho las pizarras verdes y también las grises, y en algún sitio hemos visto intercalaciones yesosas. Los tramos de arenisca alternan con ella y son de color pardo amarillento, sin nada de carbonato de cal, aunque a veces están pintadas de esta sustancia blanquecina las juntas de estratificación. Presentan bastantes cambios de dirección y buzamiento, siendo imposible representar las ondulaciones a escala en nuestro corte. La extensión de la arenisca es grande y parece que por el Norte se apoya sobre las calizas que forman la sierra del litoral, y por el Sur, en las pizarras satinadas que constituyen la tercera formación.

Encima de este terreno se presentan unas hiladas de arenisca, de colores gris, pardo-amarillento y en sitios con tintes rojizos, que en capas horizontales, y siempre encima de las margas abigarradas, corona a menudo cerros y sierras.

Atendiendo a la facies, a los caracteres litológicos y a las dislocaciones que presentan las margas y pizarras de la base, nos parece que los dos horizontes guardan gran semejanza con dos horizontes frecuentes en África, en la zona occidental sobre todo, y a la edad de éstos referiremos respectivamente la de aquéllos. El inferior, de margas abigarradas con areniscas y algún yeso, al Flich eoceno, y el alto, al horizonte de las areniscas del Aljibe, consideradas como oligocenas; horizonte tan abundante en la provincia de Cádiz y en la llamada Península Norte-Marroquí.

En la base del Flich eoceno se halla una caliza pardo-amarillenta en pequeños bancos. Suele presentarse veteada y es bastante característica. Nosotros la hemos podido seguir en muchos kilómetros, y se puede considerar como el nivel divi-

sorio de las llamadas por nosotros segunda y tercera formación.

La segunda formación, caracterizada por la ausencia de fósiles, podemos también definirla por la ausencia de minerales útiles, pues hasta el yeso, que abunda bastante en esa clase de terrenos, en la región de Alhucemas se presenta en vetas tan pequeñas que sería muy oneroso su arranque y utilización.

En algunos sitios se ven tierras blancas aluminosas, utilizadas por los moros para sus azoteas, y en otros, algunas impregnaciones ferruginosas en contacto de margas y areniscas sin condiciones algunas de explotabilidad.

La tercera formación está integrada por pizarras satinadas, generalmente azuladas, con intercalaciones de cuarcitas en ciertos sitios, formando bancos de una gran potencia.

Tres horizontes hemos podido apreciar con caracteres litológicos diferentes.

El superior, sobre el que se superpone el eoceno, está constituido por pizarras grises azuladas, en su mayoría muy satinadas y lustrosas, lo que da al conjunto un aspecto brillante, vistas desde lejos, sobre todo cuando se reflejan en ellas los rayos del sol; tan marcada es esta cualidad de las pizarras en muchos sitios, que nosotros atribuimos a ella el origen de la leyenda de que en los montes de Yebel Hamman se veía brillar la plata. Estas pizarras son muy deleznable y en alguna parte toman color rojizo.

Alternando con estas pizarras se ven lechos de cuarcita que a veces toman un color oscuro; en sitios, negro. Forman estas cuarcitas en algunas partes crestones importantísimos, como los que se ven en Azgar, Takarrat, Sidi-Hach, Hammed y otros. Toda la importante sierra nombrada Yebel Hamman está constituida, como ya hemos indicado, por este tramo pizarroso brillante.

Encima de este horizonte vienen las calizas pardo-amarillentas de que ya hemos hablado al describir los caracteres litológicos de la segunda formación.

Tiene un espesor total este nivel calizo, todo comprendido, de unos 60 metros. Este horizonte lo hemos hallado en diversos sitios distantes unos de otros.

Otro lecho calizo se presenta más inferior, formando una faja paralela al horizonte que acabamos de describir. El color de esta caliza inferior es negro, vetado de espato calizo, y en sitios presenta bastante espesor.

Si se camina hacia el Sur los bancos de cuarcitas se hacen más potentes y más frecuentes, y en la cumbre de la sierra de Ars y en su ladera meridional en el principio de los barrancos de Util, Iguermalet y otros, adquieren un gran desarrollo y constituyen otro de los horizontes más importantes de los que hemos observado en la zona que nos ocupa.

Las cuarcitas son de un color gris parduzco claro y contienen a veces nódulos de cuarzo. Las pizarras y cuarcitas de este horizonte tienen dirección muy variable, aunque predominante la E.-O. aproximada; en muchos sitios se las ve NO.-SE. y en otros casi al N.-S. El buzamiento de este horizonte cuarcitoso es casi siempre al Norte. Se apoya sobre otro constituido por pizarras arcillosas grises generalmente, pero a veces son blanquecinas, otras pardo-amarillentas y con frecuencia azules y lustrosas, pero presentan comúnmente un aspecto muy distinto de las brillantes que forman el otro horizonte.

Estas pizarras están atravesadas por unos filoncillos de cuarzo blanco, a veces traslúcido, que presenta adheridos trocitos de pizarras y algunas motas ferruginosas. La abundancia de estos filoncillos es grande.

Estas pizarras presentan, como se indica en el croquis, un anticlinal muy abierto. La rama Norte entra debajo del horizonte cuarcitoso, y sobre la rama Sur está la posición de Tatmerani.

La sierra entera del Yebel Hamman, situada entre el río Guis y el Nekor, corresponde a esta tercera formación. Se distinguen perfectamente en ella dos niveles análogos a los dos más superiores que acabamos de describir; uno inferior, de pizarras lustrosas, y otro superior, en que éstas alternan con grandes bancos de cuarcita. Entre las pizarras generalmente interestratificadas y alguna vez cortando la estratificación existen vetas de cuarzo.

Caminando del río Guis a la casa de Chookat, se cruzan primero pizarras con vetas cuarzosas, pero por bajo y antes de llegar a la casa se encuentran ya los grandes bancos de cuarcita. En la cumbre donde está la citada casa, a 1.200 metros de altura, se encuentran también las cuarcitas formando crestones elevados.

De casa Chookat a Sidi Bujiar se sigue la cresta de la sierra con una altura media de 1.600 metros y se domina desde este camino hacia el Norte un enorme circo de pizarras rojizas negras, abierto hacia el Norte y en cuyo fondo corre un afluente del Guis. En el nivel de cuarcitas quedan los cerros al O. y S. del circo y en ambos puntos los crestones de cuarcitas inclinan unos 30 grados al NO.

Dando vista a Sidi Bujiar queda al Norte del camino un cerro coronado por grandes bancos de cuarcita.

Toda esta tercera formación del interior de la zona constituida esencialmente por pizarras satinadas y cuarcitas, nos parece correspondiente al siluriano por su semejanza con las formaciones de esta edad de la Península.

Con mucho interés hemos recorrido toda la zona situada al Sur de Targuist hasta llegar a la zona francesa, sin haber podido observar ninguna manifestación importante de yacimientos minerales útiles. Tampoco hemos podido ver ningún asomo de rocas hipogénicas que presentan en general tanta relación con los criaderos minerales, ni esas regiones donde se

observan en las rocas fenómenos de metamorfismo, que indican la presencia de lacolitos de rocas hipogénicas sin asomar a la superficie.

Tampoco se ven fuentes minerales ni ninguna otra manifestación de actividad hidrotermal ni antigua ni actual.

Se puede decir que las condiciones geológicas del terreno no parecen ser favorables a la presencia de yacimientos importantes.

Volvemos a insistir, después de expresada esta opinión en lo insuficiente del reconocimiento hecho y en lo fácil que es pasar sin apercibirse junto a un filón u otra clase de criaderos.

Algunas pequeñas manifestaciones sí hemos podido observar. Tal vez la más importante son unas pequeñas capas de hierro manganesífero interstratificadas que se observan por bajo de la capa de caliza pardo-amarillenta, en donde hemos supuesto está el contacto de eoceno con el terreno antiguo. Al Norte de Targuist, en una corrida de dos o tres kilómetros, se observan bien. Se trata de unas impregnaciones en los pequeños bancos de arenisca situados por bajo de dicha caliza.

Como son depósitos abandonados por las aguas, nada tiene de particular que la mayor impregnación de las areniscas sea precisamente en donde se presenta el lecho permeable de cuarcitas y calizas que se apoyan sobre las pizarras impermeables. Los lechos impregnados son estrechos. En algún sitio llegan a 50 centímetros, como en el arroyo Haio.

Análisis realizado con tres muestras allí recogidas en diferentes sitios, han dado el resultado siguiente:

	Primera.	Segunda.	Tercera.
Mn O ₂	19,8 %	11,86 %	16,65 %
Fe ₂ O ₃	25,85	40,27	24,30
Si ₂ O ₃	2,75	7,47	10,55

Corresponde a una proporción de manganeso de 12,6, 7,5 y 10,6 por 100.

La pequeña potencia de las capas trae consigo la duda sobre su importancia industrial. Convendría la ejecución de algunas calicatas de investigación.

Los filoncillos de cuarzo blanco y poroso que cruzan la formación de pizarras arcillosas, son muy abundantes, pero no hemos podido encontrar en ellos ningún mineral beneficiable. Hemos visto manchas de la misma pizarra y otras ferruginosas sin interés industrial.

A 400 metros al Norte de Tatmerati se ve un filón de mucha potencia, de unos dos metros, vertical, con dirección E.-35°-N., cuyo relleno está constituido por algo de mineral de hierro en forma de limonita, mezclado con trozos de las pizarras de los hastiales, y con algo de dolomia. La proporción de Fe₂O₃, según análisis efectuado, fué tan sólo de un 10,15 por 100.

Se aprecia en el terreno otro filón crucero de menos importancia que el anterior. El filón está bien definido, y el mineral de hierro parece constituir su sombrero en un estado muy avanzado de metamorfismo. Convendría hacer en este filón alguna labor de investigación.

En Yebel Hamman, en el contacto de las pizarras con las cuarcitas, se ve un nivel de escaso espesor de hematites parda muy silíceas. En la ladera se ven pedazos sueltos de mineral de hierro. No parece tener importancia industrial, sobre todo pensando en el poco espesor, y en que la explotación tendría que ser subterránea.

También aquí, como al Sur de Targuist, abundan los filoncillos de cuarzo con espesores que varían de algunos centímetros a medio metro, pero sin ver en ellos más que manchas ferruginosas sin importancia.

Visitamos unos pozos hechos por orden de Abd-el-Krim

recientemente. Estos pozos están situados a unos dos kilómetros al N.-NE. de Sidi Bujar, y están emboquillados en las durísimas cuarcitas, que suponemos silurianas, que presentan en sus juntas de estratificación manchas de ocre. No tiene esto la menor importancia minera.

Los moros trajeron muestras que contenían hematites, hierro oligisto, pirita de hierro, pirita ferrocobrizada y malaquita; pero su creencia de que el derecho al suelo trae consigo el del subsuelo, y que, por consiguiente, a ellos les corresponde uno y otro, les hace recelosos, y se niegan a enseñar los sitios donde dicen está el mineral.

Parece probable la existencia de algunos filoncillos de cobre, pero nada podemos afirmar en absoluto, y menos dar cuenta de su importancia, que no parece, así en principio, sea muy grande.

V. — Zona Occidental.

Por las razones apuntadas en el prólogo de este informe, no es posible hacer, aunque fuese muy ligera, una descripción geológica de la zona recientemente sometida.

Las excursiones hechas en la campaña a que se refiere este escrito, sólo lo fueron de exploración minera, yendo y viniendo directa y rápidamente a los lugares que, según las informaciones recibidas, se consideraba posible la existencia de algún yacimiento. Obrando de esta manera se pudieron visitar las minas que se describen a continuación, quedando para las próximas campañas el extender más estas investigaciones y adquirir una idea de conjunto que permita dar siquiera un bosquejo de la geología, que sin duda ha de ser sumamente interesante.

Minas de cobre de Beni Madan. — En la cabila de Beni

Madan, y a escasa distancia de la costa, se hallan unas areniscas con impregnaciones de azurita y malaquita.

Estas capas tienen dirección N.-60°-O., con buzamiento occidental.

Las areniscas metalizadas son muy cuarzosas, con algunos lechos estratificados, en que abunda más la mica blanca y bronceada. Todos los elementos que componen las areniscas son de tamaño muy reducido.

Los minerales cupríferos carbonatados forman dentro de la capa de arenisca algunos manchones de cobre, que constituyen crestas y núcleos más duros que la roca cuarzoza.

Como a unos 200 metros de la capa mineralizada se hallan bancos de pudingas cuarzosas con guijo blanco, también silíceo, y a mayor distancia, a unos 500 metros al N. de la mina, se encuentran areniscas en las margas pizarreñas de bastante compacidad.

Se han hecho en tiempos bastante remotos calicatas superficiales, que se han desescombrado y profundizado en el año 1924. También existe en esta concesión minera un pozo, inclinado primero y vertical después en sus últimos metros, que llega hasta los 30 metros de profundidad. En el fondo de este pozo existen varias cuevas y galerías, de donde se ha extraído mineral en épocas pasadas.

Algunas de estas cavidades están rellenas de agua, de manera que no es fácil determinar la extensión total de esta serie de labores.

La metalización es muy irregular y tiene su origen en disoluciones cupríferas que han circulado por entre las areniscas, depositando estos minerales en las partes más porosas de las rocas.

La masa mineralizada es sumamente pequeña en relación con el volumen total de roca estéril que se halla en el criade-

ro. No se puede decir que la metalización forme capas regulares, por más que generalmente se puede afirmar que las zonas ricas forman lechos depositados encima de estratos más arcillosos y, por tanto, más impermeables que el resto de la formación.

Cerca de la mina hay varios bancos de areniscas rojas, muy metalíferas, de edad al parecer triásica; pero es muy difícil encontrar diferencia esencial entre las rocas pertenecientes al sistema triásico y al eoceno, hasta que datos paleontológicos, que no pudimos hallar en nuestra rápida visita, nos determinen la edad de las rocas que componen esta región.

El piso de areniscas donde se encuentra la capa cuprífera tiene gran importancia, y su buzamiento, muy uniforme, es de unos 45 grados al O.

Si bien no está metalizada en toda su longitud, pudimos recorrer la capa cuprífera hacia el Maazen en una longitud aproximada de un kilómetro.

En el camino que desciende del poblado de Maazen hacia la llanura existe un dique de rocas hipogénicas que pudiéramos estimar de importancia por relacionarse con la génesis del criadero.

A unos 200 ó 300 metros por encima del mineral cuprífero hay bancos de calizas magnesianas y arcillosas que buzan concordantes con las areniscas metalizadas.

Por último, un poco por encima de las calizas se encuentran en rápida sucesión un banco de pudinga, y después las areniscas con el mismo carácter de las que afloran en la mina. Esta formación caliza presenta en esta comarca un gran espesor.

En un barranco que sube al poblado de Temaden hay varias laborcitas efectuadas sobre un crestón cuprífero de análogos caracteres al ya descrito. Al Sur de este barranco no afloran ya más que pizarras, al parecer de edad paleozoica.

Yacimiento cuprífero de Iharraten. — Subiendo desde Iharraten hacia la sierra se atraviesa un golfo de areniscas rojas triásicas que penetra entre las calizas que forman la cuerda de la sierra y las estribaciones del Yebel Kelti.

Las calizas de las estribaciones últimamente citadas penetran mucho más hacia el E. que en el resto de la sierra, contribuyendo a la formación del entrante triásico.

Encima de las areniscas hay fajas y mogotes de caliza liásica (en gran parte monolitos) que corresponden a arrastres en masa y que denotan la acción de violentos movimientos tectónicos.

En la base del triás existen grandes bancos de pudingas de elementos cuarzosos predominantes, pero que contienen también pedazos de caliza negra cambriana.

Encima de las pudingas se desarrolla un nivel muy potente de areniscas rojas con algunos horizontes intercalados de margas pizarreñas duras, de coloración rojiza.

Encima de un pobladillo de la falda del monte, por encima de Iharraten, se encuentran calizas margosas tableadas, muy distintas de los grandes bancos de caliza grisácea que forman el macizo de la sierra.

En la arenisca roja y a menos de medio kilómetro de las calizas de la sierra hay una capa de vetillas de carbonato de cobre y pintas de cobre gris y chalcosina.

La metalización está muy diseminada por toda la capa y es en conjunto muy irregular.

Hay reconocidas en distintos puntos de la ladera hasta tres capas distintas que afloran en bastante longitud con metalizaciones parecidas a la descrita.

Cerca de las manchitas cupríferas se ven siempre materias carbonosas, lo cual tiene interés para la génesis del criadero, pues es posible que estas sustancias hayan fijado los sulfuros

de cobre, que después se han oxidado, formándose los carbonatos y sulfatos que se hallan actualmente.

En muchos sitios están las areniscas ligeramente impregnadas de manganeso, encontrándose bonitos dendritas de este mineral.

Ni la irregularidad del criadero ni el espesor y masa mineralizada parecen poder garantizar una explotación de este yacimiento.

Las capas de areniscas, que presentan muchas inflexiones y torceduras, se inclinan en conjunto al O. Las cupríferas son algo más blanquecinas que las demás areniscas.

Cerca de Iharraten se encuentra el triás; pero al pie de las calizas liásicas hay varias capas con carbonatos de cobre y algunas vetillas de sulfuro del mismo metal.

La formación no está tan plegada como hacia Bat-Pizimal, y las areniscas alineadas de N. a S. inclinan unos 60 ó 70 grados al O., buzando debajo de las calizas de la sierra de Beni-Hozmar.

Se encuentran también margas calíferas interestratificadas entre las areniscas que tienen las mismas impregnaciones cupríferas de las areniscas.

En conjunto, esta formación cuprífera, aunque muy extensa, es muy pobre, y seguramente no será posible el arrastrar estos minerales y transportarlos hasta una fundición para beneficiarlos de este modo.

El único procedimiento que sería conveniente estudiar es el tratamiento *in situ* de los minerales, atacándolos con ácido sulfúrico que disolvería el mineral de cobre, y después precipitando el sulfato de cobre.

Para la obtención del cobre de estos minerales por este procedimiento químico es necesario que las areniscas no contengan más base que el cobre, pues si entran en su composición cal, manganeso, hierro, magnesia, etc., sería necesario

gastar cantidades enormes en ácido sulfúrico que atacaría a estas bases, y el procedimiento resultaría desde luego antieconómico.

Creemos, pues, de interés el efectuar un estudio detenido de los procedimientos que podrían emplearse en el beneficio de estos minerales.

Crestones ferruginosos de Dzar Telmadi.—En la bajada de este pueblo a Dzar el Dahar, se encuentran alternancias varias veces repetidas de areniscas rojas o blancas, margas pizarrañas y dolomias.

Todo este conjunto de capas corresponde sin duda a la formación triásica. En esta formación se encuentran varios bancos de dolomia convertidos en parte, por metasomatismo, en hematites parda. Se han hecho varias calicatas sobre estos crestones ferruginosos, pero parece que el mineral más bien disminuye en potencia y riqueza según se han profundizado estas labores.

Junto al mineral se encuentran algunas pizarras metamorfoseadas muy curiosas que contienen lechitos de mineral rojo.

Estas manifestaciones de mineral de hierro son demasiado pobres para tener la menor importancia industrial.

Yacimiento de manganeso de Mokadasen.—Como a unos 300 metros al Oeste de las últimas casas del importante poblado de Mokadasen hay un yacimiento de mineral de manganeso. El yacimiento está próximamente en el contacto de las pizarras cambrianas que se extienden por todo el territorio de Mokadasen, con las calizas blanquecinas liásicas de las estratificaciones orientales de la sierra de Beni-Hozmar.

Un banco de calizas compactas comprendido entre las pizarras arcillosas y pizarras calíferas, se ha transformado en parte en mineral de manganeso. No parece tratarse más que de una bolsada de mineral de dimensiones bastante reducidas, pero

sería necesario efectuar labores de reconocimiento para que ellas permitiesen cubicar la cantidad de mineral existente.

El mineral de manganeso, por lo demás, es de excelente calidad.

Por encima de las capas manganíferas comienzan al poco trecho las grandes masas de calizas compactas de la sierra.

A unos 200 metros de las pizarras que forman el yacimiento de la capa mineralizada se hallan unos bancos de conglomerados cuarzosos. El conjunto de estas rocas debe atribuirse al liásico.

En la cabila de Haus de Tetuán, y en paraje próximo a los poblados, existen afloramientos de mineral de manganeso que pertenecen a una bolsada de ignorada extensión comprendida en el cambriano.

La mena es de carácter detrítico y ha sufrido arrastre antes de depositarse en el sitio donde aparece. En ciertos sitios, su calidad es francamente buena y merece la pena de hacer algunas labores de investigación para poder juzgar de la importancia de este criadero.

Filón de blenda de Tigueziben.—Al Sur del río Emza, que en su parte superior recibe el nombre de Gemis, y en el paraje cuyo nombre encabeza este apartado, se encuentra un filón-capa de calizas con pintas de mineral de hierro, de mineral de cobre y vetas de blenda.

La capa puede examinarse perfectamente a su paso por el arroyo y en un curso de agua afluente de éste.

No hay labor minera alguna efectuada sobre estos crestos metalizados.

La metalización en la parte descubierta es sumamente irregular, pero el filón-capa, que tiene dirección casi exactamente de N. a S., es bastante potente y no sería de extrañar que a alguna profundidad tuviese metalización más importante que permitiese el laboreo de esta mina.

Junto a la mina se desarrolla la formación cambriana con pizarras micáferas, conglomerados de elementos menudos pizarreros y bastantes niveles de caliza negra marmórea con profusión de vetas espáticas blancas.

Entre la mina y el río Emza se extiende una mancha triásica formada por areniscas rojas alternantes con arcillosas de color vinoso. También se encuentran grandes bancos de pudingas cuarzosas de elementos blancos y rojos y cemento rojizo; con estas pudingas se hallan también areniscas rojas muy micáferas.

En reciente visita a las cabilas de la costa de Gomara y Yebala, realizada en el mes de enero del año 1927 por el Vocal del Instituto Geológico D. Primitivo H. Sampelayo, se han podido pisar territorios aun no explorados, siendo de notar un gran macizo de rocas peridóticas con serpentinas en la cabila de Beni-Búsra, el cual contiene muchos filoncillos de amianto y otros de talco, sustancias que podrán ser aprovechables, y piritas de cobre que animan a realizar alguna investigación.

La roca a que nos referimos parece comprender también parte de las cabilas de Beni-Ziat y Beni-Selman. En Beni-Búsra hay calizas en la misma costa sobre las serpentinas.

Entre las cabilas de Beni-Said y Beni-Hozmar ha podido encontrar varios criaderos metalíferos de cinc y de cobre en un terreno geológico bastante ondulado que tendrá una potencia de varios centenares de metros en la disposición siguiente: base, tramos de conglomerados con carbonatos de cobre enlazados con otro de areniscas vinosas con tránsitos a pudinga; encima pizarras y areniscas con pistas y algas no muy manifiestas, y en la coronación una potente formación de calizas tableadas con mica, que varían hasta psamitas, ofreciendo rara vez tallos vegetales con el aspecto de *quisetum* o *calamites*

erosionados; encima de las calizas y hacia Beni-Hozmar, encontramos areniscas en masa bastante micáceas. Este terreno lo suponemos permo-carbonífero.

La formación se extiende hasta la playa de Emsá (Riffien), y en ella ha visto cinco filones de calcopirita y tres de blenda de muy buena presentación.

Por la Comisión de Estudios Geológicos (1),

AGUSTÍN MARÍN

(1) El trabajo anterior es el resultado de las exploraciones efectuadas en otoño de 1926 por todo el personal que constituye la Comisión de Estudios Geológicos de la Zona del Protectorado Español en Marruecos. Esta Comisión la integran los Ingenieros de Minas siguientes: Agustín Marín, Alfonso del Valle, Enrique Dupuy de Lôme, Pablo Fernández Iruegas y Javier Miláns del Bosch.

ZONA ORIENTAL

NOTA ACERCA

DE LA

FORMACIÓN GEOLÓGICA

DE LA

REGIÓN DE CABO DE AGUA

POR

ALFONSO DEL VALLE DE LERSUNDI

Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico
y Minero de España.

NOTA ACERCA DE LA FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA REGIÓN DE CABO DE AGUA

Suele generalmente designarse con el nombre de Cabo de Agua, extendiendo la verdadera acepción de esta palabra, la región más oriental de nuestra Zona de Protectorado en Marruecos, comarca hoy día habitada por la fracción de los Ulad-el-Hach, perteneciente a la cabila de Quebdana y limitada por la sierra de este nombre al Sur, el río Muluya al Este y el mar Mediterráneo al Norte y Oeste.

Tiene esta región en plano una forma triangular o más bien aproximada a la de un sector circular, cuyo centro constituye el verdadero Cabo, denominado del Agua por nosotros, y Ras-Lala-Yenada por los indígenas, con un radio medio de unos ocho kilómetros y un ángulo en el centro de unos ciento diez grados sexagesimales, ocupando, por tanto, una extensión aproximada a unas seis mil hectáreas en números redondos.

A juzgar por el censo obtenido por la Policía indígena el año 1913, único que conozco hasta la fecha, el número de habitantes de la fracción de los Ulad-el-Hach era de 1.355 moros y 1.404 moras, en total 2.759 habitantes, correspondiendo, por tanto, unos 46 por kilómetro cuadrado, densidad que en este país denuncia una fertilidad que no parece estar en relación con el aspecto árido y seco que presenta a primera vista, y que es la nota más característica que al tratar de estos parajes dan a conocer todos los geógrafos que los han descrito.

Tissot (1), fundándose en razonadas consideraciones, identifica esta comarca con el antiguo Metagonium de Estrabón.

Este célebre geógrafo (2) parece admitir tres acepciones para esta palabra: la de cabo, la de región y la de cordillera, porque dice: «Se da el nombre de Metagonium a un gran promontorio cerca de este río (3), así como también a la *región seca y estéril* que le rodea, extendiéndose además a toda la cadena de montañas que forma la prolongación casi ininterrumpida de los montes que nacen en el promontorio de Cotes» (4).

Juan León *el Africano*, al describir esta región a principios del siglo XVI, dice: «Siendo tan áspera y árida que no se encuentra más agua que la del río Muluya» (5).

Estas antiguas opiniones parecen hoy en parte desmentidas por la densidad de población que hemos citado y por el resultado obtenido por algunos colonos de origen español, que en el año 1914 vinieron de la colonia francesa de Argelia, procedentes de la vecina provincia de Orán, adquirieron terrenos y se instalaron en la comarca.

Las cosechas de cereales obtenidas en las arenas de que está formada, arenas a las que algunos de estos colonos designan con el nombre de «tierra melosa», han sido mucho más satisfactorias que las alcanzadas en otros lugares, como las llanuras del Garet y del Zebra, cuyos terrenos parecían a primera vista reunir mejores condiciones de fertilidad.

Presenta esta región una superficie ligeramente ondulada, arenosa y con escasa vegetación, que va suavemente ascendiendo hacia el Sur desde la altura de 20 metros que tiene

(1) *Recherches sur la Géographie comparée de la Mauretanie Tingitane*, par M. TISSOT — París, 1887.

(2) Libro XVII. III Geográfico.

(3) Molochat (actualmente Muluya.)

(4) Cabo Espartel.

(5) *Description de l'Afrique*, J. L. *el Africano*, edición Schefer. — París, 1897.

en la proximidad del Cabo hasta la de 80 que alcanza, al apoyarse sobre la vertiente septentrional de la sierra de Quebdana, a unos ocho kilómetros de distancia.

Las vaguadas que separan estas ligeras ondulaciones y vierten en el borde occidental, se hallan bruscamente cortadas por el acantilado que forma la costa. En cambio, por su orilla Norte, comprendida entre el Cabo y la desembocadura del Muluya, existe al principio una estrecha playa situada al pie de un resalto o escalón, el cual va lentamente descendiendo hacia Levante hasta borrarse y desaparecer en el playazo bajo y pantanoso de Taganint, en donde desemboca el río y en el que se forman algunas lagunas rodeadas de cañaverales y frecuentemente plagadas de mosquitos.

El extremo o cabo propiamente dicho, visto de perfil, penetra en el mar como el espolón de un navío (Fots. núms. 1 y 2), presentando en su extremo una plataforma baja, ligeramente escorada hacia el SE., que arranca al pie de la escarpa que forma la meseta de unos 20 metros de altura situada detrás, meseta que a su vez viene coronada por un cerrete o colina que alcanza 32 metros de cota sobre el que se halla situada la posición militar próxima a la tumba de Lala Yenada.

La forma exterior de este Cabo revela con claridad el período de destrucción en que actualmente se encuentra y lo activo de la abrasión, sobre todo la debida a los temporales del NO., por cuyo rumbo aparece profundamente socavado.

Al Norte, enfrente del Cabo, y a una distancia de 3.500 metros, se halla el pequeño archipiélago de las Chafarinas, compuesto por tres islotes, residuo actual de un macizo o volcán andesítico, surgido a fines del terciario, y que, como veremos, juega un papel muy importante en la formación de la región que nos ocupa.

La isla del Congreso es la más occidental del grupo y la mayor de todas, con 900 metros de longitud, 470 de anchura y

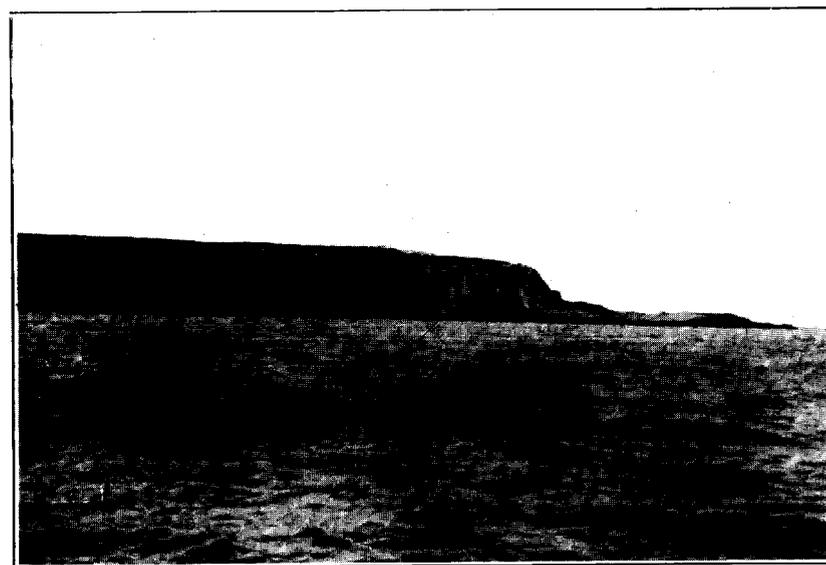
136 de altura, y queda separada de la isla central por un canal de 300 metros de anchura con una profundidad de 12 a 21 metros en su eje.

La isla central, llamada Isabel II (Fot. 3), es de forma redondeada, con una altura máxima de 40 metros. En ella radica la población, en donde vive la guarnición y están instalados los servicios del Estado. Se hallaba artificialmente unida, desde 1910, a la isla del Rey, por un dique de bloques que cierra el freo de 150 metros de anchura y nueve de profundidad que las separa, dique posteriormente roto y que fué construido con objeto de asegurar la calma del remanso formado al Sur entre las dos islas, lugar considerado por todos los marinos como el mejor fondeadero de la costa Norte de Marruecos (Fot. 4).

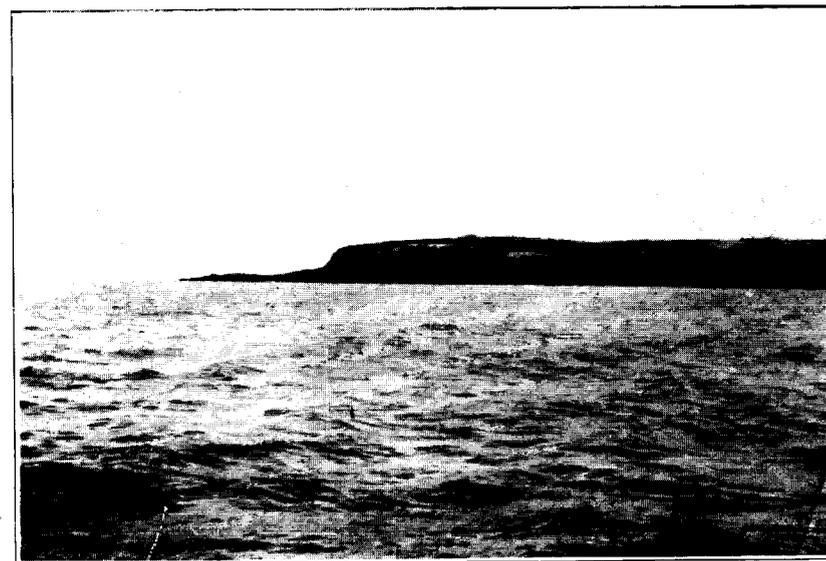
La isla del Rey, que es la más oriental, tiene 900 metros de longitud y su mayor anchura es de 200 metros, con una altura máxima de 34, presentando varias escotaduras que con el tiempo, por la activa abrasión, han de dividirla en varios islotes (Fot. 5).

Las profundidades comprendidas entre el Cabo y las islas son de 12 a 15 metros con fondo de arena.

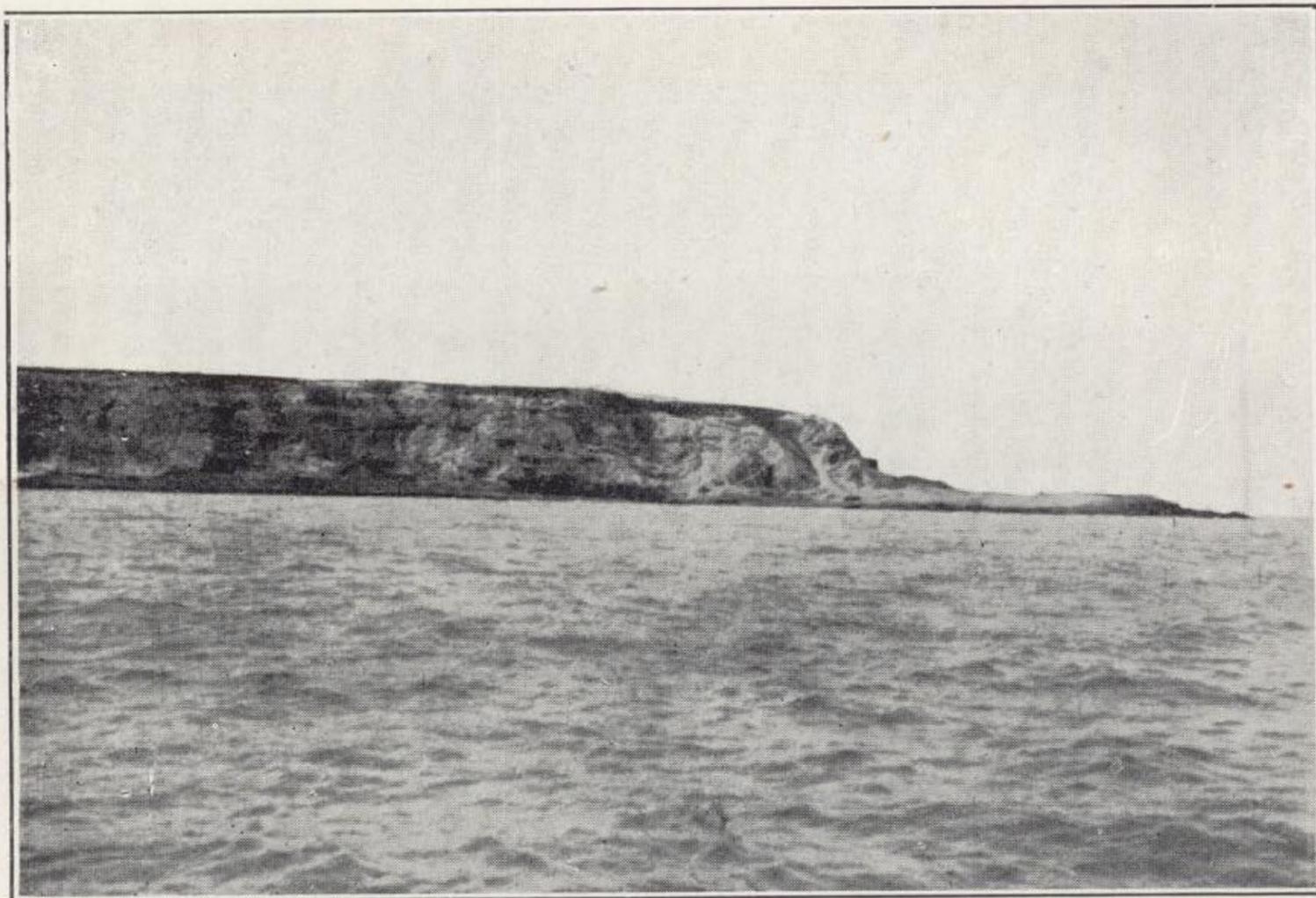
La composición geológica de Cabo de Agua es sumamente sencilla y homogénea. Está formada en su totalidad por acumulaciones de médanos y arenas que se presentan con estratificación entrecruzada en las zonas más altas del Sur (Fot. 6), más o menos definida y con ligero buzamiento en las de la costa, más bajas y que, en general, aglutinadas por un cemento calizo constituyen areniscas que contienen empastadas en su masa multitud de conchas terrestres, *Helix*, *Bulimus* y otras especies vivientes todavía en el país. Pueden observarse estas conchas, o más bien sus moldes, pues la parte caliza ha desaparecido, en el mismo extremo del Cabo, en donde estas areniscas penetran en el mar claramente estratificadas y con ligero buzamiento al SE. (Fot. 7).



Fot. 1. — Cabo de Agua visto desde Levante.



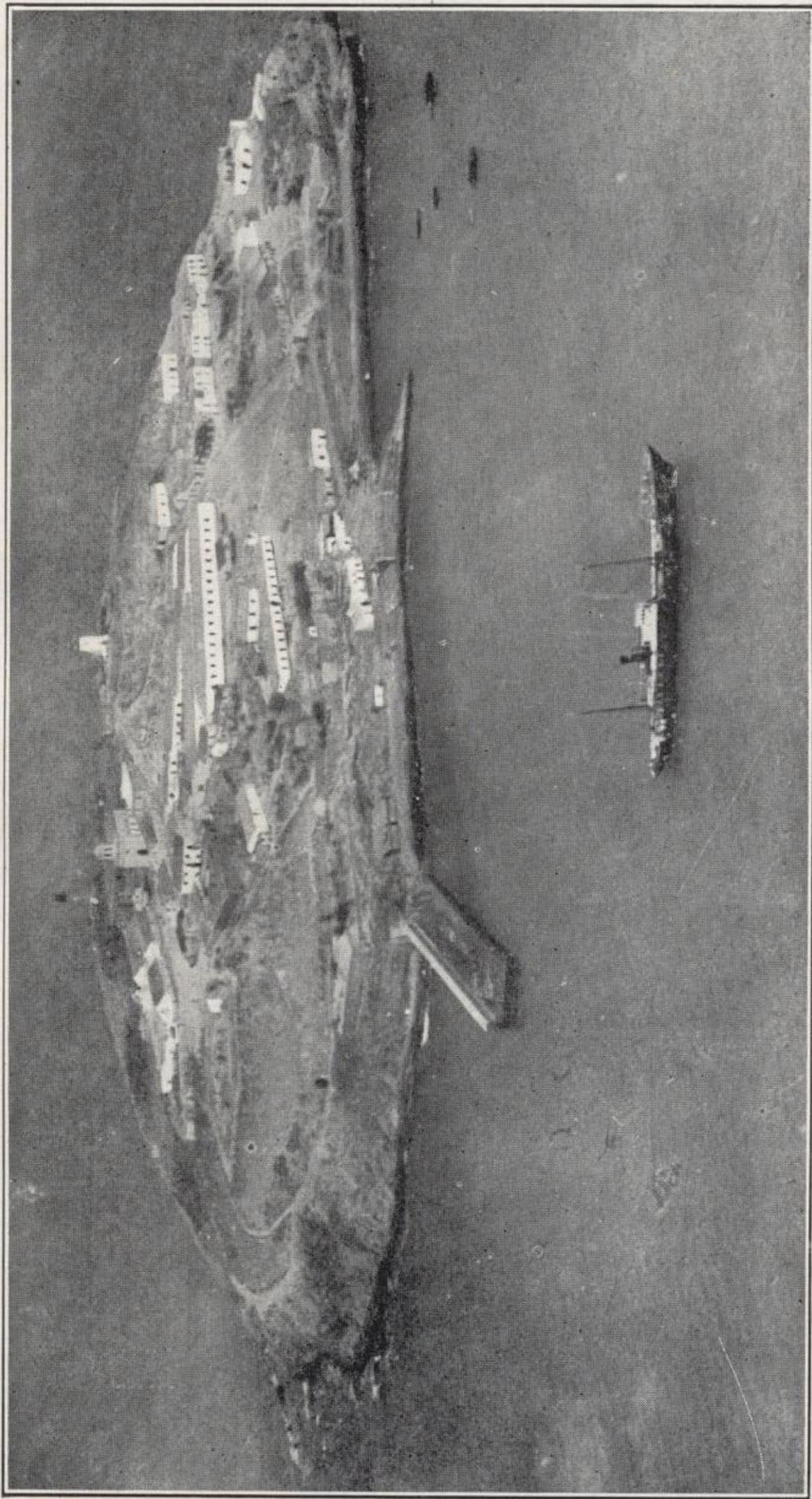
Fot. 2. — Cabo de Agua visto desde Poniente.



Fot. 1. — Cabo de Agua visto desde Levante.

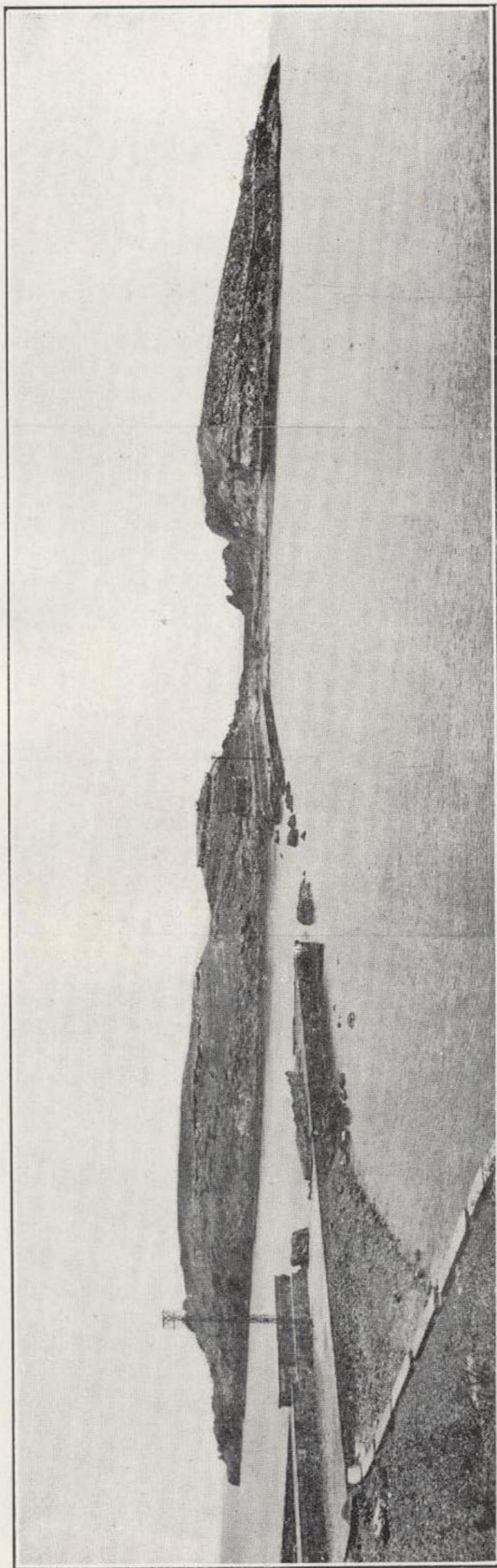


Fot. 2. — Cabo de Agua visto desde Poniente.



Fot. 3. — Isla de Isabel II (Chafarinas).

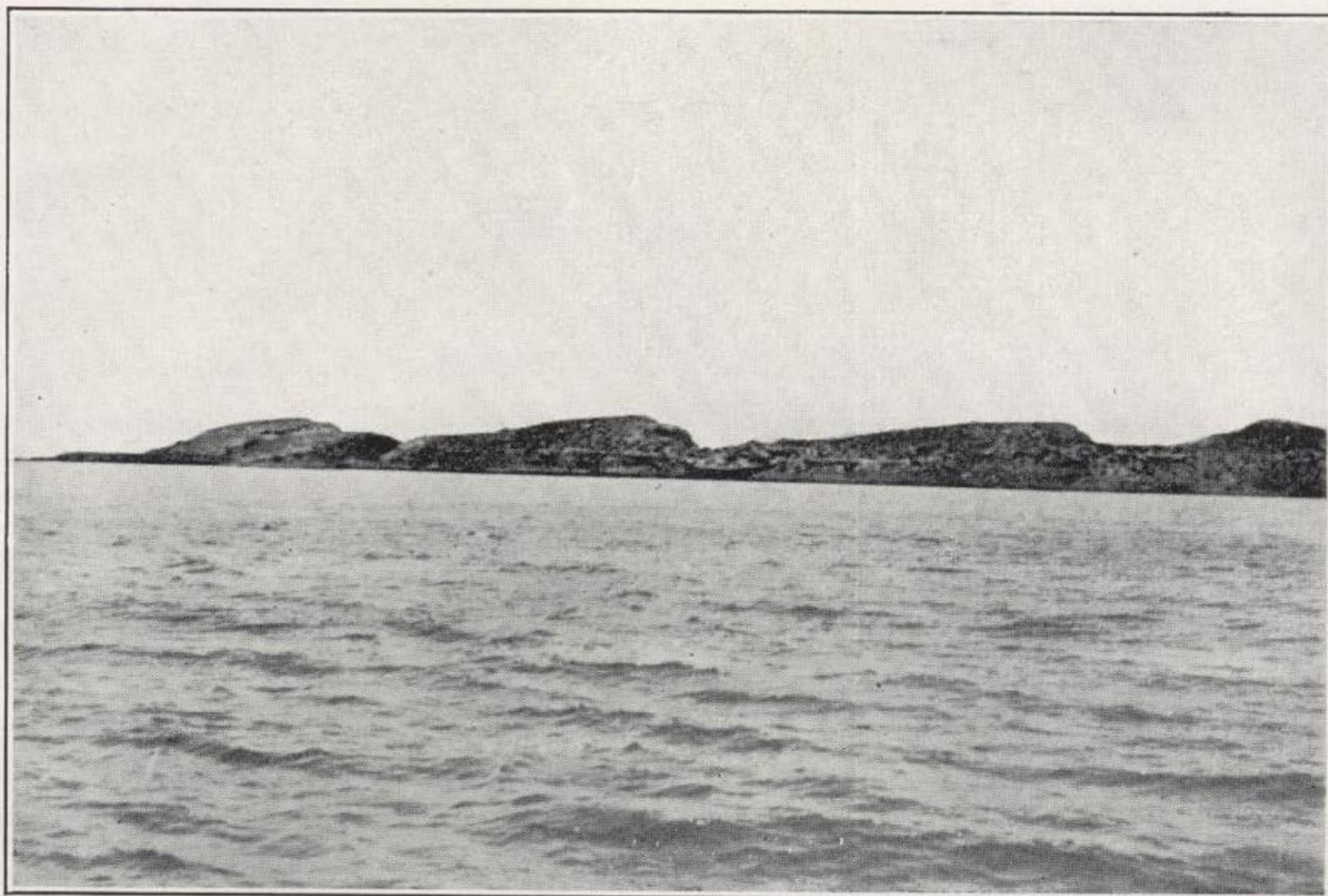




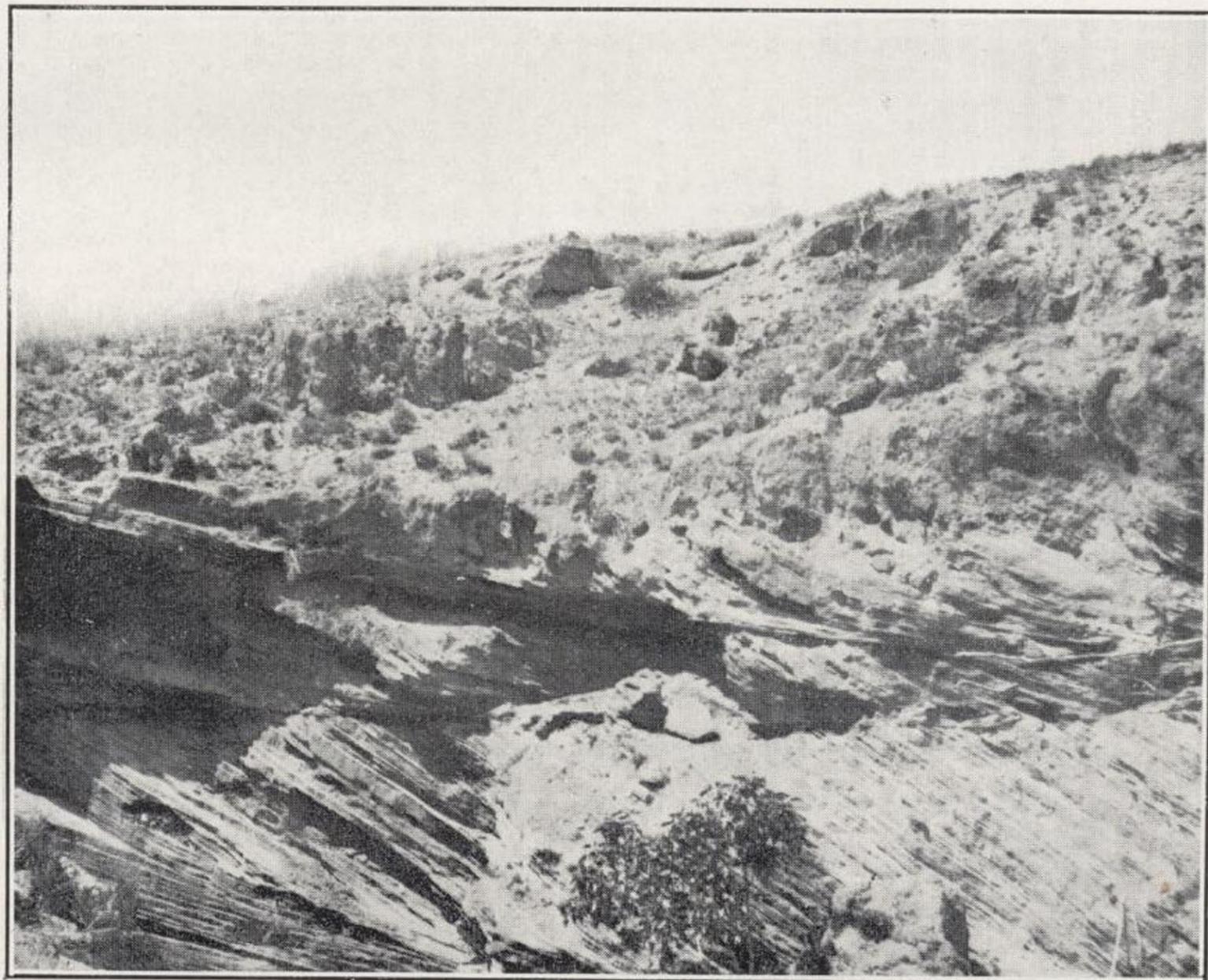
Fot. 4. — Isla del Rey, vista desde la de Isabel II.



FORMACIÓN GEOLÓGICA DE CABO DE AGUA



Fot. 5. — Escotaduras de la isla del Rey.



Fot. 6. — Dunas entrecruzadas.

Se trata, por tanto, de una formación litoral de la serie cuaternaria que carece de los elementos necesarios para su clasificación precisa, y no parece a primera vista que tenga interés suficiente para dar motivo a una nota geológica; pero al estudiarla e intentar determinar con precisión su edad y pretender explicar el proceso de su formación, se plantean algunos problemas en relación con la historia del Mediterráneo

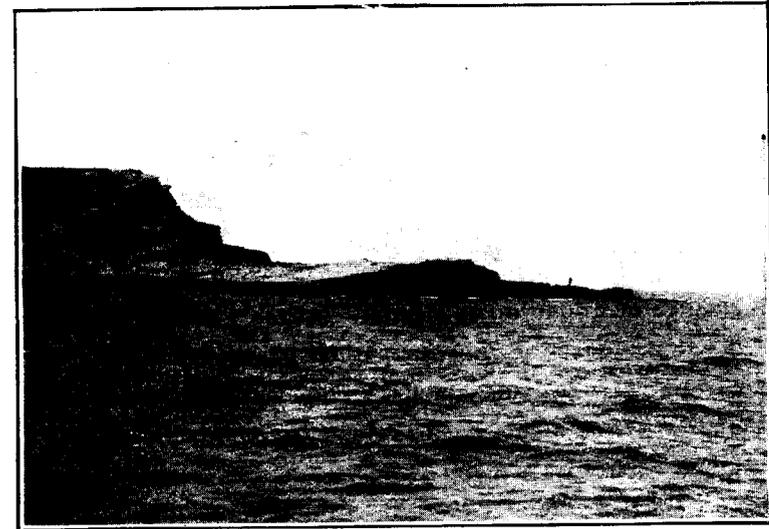


Fig. 7.

occidental durante el postplioceno que consideramos interesantes.

La formación de que se trata ha sido señalada en diferentes puntos de la costa argelina, desde mediados del siglo pasado, por todos los geólogos que han estudiado ese territorio, formación a la que M. Ville designó con el nombre de «areniscas con *Helix*», que ha conservado, aunque el proceso de su formación y la edad de su depósito hayan sido discutidos e interpretados posteriormente de diferentes maneras por los distintos geólogos que se han ocupado de ella.

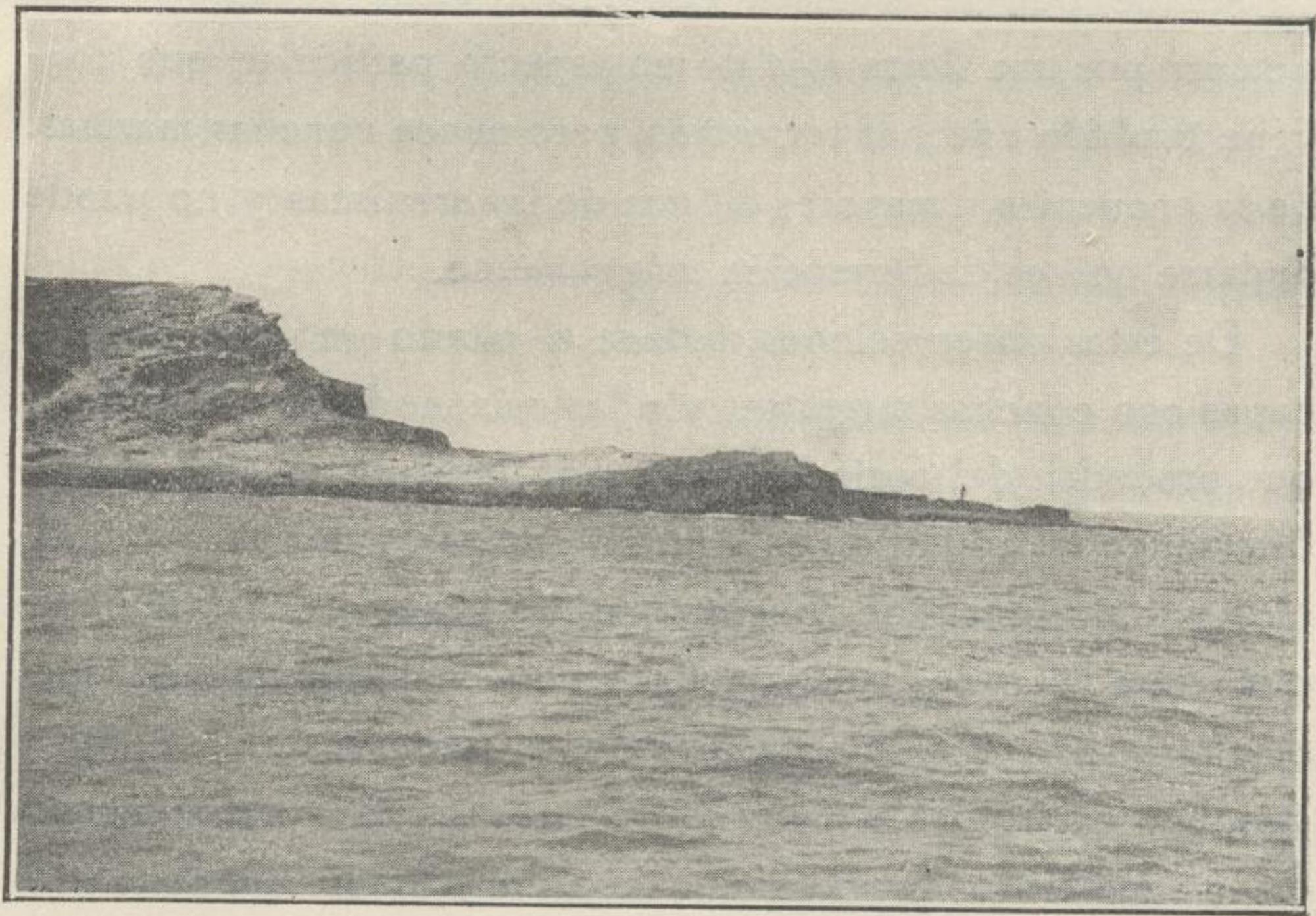


Fig. 7.

J. R. Bourguignat (1) observa que siempre que se estudian los acantilados de areniscas con *Helix* a orrilla del mar se encuentran en su base los *Helix* mezclados con conchas marinas actuales y muchas veces estas últimas solas.

En algunos sitios, la arenisca reposa sobre un lecho de grava y de restos marinos muy semejante a la playa actual que está a su lado.

Añade que la arenisca con *Helix* viene recubierta casi siempre por una tierra roja de un aspecto particular, que contiene también conchas terrestres, pero nunca conchas marinas. Se la encuentra a mayores alturas de las areniscas y no puede dudarse que es de formación más reciente.

De estas observaciones deduce el citado geólogo que las capas con conchas terrestres son las más modernas de todas y que proceden del período cuaternario, durante el cual el Mediterráneo ha adquirido su contorno actual, y por su composición y la presencia de conchas marinas llega a la afirmación de que todas las capas, aun aquellas en que más abundan las especies terrestres, han sido *depositadas y formadas en el mar* y después emergidas allí donde se encuentran, a consecuencia de los numerosos movimientos de dislocación de que las costas argelinas ofrecen irrecusables ejemplos.

Pomel (2) divide el cuaternario argelino en subgrupo antiguo, subgrupo reciente y médanos, y el reciente o actual en aluviones, travertinos y médanos.

En el subgrupo antiguo del cuaternario presenta tres facies: aterramientos, travertinos y depósitos litorales.

Al tratar de estos últimos comprueba la existencia en toda la extensión de la costa, a alturas variables, pero pasando rara

(1) *Paléontologie des mollusques terrestres et fluviatiles de l'Algerie*. París, 1862.

(2) *Explication de la deuxième édition de la carte géologique provisoire de l'Algerie*. 1890.

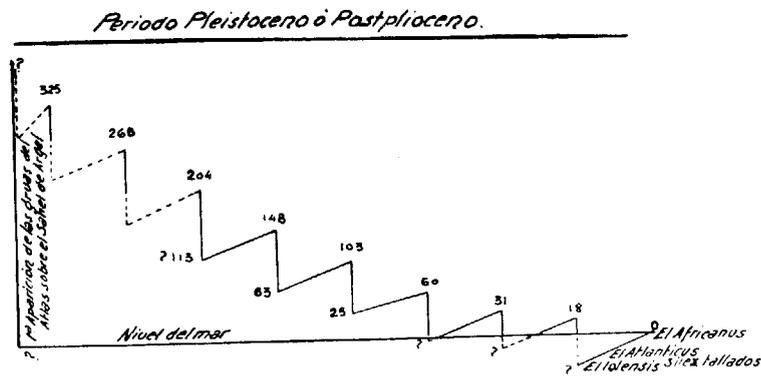
vez de 30 metros, de un cordón de depósitos litorales marinos, a que denomina «capas con *Strombus*», y hace observar que las capas marinas de este piso vienen coronadas, en muchos sitios, por acumulaciones de arena más o menos estratificadas y aglutinadas con numerosas conchas terrestres, casi todas vivientes todavía en el país. Algunas veces, la transición es brusca entre estos dos sistemas; otras veces es muy borrosa, y las especies terrestres vienen mezcladas con las marinas, de tal suerte, que estos médanos solidificados están enlazados al depósito marino como los médanos ahora en formación a las playas actuales. No le parece, por tanto, que deben separarse de otra manera que considerándolos como hiladas superiores de la misma formación, y designa estos depósitos con el nombre de «areniscas con *Helix*», que continúan las areniscas y calizas con pectúnculos, y que quedan, por tanto, incluidas en él por el llamado subgrupo antiguo.

El General de Lamothe (1), en su interesante y detenido estudio acerca de las antiguas líneas de costa del Sahel de Argel, llega a unas conclusiones que permiten establecer una cronología en las formaciones litorales más recientes del cuaternario en el Norte de África, cuya aplicación a Cabo de Agua conduce a una clasificación precisa y, sobre todo, a una explicación tan racional de la formación de los terrenos que estamos estudiando, que ésta casi puede considerarse como un argumento más en apoyo de su teoría.

Sabido es que este distinguido geólogo, después de una infinidad de detalladas observaciones acerca de la topografía submarina y plataformas continentales a lo largo de las costas, de los depósitos litorales marinos y terrazas aluviales de los ríos formados después del plioceno, y de un estudio minucioso

(1) «Les Anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte Algerienne». General de Lamothe, París, 1911. — *Mémoire de la Société Géologique de France*.

y detenido, de relación entre todos estos elementos, llega a una comprobación de las oscilaciones de la línea de costa, durante este período, que denota el origen eustático de estas oscilaciones, corroborando la teoría que, de manera tan magistral, expuso en el segundo tomo de su obra el eminente autor de *La faz de la tierra*, al sostener que todo movimiento de la corteza terrestre tiene que producir necesariamente un desplazamiento



Verticales: 1/10000.

Diagrama de De Lamothe.

general del mar, que será predominantemente negativo, porque «la corteza terrestre se hunde y el mar la sigue» (1).

Por otra parte, durante los períodos de calma comprendidos

(1) Sabido es que esta teoría de los movimientos eustáticos ha sido muy discutida y rechazada por varios geólogos, entre ellos Haug, que, en su clásico *Tratado de Geología* (pág. 1.863), la combate, exponiendo algunos razonamientos opuestos a las conclusiones deducidas por el General de Lamothe.

Tiene en cambio otros defensores, como Ch. Deperet, que, fundándose en ella, ha establecido una clasificación de los terrenos cuaternarios. — C. R. A. S., 25 de marzo de 1918. «Essai de coordination chronologique du temps quaternaires.»

entre dos hundimientos sucesivos, la acumulación de los sedimentos marinos determina un lento movimiento inverso positivo e igualmente eustático.

Concreta de Lamothe sus trabajos en el siguiente diagrama que resume y esquematiza sus conclusiones respecto a las costas de Argelia.

Su autor ha admitido para facilitar el trazado que los movimientos negativos han sido instantáneos y que los intervalos de tiempo que han separado estos movimientos han sido iguales, hipótesis ambas que parecen aproximarse a la realidad a juzgar por la interpretación dada a las numerosas observaciones verificadas. Las líneas trazadas de puntos indican que faltan las observaciones precisas referentes a los hechos que representan.

Uniendo por una línea continua las máximas positivas, obtuvo una curva de una regularidad tan notable, que su trazado incita hasta cierto punto a pensar que no estamos muy alejados de un máximo positivo, y que la altura de éste puede que no llegue a ser superior a 10 metros sobre el nivel actual del mar.

Aunque no se ha podido determinar, como es natural, la amplitud del movimiento negativo posterior al nivel de 18 metros, basándose sobre el principio de continuidad y simetría y sobre la igualdad de espesor de la mayor parte de los mantos aluviales, lo supone provisionalmente de Lamothe de unos 35 a 40 metros por debajo del nivel actual.

Acerca de la interpretación de los depósitos de las areniscas y «arenas con *Helix*», de Lamothe sostiene que, según sus observaciones, las areniscas, gravas y arenas rojas superpuestas a las pudingas del nivel de 18 metros, son depósitos subaéreos, claramente independientes de estas pudingas y más recientes, que no han comenzado a acumularse hasta después de la retirada del mar de 18 metros, es decir, del movimiento negativo que ha bajado la orilla correspondiente por debajo del cero actual.

Coincide, por tanto, con la opinión de Pomel respecto a que se trata de *depósitos subaéreos*, y disiente de él en cuanto a que sean contemporáneos de los marinos.

Como consecuencia de esto último, no se encuentra conforme con la opinión de Pomel respecto a la época de aparición de las especies de elefantes, cuya determinación precisa tanta importancia tiene para la clasificación de los terrenos cuaternarios, dado el poco valor que desde este punto de vista presentan los moluscos terrestres y fluviales por la lentitud de su evolución, y llega respecto a la fauna de estos proboscídeos a las conclusiones siguientes: «1.ª Que los restos del *Elephas jolensis* Pom. encontrados en las areniscas y arenas del nivel 18 no pueden remontar su origen más allá que el principio del movimiento positivo actual, siendo probablemente más recientes. Que los restos del *E. atlanticus* encontrados en el litoral argelino son posteriores al nivel de 18 metros y contemporáneos de la fase positiva que ha seguido a su descenso; las dos especies deben, por tanto, haber coexistido. El *E. atlanticus* se encuentra asociado con los sílex tallados del tipo Musteriense, y es muy probable que los sílex tallados y residuos de hogares recogidos en Berard y en la Granja de Beausejour sean contemporáneos del *E. jolensis* encontrado en este último punto. 2.ª El *E. africanus* es contemporáneo del nivel actual y ha desaparecido en una época muy reciente. Sus restos se encuentran asociados con útiles de piedra pulimentada.»

Las épocas de aparición de estos elefantes vienen indicadas por de Lamothe en el diagrama a partir del nivel inferior del movimiento negativo posterior al nivel de 18 metros.

Expuesto lo anterior, la determinación de la edad y la explicación del proceso de formación de Cabo de Agua, así como el de su actual destrucción, resulta sumamente sencillo aplicando las conclusiones deducidas por el General de Lamothe.

Admitida desde luego la hipótesis de la formación sub-

aérea, principalmente eólica, de las «areniscas con *Helix*», que parece indudable, y hallándose éstas en Cabo de Agua sumergidas en gran parte bajo el nivel actual del mar, resulta evidente que su depósito no ha podido tener lugar, forzosamente, hasta después de la retirada del mar de 18 metros, es decir, del movimiento negativo posterior a ese nivel y antes de llegar al nivel actual. Debíó comenzar, por las razones que se exponen al explicar su formación, al mismo tiempo que el movimiento positivo actual, o sea coincidiendo con la fauna del *E. jolensis* y el *E. atlanticus* y la industria paleolítica del Musteriense, pudiendo, por tanto, haber sido presenciado por el hombre de la raza primitiva de Neanderthal.

El proceso de esta formación ha sido debido a un fenómeno litoral, cuyo estudio más bien pertenece al dominio de la Geografía física que al de la Geología pura, atendiendo a que la dirección de los vientos dominantes y de las corrientes, es decir, el régimen del Mediterráneo, no parece haya podido variar desde la época relativamente moderna que se estudia, porque durante su transcurso tenía ya su cuenca una forma muy aproximada a la actual. Se puede, por tanto, sin cometer un gran error, aplicar el régimen marino de hoy a la explicación de la formación del Cabo de Agua, que ha sido resultado de la acción combinada de tres elementos principales: 1.º, el río Muluya, que proporcionó los materiales necesarios con sus arrastres y aportes aluviales; 2.º, la corriente litoral, producida por el régimen especial del Mediterráneo, que actuando sobre aquellos materiales los puso en movimiento a lo largo de la costa; y 3.º, la acción resultante de los temporales y vientos dominantes sobre el obstáculo formado por el macizo volcánico de las Chafarinas, que los detuvo, fijó y amontonó a sota-vento de éste, mientras permaneció presentando el frente necesario para ello; pero en cuanto este frente no constituyó ya suficiente defensa, comenzó el período de destrucción

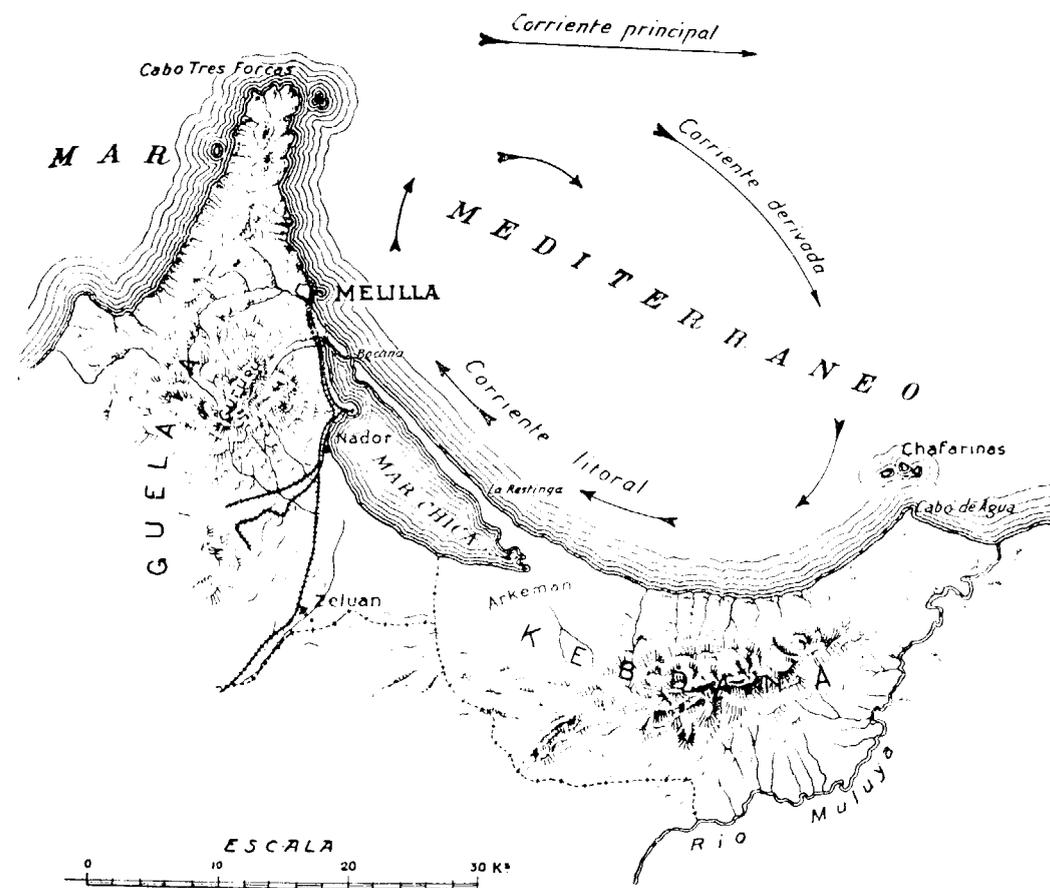
del depósito anteriormente formado, que continúa en la actualidad.

Analicemos cómo han actuado estos elementos a partir del principio del movimiento positivo actual.

Río Muluya.—El régimen de este río no ha sido aún estudiado de un modo preciso, pero se puede adelantar que es el más importante de todos los de la zona septentrional del Imperio de Marruecos, tributarios del Mediterráneo. Tiene un recorrido de unos 450 kilómetros, nace en la zona de unión del Alto con el Mediano Atlas y presenta las características de un río de montaña en su curso alto; atraviesa luego una zona esteparia, en donde sometido a una activa evaporación debe de perder parte de su caudal, y después de pasar por las angosturas por él formadas en la Sierra Jurásica que atraviesa los Beni-Isnassen y Beni-bu-Yahi y serpentear a su salida por las llanuras del Zebra y de los Trifa, pasa luego por el borde oriental de la sierra de Quebdana y desemboca en el Mediterráneo a unos siete kilómetros al Este de Cabo de Agua. Su caudal en pleno estiaje, suele en ocasiones descender hasta tres metros cúbicos por segundo. Durante los meses de abril, mayo y junio se alimenta del deshielo de las nieves de las montañas en donde nace, y suele llevar unos treinta metros cúbicos; pero por el carácter torrencial que tienen su cuenca media e inferior, en las crecidas producidas por las lluvias pasa a veces su caudal de 1.500 metros cúbicos. Son suficientes estos datos para dar idea de la importancia de los aluviones que vierte al Mediterráneo.

Corriente litoral.—El Mediterráneo es un mar de gran evaporación y pocos aportes fluviales y pluviales, sobre todo en el litoral meridional, en el que, excepción hecha de muy pocos ríos, la gran mayoría son de corto recorrido y se secan en verano, por cuyo motivo tendería a descender su nivel si no fuera porque el Atlántico le envía por el Estrecho de

RÉGIMEN DE LAS CORRIENTES EN EL GOLFO DEL MULUYA



Gibraltar la diferencia producida entre la evaporación y los aportes que recibe.

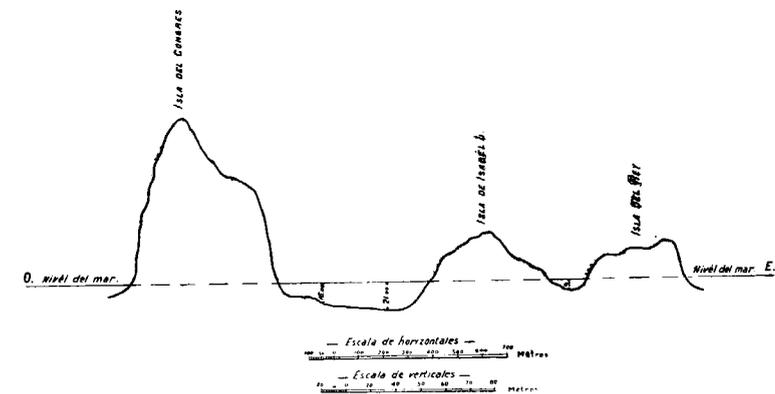
Este régimen establece una corriente que desde el Estrecho se dirige a lo largo del Mediterráneo hacia Sicilia, de Poniente a Levante, y que al pasar frente a las ensenadas que forman las salientes de los cabos en su costa meridional imprime, por la inflexión al Sureste que sufre la corriente derivada, ayudada por su reflexión sobre la parte saliente de la costa opuesta, un movimiento de rotación a las masas de agua que se hallan en reposo en estas especies de remansos, movimiento que produce en las ensenadas abiertas al Norte una contracorriente litoral de Levante a Poniente en sentido contrario a la general del Mediterráneo.

Durante los meses de verano, en los que la evaporación es más activa y los aportes fluviales y pluviales menores, siendo, por tanto, mayor la cantidad de agua que debe suplir el Atlántico, la intensidad de la corriente de entrada, y, por tanto, la de las litorales derivadas, tiene que ser mayor que en los meses de invierno. Es de tal importancia esta intensidad, que marinos prácticos en aquellos parajes nos han asegurado llega a ser, a veces, cuando las circunstancias de viento y estación son favorables, hasta de tres millas por hora entre Chafarinas y Cabo de Agua.

Vientos y temporales dominantes.—Los vientos y temporales dominantes son los del Noroeste y Nordeste, pero la proporción e intensidad de los primeros es mayor que la de los segundos. La superposición de la acción de los vientos y temporales dominantes y las corrientes, determina el ataque en dirección al SE. en las bahías, la socavación y formación de escarpados y cantiles en las zonas de costa normales a la dirección de los temporales y la de playas y médanos en las partes E. y S. de estas bahías.

Acción de las Chafarinas.—El macizo volcánico de que

proceden, formaba al principio del movimiento positivo actual un gran islote que, posteriormente, por la elevación del mar, unido al trabajo destructor de la abrasión, se dividió en dos, y más tarde, en tres, que son los que hoy reciben los nombres de Congreso, Isabel II y Rey, tendiendo ya este último a dividirse también en dos y en tres en época no lejana, yendo así paulatinamente multiplicándose las islas y desmoronándose y



Frente que presentan las islas Chafarinas de E. a O.

desapareciendo los restos del antiguo volcán andesítico de la superficie del mar.

En los comienzos del movimiento positivo actual, las marejadas producidas por los temporales del NO. y NE., frecuentes en aquellos parajes, rompían sobre este obstáculo, que entonces presentaba un frente unido de unos 2.000 metros, formando al S. un remanso que determinaba la detención, favoreciendo la sedimentación y acumulación en él de los aluviones y arrastres del Muluya, los que a consecuencia de la corriente litoral de que hemos hablado, tendían a ser conducidos hacia Poniente de su desembocadura, formando allí un depósito que debió ir acercándose al macizo volcánico,

conservando su plano una forma triangular cuyo vértice iba avanzando en el mar.

Llegó un momento en que estos aluviones y arenas, que constituyen parte de lo que puede llamarse el delta del Muluya, alcanzaron al macizo volcánico, formando un *tombolo*, quedando aquél unido al Continente, constituyendo un verdadero cabo. Este depósito, una vez emergido, fué rápidamente coronado de médanos (1).

Al dividirse el morro o extremo del Cabo porque el movimiento positivo actual llegó a la sonda de 21 metros en dos trozos, no pudieron ya presentar éstos la misma resistencia a la acción de los temporales que el todo al principio, y entonces la formación arenosa y poco resistente situada al S. fué atacada por la abrasión, comenzando el proceso de destrucción, que se aceleró más tarde, al llegar el nivel en su movimiento ascensional a la sonda nueve metros y quedar el frente dividido en tres, volviendo poco a poco los restos del macizo volcánico a quedar aislados del Continente, constituyendo primero dos islas, y más tarde las tres actuales, y el Cabo fué desmoronándose y lentamente alejándose de los islotes, encontrándose en la actualidad en esta etapa de franco retroceso, como lo demuestra claramente el aspecto ruinoso de su extremo.

Desgraciadamente, ni en los periplos de los navegantes fenicios y cartagineses, ni en las relaciones de los geógrafos griegos y romanos, ni en el itinerario de Antonino, ni en los antiguos portulanos medioevales, se cita o señala las distancias que en aquellas diferentes épocas separaban el Cabo de las llamadas «Tres ínsulas» en dicho itinerario, y que, de existir, nos hubiesen podido servir, comparadas con la actual, para

(1) En la fotografía núm. 4, se observa restos de la estratificación de los terrenos cuaternarios, prolongación en aquella época de los del Continente, coronando las tres alturas de la formación eruptiva de la isla del Rey, rotos y separados por las escotaduras que presenta ésta.

formarnos una idea aproximada acerca de la velocidad del proceso de la destrucción. Lógico es pensar que ésta debe de llevarse a cabo con mayor rapidez según se va alejando el extremo del Cabo de las islas, pues la defensa proporcionada por éstas es cada vez menor.

La corriente litoral de que se ha hablado conduce a las arenas procedentes de la descomposición o destrucción del Cabo, unidas a las de los arrastres del Muluya, que hoy no pueden acumularse como antes al S. de las Chafarinas, en dirección a Poniente, depositándose luego a lo largo de la costa, en donde forman el cordón litoral de la Restinga que separa del Mediterráneo la Mar Chica, y son arrastradas más lejos aún, sobre todo en los días de Levante, constituyendo un peligro para el Puerto de Melilla, en donde, unidas a las procedentes de los arrastres del río de Oro, pueden motivar el aterramiento de sus fondos, que tendrán que ser constantemente dragados para su conservación, en tanto no se construya y termine el dique proyectado al Sur de dicho puerto.

ÍNDICES

ÍNDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas</u>
PRÓLOGO	7
NECROLOGÍA	1
REORGANIZACIÓN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA:	
Real decreto disponiendo que el Instituto Geológico de España se denomine en lo sucesivo Instituto Geológico y Minero de España y reorganizando sus servicios	XXI
Real decreto aprobando el Reglamento del Instituto Geológico y Minero de España.....	XXXI
MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA:	
Memoria correspondiente a la Hoja de Cantillana	1
CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOLOGÍA Y DE LA TECTÓNICA ANDALUZA	81
CÁDIZ Y SU BAHÍA EN EL TRANSCURSO DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS	217
LA ZONA DIAMANTÍFERA DE CARRATRACA (MÁLAGA)	247
NOTA ACERCA DE LOS HUNDIMIENTOS OCURRIDOS EN LA FRONTERA (CUENCA)	267
ESTUDIOS RELATIVOS A LA GEOLOGÍA DE MARRUECOS:	
Notas acerca de la importancia minera de la zona de protectorado español en Marruecos.....	287
Zona Oriental.—Nota acerca de la formación geológica de la región de Cabo de Agua.....	321

ÍNDICE DE LÁMINAS

	<u>Páginas</u>
NECROLOGÍA DE D. DANIEL DE CORTÁZAR:	
Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar	1
MEMORIA DE CANTILLANA:	
Fot. 1.—El arroyo Parroso al atravesar una faja de pizarras silurianas	10
» 2.—Paisaje granítico de la mancha hipogénica de las Arenillas	10
» 3.—Canchal diorítico del asomo de Rilla	22
» 4.—Cuarcitas cambrianas en la margen derecha del Galapagar	22
» 5.—Pizarras cambrianas metamórficas en la Dehesa de Alcolea	28
» 6.—Calizas cambrianas. Risco de la mujer, a orillas del Galapagar	28
» 7.—Villanueva de las Minas. Brechas de la base del Estefaniense	36
» 8.—Arroyo Tamujoso. Pudingas del Estefaniense de Villanueva	36
» 9.—Conglomerado permiano del valle del Viar	64
» 10.—Arcillas tortonienses cubiertas por el Diluvium en la margen derecha del Guadalquivir	64
» 11.—Capas de arena y caliza tosca del Tortoniense sobre pizarras cambrianas	72
» 12.—Banco fosilífero del Tortoniense en el Arroyo de Trujillo	72
Lámina I.—Plano de las minas de La Reunión	80
» II.—Minas de La Reunión, Corte A-B	80
» III.— Idem id. Cortes transversales	80

ÍNDICES

Lámina IV. Minas de la Reunión, Cortes transversales.....	80
» V.— Idem id. Pozo número 5.....	80
» VI.—Corte vertical de la cuenca del Viar.....	80
» VII.—Fósiles del Permiano del Viar.....	80
» VIII.—Fósiles del Tortonense de Cantillana.....	80
» IX.— Idem id. id.	80
» X.— Idem id. id.	80
» XI.— Idem id. id.	80
Mapa Geológico.....	80
Cortes Geológicos.....	80

CÁDIZ Y SU BAHÍA EN EL TRANCURSO DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS:

Lámina I.—Estuario del Guadalete en la época de su excavación.	246
» II.— Idem id. id. actual.....	245

LA ZONA DIAMANTÍFERA DE CARRATRACA:

Fot. 1.—Vista general de la Hoya de Carratraca.....	256
Croquis geológico del término de Carratraca.....	256
Fot. 2.—Lavado de arenas con el Rocker.....	258
» 3.—Diamantes de Cañada Honda.....	264

NOTA ACERCA DE LOS HUNDIMIENTOS OCURRIDOS EN LA FRONTERA (CUENCA):

Fot. 1.—La Frontera.....	272
» 2.—Sima de La Noguerrilla.....	272
» 3.—Vista de conjunto del valle terciario.....	272
» 5.—Anticlinal cretáceo al O. del valle.....	274
» 7.—Anticlinal cretáceo entre Albalate de las Nogueras y La Frontera.....	280

NOTA ACERCA DE LA FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA REGIÓN DE CABO DE AGUA:

Fot. 1.—Cabo de Agua visto desde Levante.....	326
» 2.—Cabo de Agua visto desde Poniente.....	326
» 3.—Isla de Isabel II (Chafarinas).....	326
» 4.—Isla del Rey, vista desde la de Isabel II.....	326
» 5.—Escotaduras de la isla del Rey.....	326
» 6.—Dunas entrecruzadas.....	326

PUBLICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE
ESPAÑA

OBRAS PUBLICADAS
 POR EL
 INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EN VENTA

BOLETINES

Pesetas

<i>Boletín de la Comisión del Mapa Geológico: tomos XIV a XXXI</i>	15
<i>Boletín del Instituto Geológico: tomos XXXII a XLIX</i>	12

MEMORIAS

<i>Descripción física y geológica de Barcelona</i> , por D. José Maureta y D. Silvino Thos y Codina		20
<i>Idem id. de Zamora</i> , por D. Gabriel Puig		15
<i>Idem física, geológica y agrológica de Soria</i> , por D. Pedro Palacios . .		15
<i>Idem física, geológica y minera de Logroño</i> , por D. Rafael S. Lozano .		15
<i>Explicación del Mapa Geológico de España</i> , por D. Lucas Mallada. Tomos I al VII (cada uno)		15
<i>Estudios hidrológicos.—Cuenca del Tajo</i> (provincia de Madrid)		10
 <i>Criaderos de Hierro de España:</i>		
Tomo I (Introducción).— <i>Criaderos de la provincia de Murcia</i> .		15
Tomo II.— <i>Criaderos de Asturias</i>		15
Tomo III.— <i>Criaderos de Guadalajara y Teruel</i> , por D. Vicente Kindelán y D. Manuel Ranz		12
Tomo IV.— <i>Hierros de Galicia</i> (tomo I), por D. Primitivo Hernández Sampelayo		12
Tomo V.— <i>Hierros de Almería y Granada</i> (tomos I y II), por D. Ricardo Guardiola y D. Alfonso de Sierra (cada uno) . .		15
<i>Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda</i> , por don Domingo de Orueta		20
<i>Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena</i> , por D. Ricardo Guardiola		15

MAPAS

Pesetas

<i>Mapa geológico de España</i> , edición en 16 hojas y escala 1.400.000, cada hoja	7,50
<i>Mapa geológico de España</i> , edición en 64 hojas y escala 1.400.000, cada hoja suelta	2
<i>Mapa geológico de España</i> , mapa de conjunto, escala de 1 : 1.500.000.	15
<i>Atlas del Estudio estratigráfico de la cuenca hullera asturiana</i> , por D. Luis de Adaro y Magro	20

OBRAS AGOTADAS

Mapa geológico, en 16 hojas. Hojas números 6 y 14.
Mapa geológico, en 64 hojas. Hojas números 13, 22, 30, 51 y 52.
Boletín de la Comisión del Mapa Geológico: Tomos I al XIII.
Descripciones física y geológica de Zaragoza y Avila, por D. Felipe M. Do-
 nayre
Idem id. de Alava, por D. Ramón Adán de Yarza.
Idem id. de Cuenca, Valladolid, Teruel y Segovia, por D. Daniel de Cortázar.
Idem id. de Cáceres, por D. Justo Egozcue y D. Lucas Mallada.
Idem id. de Huesca, por D. Lucas Mallada.
Idem id. de Salamanca, por D. Amalio Gil y Maestro.
Idem id. de Valencia, por D. Daniel de Cortázar y D. Isidro Manuel Pato.
Idem id. de Guipúzcoa, por D. Ramón Adán de Yarza.
Idem id. de Vizcaya, por D. Ramón Adán de Yarza.
Idem física de Huelva, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.
Idem geológica de idem, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.
Idem minera de idem, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.
Sinopsis paleontológica de España. Tomos I, II y III, sistemas Siluriano,
 Devoniano Carbonífero, Triásico, Jurásico e Infracretáceo, por don
 L. Mallada.
Trabajos geodésicos y topográficos de Asturias.
Mapa topográfico de Asturias, por D. Guillermo Schulz (4.ª edición).

PUBLICACIONES

REFERENTES AL XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

Pesetas

Memorias del XIV Congreso Geológico Internacional, por el Secreta-
 rio general, Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico
 y Minero de España, D. Enrique Dupuy de Lôme. Tomos I y II,
 cada uno

15

Las reservas mundiales de Piritas, por los señores de la Comisión
 de Publicaciones del XIV Congreso Geológico Internacional, Inge-
 nieros de Minas, D. César Rubio, D. José de Gorostizaga, don
 Enrique Dupuy de Lôme y D. Joaquín Mendizábal. Dos tomos . . .

50

GUÍAS GEOLÓGICAS DE ESPAÑA, PUBLICADAS POR LA COMISIÓN ORGA-
 NIZADORA DEL XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL PARA FA-
 CILITAR LAS EXCURSIONES QUE REALIZARON LOS CONGRESISTAS:

GUÍA A-1.—*Estrecho de Gibraltar, Jerez, Tarifa, Algeciras, Ceu-
 ta, Tetuán, Melilla, Nador, etc., etc.*, por los Ingenieros de
 Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de Espa-
 ña, Sres. Marín, Valle, Dupuy de Lôme, Gavala, Miláns del
 Bosch e Iruegas. Un tomo de 256 páginas, 27 láminas (6 de
 microfots., 1 de cortes geols.), 3 mapas geol.—Edición es-
 pañola o francesa

10

GUÍA A-2.—*Los platinos de la Serranía de Ronda*, por los Inge-
 nieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero
 de España, Sres Orueta y Rubio. 160 páginas, 24 láminas
 (2 de microfots., 1 de cortes geols.), 3 mapas.—Edición es-
 pañola, francesa o inglesa

10

GUÍA A-3.—*Minas de plomo y cobre de Linares y Huelva*, por
 los Ingenieros de Minas Sres. Hereza y Alvarado. 140 pági-
 nas, 3 figuras, 16 láminas (7 de cortes geols.), 2 planos y 4
 mapas.—Edición española, francesa o inglesa

10

GUÍA A-5.—*La Sierra Morena y la Sierra Nevada*, por los Inge-
 nieros de Minas Sres. Novo y Carbonell y los Profesores de
 Geología Sres. Gómez Llueca y Carandell. 248 páginas, 8
 figuras. 22 láminas, 5 mapas.—Edición española

10

GUÍA A-6.— <i>El terciario continental de Burgos</i> , por el Doctor en Ciencias Sr. Royo Gómez. 70 páginas, 12 figuras, 18 láminas, 2 mapas.—Edición española, francesa o inglesa.....	5
GUÍA A-7.— <i>Islas Canarias</i> , por el Profesor de la Universidad Central Sr. Fernández Navarro, 122 páginas, 46 figuras, 25 láminas, 8 mapas.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA B-1.— <i>Minas de Almadén</i> , por el Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, Sr. Hernández Sampelayo. 102 páginas, 22 láminas, 1 mapa.—Edición española o francesa.....	5
GUÍA B-2.— <i>La Sierra del Guadarrama</i> , por los Profesores de Geología Sres. Obermaier y Carandell. 46 páginas, 13 figuras, 19 láminas, 1 mapa.—Edición española o francesa....	5
GUÍA B-3.— <i>Aranjuez</i> , por los Profesores de Geología señores E. y F. Hernández-Pacheco. 104 páginas, 31 figuras, 14 láminas, 1 mapa, 1 lámina de cortes geológicos.—Edición española.	10
GUÍA C-1.— <i>Minas de Asturias</i> , por los Ingenieros de Minas señores Sancho, Falcó, Cueto, Junquera, H. Sampelayo y Patac. 108 páginas, 4 figuras, 21 láminas (3 cortes geols.), 5 mapas.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA C-2.— <i>Minas de Bilbao</i> , por el Ingeniero de Minas Sr. Rotaeché. 30 páginas, 2 láminas de cortes geols., 1 mapa.—Edición española.....	5
GUÍA C-4.— <i>Cataluña</i> , por los Geólogos Sres. Marín, Bataller, Larragán, San Miguel de la Cámara y Marcet. 214 páginas, 8 figuras, 48 láminas (1 de sondeos, 10 de bloques, 5 de cortes geols.), 6 mapas.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA C-5.— <i>Isla de Mallorca</i> , por los Geólogos Sres. Darder y Fallot. 125 páginas, 48 figuras, 17 láminas (6 de cortes geológicos), 1 mapa, 2 cuadros sinópticos.—Edición española o francesa.....	10
GUÍA X-1.— <i>La Sierra Morena y la llanura Bética</i> , por el Catedrático de la Universidad Central Sr. Hernández-Pacheco. 150 páginas, 20 figuras, 39 láminas, 1 lámina de cortes, 2 mapas.—Edición española o francesa.....	5
GUÍA X-3.— <i>Despeñaperros</i> , por los Catedráticos de Geología Sres. H.-Pacheco y Puig de la Bellacasa. 48 páginas, 9 figuras, 20 láminas, 1 mapa.—Edición española o francesa....	5

GUÍA F-2.— <i>Guía de Ferrocarril de Madrid a Sevilla</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Dupuy de Lôme y Novo. 139 páginas, 2 figuras, 26 láminas, 5 mapas.—Edición española, francesa, inglesa o alemana.....	10
GUÍA F-3.— <i>Guía de Ferrocarril de Madrid a Irún</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres Dupuy de Lôme y Novo. 151 páginas, 20 láminas (1 de perfiles topográficos), 4 mapas.—Edición española, francesa o alemana.....	10

OBRAS AGOTADAS

GUÍA A-4.— <i>Línea Tectónica del Guadalquivir</i> , por el Ingeniero de Minas Sr. Carbonell Trillo-Figueroa. 204 páginas, 7 figuras, 36 láminas (4 de cortes geols.) y 8 planos geológicos.
GUÍA C-3.— <i>Cuenca potásica de Cataluña</i> , por el Geólogo Sr. Faura y el Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, Sr. Marín y Beltrán de Lis. 214 páginas, 5 figuras, 48 láminas (1 de sondeos y 6 de cortes) y 5 mapas.
GUÍA C-6.— <i>Cuevas de Mallorca</i> , por el Geólogo Sr. Faura. 78 páginas, 14 láminas (4 de planos y secciones).
GUÍA F-1.— <i>Guía Artística de Córdoba</i> , por el Ingeniero de Minas señor Carbonell. 155 páginas, 20 láminas, 4 planos.—Edición española.

EN PREPARACIÓN

Memorias del XIV Congreso Geológico Internacional, tomos III y siguientes.
Las reservas mundiales de Fosfatos.

Estas obras se venden en las principales librerías y en el Instituto Geológico y Minero de España, Cristóbal Bordiú, 12, Madrid.

